

*Progetto***C. 966***Data Scadenza Inchiesta***30-11-2006***Data Pubblicazione***2006-...***Classificazione***31-...***Titolo***Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas****Guida di applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) seconda edizione****Classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili***Title*

IMPIANTI E SICUREZZA DI ESERCIZIO



CEI COMITATO Elettrotecnico Italiano

AEIT FEDERAZIONE ITALIANA DI Elettrotecnica, Elettронica, Automazione, Informatica e Telecomunicazioni

CNR CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

INDICE GENERALE

PREMESSA

GENERALITA'

- 1.1 Scopo
- 1.2 Campo di applicazione
- 1.3 Principi di sicurezza contro le esplosioni
 - 1.3.1 Vincoli probabilistici
 - 1.3.2 Misure di sicurezza
 - 1.3.3 *Grado di sicurezza equivalente*
 - 1.3.4 *Conservazione dell'indipendenza dei mezzi di protezione*
 - 1.3.5 Casi particolari non previsti dalle norme

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- 2.1 Disposizioni legislative
- 2.2 Norme e guide tecniche
 - 2.2.1 Norma UNI EN 1127-1
 - 2.2.2 Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30)
- 2.3 Relazione tra la classificazione dei luoghi e la valutazione del rischio esplosione
 - 2.3.1 Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n° 626 e D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 che ne costituisce il Titolo VIII-bis
 - 2.3.2 *Decreto Legislativo 17 agosto 1999, n° 334 "Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose" (e D.P.C.M. 31-03-89)*

3 DEFINIZIONI E DESCRIZIONI

- 3.1 Ambiente
- 3.2 Atmosfera esplosiva
- 3.3 Combustione
- 3.4 Condizioni atmosferiche
- 3.5 Deflagrazione
- 3.6 Detonazione
- 3.7 Esplosione
- 3.8 Funzionamento di un impianto o di un prodotto
 - 3.8.1 *Funzionamento normale e funzionamento ordinario*
 - 3.8.2 *Funzionamento anormale e guasto catastrofico*
 - 3.8.3 *Manutenzione*
- 3.9 Impianto e sue caratteristiche
 - 3.9.1 *Impianto*
 - 3.9.2 *Nuovo impianto*
 - 3.9.3 *Trasformazione di un impianto esistente*
 - 3.9.4 *Ampliamento di un impianto esistente*

- 3.10 Luogo e luogo pericoloso
- 3.11 Opera
- 3.12 Pericolo
- 3.13 Persona preposta alla conduzione di un'attività lavorativa
- 3.14 Persona esperta (PES)
- 3.15 Persona avvertita (PAV)
- 3.16 Prodotto ATEX
- 3.17 Rischio
- 3.18 Sistema di contenimento
- 3.19 Sistema o provvedimento di bonifica
- 3.20 Sorgente di accensione
- 3.21 Sorgente di emissione (SE)
- 3.22 Sostanza e sue caratteristiche
 - 3.22.1 *Sostanza infiammabile*
 - 3.22.2 *Gas*
 - 3.22.3 *Vapore*
 - 3.22.4 *Temperatura critica*
 - 3.22.5 *Nebbia*
 - 3.22.6 *Solido che sublima*
 - 3.22.7 *Sostanza combustibile*
- 3.23 Uso non corretto di un impianto o di un prodotto
 - 3.23.1 *Uso non corretto per colpa*
 - 3.23.2 *Uso non corretto per dolo*
- 3.24 Valutazione dei rischi
- 3.25 Zona pericolosa

4 PERICOLI DA GAS O VAPORI INFIAMMABILI

- 4.1 Generalità
- 4.2 Tipi di pericoli
 - 4.2.1 *Pericoli d'esplosione o di incendio*
 - 4.2.2 *Condizioni perché possa avvenire un'esplosione*
 - 4.2.3 *Pericoli da nubi di gas e polveri (miscele ibride)*

5 CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI CON PERICOLO DI ESPLOSIONE DA GAS, VAPORI O NEBBIE INFIAMMABILI

- 5.1 Generalità
- 5.2 Procedimento di classificazione dei luoghi pericolosi
- 5.3 Dati generali
- 5.4 Verifica di applicabilità della norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30)
- 5.5 Sostanze infiammabili
 - 5.5.1 *Nome e composizione (formula)*
 - 5.5.2 *Numero di identificazione CAS*
 - 5.5.3 *Temperatura d'infiammabilità (T_i)*
 - 5.5.4 *Densità relativa all'aria dei gas o vapori*
 - 5.5.5 *Massa volumica del liquido (ρ_{liq})*
 - 5.5.6 *Coefficiente di diffusione dei gas (c_d)*
 - 5.5.7 *Rapporto tra i calori specifici (γ)*
 - 5.5.8 *Calore specifico a temperatura ambiente (c_{sl})*
 - 5.5.9 *Calore latente di vaporizzazione alla temperatura di ebollizione T_b (c_{lv})*
 - 5.5.10 *Massa molare (M)*
 - 5.5.11 *Limiti di esplodibilità in aria*

- 5.5.12 *Temperatura di ebollizione (T_b)*
- 5.5.13 *Tensione di vapore (P_v)*
- 5.5.14 *Temperatura di accensione*
- 5.5.15 *Gruppo e classe di temperatura dei prodotti ATEX*
- 5.5.16 *Temperatura (T_0)*
- 5.5.17 *Pressione (P_0)*
- 5.5.18 *Altre caratteristiche*
- 5.5.19 *Sostanze rappresentative di altre*
- 5.6 Ambienti e condizioni ambientali
 - 5.6.1. *Generalità sulla ventilazione*
 - 5.6.2. *Condizioni ambientali degli ambienti aperti*
 - 5.6.3. *Condizioni ambientali degli ambienti chiusi*
- 5.7 Sorgenti di emissione e gradi di emissione
 - 5.7.1 *Individuazione delle sorgenti di emissione*
 - 5.7.2 *Verifica della possibilità di eliminare o limitare le SE*
 - 5.7.3 *Grado o gradi di emissione*
 - 5.7.4 *Sorgenti di emissione con applicata la ventilazione artificiale locale (VAL)*
 - 5.7.5. *Sorgenti di emissione (SE) rappresentative di altre*
 - 5.7.6. *Elenco delle sorgenti di emissione*
- 5.8. *Portata Q_g di emissione di sostanze infiammabili di ciascun grado di emissione*
- 5.9. *Distanza pericolosa d_z e quota "a"*
- 5.10 Definizione del tipo o tipi di zone pericolose originate dalle singole emissioni
 - 5.10.1 *Generalità*
 - 5.10.2 *Influenza della contemporaneità delle emissioni sui tipi di zone*
 - 5.10.3 *Influenza della ventilazione sui tipi di zone (Efficacia della ventilazione)*
 - 5.10.4 *Determinazione del tipo di zona ed uso della Tabella B.1 della Norma CEI EN 60079-10*
- 5.11 Definizione delle estensioni delle zone pericolose originate dalle singole emissioni
 - 5.11.1 *Generalità*
 - 5.11.2 *Estensione delle zone pericolose*
- 5.12 Casi particolari di classificazione dei luoghi
 - 5.12.1 *Zone pericolose originate dall'idrogeno*
 - 5.12.2 *Zone pericolose all'interno dei sistemi di contenimento*
- 5.13 Documenti di classificazione in edizione preliminare
- 5.14 Aperture
 - 5.14.1. *Individuazione delle aperture interessate da zone pericolose*
 - 5.14.2 *Verifica della possibilità di eliminare o limitare le aperture*
 - 5.14.3 *Procedimento in presenza di aperture interessate da zone pericolose*
 - 5.14.4 *Elenco delle aperture*
- 5.15 *Verifica della possibilità di adottare misure tecniche e/o organizzative per ridurre il pericolo d'esplosione*
- 5.16 Involuppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione
 - 5.16.1 *Generalità*
 - 5.16.2 *Dati per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti*
- 5.17 Documentazione tecnica di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione
 - 5.17.1 *Livelli di progettazione della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione*
 - 5.17.2 *Documentazione tecnica di classificazione dei luoghi*

6 IMPIANTI ESISTENTI E LORO TRASFORMAZIONE O AMPLIAMENTO

7 LUOGHI CON CONTROLLO DI ESPLODIBILITA' DELL'ATMOSFERA

- 7.1. Oggetto e scopo
 - 7.1.1 *Controllo dell'ambiente o di una sua parte*
 - 7.1.2 *Controllo della concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente chiuso (volume V_a)*
- 7.2. Campo di applicazione
- 7.3. Sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera
 - 7.3.1 *Requisiti e modalità d'installazione*
 - 7.3.2 *Disposizione dei rilevatori*
 - 7.3.3 *Verifica dei sistemi di controllo*
- 7.4. Criteri di intervento
 - 7.4.1 *Criteri di intervento sulle sorgenti di emissione [allo studio]*
 - 7.4.2 *Criteri di intervento sulla ventilazione [allo studio]*

8 LUOGHI CON CONTROLLO DI TEMPERATURA

- 8.1 Generalità
 - 8.1.1 *Luoghi in cui è ammesso il solo controllo della temperatura*
 - 8.1.2 *Campo di applicazione*
- 8.2 Definizioni
 - 8.2.1 *Zona pericolosa termicamente controllata*
 - 8.2.2 *Punto termicamente controllato*
 - 8.2.3 *Massa termicamente autonoma*
 - 8.2.4 *Massa termicamente dipendente*
 - 8.2.5 *Massa termicamente ibrida*
- 8.3. Zone pericolose termicamente controllate
 - 8.3.1 *Zone pericolose termicamente controllate originate da emissioni di primo grado*
 - 8.3.2 *Zone pericolose termicamente controllate originate da emissioni di secondo grado*
- 8.4. Sistemi di controllo
 - 8.4.1 *Requisiti e modalità di installazione dei rilevatori di temperatura*
 - 8.4.2 *Verifica dei sistemi di controllo*
- 8.5 Alimentazione degli impianti elettrici
 - 8.5.1 *Impianto elettrico assoggettato al blocco*
 - 8.5.2 *Impianto elettrico non assoggettato al blocco*

9. INERTIZZAZIONE DELL'ATMOSFERA DI UN AMBIENTE (locale o contenitore)

- 9.1 Generalità
- 9.2 Requisiti dell'inertizzazione
 - 9.2.1 *Disponibilità dei sistemi di inertizzazione*
 - 9.2.2 *Influenza dei sistemi di inertizzazione sui tipi di zone*
 - 9.2.3 *Provvedimenti da adottare nella messa in servizio e in caso di interruzione dell'inertizzazione*
 - 9.2.4 *Verifiche*
 - 9.2.5 *Contrassegni*
 - 9.2.6 *Istruzioni*
 - 9.2.7 *Concentrazione volumetrica massima ammissibile di ossigeno*

APPENDICI

Appendice

GA **ELENCO DI SOSTANZE INFIAMMABILI O COMBUSTIBILI E VALORI ORIENTATIVI DELLE LORO CARATTERISTICHE**

Appendice

GB **ELEMENTI PER LA DEFINIZIONE DELLE ESTENSIONI DELLE ZONE**

Appendice

GC **ELEMENTI PER LA DEFINIZIONE DEI DATI AMBIENTALI**

Appendice

GD **ESEMPIO DI DOCUMENTAZIONE TECNICA DI CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI**

Appendice

GZ **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

Le Appendici GE “Esempi di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione” e GF “Luoghi particolari” saranno pubblicate nella Guida CEI 31-35/A: *“Esempi di applicazione della Guida CEI 31-35”*, terza edizione, in fase di preparazione..

PREMESSA

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di esplosivi, fluidi infiammabili e polveri combustibili è stata in passato oggetto delle norme CEI 64-2 e 64-2/A.

Le suddette norme avevano origine nazionale, non erano né armonizzate né unificate a livello europeo in quanto fino al 1996 non esistevano Documenti di armonizzazione (HD) o Norme (EN) CENELEC sull'argomento.

Nel gennaio 1996 il CENELEC ha pubblicato la Norma EN 60079-10 prima edizione "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas - Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi" che il CEI ha recepito nella Norma nazionale CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) fascicolo 2895, in vigore dal 1° novembre 1996.

Nel gennaio 1999 il CEI ha pubblicato la prima edizione della presente Guida CEI 31-35 "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per presenza di gas - Guida alla classificazione dei luoghi pericolosi".

Tra il dicembre 1997 ed il settembre 2001 il CEI ha pubblicato una serie di fogli di abrogazione con i quali è stabilito che la Norma CEI 64-2, quarta edizione, non è più applicabile ai luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili, denominati nella norma luoghi di Classe 1 e 3, ed ai luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri infiammabili (combustibili), denominati nella norma luoghi di Classe 2. La Norma CEI 64-2, quarta edizione, rimane in vigore solo per luoghi con presenza o sviluppo di sostanze esplosive, denominati nella norma luoghi di Classe 0.

Nel settembre 2001 il CEI ha abrogato la Norma CEI 64-2/A.

Nel gennaio 2001 il CEI ha pubblicato la seconda edizione della presente Guida CEI 31-35 "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per presenza di gas - Guida alla classificazione dei luoghi pericolosi", la quale si riferiva sempre alla prima edizione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30).

La Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) per i gas, i vapori e le nebbie infiammabili, e la Norma CEI EN 50281-3 (CEI 31-52) per le polveri combustibili, sono poste come riferimento per la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione dall'Allegato XV-bis, ultimo capoverso, del D.Lgs. 626/94, Titolo VIII-bis, che recepisce nell'ordinamento legislativo italiano la materia di sicurezza sul lavoro contro il rischio di esplosione contenuta nella Direttiva 1999/92/CE.

Per le opere esistenti e loro trasformazioni si rimanda al paragrafo 2.5.

Nel gennaio 2004 il CEI ha pubblicato la seconda edizione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) a seguito di analogo aggiornamento della norma CENELEC.

La presente terza edizione della Guida CEI 31-35, di applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), seconda edizione, si arricchisce di numerose messe a punto e nuovi elementi di aiuto per i tecnici incaricati della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili, per i costruttori di prodotti, per i datori di lavoro, per i progettisti degli impianti elettrici e non elettrici, per gli addetti alla sicurezza, per i verificatori e per quanti altri siano interessati alla salvaguardia ed al miglioramento della salute e della sicurezza dei lavoratori che possono essere esposti al rischio d'esplosione, nonché alla salvaguardia delle opere.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

La classificazione dei luoghi deve essere eseguita in linea con il dettato della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), seconda edizione e per questo è possibile utilizzare tutti gli strumenti informativi che il progettista ritiene utili, purché siano idonei, applicabili al caso specifico ed in sintonia con la norma stessa; la presente guida deve quindi essere intesa come uno di detti strumenti informativi.

La materia trattata rimane comunque complessa, pertanto va ribadito che la classificazione dei luoghi pericolosi dovrebbe essere eseguita da persone esperte, a conoscenza delle proprietà delle sostanze infiammabili, del processo e delle relative apparecchiature, consultando, per quanto di competenza, i tecnici di processo, della sicurezza, dell'impianto elettrico ed altri specialisti.

A completamento del lavoro sull'argomento sono state introdotte sei Appendici (da GA a GF), più l'Appendice GZ "Riferimenti bibliografici". Si segnalano in particolare le Appendici GD, GE e GF; nell'Appendice GD è fornito un "Esempio di documentazione tecnica di classificazione dei luoghi", nell'Appendice GE sono riportati "Esempi di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione" relativi alle realtà impiantistiche più diffuse che, a differenza delle Appendici della Norma CEI 64-2/A abrogate, sono basati su un'analisi quantitativa (caratteristiche dell'emissione, della ventilazione, ecc.) in applicazione dell'Appendice B della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), nell'Appendice GF sono riportati esempi di "luoghi particolari" che non presentano pericoli d'esplosione quando siano rispettate alcune condizioni specificate.

1.1 Scopo

La presente Guida ha lo scopo di approfondire il tema della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili (v. 3.22.1), relativa ad opere di nuova realizzazione e alle trasformazioni o ampliamenti di quelle esistenti, nel rispetto della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), seconda edizione.

L'applicazione della presente guida alle nebbie è subordinata a quanto indicato nella Norma CEI EN 60079-10, art. 1.1 punto f.

Nell'Appendice GD della presente guida sono predisposti degli esempi tipici di classificazione di luoghi relativi alle realtà impiantistiche più diffuse che, a differenza delle Appendici della Norma CEI 64-2/A abrogate, sono basati su un'analisi quantitativa (caratteristiche dell'emissione, della ventilazione, ecc.) in applicazione dell'Appendice B della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30).

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili deve essere eseguita in linea con il dettato normativo e per questo è possibile utilizzare tutti gli strumenti informativi che il progettista ritiene utili, purché siano idonei, applicabili al caso specifico ed in sintonia con la norma stessa; la presente guida deve quindi essere intesa come uno di detti strumenti informativi.

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione non fa parte del progetto elettrico, ma dei dati necessari per lo sviluppo del progetto stesso (dati di progetto), nonché per lo sviluppo di altri tipi di impianti i cui componenti possono essere causa d'innescio di esplosioni, quindi deve essere redatta contestualmente al progetto dell'opera nel suo insieme, e comunque prima della scelta dei requisiti di sicurezza dei prodotti che compongono gli impianti (apparecchi, sistemi di protezione, componenti).

Nella presente Guida è trattato solo il pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili. Per gli effetti dell'esplosione, quali la presenza di fiamme, onde di pressione, tossicità del gas di combustione, ecc. si rimanda alla valutazione dei rischi di cui al D.Lgs 626/94 (v. 1.4).

In alcuni casi si possono presentare nell'atmosfera miscele esplosive per la presenza di gas, vapori, nebbie e polveri combustibili (miscele ibride). Anche se detti casi sono fuori dal campo di applicazione della Norma (v. 1.2), nella presente Guida si dà qualche indicazione al riguardo (v. 4.2.3).

Nel seguito della presente Guida, quando è indicato semplicemente “la Norma” si deve intendere la Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), seconda edizione.

1.2 Campo di applicazione

La presente Guida e la rispettiva Norma sono destinate prevalentemente ai luoghi dove si svolgono attività industriali, nei quali vi possono essere dei pericoli di esplosione dovuti alla presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili in miscela con l'aria *in condizioni atmosferiche* (v. 3.4).

Per gli altri campi di attività (es. artigianali, del terziario, agricole, ecc.), i principi normativi della Norma sono comunque validi e, in assenza di norme tecniche armonizzate specifiche, la Norma stessa e la presente Guida si applicano integralmente.

La Norma non si applica a:

- a) miniere con possibile presenza di grisou;
- b) luoghi dove il pericolo di esplosione è dovuto alla presenza di polveri o fibre combustibili;
- c) luoghi di trattamento o produzione di esplosivi [e di sostanze chimiche instabili];
- d) guasti catastrofici che superano il concetto di anormalità considerato nella Norma;
- e) locali adibiti ad uso medico;
- f) luoghi dove la presenza di nebbie infiammabili può dare origine ad un rischio imprevedibile e che richiede considerazioni particolari; l'applicazione della presente Guida alle nebbie è subordinata a quanto indicato nella Norma art. 1.1 punto f;
- g) ambienti domestici e similari, non commerciali;
- h) ambienti con atmosfere che, anche in circostanze solo accidentali possono essere arricchite di ossigeno (3.4).

Per il campo di applicazione vedere la Norma, par.1 e la Norma UNI EN 1127-1, par. 1.

1.3. Principi di sicurezza contro le esplosioni

1.3.1 *Vincoli probabilistici*

Per gli impianti e per i relativi mezzi di protezione (apparecchiamenti di difesa o barriere di sicurezza), destinati ad essere utilizzati in atmosfere potenzialmente esplosive sono considerati i vincoli probabilistici qualitativi della legislazione europea.

NOTA Equivalenti principi di sicurezza per gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione sono stati stabiliti a suo tempo nella Norma CEI 64-2, IV edizione del novembre 1990.

I suddetti vincoli probabilistici posti dalla legislazione europea sono contenuti nella Direttiva 94/9/CE del 23 marzo 1994, recepita nella legislazione italiana con il DPR 126/98, ed i vincoli impiantistici sono contenuti nella Direttiva 1999/92/CE recepita nella legislazione italiana relativa alla Sicurezza sul Lavoro con il D.Lgs. 233/03.

1.3.2 *Misure di sicurezza*

Per prevenire le esplosioni sono possibili misure di sicurezza che si possono distinguere in due diverse categorie: misure di prevenzione e misure di protezione.

La prevenzione ha lo scopo di eliminare soprattutto le condizioni che permettono la formazione di una miscela esplosiva e tutte le possibili cause d'innescio mentre la protezione si propone di ridurre gli effetti dell'esplosione.

Le misure di prevenzione possono essere adottate rispetto al comburente (inertizzazione dell'atmosfera), oppure alla dispersione di sostanze infiammabili nell'ambiente e alla formazione di atmosfere esplosive, ad esempio bonifica, oppure rispetto all'innescio da parte degli impianti e dei Prodotti che possono essere sede di sorgenti di accensione (cause d'innescio).

NOTA Con riferimento al DPR 126/98, Allegato II, art. 1.3 (Direttiva 94/9/CE) , sorgenti di accensione possono essere ad esempio:

superfici calde (es. surriscaldamento);

fiamme o gas caldi, particelle incandescenti;

scintille di origine meccanica (es. attrito, urto, abrasione, ecc.), comprese quelle provenienti dalle attrezzature di lavoro (es. cacciaviti, chiavi, martelli, seghe, mole, saldatrici, ecc.);

impianti elettrici (archi, scintille o temperature elevate);

correnti elettriche vaganti e di protezione catodica;

cariche elettrostatiche (separazione fisica di sostanze con almeno una di resistenza propria $> 10^9 \Omega m$ o oggetti con resistenza superficiale $> 10^9 \Omega m$), comprese quelle che provengono dai lavoratori;

fulmini;

campi elettromagnetici con frequenza tra 9 kHz e 300 GHz;

onde elettromagnetiche a radiofrequenza da 300 GHz a $3 \cdot 10^6$ GHz o con lunghezza d'onda da 1000 μm a 0,1 μm (campo spettrale ottico);

radiazioni ionizzanti (es. raggi X);

ultrasuoni;

compressioni adiabatiche, onde d'urto, fuoriuscita di gas;

reazioni chimiche (reazioni esotermiche), compresa l'autocombustione di polveri;

ecc.

Le misure di protezione si adottano con i sistemi appositamente predisposti per bloccare sul nascere le esplosioni e/o circoscrivere la zona da esse colpita (es. parafiamma, barriere di contenimento ad acqua, in muratura, o altro, dischi di rottura, portelle di sfiato, barriere di soffocamento, ecc.).

Si fa presente che :

- durante tutto il tempo di presenza dell'atmosfera esplosiva sono equivalenti, ai fini dell'esplosione, inneschi che durino frazioni di secondo o tutto il tempo di permanenza dell'atmosfera esplosiva;
- criterio fondamentale, nell'incertezza di conoscenza o per ignoranza di realtà specifiche, è di adottare condizioni più cautelative ai fini della sicurezza.

Gli impianti e i prodotti che possono essere causa d'innescio, possono conseguire un grado di sicurezza equivalente almeno 3 se vengono rispettati i requisiti essenziali di sicurezza del DPR 126/98 e del D.Lgs 233/03, nonché le norme tecniche armonizzate (es. UNI e CEI), v. anche 1.3.5.

Nei suddetti luoghi la valutazione della coincidenza (spaziale e temporale) di eventi che comportano pericolo di esplosione è probabilistica, basata sul criterio di considerare, ai fini della sicurezza, solo gli eventi di inefficacia (non idoneità) di più mezzi di protezione (ad es. per guasti) che coincidono casualmente e non deterministicamente, ossia non associati tra loro da una causa comune di inefficacia.

1.3.3 Grado di sicurezza equivalente

Il grado di sicurezza di un mezzo di protezione ammesso indica il suo livello di efficacia contro il manifestarsi di un evento pericoloso (per es. presenza di una sostanza infiammabile, sua accumulazione nell'ambiente, sua miscelazione con aria, oppure il suo contatto con fenomeni innescanti).

Il grado di sicurezza equivalente di più mezzi di protezione in serie, tra di loro indipendenti da cause comuni di inefficacia, ne indica il livello di efficacia contro il manifestarsi dell'evento pericoloso ed è la somma dei gradi di sicurezza dei singoli mezzi di protezione.

Con le condizioni di volta in volta specificate nelle norme, le soluzioni impiantistiche nel loro insieme, per il contenimento delle sostanze infiammabili, per la dispersione di loro emissioni e per l'applicazione di mezzi di protezione contro gli inneschi, hanno grado di sicurezza equivalente almeno 3, tenuto conto sia della probabilità di presenza di atmosfera esplosiva (zone) sia della probabilità di inefficacia dei mezzi di protezione ivi ammessi (qualità del livello di protezione richiesto), v. la Tabella 1.3-A.

Per gli apparecchi e per i sistemi di protezione, la qualità e le particolarità in esercizio del livello di protezione richiesto sono prescritte nel DPR 126/98 (Direttiva 94/9/CE), articolo 1, allegati I e II.

Per la classificazione dei luoghi, le zone sono definite nel D.Lgs 233/03 (Direttiva 1999/92/CE), Allegato XV-bis. La Tabella 1.3-B riepiloga quanto stabilito.

Un mezzo di protezione si considera normale, con grado di sicurezza 1, se è idoneo da solo a resistere alla sollecitazione normale derivante dalla presenza della causa (evento) posta a base del progetto (DPR 126/98, Allegato I, art. 2, punto c); ad esempio, una custodia a tenuta è idonea se è in grado, nelle condizioni normali, di impedire il contatto di una sostanza infiammabile con i componenti elettrici al suo interno.

Se si vuole conseguire un grado di sicurezza "n" si devono disporre in serie "n" mezzi di protezione normali, indipendenti da cause comuni di inefficacia, in modo che solo la loro casuale contemporanea inefficacia consenta il manifestarsi dell'evento pericoloso.

Nel caso di più mezzi di protezione in serie, ragionevolmente indipendenti da cause comuni di inefficacia, la probabilità di loro contemporanea casuale inefficacia è data dal prodotto delle singole probabilità di inefficacia; perciò se la possibilità di inefficacia di un singolo mezzo di protezione normale è bassa, quella di due mezzi di protezione normali è molto bassa e quella di $n (> 2)$ mezzi di protezione normali è il prodotto di "n" fattori molto minori di uno, ossia è una probabilità estremamente bassa (di ordine n), da potersi considerare praticamente trascurabile.

Talora i mezzi di protezione possono essere dimensionati per sollecitazioni anormali ragionevolmente prevedibili e quindi, in pratica risultare sovradimensionati (mezzi di protezione aumentati) per le sollecitazioni normali rispetto alle quali sono da considerare infallibili.

Data la rara comparsa delle sollecitazioni anormali ne deriva un aumento operativo del grado di sicurezza, come se si avessero 2 mezzi di protezione normali (cioè come se il mezzo di protezione sovradimensionato conferisse un grado di sicurezza 2).

Nella realtà questi due mezzi di protezione normali sono uno solo e diventano inefficaci contemporaneamente; esempio tipico è il modo di protezione "e", ammesso in zona 1, la cui protezione aumentata riguarda le parti attive, ma la cui inefficienza totale può essere conseguenza di un unico evento da prevenire, sia dal modo di costruzione e verifica da parte del fabbricante, sia dalle verifiche dopo l'installazione e manutenzione preventiva (es. verifica ed eventuale taratura o sostituzione dei dispositivi di protezione a seguito di verifiche che permettano l'individuazione dell'insorgere di possibili guasti e nel rispetto delle istruzioni del fabbricante).

Un mezzo di protezione si considera avere l'efficacia attesa:

- se è un mezzo di protezione normale utilizzato nell'ambito dei parametri normali di progetto;
- se è un mezzo di protezione aumentato utilizzato nell'ambito dei parametri normali di progetto e poco frequentemente soggetto a sollecitazioni anormali, purché queste siano ragionevolmente prevedibili in sede di progetto.

Si deve stabilire il numero di mezzi di protezione indipendenti da cause comuni di inefficacia, ossia stabilire il grado di sicurezza (se del caso maggiore di 3) per convenzione ammesso per i luoghi con pericolo di esplosione, cioè:

- almeno 3 mezzi di protezione normali (ciascuno ha grado di sicurezza 1) in serie; oppure,
- almeno 2 mezzi di protezione in serie di cui 1 normale (grado di sicurezza 1) ed 1 aumentato (grado di sicurezza 2).

Uno o più mezzi di protezione con grado di sicurezza complessivo equivalente 3 devono essere disposti tra ogni sostanza infiammabile e l'innescò possibile.

La valutazione del grado di sicurezza equivalente 3 è da farsi:

- generalmente colle convenzioni specifiche della Norma;
- talora con analisi operativa;
- raramente in pratica con analisi operativa e dati deterministici e/o statistici.

La sicurezza impone un'opportuna ridondanza di mezzi di protezione perché ognuno di essi può, in un certo momento, divenire inefficace; quindi, per tutto il tempo necessario al suo ripristino, deve esserci un altro mezzo di protezione che lo sostituisce.

Ai fini delle norme per prevenire l'evento pericoloso di esplosione occorre:

- escludere la possibilità di assenza di barriere per colpa o dolo o per manutenzione trascurata;
- conoscere le cause che debbono coesistere perché in un dato luogo si manifesti l'evento pericoloso;
- conoscere quali mezzi di protezione sono possibili ed efficaci contro i singoli eventi non voluti di cui sopra (la tipologia dei mezzi di protezione dipende dalla natura di detti eventi).

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Tabella 1.3-A

SISTEMA DI CONTENIMENTO SOSTANZE INFIAMMABILI - ZONA PERICOLOSA	IMPIANTO E PRODOTTI (elettrici e non elettrici) CONTENENTI LE CAUSE D'INNESCO	SICUREZZA
Numero di mezzi di protezione contro la formazione di un'atmosfera esplosiva	Mezzi di protezione (apprestamenti di difesa o barriere di sicurezza)	Numero di mezzi di protezione contro l'esplosione
Zona 0 0 mezzi di protezione	3 mezzi di protezione Prodotti del Gruppo II 1 G	3 mezzi di protezione
Zona 1 1 mezzo di protezione	2 mezzi di protezione Prodotti del Gruppo II 2 G	
Zona 2 2 mezzi di protezione	1 mezzo di protezione Prodotti del Gruppo II 3 G	

Tabella 1.3-B – Riepilogo relativo al grado di sicurezza equivalente

Requisiti supplementari per i prodotti richiesti dal DPR 126/98 (Direttiva 94/9/CE)					D.Lgs. 233/03 (Direttiva 1999/92/CE)	
Gruppo	Categoria	Mezzi di protezione (apprestamenti di difesa o barriere di sicurezza)			Probabilità di presenza di atmosfera esplosiva	Zona d'uso
		Qualità	Adempimenti di protezione	Quantità		
II	1	Molto elevato	I prodotti (apparecchi, sistemi di protezione, componenti e relative combinazioni) devono restare operativi in presenza di atmosfere esplosive. In caso di guasto di un mezzo di protezione, il livello di sicurezza è garantito da almeno un secondo mezzo di protezione (nota 1). Inoltre, il livello di sicurezza è garantito anche se si manifestano due anomalie indipendenti una dall'altra (nota 2)	3	Certa	0 1 2
	2	Elevato	I prodotti (apparecchi, sistemi di protezione, componenti e relative combinazioni) devono restare operativi in presenza di atmosfere esplosive. Il livello di sicurezza è garantito anche in presenza di anomalie ricorrenti o di difetti di funzionamento degli apparecchi di cui occorre abitualmente tenere conto.	2	E' probabile (talora) in funzionamento normale	1 2
	3	Normale	I prodotti (apparecchi, sistemi di protezione, componenti e relative combinazioni) devono restare operativi in presenza di atmosfere esplosive. Il livello di sicurezza è garantito nel funzionamento normale.	1	Non è probabile in funzionamento normale e se si verifica è di breve durata (poco frequente e di breve durata)	2

NOTA 1 - Si ricorda che nella Direttiva 94/9/CE è ammesso anche il livello di protezione assicurato da almeno un secondo mezzo indipendente in caso di guasto di uno dei mezzi di protezione, come se l'indipendenza dei mezzi ne aumentasse la qualità del primo.

NOTA 2 - Le due anomalie possono avvenire anche nello stesso apparecchio.

1.3.4 Conservazione dell'indipendenza dei mezzi di protezione

Per ottenere una sicurezza probabilistica contro l'evento esplosione con grado di sicurezza equivalente almeno 3 si deve garantire la presenza di:

- a) mezzi di protezione in serie necessari contro l'evento esplosione, indipendenti da cause comuni di inefficacia;
- b) più mezzi di protezione, uno di riserva all'altro, con grado di sicurezza equivalente 3 contro il manifestarsi di cause comuni d'inefficacia dei mezzi di protezione di cui in a).

Cause comuni di inefficacia dei mezzi di protezione contro l'esplosione, escluso l'evento catastrofico, possono ad esempio essere: stillicidio di sostanze corrosive, corrosioni elettrochimiche, vibrazioni, urti meccanici, errata manutenzione.

Si deve ricordare che, se la ragionevole indipendenza da cause comuni di inefficacia dei mezzi di protezione si muta in ragionevole dipendenza, la probabilità di contemporanea casuale inefficacia dei mezzi di protezione è data dalla somma delle probabilità di inefficacia di almeno 3 mezzi di protezione normali, ossia molto più alta di quella ammessa per un mezzo di protezione normale e quindi si passa da mezzo di protezione idoneo a mezzo di protezione non idoneo.

1.3.5 Casi particolari non previsti dalle norme

Per particolari esigenze di impianto o di Prodotto (apparecchio, sistema di protezione, componente e relative combinazioni), i datori di lavoro e/o i fabbricanti possono, a ragion veduta, adottare soluzioni diverse da quelle generali previste dalle norme tecniche, purché ne rispettino i requisiti essenziali di sicurezza.

La necessità del rispetto costante nel tempo della sicurezza impone ai datori di lavoro e/o ai fabbricanti di precisare, con documenti da rendere disponibili anche a terzi (installatori, verificatori, esercenti d'impianto, manutentori, autorità ispettive), le ragioni e le conseguenze delle loro decisioni (es. procedure di lavoro, istruzioni per l'uso).

Nel caso di incertezza nella conoscenza (pratica o scientifica) di fattori che interessano la sicurezza si devono stabilire ridondanze ed eventualmente anche diversità di mezzi di protezione in serie, ossia margini nella sicurezza tali da compensare convenzionalmente l'incertezza.

Stabilire o constatare l'esistenza di regole di comportamento nelle verifiche, nell'esercizio e nella manutenzione, che assicurino comunque la costante efficacia del numero minimo di mezzi di protezione necessari per assicurare, colle suddette regole, il grado di sicurezza 3.

In alcuni casi potrebbe essere necessario ricorrere ad un'analisi operativa per indagare con sistema semi-qualitativo i fenomeni (specie in insiemi complessi) perché non si ha la disponibilità di sufficienti dati quantitativi probabilistici.

L'analisi operativa consente di precisare nel documento:

- l'esistenza di un numero sufficiente di mezzi di protezione per le sole parti considerate fallibili con specifici parametri operativi, ciascuna almeno normalmente efficace (ossia dimensionata almeno per i parametri normali di progetto) e tutte ragionevolmente indipendenti da cause comuni di inefficacia salvo l'eccezione operativa ammessa per i mezzi di protezione aumentati in cui 2 mezzi di protezione sono inefficaci contemporaneamente;
- l'esistenza dei necessari tempi di ripristino dell'efficacia dei mezzi di protezione in funzione della sorveglianza e degli interventi manuali o automatici conseguenti.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Si deve ricordare che se si vogliono attuare delle valutazioni probabilistiche quantitative di atmosfera esplosiva vi è l'ulteriore difficoltà di dovere stabilire la durata temporale dell'evento ammesso nella zona 2 specifico di ogni impianto.

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

2.1. Disposizioni legislative

La principale disposizione legislativa relativa alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione è il Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n° 626 *“Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 2001/45/CE e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro”*.

Il decreto tratta la sicurezza dei lavoratori e va pertanto ad integrare e in alcuni articoli a sostituire il DPR 547/55.

Come si può vedere dall'elenco sopra riportato, il D.Lgs. 626/94 è stato aggiornato negli anni con il recepimento di nuove direttive riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro; si segnala in particolare la direttiva 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive” recepita in Italia con il D.Lgs. 12 giugno 2003, n. 233 (compresa la relativa rettifica pubblicata sulla GUCE L 134 del 7 giugno 2000 riguardante il cartello di cui alla Fig. 1-1), che costituisce il Titolo VIII-bis del D.Lgs. 626/94.

Il D.Lgs n. 626/94 è stato anche modificato da:

D.Lgs. 19 marzo 1996, n. 242 “Modificazioni ed integrazioni al decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626 recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro”;

D.Lgs. 23 giugno 2003, n. 195 “Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 19 settembre 1994, n. 626, per l'individuazione delle capacità e dei requisiti professionali richiesti per gli addetti ed i responsabili dei servizi di prevenzione e protezione dei lavoratori, a norma dell'articolo 21 della legge 1° marzo 2002, n. 39”.

2.2. Norme e guide tecniche

Le direttive stabiliscono i requisiti essenziali di sicurezza, ma affidano alle norme tecniche, in primo luogo le norme europee armonizzate (EN ...) CEN o CENELEC, recepite in Italia rispettivamente come norme UNI e CEI, il compito di tradurre in soluzioni tecniche detti requisiti. Si consiglia pertanto di non fare riferimento solo alle direttive ma anche alle norme tecniche, in particolare alle norme europee armonizzate.

2.2.1 Norma UNI EN 1127-1

Norma UNI EN 1127-1: *“Atmosfere esplosive - Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione – Parte 1: Concetti fondamentali e metodologia”*.

E' una norma generale di sicurezza (di Tipo A), applicabile a tutte le opere.

2.2.2 Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30)

Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), seconda edizione: *“Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas - Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi”*.

E' la norma specifica di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per presenza di gas (intendendo comprendere nel termine gas i gas veri e propri, i vapori e le nebbie), della cui applicazione si occupa la presente guida.

NOTA Si ricorda che nell'Allegato XV-bis, ultimo capoverso del D.Lgs. 626/94 è detto: “ Per la classificazione delle aree si può fare riferimento alle norme tecniche armonizzate relative ai settori specifici, tra le quali:

EN 60079-10 (CEI 31-30);

EN 50281-3 (CEI 31-52) “.

2.3 Relazione tra la classificazione dei luoghi e la valutazione del rischio esplosione

2.3.1 Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n° 626

Nel D.Lgs. 626/94 è detto tra l'altro quanto segue.

Il datore di lavoro è tenuto a rispettare le misure generali per la protezione della salute e per la sicurezza dei lavoratori e, in relazione alla natura dell'attività dell'azienda, ovvero dell'unità produttiva, deve valutare, nella scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze e o preparati chimici impiegato, nonché nella sistemazione dei luoghi di lavoro, i rischi (tutti) per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti i gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari.

All'esito della valutazione di cui sopra, il datore di lavoro elabora un documento contenente:

- a) una RELAZIONE sulla valutazione dei rischi per la sicurezza e la salute durante il lavoro nella quale sono specificati i criteri adottati per la valutazione stessa;
- b) l'individuazione delle misure di prevenzione e protezione attuate in conseguenza della valutazione di cui sopra, nonché delle attrezzature di protezione utilizzate;
- c) il programma di attuazione delle misure di cui alla lettera b).

Nel D.Lgs. 626/94, Titolo VIII bis (D.Lgs. 233/03) è detto inoltre quanto segue.

- d) Il datore di lavoro deve adottare le misure tecniche e/o organizzative adeguate alla natura dell'attività per:

- prevenire la formazione di atmosfere esplosive; oppure, se la natura dell'attività non lo consente;
- evitare l'accensione di atmosfere esplosive;
- attenuare gli effetti di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori.

- e) Il datore di lavoro, nell'assolvere gli obblighi di prevenzione e protezione, deve valutare i rischi specifici derivanti da atmosfere esplosive, tenendo conto almeno di:

- probabilità e durata della presenza di atmosfere esplosive;
- probabilità della presenza, dell'attivazione e dell'efficacia di sorgenti di accensione, comprese le scariche elettrostatiche;
- caratteristiche dell'impianto, sostanze utilizzate, processo e loro possibili interazioni;
- entità degli effetti prevedibili.

- f) **Il datore di lavoro deve ripartire in zone le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive, graduate secondo la frequenza e durata di presenza di atmosfera esplosiva:**

- **Zone 0, 1, 2 per gas, vapori o nebbie infiammabili;**
- **Zone 20, 21, 22 per le polveri infiammabili (combustibili);**

inoltre, per ogni tipo di zona, deve indicare le informazioni necessarie per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti stessi, v. 3.16 e 5.15.2.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

La valutazione del rischio esplosione (v. 3.24) di un Prodotto fornito (anche non ATEX) (v. 3.16) è compito del fabbricante del Prodotto stesso quando è individuata l'utilizzazione con la sostanza i parametri di uso, ecc. In questi casi, al fine di consentirne un uso in sicurezza, egli dovrebbe fornire la classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per le sostanze e le sorgenti di emissione presenti nel Prodotto stesso, o almeno fornire le informazioni necessarie per la classificazione dei luoghi, tenendo conto delle condizioni di utilizzazione e ambientali del luogo d'installazione. La documentazione relativa alla classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione (istruzioni per l'uso) sarà fornita all'acquirente (datore di lavoro o chi per esso) perché ne tenga conto per gli impianti al contorno.

NOTA Vedere la nota 24, pag. 25 della seconda ed. della Guida alla Direttiva 94/9/CE

L'acquirente del prodotto, nella documentazione di acquisto, tra le condizioni di utilizzazione e ambientali, deve segnalare al fabbricante quando sia prevista la sua installazione in zona con pericolo d'esplosione originata da altre parti dell'impianto.

NOTA Per il raggiungimento degli obiettivi sopra indicati è auspicabile la collaborazione tra fabbricante e acquirente (datore di lavoro o chi per esso).

Il D.Lgs. 626/94, all'art. 88-octies, prevede tra le misure organizzative di protezione, il segnale di pericolo (avvertimento) riportato nella Fig. 2.3-1 per indicare le zone con pericolo d'esplosione, da utilizzare se necessario.

La necessità o meno e la disposizione dei segnali rientra tra i compiti del tecnico incaricato della valutazione del rischio esplosione.

L'uso potrebbe essere dettato dalla necessità di avvertire i lavoratori del pericolo, particolarmente nei luoghi dove non ci si aspetta la presenza di zone con pericolo di esplosione, es. un deposito di sostanze infiammabili, lo sfiato di una singola valvola di sicurezza del sistema di contenimento di una sostanza infiammabile, ecc.

Il segnale di pericolo deve essere realizzato con lettere in nero su sfondo giallo, bordo nero (il colore giallo deve costituire almeno il 50% della superficie del segnale)

La dicitura "*Atmosfere esplosive pericolose*" non è prevista nel Decreto, ma potrebbe essere utile quando possono sussistere dubbi sull'interpretazione del segnale di pericolo, particolarmente in questo periodo iniziale di applicazione dello stesso decreto.



Fig. 2.3-1 Segnale per indicare le zone con pericolo di esplosione

2.3.2 Decreto Legislativo 17 agosto 1999, n° 334 "*Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose*" (e D.P.C.M. 31-03-89)

L'incidente rilevante è un evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati, che si verifica durante l'attività di uno stabilimento in cui sono presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I del decreto 334/99 e che da luogo ad un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o per l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengono una o più sostanze pericolose.

Ciò che contraddistingue questo tipo di incidente da quelli convenzionali, è rappresentato dalla loro catastroficità e capacità diffusiva nei confronti dell'ambiente circostante il luogo di lavoro, per i quali gli strumenti di valutazione forniti dalla presente Guida non sono adeguati

Pertanto, si assume che:

Incidente rilevante = Evento catastrofico ai fini della norma CEI EN 60079-10.

3. DEFINIZIONI E DESCRIZIONI

Per gli scopi della presente Guida si applicano le definizioni seguenti, alcune delle quali sono tratte dalla Norma UNI EN 1127-1 e dalla Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), Capitolo 2.

3.1 Ambiente

Parte del luogo nella quale esistono condizioni di ventilazione univocamente definibili (es. ambiente aperto, ambiente chiuso con lo stesso tipo e disponibilità della ventilazione).

In uno stesso luogo possono esistere più ambienti quando nelle diverse sue parti esistono condizioni di ambientali diverse, con sistemi o movimenti dell'aria indipendenti tra loro o che si influenzano poco significativamente (es. una fossa per i gas pesanti o un sottotetto per i gas leggeri, possono essere ambienti diversi dal volume libero del locale dove l'aria di ventilazione può circolare liberamente o solo con qualche impedimento).

3.2 Atmosfera esplosiva (UNI EN 1127-1)

Miscela in aria di una sostanza infiammabile (o combustibile) sotto forma di gas, vapore, nebbia, o polvere, in condizioni atmosferiche normali, in cui, dopo l'accensione, la combustione procede fino ad esaurimento della miscela stessa.

NOTA Una miscela in aria di sostanza infiammabile avente una concentrazione maggiore del limite superiore di esplosibilità (*UEL*) non è un'atmosfera esplosiva, ma può facilmente diventare tale, pertanto, salvo casi particolari, ai fini della classificazione dei luoghi è consigliabile considerarla atmosfera esplosiva.

3.3 Combustione

Reazione esotermica di ossidazione di una sostanza con un comburente (detto anche ossidante e comunemente costituito dall'ossigeno dell'aria), generalmente accompagnata da sviluppo di fiamme e/o di incandescenze e/o di fumo.

NOTA Definizione sintetizzata da una serie di definizioni contenute nella Guida ISO/IEC 52/89.

3.4 Condizioni atmosferiche

Condizioni nelle quali la concentrazione di ossigeno nell'atmosfera è approssimativamente del 21% e che includono variazioni di pressione e temperatura al di sopra ed al di sotto dei livelli di riferimento, denominati *Condizioni atmosferiche normali*, di 101325 Pa (1013 mbar) e 20°C (293 K), purché tali variazioni abbiano un effetto trascurabile sulle proprietà esplosive della sostanza infiammabile.

NOTA Per concentrazioni di ossigeno nell'atmosfera ambiente maggiori del 22-23% non è possibile fare riferimento alle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze infiammabili riportate nelle norme e nella letteratura tecnica riguardante la classificazione dei luoghi; inoltre, si deve osservare che i prodotti per luoghi con pericolo di esplosione considerati nelle norme sono certificati solo per atmosfere normali (non arricchite di ossigeno).

Per contro, con concentrazioni di ossigeno molto minori di quelle che si hanno nell'aria degli ambienti ordinari si può prevenire l'innesco di atmosfere con sostanze infiammabili, ad esempio mediante inertizzazione dell'ambiente, v. il Cap. 9.

Le condizioni atmosferiche previste come base per le prove di conformità alle norme tecniche (CEI EN 50014, UNI EN 13463-1) indicano una gamma di variazioni di temperatura da - 20°C a + 40°C ed una gamma di variazioni di pressione da 0,8 bar a 1,1 bar.

Il termine *Condizioni atmosferiche* di cui sopra e il termine *Condizioni atmosferiche ordinarie* sono considerati equivalenti.

3.5 Deflagrazione (UNI EN 1127-1)

Esplosione che si propaga a velocità subsonica.

3.6 Detonazione (UNI EN 1127-1)

Esplosione che si propaga a velocità supersonica e caratterizzata da un'onda d'urto

3.7 Esplosione (UNI EN 1127-1)

Brusca reazione di ossidazione o decomposizione che produce un aumento della pressione e/o della temperatura (onda di pressione e gradiente di temperatura).

3.8 Funzionamento di un impianto o di un prodotto

3.8.1 Funzionamento normale e funzionamento ordinario

Funzionamento normale è quello in cui un impianto o un prodotto funziona entro le grandezze caratteristiche di progetto; esso include tutte le possibili condizioni operative, compresa la messa in servizio e fuori servizio (avvio e fermata).

Piccole emissioni di sostanze infiammabili possono essere comprese nel funzionamento normale. Per esempio, si considerano piccole emissioni le perdite da tenute che per costruzione sono umidificate dal fluido di processo.

A fini della presente guida, il termine "*funzionamento ordinario*" rientra nell'ambito del "*funzionamento normale*".

3.8.2 Funzionamento anormale e guasto catastrofico

Funzionamento anormale di un impianto o di un prodotto suscettibile di verificarsi poco frequentemente; esso comprende le avarie, i guasti, gli stati difettosi e l'uso non corretto, ragionevolmente prevedibili.

Sono ragionevolmente prevedibili le avarie e i guasti quali la rottura di tenute di pompe, di guarnizioni, di flange, o spandimenti accidentali che richiedono riparazioni urgenti o fermate (v. la Norma art. 2.9 nota 2).

Si devono considerare esclusi dal funzionamento anormale i guasti catastrofici, intesi come eventi non prevedibili, nonché le avarie, i guasti e gli stati difettosi che possono verificarsi per dolo.

Ai fini della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione si devono inoltre considerare generalmente esclusi anche le avarie, i guasti e gli stati difettosi che possono verificarsi per colpa e per manutenzione trascurata.

Prima di stabilire che un evento è catastrofico, occorre considerare sia le cause specifiche di guasto o comunque di emissione, sia le cause comuni di guasto; tipiche cause comuni di guasto sono le vibrazioni, le temperature elevate, l'irraggiamento solare, la corrosione da sostanze o atmosfere inquinate, ecc.

3.8.3 Manutenzione

Combinazione di tutte le azioni tecniche e di quelle corrispondenti amministrative, intese a conservare o ripristinare un Prodotto o un impianto in uno stato nel quale può adempiere alle funzioni richieste.

Gli interventi di manutenzione sono soggetti, sia a specifiche valutazioni dei rischi, sia a specifiche procedure operative, che prevedono il coinvolgimento di personale istruito ed equipaggiato, sia con dispositivi di protezione individuale, sia con idonee attrezzature di lavoro.

3.9 Impianto e sue caratteristiche

3.9.1 Impianto

Insieme di componenti (prodotti, ecc.) funzionalmente associati al fine di soddisfare a scopi specifici e aventi caratteristiche coordinate. In un impianto, i componenti (prodotti):

- sono immessi sul mercato in modo indipendente, da uno o più fabbricanti;
- non vengono commercializzati da un'unica persona giuridica sotto forma di singola unità funzionale.

NOTA L'impianto non è sottoposto alla 94/9/CE, v. Guida alla direttiva stessa, art. 3.7.2.

3.9.2 Nuovo impianto

Realizzazione di un impianto non esistente in precedenza, o il rifacimento completo di un impianto esistente.

3.9.3 Trasformazione di un impianto esistente

Realizzazione di modifiche di un impianto esistente dovute, per esempio a:

- cambio di destinazione d'uso dell'opera, edificio o luogo;
- cambio delle prestazioni dell'impianto con, ad esempio, la modifica delle dimensioni delle tubazioni, la sostituzione di apparecchi, dispositivi, componenti o sistemi di protezione per aumento delle prestazioni e/o della produzione;
- cambio dei dati di progetto della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione (es. caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze, condizioni operative quali la temperatura e la pressione, ecc.);
- rifacimento parziale di un impianto che non rientri nella manutenzione straordinaria, come ad esempio la sostituzione dell'impianto di uno o più locali/zone/reparti, con un nuovo impianto quando i locali/zone/reparti non coincidono con tutta l'unità (opera).

3.9.4 Ampliamento di un impianto esistente

Espansione di un impianto esistente con aggiunta di uno o più linee di produzione, apparecchi, dispositivi, componenti o sistemi di protezione per aumento delle prestazioni e/o della produzione.

3.10 Luogo pericoloso

Spazio (tridimensionale) in cui è o può essere presente un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas infiammabili, intendendo comprendere nel termine gas i gas veri e propri, i vapori e le nebbie (3.22), in quantità tale da richiedere provvedimenti particolari contro le esplosioni.

Il luogo pericoloso costituisce l'involuppo delle zone pericolose.

I termini *luogo pericoloso* e *area pericolosa* sono considerati equivalenti, da preferirsi *luogo pericoloso*.

3.11 Opera

Ogni tipologia di manufatto dell'uomo (es. edificio, immobile, impianto, applicazione, intervento, lavoro, ecc.).

3.12 Pericolo

Proprietà o qualità intrinseca di una determinata entità (es. impianto, prodotto o attrezzatura di lavoro, metodo e pratica di lavoro) avente attitudine di causare danni.

Per gli scopi della presente Guida il termine *pericolo* è utilizzato per indicare l'attitudine di un impianto, prodotto o attrezzatura di lavoro, metodo e pratica di lavoro, a creare situazioni di pericolo d'esplosione.

3.13 Persona preposta alla conduzione di un'attività lavorativa

Persona designata alla diretta responsabilità della conduzione del lavoro. Ove necessario, parti di tale responsabilità possono essere assegnate ad altri.

Per brevità, può essere indicata come *Preposto ai lavori*, v. Norma CEI 11-27.

3.14 Persona esperta (PES)

Persona formata, in possesso di specifica istruzione ed esperienza tali da consentirle di evitare i pericoli che l'attività può creare [IEV 826-09-01 modificata], v. Norma CEI 11-27.

3.15 Persona avvertita (PAV)

Persona formata, adeguatamente avvisata in relazione alle circostanze contingenti, da persone formate ed esperte per metterla in grado di evitare i pericoli che l'attività può creare [IEV 826-09-02 modificata], v. Norma CEI 11-27.

3.16 Prodotto e prodotto ATEX

Per prodotto si intende ogni apparecchio, sistema di protezione, dispositivo, componente e relative combinazioni.

- a) Per apparecchi si intendono le macchine, i materiali, i dispositivi fissi o mobili, gli organi di comando, la strumentazione e i sistemi di rilevazione e di prevenzione che, da soli o combinati, sono destinati alla produzione, al trasporto, al deposito, alla misurazione, alla regolazione e alla conversione di energia ed alla trasformazione di materiale.
- b) Sono considerati sistemi di protezione i dispositivi, diversi dai componenti degli apparecchi sopra definiti, la cui funzione è bloccare sul nascere le esplosioni e/o circoscrivere la zona da esse colpita, che sono immessi separatamente sul mercato come sistemi con funzioni autonome.
- c) Sono detti componenti i pezzi essenziali per il funzionamento sicuro degli apparecchi e dei sistemi di protezione, privi tuttavia di funzione autonoma.

Un prodotto:

- è immesso sul mercato separatamente da un solo fabbricante;
- è commercializzato da un'unica persona giuridica sotto forma di singola unità funzionale.

Per *prodotto ATEX* si intende un prodotto che, per via delle potenziali sorgenti di innesco che sono sue proprie, rischierebbe di provocare un'esplosione, per cui contro questa eventualità, è conforme alla Direttiva 94/9/CE (DPR 126/98), v. anche la Guida alla Direttiva 94/9/CE, Cap. 3.

A fini della presente Guida, le Costruzioni elettriche Ex sono comprese tra i prodotti ATEX.

3.17 Rischio (Norma ISO 12100-1)

Combinazione della probabilità e del grado dell'eventuale lesione o danno alla salute di una persona in una situazione pericolosa.

3.18 Sistema di contenimento

NOTA Definizione analoga a quella riportata nella (Norma CEI EN 50281-3, art. 3.9).

Parti dell'apparecchiatura di processo all'interno delle quali vengono movimentate, trattate, trasportate o immagazzinate sostanze, per es. per impedire l'emissione di gas, vapori o nebbie nell'atmosfera circostante.

Il sistema di contenimento può quindi riferirsi sia ai gas, vapori o nebbie, sia a sostanze in qualunque stato fisico suscettibili di produrre gas, vapori o nebbie.

3.19 Sistema o provvedimento di bonifica

Ogni sistema o provvedimento volto ad allontanare o inertizzare la sostanza infiammabile eventualmente presente nell'ambiente o impedirne l'ingresso, o inertizzare l'ambiente.

3.20 Sorgente di accensione

Sorgente di energia sufficiente ad accendere un'atmosfera esplosiva.

NOTA Le possibili sorgenti di accensione di esplosioni risiedono sia negli impianti elettrici, sia negli altri impianti (es. termici, di lavorazione, convogliamento, deposito, ecc.): vedere al riguardo l'Allegato II, art. 1.3, del DPR 126/98.

I termini "*sorgente*" e "*fonte*" sono considerati equivalenti, da preferirsi "*sorgente*".

I termini "accensione", "innesco" e "ignizione" sono considerati equivalenti, da preferirsi "accensione", es. "sorgente di accensione".

3.21 Sorgente di emissione (SE)

Un punto o una parte di impianto da cui può essere emessa nell'atmosfera un gas, un vapore o un liquido infiammabile con modalità tale da originare un'atmosfera esplosiva [IEV 426-03-06 modificata].

Nel testo della guida chiamate per brevità SE.

NOTA La definizione è analoga a quella di centro di pericolo, utilizzata nella norma CEI 64-2; la novità sta nel fatto che le SE non sono caratterizzate da un *grado* come i centri di pericolo (es. centro di pericolo di primo grado (CP1); il grado viene invece attribuito a ciascuna emissione vera e propria (una SE può avere più gradi di emissione).

Una SE è disattivata e, in quelle condizioni, non è una SE, quando il sistema di contenimento di cui fa parte non ne consente emissioni significative di sostanza infiammabile ed è isolata (sezionata) rispetto al flusso della sostanza stessa in modo da renderne trascurabile la portata.

3.22 Sostanza e sue caratteristiche

3.22.1 Sostanza infiammabile

Sostanza in qualunque stato fisico che, se miscelata con l'aria sotto forma di gas o vapore o nebbia, in determinate proporzioni, può formare un'atmosfera esplosiva, denominata *atmosfera esplosiva per la presenza di gas* ed è capace di sviluppare con l'ossigeno dell'aria una reazione esotermica di ossidazione; vedere anche il par. 2.13 e il par. 2.15 della Norma.

Tra le sostanze infiammabili vi sono quelle che, secondo la direttiva 67/548/CEE, sono classificate e contrassegnate come *infiammabili* (R10), *leggermente infiammabili* (F o R11/R15/R17), *estremamente infiammabili* (F+ o R12), nonché tutte le altre sostanze e preparati non ancora classificati, ma che corrispondono ai criteri di infiammabilità o che sono, in genere, da considerare infiammabili (v. Appendice GA).

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Sono comprese le sostanze allo stato liquido o solido con temperatura d'infiammabilità T_i minore o uguale alla massima temperatura ambiente T_a , nonché le sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i maggiore della massima temperatura ambiente T_a ed emesse a temperatura T_u maggiore della loro temperatura d'infiammabilità, v. 5.5.3 e GB.5.4. o riscaldate dopo l'emissione (es. per contatto con superfici calde).

3.22.2 Gas

Sostanza che si trova al di sopra della sua temperatura critica (es. gas naturale a temperatura ambiente).

3.22.3 Vapore

Sostanza che si trova al di sotto della sua temperatura critica (es. GPL a temperatura ambiente).

3.22.4 Temperatura critica

Temperatura al di sopra della quale una sostanza allo stato gassoso non può essere liquefatta per sola compressione (es. il gas naturale o l'idrogeno in bombole).

3.22.5 Nebbia

Goccioline di liquido disperse in un gas (es. aria).

Le nebbie possono formarsi ad esempio:

- quando un liquido viene forzato attraverso un piccolo foro (es. un ugello o anche un piccolo foro dovuto ad un guasto);
- quando un liquido su una superficie viene sottoposto a forti accelerazioni (es. vibrazioni);
- quando un liquido condensa per abbassamento della temperatura.

Una nebbia è infiammabile quando è composta da goccioline di liquido combustibile disperse in aria con modalità tale formare un'atmosfera esplosiva.

NOTA Quando un liquido combustibile è o può essere disperso nell'aria ad una temperatura maggiore della sua temperatura d'infiammabilità T_i , ogni sua emissione è trattata con la procedura normale di classificazione dei luoghi descritto nella Norma e nella presente Guida.

Quando un liquido combustibile è o può essere disperso nell'aria ad una temperatura minore della sua temperatura d'infiammabilità T_i , una sua emissione ad una pressione relativa di almeno 0,7 bar forma la nebbia e può creare o meno un'atmosfera esplosiva (il valore di 0,7 bar è desunto dall'Annex D della norma IEC 60079-10 quarta edizione allo studio).

Per stabilire se la nebbia è in grado di formare un'atmosfera esplosiva, può essere fatto riferimento a normative specifiche ove esistenti, a prove o anche all'esperienza. Tuttavia, considerando la complessità termodinamica delle nebbie e del grande numero di fattori che ne influenzano l'infiammabilità, i riferimenti possono non essere disponibili per tutte le situazioni reali, per cui in questi casi, per la valutazione si può fare riferimento ai dati di emissione, ad esempio: è ragionevole assumere che la probabilità che la nebbia sia infiammabile è tanto più alta quanto più alta è la pressione di emissione e quanto più la temperatura di emissione è vicina alla temperatura d'infiammabilità T_i del liquido; pertanto, per un liquido che viene emesso ad una pressione relativa inferiore a 0,7 bar e ad una temperatura ben al di sotto della sua temperatura d'infiammabilità T_i si può ragionevolmente escludere la formazione di nebbia infiammabile.

Ad esempio, un gasolio, con temperatura d'infiammabilità T_i di 55-65°C, emesso ad una pressione relativa maggiore di 0,7 bar e una temperatura di 40-50°C può creare un'atmosfera esplosiva; invece, se emesso ad una pressione relativa maggiore di 0,7 bar ma ad una temperatura inferiore, ad es. 15-20°C è poco probabile che possa creare un'atmosfera esplosiva.

Per l'estensione delle zone originate dalle nebbie può essere fatto riferimento ai criteri adottati per le zone originate da gas o vapori in singola fase con velocità di emissione ≥ 10 m/s, oppure possono essere adottate metodologie diverse purché supportate da validi riferimenti.

3.22.6 Solido che sublima

Sostanza che passa dallo stato solido direttamente allo stato gassoso senza passare attraverso lo stato liquido.

3.22.7 Sostanza combustibile

Sostanza che, a seguito dell'accensione, reagisce con un comburente (detto anche ossidante e comunemente costituito dall'ossigeno dell'aria) con reazione esotermica generalmente accompagnata da sviluppo di fiamme e/o incandescenze.

3.23 Uso non corretto di un impianto o un prodotto

3.23.1 *Uso non corretto per colpa* (con riferimento al Codice Penale, Titolo II, Capo I art. 43)

Azione od omissione non corretta (errata) nell'uso di un impianto o di un Prodotto attuata senza l'intenzione (involontaria), suscettibile di provocare un evento dannoso o pericoloso (es. emissione di sostanza infiammabile, esplosione), a causa di negligenza o imprudenza o imperizia, ovvero per inosservanza di leggi, regolamenti, ordini o discipline, comprese le norme tecniche, le istruzioni per l'uso del fabbricante, le istruzioni e procedure di lavoro del datore di lavoro.

3.23.2 *Uso non corretto per dolo* (con riferimento al Codice Penale, Titolo II, Capo I art. 43)

Azione od omissione non corretta (errata) nell'uso di un impianto o di un prodotto attuata secondo l'intenzione (volontaria) di provocare un evento dannoso o pericoloso (es. emissione di sostanza infiammabile, esplosione).

3.24 Valutazione dei rischi

Procedimento di valutazione dei rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori nell'espletamento delle loro mansioni, derivante dalle circostanze del verificarsi di un pericolo sul luogo di lavoro.

3.25 Zona pericolosa

Spazio di estensione determinata, in un luogo pericoloso, entro il quale devono essere adottati provvedimenti contro l'esplosione.

Per quanto si riferisce al campo di applicazione della presente guida, le zone pericolose si distinguono in zona 0, zona 1, zona 2.

4 PERICOLI DA GAS O VAPORI INFIAMMABILI

4.1 Generalità

Per la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione si considerano i luoghi (aree) nei quali sia prevedibile la presenza di sostanze infiammabili come prodotti o sottoprodotti indesiderati (es. vapori di benzina), in qualunque stato fisico, *sia durante il funzionamento normale* dell'impianto, sia in caso di *funzionamento anormale*, sia in caso di *manutenzione*.

L'accertamento della necessità di eseguire la classificazione dei luoghi spetta al datore di lavoro, il quale dovrebbe avvalersi di specialisti in materia.

Nell'industria in genere, le esplosioni possono derivare dai prodotti utilizzati (gas naturale di rete, metano (in bombole), acetilene, idrogeno, ecc., dai prodotti di lavorazioni, es. bagni galvanici, processi elettrochimici, ecc.

In altre attività, le esplosioni possono derivare da carburanti, gas naturale di rete, GPL, vernici, ecc.

Devono essere considerati sia gli ambienti all'esterno dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili dai quali le sostanze stesse potrebbero fuoriuscire, sia quelli all'interno di detti sistemi che sono o possono essere in contatto con l'atmosfera dell'ambiente esterno al sistema di contenimento stesso, ad esempio il volume libero interno di un serbatoio a tetto fisso, il volume libero interno di un'apparecchiatura che viene aperta consentendo l'ingresso dell'aria presente nell'ambiente esterno ad essa, il volume libero interno di una vasca, ecc.

Il pericolo di atmosfere esplosive ha origine dai punti di discontinuità dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili dai quali le sostanze stesse possono essere emesse nell'ambiente (sorgenti di emissione). Per i liquidi infiammabili, oltre ai punti di discontinuità dei sistemi di contenimento devono essere considerate le pozze che si formano dove il liquido va a cadere e si raccoglie, in quanto evaporando possono formare atmosfere esplosive.

Le attività di manutenzione non rientrano, né nel funzionamento normale, né in quello anormale, v. 3.8. Questi tipi di interventi sono soggetti a specifiche valutazioni dei rischi e sottomessi all'attuazione di specifiche procedure operative che prevedono il coinvolgimento di persone preposte alle attività stesse, v. 3.13, di persone esperte, v. 3.14, nonché di persone avvertite, v. 3.15, istruite sulle prescrizioni di sicurezza, sui regolamenti per la sicurezza e sulle procedure aziendali applicabili al loro lavoro, equipaggiate e munite dei mezzi e utensili idonei, (es. dispositivi per la bonifica dei tratti di tubazione interessati dall'intervento, strumenti portatili, ecc.); pertanto, le metodologie di intervento dovrebbero essere tali da far sì che le emissioni che avvengono o possono avvenire durante le attività di manutenzione non siano maggiori di quelle che si hanno nel funzionamento normale o anormale considerate nelle valutazioni che hanno condotto alla classificazione del luogo. Nei casi particolari in cui le emissioni siano maggiori, sarà necessario considerarle nella classificazione dei luoghi o in una valutazione specifica, tenendo conto del fatto che, maggiori estensioni o aggravio dei tipi di zone possono coinvolgere, oltre alle attrezzature di lavoro, anche aree circostanti dove non sono adottate adeguate misure di protezione contro le esplosioni.

In ogni caso, si devono considerare escluse dalla classificazione dei luoghi le emissioni di sostanze infiammabili che possono avvenire per manutenzione trascurata (v. 3.8 e 3.25). Una valutazione a parte deve essere fatta in caso di incidenti rilevanti.

Le emissioni di sostanze infiammabili che avvengono o possono avvenire per l'uso non corretto di un impianto o di un Prodotto per colpa, non vengono generalmente considerate nella classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in quanto dovrebbero essere evitate mediante misure tecniche e/o organizzative di protezione (es. ridondanza di barriere di sicurezza, controllo di esplodibilità dell'atmosfera, organizzazione del lavoro, regolamenti, istruzioni scritte, formazione dei lavoratori, ecc.).

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Nei casi particolari in cui dette emissioni rientrino almeno nella definizione di emissione di secondo grado come stabilito nella Norma, esse dovranno essere considerate nella classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione.

Si devono considerare in ogni caso escluse dalla classificazione dei luoghi le emissioni di sostanze infiammabili che possono avvenire per dolo (v. 3.8.2 e 3.23).

Si considerano solo i luoghi resi pericolosi da sostanze che reagiscono con l'ossigeno dell'aria; sono pertanto escluse le sostanze che, contenendo in sé anche il comburente, possono esplodere in assenza di ossigeno atmosferico (es. sostanze piroforiche, esplosive, ecc.).

4.2. Tipi di pericolo

4.2.1. Pericoli d'esplosione o di incendio

Le sostanze presenti nel luogo considerato possono avere diverse tipologie di pericolo per le quali si rimanda alle "schede di sicurezza e ambiente" (es. pericolo da agenti cancerogeni).

Le sostanze infiammabili e le sostanze combustibili (v. 3.22) possono creare pericoli d'esplosione (v. 3.7) o di incendio in relazione con le loro caratteristiche chimico-fisiche, le condizioni operative e di stoccaggio e le condizioni ambientali.

In particolare:

- a) le sostanze infiammabili allo stato di gas o vapore, dopo l'emissione, se disperse in un comburente (es. l'aria ambiente); possono creare atmosfere esplosive pericolose;

oppure,

- b) le sostanze infiammabili o combustibili allo stato liquido (o solido che sublima), dopo l'emissione, possono formare pozze che, per effetto della loro stessa tensione di vapore alta, evaporano abbastanza rapidamente per creare atmosfere esplosive pericolose, fungendo così da sorgenti di emissione (SE);

oppure,

- c) le sostanze combustibili allo stato di liquido (o solido che sublima) dopo l'emissione, possono formare pozze che, per effetto della loro stessa tensione di vapore bassa, evaporano lentamente senza creare atmosfere esplosive pericolose.

Per la classificazione dei luoghi occorre valutare sia la probabilità di formazione delle atmosfere esplosive pericolose nel punto di emissione (SE), sia la probabilità di formazione di pozze.

Le pozze di liquidi infiammabili e/o combustibili all'esterno dei sistemi di contenimento dovrebbero essere sempre limitate, sia come probabilità di presenza, sia come estensione.

Si deve considerare che piccole emissioni diluite nel tempo o continue, che non determinano zone pericolose nelle immediate vicinanze della sorgente di emissione (SE), ad esempio le emissioni strutturali, possono, nel tempo, creare atmosfere esplosive pericolose quando avvengono in ambienti chiusi, particolarmente in quelli di piccole dimensioni.

4.2.2. Condizioni perché possa avvenire un'esplosione

Un'esplosione può avvenire se sono soddisfatte le seguenti condizioni.

- 1) E' presente almeno una sostanza infiammabile (v. 3.22.1).
- 2) La sostanza è dispersa in aria sotto forma di gas, vapore o nebbia con modalità tali da formare un'atmosfera esplosiva pericolosa.

NOTA Nella Norma CEI 64-2 era assunto a parametro significativo della distinzione tra le Classi 1 e 3 il quantitativo di sostanza infiammabile presenti; ciò in base al DM 22.12.1958 *Luoghi di lavoro per i quali sono prescritte le particolari norme di cui agli articoli 329 e 331 del DPR 27 aprile 1955 n. 547*; invece la nuova norma non considera le quantità di sostanze infiammabili presenti come parametro significativo per escludere la possibilità di formazione di atmosfera esplosiva; considera invece in tal senso la quantità di atmosfera esplosiva.

- 3) Se allo stato liquido o solido che sublima, la suddetta sostanza ha temperatura d'infiammabilità uguale o inferiore alla massima temperatura alla quale si trova o può venirsi a trovare considerando, sia il funzionamento normale (3.8.1), sia il funzionamento anormale (art. 3.8.2). Se la sostanza non è riscaldata all'interno del sistema di contenimento e non può venire in contatto con superfici calde, per definire la massima temperatura alla quale si trova o può venirsi a trovare ci si riferisce alla massima temperatura ambiente, v. 5.6.

Quando in un luogo sono presenti solo sostanze allo stato liquido, o solido che sublima, e nessuna di esse si trova o può venirsi a trovare a temperature maggiori della loro temperatura d'infiammabilità, il luogo, se non interessato da pericoli d'esplosione provenienti da altri luoghi circostanti, non presenta pericoli d'esplosione, può tuttavia presentare pericoli d'incendio. Le sostanze allo stato liquido o solido che sublima presenti nelle condizioni suddette sono denominate nella presente guida *sostanze combustibili* (3.22.7).

- 4) La concentrazione del gas, vapore o nebbia nell'atmosfera ambiente è compresa nell'intervallo di esplodibilità (tra il limite inferiore di esplodibilità *LEL* e il limite superiore di esplodibilità *UEL*).
- 5) L'atmosfera entro cui è miscelato il gas o il vapore contiene sufficiente ossigeno per sostenere la combustione (da considerare solo per atmosfere inertizzate).
- 6) E' presente una sorgente di accensione di energia sufficiente per innescare l'atmosfera esplosiva.

Se manca una sola delle condizioni da 1) a 5) nel luogo considerato non possono formarsi atmosfere esplosive pericolose, purché ovviamente il luogo stesso non sia interessato da atmosfere esplosive provenienti da altri luoghi circostanti.

Se manca una sola delle condizioni da 1) a 6) l'esplosione non può avvenire. Tutte le misure di prevenzione si basano quindi sull'eliminazione di una o più di queste condizioni.

Le sorgenti di accensione (v. 3.20) non risiedono solo negli impianti elettrici, ma in tutti i tipi di impianti (es. termici, di lavorazione, convogliamento, deposito, ecc.), vedere al riguardo l'Allegato II, art. 1.3, del DPR 126/98.

4.2.3 Pericoli da nubi di gas, vapori, nebbie e polveri (miscele ibride)

Le miscele ibride sono miscele in aria di sostanze infiammabili in stati fisici differenti (es. gas o vapori e polveri). Un esempio di miscela ibrida è quella tra metano (grisou), polvere di carbone ed aria nelle miniere.

In questi casi la definizione delle loro caratteristiche in relazione al pericolo d'esplosione è difficile, perché dipende dalle interazioni delle sostanze che compongono la miscela, per cui ad esempio il limite inferiore d'esplodibilità (*LEL*) può risultare inferiore a quello delle singole sostanze, l'energia minima d'innescio (accensione) può essere minore e l'esplosione può essere più violenta (onda di pressione e gradiente di temperatura).

I limiti inferiori di esplodibilità (*LEL*) di miscele di più gas e/o vapori, sono valutabili applicando semplici relazioni di proporzionalità. Lo stesso dicasi per alcune miscele di gas (o vapori) e polveri, ad esempio per il sistema etilene-polietilene-aria, anche se esistono casi in cui si evidenziano effetti sinergici, nel senso che il limite inferiore di esplodibilità (*LEL*) risulta inferiore a quello deducibile dalla relazione di proporzionalità. Questo fenomeno si manifesta per miscele contenenti polveri di sostanze alogenate (ad esempio PVC), ma anche per miscele in aria di metano e carbone, propilene e polipropilene, metano e polietilene, polvere di ferro e propano, solventi infiammabili e polveri varie infiammabili, ecc. In questi casi anche la violenza dell'esplosione risulta aumentata.

Per concentrazioni superiori al *LEL* l'aggiunta di gas ad una miscela contenente una data concentrazione di polvere in aria aumenta la sovrappressione massima di esplosione P_{emax} ; il fenomeno contrario è verificato se si aggiunge polvere ad una miscela contenente una data percentuale di gas.

Il limite superiore di esplodibilità *UEL* delle miscele in aria, sia di soli componenti gassosi sia di gas e polveri, non è deducibile da una relazione di proporzionalità.

5 CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI CON PERICOLO DI ESPLOSIONE DA GAS, VAPORI o nebbie INFIAMMABILI

5.1 Generalità

I principi di sicurezza e gli obiettivi della classificazione dei luoghi impongono di minimizzare i pericoli di atmosfera esplosiva.

Le particolarità prese in considerazione nella Norma sono valutate fondamentalmente in modo qualitativo e, anche se talora, come nella ventilazione, vi sono valutazioni quantitative, le incertezze ivi esistenti fanno mantenere loro in sostanza il carattere di valutazione qualitativa, per quanto più puntuale.

Nella presente guida sono forniti dati e relazioni di calcolo applicabili alla maggioranza delle situazioni reali; tuttavia, il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi deve effettuare prioritariamente una valutazione qualitativa che gli consenta di stabilire che detti dati e relazioni di calcolo sono applicabili al suo caso specifico nel rispetto della Norma e che i risultati sono nella logica della valutazione qualitativa da lui effettuata in precedenza.

Alle formule di calcolo è stato attribuito un codice, racchiuso tra parentesi quadra [...], costituito dalla lettera "f" per indicare che si tratta di una formula, seguita dal numero del paragrafo e, separato ad un trattino "-", dal numero progressivo nell'ambito del paragrafo. Ove applicabile, dopo il codice della formula è stato riportato tra parentesi tonda (...) il codice che la stessa formula aveva nella seconda edizione della presente guida, preceduto da "ex" e, se del caso, è stato aggiunto "modificata".

Per il rispetto dei principi di sicurezza della Norma, gli impianti dove vengono lavorate o depositate sostanze infiammabili dovrebbero essere progettati, eserciti e mantenuti in modo da ridurre al minimo il numero e l'estensione delle zone 0 e 1. In altre parole, gli impianti e le installazioni dovrebbero originare principalmente zone 2 o luoghi non pericolosi; questo è più facilmente raggiungibile se l'attività di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione si sviluppa fin dalle fasi iniziali della progettazione (progetto preliminare), parallelamente ed in modo interattivo con quella delle altre discipline tecniche coinvolte nel progetto dell'opera nel suo insieme, quando siano disponibili almeno gli schemi e le planimetrie preliminari delle linee di produzione, della strumentazione e degli edifici.

Nelle attività di manutenzione, le metodologie di intervento sui sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili, stabilite da procedure operative, devono essere tali da escludere, generalmente, emissioni significative di dette sostanze ai fini della formazione di atmosfere esplosive. Nei casi particolari in cui possano avvenire emissioni significative nelle attività di manutenzione, sarà eseguita una specifica classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione.

Si tenga conto del fatto che emissioni maggiori o più frequenti di quelle considerate nelle valutazioni che hanno condotto alla classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione possono portare a maggiori estensioni o aggravio dei tipi di zone, coinvolgendo, oltre alle attrezzature di lavoro, anche impianti circostanti che potrebbero non avere i requisiti adatti per essere installati in zone con pericolo di esplosione.

5.2 Procedimento di classificazione dei luoghi pericolosi

La classificazione dei luoghi è un metodo di analisi e di suddivisione convenzionale del luogo considerato in zone pericolose e zone non pericolose in relazione alla provenienza del pericolo d'esplosione e alla probabilità di presenza del pericolo.

In alcuni casi si possono presentare nell'atmosfera miscele esplosive ibride di gas e polvere (4.2.3).

Nei luoghi in cui la quantità totale di sostanze infiammabili disponibile per l'emissione è *piccola*, per esempio nei laboratori, la procedura di classificazione della Norma potrebbe non essere appropriata. In questi casi, sebbene possa sussistere un pericolo potenziale di esplosione, la procedura di classificazione dei luoghi stabilita dalla Norma potrebbe non essere appropriata. In tali casi, si deve tenere conto dei particolari rischi che possono insorgere, v. la Norma, art. 4.2.

Nei luoghi in cui sono installate apparecchiature di processo dove le sostanze infiammabili vengono bruciate, per esempio nei riscaldatori, forni, caldaie, turbine a gas, ecc. per la classificazione dei luoghi si dovrebbe tener conto del ciclo di lavaggio e delle condizioni di avviamento e fermata, v. la Norma, art. 4.2.

Nella Fig. C.1 alla fine dell'Appendice C della Norma è riportato un utile approccio schematico alla classificazione dei luoghi pericolosi. Nella presente guida sono riportati schemi di flusso relativi al Procedimento di classificazione dei luoghi, v. 5.17.

In generale si può procedere come di seguito indicato.

Per tutto il luogo considerato:

- a) *si raccolgono i dati generali di progetto (5.3);***
- b) *si verifica l'applicabilità della Norma (5.4);***
- c) *si individuano le sostanze infiammabili e le relative caratteristiche (5.5);***
- d) *si individuano gli ambienti e le relative condizioni ambientali (5.6).***

Per ciascun ambiente:

- e) *si individuano le sorgenti di emissione (SE) e si stabilisce se esiste la possibilità di formazione di pozze al di fuori dei sistemi di contenimento e le loro dimensioni, (5.7.1);***
- f) *si verifica se esiste la possibilità di eliminare o limitare quanto più possibile la quantità di SE (5.7.2).***

Per ciascuna sorgente di emissione (SE):

- g) *si determina la possibilità di emissione di sostanze infiammabili (attribuzione del grado o gradi di emissione) e si verifica la possibilità di eliminare o limitare quanto più possibile le emissioni di grado continuo e primo grado o almeno di ridurre le portate, (5.7.3);***
- h) *si verifica l'eventuale presenza di sistemi di ventilazione artificiale locale, o l'opportunità di prevederli (5.7.4);***
- i) *si individuano le SE rappresentative di altre, (5.7.5);***
- l) *si prepara un elenco delle SE, (5.7.6).***

Per ciascun grado di emissione delle singole SE o di quelle rappresentative:

- m) *si definisce la portata di emissione (5.8);***
- n) *si calcola la distanza " d_z " e si definisce la quota " a " (5.9);***
- o) *si definisce il tipo o i tipi di zone pericolose originate dalle singole emissioni considerando, ove necessario, l'influenza della contemporaneità delle emissioni sulla classificazione dei luoghi (5.10);***
- p) *si definiscono le estensioni delle zone pericolose originate dalle singole emissioni, (5.11 e 5.12);***

Dopo aver determinato i tipi e le estensioni di tutte le zone pericolose originate dalle singole emissioni e di quelle rappresentative:

- q) *si prepara una edizione preliminare dei documenti di classificazione dei luoghi, (5.13);*
- r) *si individuano le aperture interessate da zone pericolose, (5.14);*
- s) *si valuta la possibilità di adottare misure tecniche e/o organizzative per ridurre il pericolo d'esplosione, (5.15);*
- t) *si esegue l'involuppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione e si stabiliscono i dati per la definizione dei requisiti dei prodotti, (5.16);*
- u) *si prepara la documentazione tecnica di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione, considerando il livello di progettazione in cui si opera, (5.17).*

5.3 Dati generali di progetto

Le seguenti informazioni di carattere generale, necessarie per classificare i luoghi con pericolo di esplosione, devono essere reperite con il contributo del committente, delle figure professionali che agiscono nell'ambito della sicurezza sul lavoro e del datore di lavoro.

Si segnala l'opportunità di reperire i dati generali di progetto prima di dare inizio all'attività di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione, per evitare errori o omissioni.

- a) *Dati del committente*, quali ad esempio: nome, ragione sociale, numero di partita IVA, codice fiscale, sede legale: Via - Numero civico - Comune - CAP - Provincia - Telefono - Fax - Indirizzo di posta elettronica, ecc.);
- b) *Dati del cliente finale o datore di lavoro* (come per il committente), altri dati eventuali.
- c) *Denominazione dell'opera* oggetto della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione (stabilimento, impianto, unità d'impianto, ecc.), sua destinazione d'uso (raffineria di petrolio, deposito di idrocarburi, impianto di verniciatura, cabina di riduzione del gas, ecc.), indicazione della presenza di luoghi particolari con destinazione d'uso diversa.
- d) *Ubicazione*, indicare l'indirizzo relativo all'ubicazione dell'opera (Via, numero civico, Comune, CAP, Provincia).
- e) *Scopo del lavoro* (il tipo d'intervento richiesto deve essere chiaramente indicato e serve a definire correttamente i limiti di competenza del tecnico incaricato della classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione). L'intervento può consistere nella realizzazione di un nuovo impianto e nella trasformazione o ampliamento di un impianto esistente, può riferirsi ad un livello di classificazione *preliminare* o *definitivo*, par. 6.1.
- f) *Descrizione schematica delle parti o unità di impianto oggetto dell'incarico* che ne consenta l'identificazione ai fini della pericolosità, con la data di messa in servizio, una breve descrizione del tipo di produzione, della loro potenzialità, delle eventuali particolarità, facendo riferimento a disposizioni planimetriche (es. planimetria generale, altri disegni con piante e sezioni) ed eventualmente a schemi; le informazioni relative alla manipolazione, deposito, accumulo e utilizzo delle sostanze infiammabili, la descrizione dei sistemi di sicurezza e relative modalità d'intervento.
- g) *Schemi di processo* (linee di produzione) e *schemi della strumentazione di processo*, nonché *planimetrie*, anche in edizione preliminare confermate prima dell'emissione definitiva della documentazione di classificazione dei luoghi (Dati di Progetto), v. la Norma, art. 4.1, terzo capoverso.
- h) *Vincoli posti dal committente e/o da Enti che ne hanno la facoltà.*
- i) *Altre informazioni ritenute utili.*

5.4 Verifica di applicabilità della Norma

Occorre accertarsi che il luogo rientri nel campo di applicazione della Norma, v. al riguardo il par. 1.2.

Quando il luogo non rientra nel campo di applicazione della Norma non significa che non presenti pericoli di esplosione, ma che l'identificazione del pericolo, la determinazione della probabilità di presenza dell'atmosfera esplosiva, l'estensione delle zone pericolose, (ripartizione in zone), nonché la valutazione del rischio d'esplosione, devono essere eseguiti con procedimenti diversi.

Tuttavia, con le dovute cautele, i procedimenti della Norma e della presente guida potrebbero essere un utile riferimento.

5.5 Sostanze infiammabili

Le sostanze possono presentare diverse tipologie di pericolo per le quali si rimanda alle schede di sicurezza e ambiente (es. pericolo di esplosione, pericolo d'incendio, pericolo da agenti cancerogeni).

Ai fini della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione, devono essere esaminate tutte le sostanze, considerando infiammabili solo quelle che possono produrre gas, vapori o nebbie infiammabili, in quantità sufficienti a formare con l'aria ambiente atmosfere esplosive (v. 3.22).

Quando nel luogo non sono presenti quantità significative di sostanze infiammabili il luogo stesso non presenta pericolo di esplosione per la presenza di gas nell'atmosfera.

La Norma non fornisce indicazioni circa le quantità significative di sostanze infiammabili; tuttavia, si può considerare che il luogo sia pericoloso in generale solo se le quantità sono tali da consentire la formazione di atmosfere esplosive di volume non trascurabile in relazione agli effetti conseguenti alla loro accensione (v. l'art. 5.10.3.5).

I gas o vapori infiammabili possono essere prodotti nei processi di lavorazione, oppure nella manipolazione, trasporto e deposito, in modo volontario o involontario; devono pertanto essere verificate tutte le condizioni operative ed individuate quelle che possono produrre gas, vapori o nebbie infiammabili.

Si individuano quindi le sostanze infiammabili presenti con le loro caratteristiche significative e se ne prepara un elenco. I valori delle caratteristiche chimico-fisiche devono essere indicati alla pressione atmosferica di 101 325 Pa e alla temperatura di 20 °C.

Particolarmente quando le sostanze infiammabili sono tante, l'elenco dovrebbe essere preparato utilizzando appositi Fogli Dati analogo alla Tabella GA-2 della presente Guida.

Le caratteristiche più significative delle sostanze infiammabili sono:

- nome e composizione (formula), par. 5.5.1;
- numero di identificazione CAS, par. 5.5.2;
- temperatura d'infiammabilità T_{is} , par. 5.5.3;
- densità relativa all'aria dei gas o vapori, par. 5.5.4;
- massa volumica del liquido ρ_{liq} , par. 5.5.5;
- coefficiente di diffusione dei gas c_d , par. 5.5.6;
- rapporto tra i calori specifici γ , par. 5.5.7;
- calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} , par. 5.5.8;

- calore latente di vaporizzazione alla temperatura di ebollizione c_{lv} , par. 5.5.9;
- massa molare M , par. 5.5.10;
- limiti di esplodibilità in aria LEL e UEL , par. 5.5.11;
- temperatura di ebollizione T_b , par. 5.5.12;
- tensione di vapore P_v , par. 5.5.13;
- temperatura di accensione T_{acc} , par. 5.5.14;
- gruppo e la classe di temperatura, par. 5.5.15;
- temperatura nel punto di emissione T_o , par. 5.5.16;
- pressione nel punto di emissione P_o , par. 5.5.17;
- altre caratteristiche, par. 5.5.18.

Le caratteristiche delle sostanze sono stabilite mediante prove, generalmente, fatte in laboratori specializzati.

Per le miscele, nei punti seguenti, sono forniti dei criteri per la definizione delle diverse caratteristiche; tali criteri sono approssimati ma generalmente validi per gli scopi della presente Guida.

Si ricorda che non sempre è necessario disporre di tutte le caratteristiche sopra elencate per eseguire la classificazione dei luoghi, in quanto la necessità è legata allo stato della sostanza e alle modalità di emissione per ogni caso specifico.

Le informazioni riguardanti le caratteristiche delle sostanze si possono ricavare:

- a) dalle schede di sicurezza e ambiente, ved. l'Appendice GA;
- b) dalla documentazione sulle misure di sicurezza sul lavoro attuate in base al D.Lgs. 626/94 o di altre disposizioni e/o dalla documentazione sulle misure di prevenzione incendi, ove esistenti;
- c) dal produttore della sostanza;
- d) dalla letteratura tecnica;
- e) dall'Appendice GA, dove è riportato un elenco di sostanze infiammabili o combustibili con le loro caratteristiche più significative ai fini della classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione di sostanze (Tabella GA-2);

NOTA I contenuti dell'Appendice GA non devono essere applicati in modo acritico, ma devono essere correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso, considerando le caratteristiche delle sostanze effettivamente presenti nel luogo considerato e le modalità di produzione, lavorazione, manipolazione, trasporto e deposito delle stesse.

- f) per analogia con sostanze simili di cui si conoscono le caratteristiche;
- g) sperimentalmente.

NOTA La Stazione Sperimentale per i combustibili - Viale Alcide De Gasperi, 3 - San Donato Milanese (MI) ha competenze specifiche per le sostanze infiammabili.

5.5.1 Nome e composizione (formula)

La sostanza infiammabile deve essere individuabile tramite un nome, una formula o una indicazione di composizione, a discrezione, purché riconoscibile in modo univoco dagli utilizzatori della documentazione di classificazione.

5.5.2 Numero di identificazione CAS

Il numero di identificazione CAS (Chemical Abstracts Service) è il numero d'identificazione delle sostanze riportato su un registro internazionale; esso prescinde dal nome commerciale della sostanza, quindi sostanze con denominazioni diverse possono avere lo stesso numero CAS se hanno le stesse caratteristiche chimico-fisiche. Il numero CAS è riportato sovente nelle schede di sicurezza delle sostanze.

5.5.3 Temperatura d'infiammabilità T_i

La temperatura d'infiammabilità è la più bassa temperatura di un liquido alla quale, in condizioni specifiche normalizzate, esso emette vapori in quantità sufficiente a formare con l'aria una miscela infiammabile (in inglese Flash Point); questa temperatura è quindi il dato più significativo per stabilire l'infiammabilità della sostanza.

NOTA Le sostanze che, a temperatura ambiente sono allo stato di gas o vapore, hanno una temperatura di ebollizione inferiore ed una temperatura d'infiammabilità ancora minore.

Una sostanza allo stato liquido o solido, per essere infiammabile deve avere una *temperatura d'infiammabilità T_i* uguale o inferiore alla massima temperatura alla quale essa si trova o può trovarsi se emessa nell'ambiente (se la sostanza non è riscaldata o non può venire in contatto con superfici calde, ci si riferisce alla massima temperatura ambiente).

Se la sostanza ha una *temperatura d'infiammabilità* maggiore della massima temperatura alla quale si trova o può trovarsi essa non presenta pericoli d'esplosione per la presenza di gas.

La *temperatura d'infiammabilità* di una miscela di sostanze infiammabili deve essere riferita alla medesima miscela; tuttavia, in assenza di dati specifici, si può considerare la *temperatura d'infiammabilità* più bassa tra quelle delle sostanze che la compongono.

NOTA : In considerazione della incertezza dei valori delle temperature in gioco, a volte può essere opportuno considerare un margine di sicurezza di 5 K, cioè ridurre di 5 K il valore della temperatura d'infiammabilità.

5.5.4 Densità relativa all'aria dei gas

La densità relativa all'aria di un gas (o vapore) è la densità espressa in rapporto a quella dell'aria alle medesime condizioni di pressione e temperatura (la densità relativa dell'aria è uguale a 1):

$$\rho_{\text{gas}} / \rho_{\text{aria}} \quad [\text{f.5.5.4-1}]$$

Esempio:

Al livello del mare e 20°C la ρ_{aria} è 1,2047 kg/m³, la ρ_{gas} dell'idrogeno è 0,0838551 kg/m³, per cui si ha:

$$0,0838551 / 1,2047 = 0,07.$$

Un gas con densità relativa all'aria inferiore a 0,8 viene considerato *leggero*; un gas con densità relativa all'aria superiore a 1,2 viene considerato *pesante*.

Un gas con densità relativa all'aria compresa tra 0,8 e 1,2 viene considerato intermedio e si può comportare sia come *gas pesante* sia come *gas leggero*, a seconda delle condizioni di emissione e ambientali contingenti.

La massa volumica dei gas ρ_{gas} (detta anche densità), espressa in kg/m³ può essere ricavata come segue:

$$\rho_{gas} = \frac{P_a \cdot M}{R \cdot T} \quad [f. 5.5.4-2]$$

dove:

P_a = pressione atmosferica, [Pa];

M = massa molare, [kg/kmol];

R = costante universale dei gas = 8314 J/(kmol · K);

T = temperatura assoluta, [K].

La massa volumica dell'aria varia in relazione all'altitudine sul livello del mare e può essere calcolata con la stessa formula, vedere al riguardo l'Appendice GC.

Quando è nota la densità relativa all'aria del gas o vapore, la sua massa volumica ρ_{gas} può essere ricavata anche moltiplicando la massa volumica dell'aria per la densità relativa all'aria del gas o vapore.

La densità relativa all'aria di una sostanza infiammabile è data da:

Densità relativa della miscela = massa molare della sostanza / massa molare dell'aria

Esempio: La massa molare dell'aria è 28,96 kg/kmol, la densità relativa all'aria del gas naturale, avente una massa molare di 16,04 kg/kmol, vale: 16,04 / 28,96 = 0,55.

Con Gas criogenici (es. GNL), i vapori emessi possono essere più pesanti dell'aria quando sono a bassa temperatura e diventano più leggeri dell'aria quando la loro temperatura si avvicina a quella dell'ambiente, v. la Norma, art. 4.4.4, nota 4.

La densità relativa all'aria è significativa per la definizione della forma e dell'estensione delle zone pericolose, ved. la Norma, par. 4.4.4.

In considerazione dell'uso che si fa di questo dato, può essere considerato valido anche un valore approssimato.

5.5.5 Massa volumica del liquido ρ_{liq}

La massa volumica ρ_{liq} (detta anche densità) è la massa dell'unità di volume, si esprime in kg/m³.

5.5.6 Coefficiente di diffusione dei gas c_d

Il coefficiente di diffusione dei gas c_d si esprime m²/h. Per le sostanze organiche con massa molare $M \geq 32$ kg/kmol, tale coefficiente può essere assunto pari a 0,06 m²/h.

Il coefficiente di diffusione di una miscela $c_{d\text{ mix}}$ può essere calcolato considerando il coefficiente di diffusione delle singole sostanze e la loro quantità nella miscela.

Ad esempio, considerando la miscela sotto riportata, si ha:

sostanza "a" : quantità 25% $\Rightarrow (25 \times 100) / (25 + 24 + 6 + 3) = 43,1\% = 0,431$ p.u.

sostanza "b" : quantità 24% $\Rightarrow (24 \times 100) / (25 + 24 + 6 + 3) = 41,4\% = 0,414$ p.u.

sostanza "c" : quantità 6% $\Rightarrow (6 \times 100) / (25 + 24 + 6 + 3) = 10,3\% = 0,103$ p.u.

sostanza "d" : quantità 3% $\Rightarrow (3 \times 100) / (25 + 24 + 6 + 3) = 5,2\% = 0,052$ p.u.

altre sostanze non infiammabili 42%.

NOTA p.u. significa: per unità.

Nel calcolo sono state trascurate le sostanze non infiammabili in quanto generalmente non significative ai fini del calcolo e per gli scopi della presente Guida.

con coefficienti di diffusione (c_d) delle singole sostanze:

sostanza "a" : $c_d = 0,036 \text{ m}^2/\text{h}$;

sostanza "b" : $c_d = 0,025 \text{ m}^2/\text{h}$;

sostanza "c" : $c_d = 0,032 \text{ m}^2/\text{h}$;

sostanza "d" : $c_d = 0,028 \text{ m}^2/\text{h}$;

il coefficiente di diffusione della miscela delle sole sostanze infiammabili vale:

$$c_{d \text{ mix}} = [(0,431 \times 0,036) + (0,414 \times 0,025) + (0,103 \times 0,032) + (0,052 \times 0,028)] \text{ m}^2/\text{h} = 0,030 \text{ m}^2/\text{h}.$$

5.5.7 Rapporto tra i calori specifici γ

Il rapporto tra i calori specifici a pressione costante ed a volume costante (o indice di espansione) $\gamma = c_p/c_v$ per molti gas è compreso tra 1,1 a 1,8. In mancanza di dati, il valore può essere stabilito per analogia con le sostanze in tabella, considerando che γ diminuisce con l'aumentare della complessità della molecola, ved. la COMPOSIZIONE nella Tabella GA 2 o nella letteratura.

5.5.8 Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl}

Il calore specifico è il calore necessario per innalzare di un grado l'unità di massa della sostanza (J/kg K). Il calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} è utilizzato per stabilire la frazione di liquido che evapora nell'emissione.

5.5.9 Calore latente di vaporizzazione c_{lv}

Il calore latente di vaporizzazione è la quantità di calore (energia) necessaria per far evaporare un'unità di massa della sostanza che si trova alla temperatura di ebollizione T_b , (J/kg).

5.5.10 Massa molare (M)

La massa molare M di una sostanza è la quantità di massa di una mole (o kilomole), espressa in grammi (o kilogrammi), numericamente pari alla somma delle masse atomiche degli atomi costituenti la molecola.

Per una qualunque miscela di gas, la massa molare si calcola considerando che ciascun componente contribuisce secondo le percentuali volumetriche o di massa di composizione, pesando attraverso la massa molare propria.

Ad esempio, considerando la miscela sotto riportata (uguale a quella di cui in 5.5.6), si ha:

sostanza "a" : $M = 60,09 \text{ kg/kmol}$;

sostanza "b" : $M = 100,20 \text{ kg/kmol}$;

sostanza "c" : $M = 74,12 \text{ kg/kmol}$;

sostanza "d" : $M = 92,14 \text{ kg/kmol}$;

la massa molare della miscela delle sole sostanze infiammabili vale:

$$M_{\text{mix}} = [(0,431 \times 60,09) + (0,414 \times 100,20) + (0,103 \times 74,12) + (0,052 \times 92,14)] \text{ kg/kmol} = 79,7 \text{ kg/kmol}.$$

NOTA L'eventuale presenza di sostanze non infiammabili nella miscela non è considerata ai fini del calcolo e per gli scopi della presente Guida.

5.5.11 Limiti di esplodibilità in aria

I limiti di esplodibilità sono due:

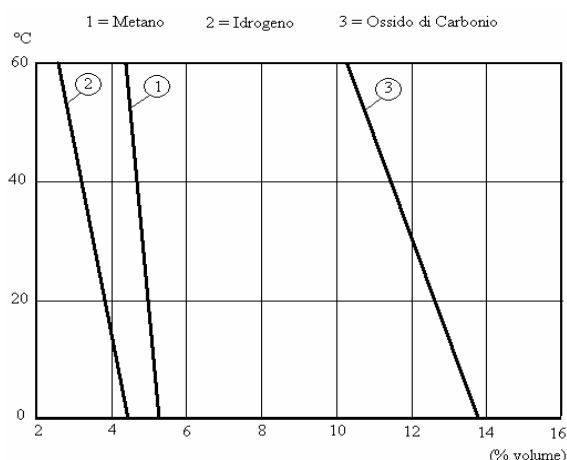
- limite inferiore (**LEL**), che è la concentrazione in aria di gas o vapore infiammabile, al di sotto della quale l'atmosfera non è esplosiva;
- limite superiore (**UEL**), che è la concentrazione in aria di gas o vapore infiammabile, al di sopra della quale l'atmosfera non è esplosiva.

Ai fini della Norma e della presente guida, il termine "*limite di esplodibilità*" e "*limite d'infiammabilità*" sono considerati equivalenti, da preferirsi "*limite di esplodibilità*".

Dei due limiti di esplodibilità **LEL** e **UEL**, il **LEL** è il più significativo ai fini della definizione delle zone con pericolo d'esplosione. L'**UEL** non è utilizzato in ambienti aperti e solo in casi particolari in ambienti chiusi (es. interno di apparecchiature o serbatoi).

Il **LEL** non è praticamente influenzato dalle variazioni di pressione atmosferica; invece, può essere influenzato dalle variazioni di temperatura; ad esempio, tra 20°C e 45°C il **LEL** può abbassarsi, per alcune sostanze, fino al 75%; tuttavia, occorre ricordare che nella Norma sono adottati ampi margini di sicurezza, ad esempio con il coefficiente di sicurezza *k* applicato al **LEL** (i valori tipici indicati dalla Norma sono: *k* = 0,25 per le emissioni di grado continuo e primo, *k* = 0,5 per le emissioni di secondo grado), v. nota.

NOTA I valori tipici di *k* stabiliti dalla Norma possono essere modificati sulla base dell'esperienza, di dati certi riferiti all'emissione e alle condizioni ambientali. Nel diagramma seguente sono forniti alcuni dati tipici di variazione del **LEL** in funzione della temperatura.



Il **LEL** e l'**UEL** possono essere espressi in **%volume**, indicati col simbolo LEL_v o UEL_v , o in kg/m^3 , indicati col simbolo LEL_m o UEL_m ; sono indicati solo **LEL** o **UEL** quando non è significativa l'unità di misura di riferimento.

Per convertire il LEL_v espresso in $\frac{m^3}{m^3} \cdot 100$ nel LEL_m (kg/m^3) si può usare la seguente formula valida per condizioni atmosferiche normali (101 325 Pa e 20 °C):

$$LEL_m (kg/m^3) = 0,416 \cdot 10^{-3} \cdot M \cdot LEL_v \frac{P_a}{101325} \quad [f. 5.5.11-1]$$

dove *M* è la massa molare ($kg/kmol$);

oppure si può usare la seguente formula :

$$LEL_m \text{ (kg/m}^3\text{)} = \frac{LEL_v}{100} \cdot \rho_{gas} \quad [\text{f. 5.5.11-2}]$$

dove ρ_{gas} si ricava con la formula [f.5.5.4-2].

La stessa formula può essere utilizzata per convertire l' UEL_v nel UEL_m .

Limite inferiore di esplosibilità LEL delle miscele di sostanze

Per le miscele di n sostanze, il LEL_v può essere definito tramite la legge di Le Chatelier:

$$LEL_{vmix} = 1 / \left[\sum_{i=1}^n \left(y_i / LEL_{vi} \right) \right] \quad [\text{f. 5.5.11-3}]$$

dove:

LEL_{vmix} = limite inferiore di esplosibilità della miscela, % volume;
 LEL_{vi} = limite inferiore di esplosibilità della i-esima sostanza, % volume;
 y_i = frazione molare o volumetrica della i-esima sostanza.

NOTA La miscela può essere costituita soltanto da sostanze infiammabili o anche con l'aggiunta di altre sostanze non infiammabili (es. aria o inerti).

Ad esempio, considerando la miscela sotto riportata:

CH ₄ (metano)	3 %	$LEL_v = 4,4 \%$
C ₂ H ₆ (etano)	2,3 %	$LEL_v = 3 \%$
C ₆ H ₆ (esano)	0,6 %	$LEL_v = 1,2 \%$
aria	94,1 %	

la miscela delle sole sostanze infiammabili è composta da:

CH ₄	x = 50,8 %	= 0,508 p.u.	ottenuto da $[x : 3 = 100 : (3 + 2,3 + 0,6)]$
C ₂ H ₆	x = 39 %	= 0,39 p.u.	ottenuto da $[x : 2,3 = 100 : (3 + 2,3 + 0,6)]$
C ₆ H ₆	x = 10,2 %	= 0,102 p.u.	ottenuto da $[x : 0,6 = 100 : (3 + 2,3 + 0,6)]$

Il LEL_v della miscela è quindi:

$$LEL_{vmix} = 1 / [(0,508/4,4) + (0,39/3) + (0,102/1,2)] = 3,03 \%$$

5.5.12 Temperatura di ebollizione T_b

La temperatura di ebollizione di un liquido è la temperatura alla quale il liquido presenta una tensione di vapore esattamente uguale alla pressione atmosferica.

La temperatura di ebollizione normale è quella riferita alla pressione atmosferica normale (v. 3.4).

Alla temperatura di ebollizione, l'evaporazione si verifica contemporaneamente e tumultuosamente in tutta la massa.

Per miscele di liquidi, deve essere considerata la temperatura iniziale di ebollizione (senza frazionamenti).

5.5.13 Tensione di vapore P_v

La tensione di vapore P_v di una sostanza è la pressione esercitata dal suo vapore saturo. Per sostanze che si trovano a temperatura inferiore alla loro temperatura di ebollizione T_b , la tensione di vapore può essere ricavata con la formula seguente:

$$P_v = P_a \cdot e^{\frac{c_{lv} \cdot M}{R} \cdot \frac{(T_b - C_2)^2}{Z_b \cdot T_b^2} \left[\frac{1}{(T_b - C_2)} - \frac{1}{(T - C_2)} \right]} \quad [\text{f. 5.5.13-1}]$$

dove:

- P_v = tensione di vapore, [Pa];
- P_a = pressione atmosferica dell'ambiente considerato, [Pa];
- e = base dei logaritmi naturali = 2,71828;
- c_{lv} = calore latente di vaporizzazione, [J/kg];
- M = massa molare, (kg/kmol);
- T_b = temperatura di ebollizione, [K];
- C_2 = costante = (-18 + 0,19 · T_b);
- Z_b = fattore di comprimibilità alla temperatura di ebollizione = 0,97;
- R = costante universale dei gas, uguale a 8314 [J/kmol · K];
- T_b = temperatura di ebollizione, [K];
- T = temperatura di riferimento, [K].

La tensione di vapore di una miscela (P_{vmix}) ad una certa temperatura, può essere calcolata in base alla tensione di vapore delle singole sostanze e della loro quantità percentuale nella miscela.

Ad esempio, per una miscela di quattro sostanze la tensione di vapore P_{vmix} si calcola considerando che ciascun componente contribuisce secondo le percentuali volumetriche o di massa di composizione, pesando attraverso la tensione di vapore P_v propria.

Ad esempio, considerando la miscela sotto riportata (uguale a quella di cui in 5.5.6), si ha:

- sostanza "a" : $P_v = 12298$ Pa;
- sostanza "b" : $P_v = 21497$ Pa;
- sostanza "c" : $P_v = 3883$ Pa;
- sostanza "d" : $P_v = 25474$ Pa;
- $P_{vmix} = [(0,431 \cdot 12298) + (0,414 \cdot 21497) + (0,103 \cdot 3883) + (0,052 \cdot 25474)] = 15\,925$ Pa.

NOTA L'eventuale presenza di sostanze non infiammabili nella miscela non è considerata ai fini del calcolo e per gli scopi della presente Guida.

5.5.14 Temperatura di accensione T_{acc}

La *temperatura di accensione* di una sostanza, detta anche temperatura di autoaccensione, è la minima temperatura di una superficie riscaldata alla quale, in condizioni specificate, avviene l'accensione di detta sostanza infiammabile allo stato di gas o vapore in miscela con l'aria.

La temperatura superficiale dei *prodotti ATEX* non deve pertanto superare la temperatura di accensione delle sostanze infiammabili presenti (*Ignition Temperature*).

La temperatura di accensione di una miscela di sostanze infiammabili deve essere riferita alla miscela stessa; tuttavia, in assenza di dati specifici, si può considerare l'80 % della temperatura di accensione più bassa tra quelle delle sostanze che la compongono, escludendo a priori le sostanze presenti in piccole quantità, complessivamente inferiori al 5% in volume.

Per i prodotti ATEX del gruppo II vedere il par. 5.5.15.

5.5.15 Gruppo e classe di temperatura dei prodotti ATEX

5.5.15.1 Gruppo

I prodotti ATEX destinati all'installazione in zone con pericolo d'esplosione sono suddivisi in due gruppi con il seguente significato:

- gruppo I - prodotti per miniere con presenza di grisou;
- gruppo II - prodotti per luoghi con pericolo di esplosione diversi dalle miniere con presenza di grisou.

NOTA Il grisou è costituito da una miscela di gas naturali di origine organica presenti in alcune formazioni rocciose, costituita prevalentemente di metano, 79-99,6 % e altri gas, quali l'etano, l'ossido di azoto, l'anidride carbonica e l'idrogeno. I lavori in sotterraneo, ad esempio scavo di gallerie, sono assimilabili alle miniere.

Le sostanze hanno comportamenti diversi nei confronti dell'esplosione, per questo motivo alcuni tipi di prodotti ATEX del gruppo II sono suddivise nei sottogruppi IIA, IIB, IIC in relazione al tipo di sostanza.

NOTA Il termine sottogruppo non è generalmente utilizzato; si preferisce indicare in breve gruppo IIA, gruppo IIB, gruppo IIC.

Per alcuni tipi di *prodotti ATEX*, la suddivisione nei sottogruppi IIA, IIB e IIC, è attuata in base all'interstizio sperimentale massimo di un giunto standard che non permette all'esplosione avvenuta all'interno della custodia, di innescare l'atmosfera esplosiva esterna (*MESG* - Maximum Experimental Safe Gap).

Il *MESG* decresce nell'ordine per i *prodotti ATEX* IIA, IIB, IIC; vedasi la Norma EN 50014 (CEI 31-8), allegato A.

Per altri tipi di *prodotti ATEX*, la suddivisione è attuata in base alla corrente minima di accensione (*MIC* - Minimum Ignition Current), decrescente nell'ordine per *prodotti ATEX* IIA, IIB, IIC, vedasi la Norma EN 50014 (CEI 31-8), allegato A.

L'energia d'innescio di una miscela di gas o vapore con l'aria nel campo di esplodibilità (tra il *LEL* e l'*UEL*) varia in funzione della concentrazione di sostanza infiammabile nell'aria e raggiunge il valore minimo in corrispondenza del rapporto stechiometrico al quale si riferisce la corrente minima di accensione (*MIC*).

NOTA Le sostanze rappresentative per le prove sono: il metano per il IIA, l'etilene per il IIB e l'idrogeno o l'acetilene per il IIC.

Per le miscele di sostanze, il sottogruppo deve essere riferito alla miscela stessa; tuttavia, in assenza di dati specifici, si può considerare il sottogruppo più severo tra le sostanze che la compongono, escludendo a priori le sostanze presenti in piccole quantità, complessivamente inferiori al 5% in volume.

In presenza di idrogeno considerare IIC o IIB+ H₂ solo le miscele con concentrazione maggiore del 30 % in volume di H₂ (NFPA 497 M).

5.5.15.2 Classe di temperatura

Per i *prodotti ATEX* del gruppo II, le massime temperature superficiali sono suddivise in classi da T1 a T6 secondo i limiti indicati nella tabella 5.5-A.

NOTA Per i prodotti II 1G o 1D e, in alcuni casi anche per i prodotti II 2G o 2D, la massima temperatura superficiale deve essere inferiore all'80% della temperatura di accensione della sostanza infiammabile.

Tabella 5.5-A Limiti di temperatura superficiale dei prodotti ATEX

Classe di temperatura	Massima temperatura superficiale dei prodotti ATEX	Temperatura di accensione della sostanza infiammabile
T1	450 °C	> 450 °C
T2	300 °C	> 300 °C
T3	200 °C	> 200 °C
T4	135 °C	> 135 °C
T5	100 °C	> 100 °C
T6	85 °C	> 85 °C

Il gruppo e la classe di temperatura devono essere indicati nella documentazione di classificazione dei luoghi, perché dipendono dalle caratteristiche delle sostanze infiammabili presenti.

5.5.16 Temperatura di emissione T_0

La temperatura di emissione T_0 è la temperatura all'interno del sistema di contenimento in prossimità della sorgente di emissione (SE), oppure è la temperatura del liquido quando la SE è costituita da una superficie di liquido infiammabile; essa è espressa in K.

La temperatura di emissione in diversi punti dell'impianto potrebbe non essere la stessa; pertanto, per evitare errori, essa deve essere attribuita alle singole SE.

5.5.17 Pressione di emissione P_0

La pressione di emissione P_0 è la pressione assoluta all'interno del sistema di contenimento in prossimità della sorgente di emissione (SE); essa è espressa in Pa.

La pressione di emissione in diversi punti dell'impianto potrebbe non essere la stessa; pertanto, per evitare errori, essa deve essere attribuita alle singole SE.

5.5.18 Altre caratteristiche

A volte può essere opportuno indicare le quantità di sostanze, distinte tra lavorazione (o anche manipolazione) e deposito.

I valori indicati possono essere approssimati, considerando che sono richiesti per consentire la valutazione del carico d'incendio ai fini della valutazione del rischio d'incendio.

Quando sia prevista l'inertizzazione dell'atmosfera dell'ambiente (locale o contenitore), è necessario conoscere la concentrazione limite di ossigeno (LOC) nell'atmosfera, che è la concentrazione massima di ossigeno in una miscela di aria, gas inerte e gas infiammabile, alla quale non può avvenire alcuna esplosione in determinate condizioni di prova; essa è espressa in % volume.

La concentrazione limite di ossigeno viene determinata in modo sperimentale.

5.5.19 Sostanze rappresentative di altre

Una sostanza può essere *rappresentativa* di altre sostanze nelle valutazioni, quando essa è quella che prevede le zone più estese, nonché il gruppo e la classe di temperatura dei prodotti ATEX più severi. La rappresentatività può essere applicata, sia per sostanze presenti in parti diverse di impianto, sia a sostanze presenti nella stessa parte di impianto in tempi diversi.

5.6 Ambienti e condizioni ambientali

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione è influenzata dalle condizioni ambientali, occorre quindi individuare, ove esistenti, i diversi ambienti con presenza di sostanze infiammabili e quelli comunicanti tramite aperture e, per ciascuno di essi, definire le condizioni ambientali (es. temperatura massima, pressione atmosferica, caratteristiche della ventilazione, ecc.), concentrazione di ossigeno nell'atmosfera (solo per ambienti inertizzati), (v. 3.1 e 3.4).

Gli ambienti possono essere:

- aperti;
- chiusi;
- con sistema/i di pressurizzazione o inertizzazione.

5.6.1. Generalità sulla ventilazione

La capacità di dispersione di gas nell'atmosfera aumenta con la velocità dell'aria, ma per iniziare la diffusione turbolenta è richiesta una velocità minima di 2-3 m/s; con velocità inferiori avviene la stratificazione del gas e, per avere la dispersione, occorre una distanza maggiore.

Nelle aree di impianti schermate da strutture, grosse apparecchiature o serbatoi, la velocità dell'aria può essere significativamente inferiore a quella del vento; tuttavia, gli ostacoli tendono a mantenere la turbolenza dell'aria anche a velocità minori di 2-3 m/s.

La ventilazione degli ambienti può essere naturale o artificiale.

Nell'Appendice GC, sono riportate alcune formule per il calcolo delle portate di ventilazione.

5.6.1.1 Ventilazione naturale

La ventilazione naturale è dovuta ai movimenti naturali dell'aria, per effetto del vento o di gradienti di temperatura (effetto camino).

Spinta del vento

Ai fini della presente Guida, il vento è definito da intensità e direzione.

L'intensità è rappresentata dalla velocità della massa d'aria, riferita ad un determinato intervallo di tempo ed è espressa in m/s, in km/h o in nodi (un nodo è equivalente a 1,852 km/h e 0,51 m/s). La direzione (e il verso) del vento è quella di provenienza; essa viene indicata a volte secondo la rosa dei venti (otto o sedici direzioni), ma per i dati statistici ambientali, essa è generalmente indicata secondo la divisione sessagesimale (di solito approssimata alla decina di gradi, trentasei direzioni), come nel caso della Tabella GC-1 dell'Appendice GC, espressa in gradi rispetto alla direzione Nord (es. 80° - 100° significa che la direzione e il verso di provenienza del vento è da Est, che si trova a 90° rispetto alla direzione Nord).

All'aperto, la velocità e la direzione del vento cambiano nel tempo; tuttavia, se si escludono fosse, sottotetti, e simili, essa è generalmente sufficiente ad assicurare la dispersione dell'atmosfera esplosiva, pertanto, ad una certa distanza dalla SE, la concentrazione scende al di sotto del limite inferiore di esplodibilità.

La spinta del vento può essere efficace anche in ambienti chiusi, quando esistono aperture fisse di ventilazione, particolarmente quando esse sono ubicate nella direzione prevalente di provenienza del vento. L'effetto della ventilazione esterna, in presenza di aperture prive di schermature o protezioni dalle intemperie, può essere rilevato fino a circa 10 m dall'apertura d'ingresso dell'aria, con velocità w variabili da 0,3 m/s a 0,1 m/s.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Quando le aperture fisse di ventilazione sono provviste di schermature o protezioni dalle intemperie e simili, l'effetto della ventilazione esterna può essere rilevato fino a 3 m circa dall'apertura d'ingresso dell'aria, con velocità appena misurabili, ad esempio tra 0,05 m/s e 0,1 m/s.

Negli edifici dove le pareti sono completamente aperte fino ad una certa altezza, ad esempio fino a 3 m dal suolo e non sono presenti ostacoli significativi alla libera circolazione dell'aria, la velocità dell'aria nella parte bassa dell'edificio può essere considerata analoga a quella all'aperto.

Dove i pavimenti sono costituiti da grigliati, i diversi piani divisi da grigliati non possono essere considerati semplicisticamente un ambiente unico, ma devono essere effettuate delle valutazioni particolari; ad esempio, se le aperture sono tutte a livello di un singolo piano, l'influenza di dette aperture sulla ventilazione negli altri piani è modesta se non trascurabile.

Valori indicativi dei ricambi d'aria per infiltrazioni naturali in edifici di tipo industriale dovute alle caratteristiche costruttive, (senza apposite aperture fisse di ventilazione o sistemi di estrazione di fumi o polveri, o grandi emissioni di calore), sono riportati nell'Appendice GC.

Effetto camino

In ambienti chiusi dove esistono differenze di temperatura con il luogo all'aperto circostante, come avviene ad esempio per l'inerzia termica dell'edificio rispetto all'ambiente esterno in relazione alle escursioni termiche tra giorno e notte, oppure quando è deliberatamente eseguito un riscaldamento o dove il riscaldamento è dato da componenti degli impianti, quali ad esempio: contenitori caldi, macchinari, illuminazione elettrica, ecc., i moti convettivi dell'aria (o effetto camino) possono essere favoriti prevedendo aperture fisse in basso nelle pareti esterne e aperture o ventilatori di estrazione in alto.

Per avere un effetto camino significativo, occorre una differenza di temperatura tra interno ed esterno di almeno 2-3 K, oppure occorre la presenza di apparecchiature che disperdono calore nell'ambiente, capaci di produrre forti correnti ascensionali.

Quando gli edifici sono a più piani, se i solai sono chiusi, ad es. quando servono da compartimentazione orizzontale antincendio, e non sono presenti aperture tra un piano e l'altro, l'effetto camino è limitato praticamente a ciascun piano.

Dove i pavimenti sono costituiti da grigliati, si può prevedere un effetto camino; tuttavia, va ricordato che i grigliati offrono una notevole resistenza al passaggio dell'aria, per cui occorrono maggiori differenze di temperatura e maggiori portate degli eventuali ventilatori di estrazione.

5.6.1.2 Ventilazione artificiale

La ventilazione artificiale, ottenuta con mezzi artificiali, può essere:

- | | |
|-----------------|--|
| <i>generale</i> | (VAG), quando applicata all'intero ambiente chiuso (ad es. ottenuta con ventilatori a parete o a soffitto); oppure, a una determinata area all'aperto, per incrementare la ventilazione naturale; |
| <i>locale</i> | (VAL), quando applicata a singole sorgenti di emissione, a gruppi di sorgenti di emissione o a piccoli locali, dove è prevista la formazione di atmosfere esplosive, particolarmente per le emissioni di grado continuo e di primo grado, realizzata prevalentemente mediante sistemi di estrazione dell'aria (5.7.4). |

Con la ventilazione artificiale si può:

- ridurre il tipo e/o l'estensione delle zone;
- diminuire il tempo di permanenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione;
- prevenire la formazione di atmosfera esplosiva, diluendo nell'aria la sostanza infiammabile al di sotto del limite inferiore di esplodibilità nelle immediate vicinanze della SE.

La ventilazione artificiale è adatta allo scopo se presenta i seguenti requisiti:

- deve essere presente un sistema di controllo della sua efficacia (es. flusso o portata d'aria);
- l'aria deve essere aspirata da un luogo non pericoloso;
- il dimensionamento e la configurazione del sistema di ventilazione deve essere fatto tenendo conto della quantità ed ubicazione delle SE, nonché del grado e portata di emissione;
- le bocche di mandata o aspirazione devono essere ubicate tenendo conto della depressione creata dall'aspirazione, della densità relativa all'aria dei gas o vapori e della variazione di densità al variare della temperatura;
- devono essere considerati gli ostacoli o impedimenti alla circolazione dell'aria;
- deve essere infine valutata la necessità o meno di classificare il luogo all'interno del sistema di estrazione e nell'intorno dello scarico dell'aria.

Nella ventilazione artificiale generale, la velocità dell'aria deve essere contenuta entro valori accettabili stabiliti dalle norme o dalle disposizioni legislative ai fini del benessere delle persone (entro 0,1 m/s a 15 °C e fino a 0,3 m/s a 25 °C).

Per evitare velocità più elevate possono essere previsti più sistemi di ventilazione artificiale locale (estrazione) mediante cappe, tettucci, bocche di aspirazione.

Quando si usano ventilatori di estrazione, si deve fare attenzione che non si verifichino cadute di portata per effetto del vento esterno (ad es. le bocche di scarico non vanno dislocate nella direzione prevalente di provenienza del vento e/o maggiorata la portata dei ventilatori).

Deve essere verificata la possibilità di applicare la ventilazione artificiale locale (VAL, par. 5.7.4).

Deve essere presa in considerazione la classificazione all'interno e immediatamente al di fuori del punto di scarico del sistema di estrazione e delle altre aperture del sistema di estrazione aria.

Per la ventilazione di un luogo pericoloso l'aria dovrebbe essere normalmente aspirata da un luogo non pericoloso; tenendo in considerazione gli effetti di aspirazione sull'area circostante (es. ad esempio disponendo le bocche di aspirazione ad un'adeguata distanza dalla zona pericolosa considerando le caratteristiche di aspirazione), v. la Norma, Appendice B, art. B.2.2.

5.6.2. Condizioni ambientali degli ambienti aperti

Gli ambienti aperti sono quelli all'esterno di edifici di qualsiasi natura in cui non esistono ostacoli al naturale movimento dell'aria ai fini della diluizione di gas, vapori o nebbie che possono essere immessi nell'atmosfera.

Sono altresì considerati ambienti aperti quelli delimitati da pareti, coperture o schermi realizzati in modo da limitare in modo trascurabile i moti naturali dell'aria ai fini della diluizione di gas, vapori o nebbie che possono essere immessi nell'atmosfera.

Il termine *ambiente aperto* di cui al par. B.4.2.3 della Norma e il termine *luogo all'aperto* sono considerati equivalenti, da preferirsi *ambiente aperto*.

I valori di riferimento per le condizioni atmosferiche normali negli ambienti aperti sono:

- 101 325 Pa (1013 mbar);
- 20 °C (293 K);

con variazioni che abbiano un effetto trascurabile sulle proprietà esplosive delle sostanze infiammabili (v. 5.5).

NOTA La composizione dell'aria secca all'aperto: 20,94 % O₂ , 0,03% CO₂ ,79,03% N e gas inerti; la concentrazione di CO₂ può essere minore in aperta campagna e maggiore nelle aree urbane (es. 0,04%); l'aria contiene anche umidità che può variare indicativamente tra l'80% e il 95% in inverno e tra il 55% e il 75% in estate.

Nell'Appendice GC sono riportati dati statistici relativi alle temperature (massime e minime), alle pressioni atmosferiche ed ai venti (velocità e direzione prevalente) di 32 località italiane, che possono essere presi come riferimento anche per località vicine.

E' anche fornito un criterio di definizione delle temperature in relazione all'altezza sul livello del mare e/o situazioni ambientali diverse, nonché la pressione e la massa volumica (densità) dell'aria a diverse altitudini.

Per quanto si riferisce alle velocità dell'aria (velocità di riferimento dell'aria ambiente w_a), la velocità minima di 0,5 m/s (1 nodo circa) è generalmente un valido riferimento per le installazioni sulla terra ferma nell'intero territorio nazionale; tuttavia, in particolari casi, specialmente in prossimità del suolo, può essere inferiore a 0,5 m/s. In questi casi, in assenza di dati, si deve considerare una velocità inferiore, ad esempio fino a 5 m dal suolo $w_a = 0,25$ m/s. **Questo problema è stato risolto nella presente Guida conservando la velocità w_a di 0,5 m/s per tutti gli l'ambienti aperti ed adottando, per definire la velocità dell'aria in prossimità delle SE poste a differenti altezze dal suolo diversi fattori di efficacia della ventilazione f_{SE} .**

Per le installazioni in mare aperto, esempio piattaforme petrolifere, ove non disponibili altri dati specifici, un valore indicativo della velocità dell'aria (velocità di riferimento dell'aria ambiente w_a) può essere: 1,5 o 2,5 m/s.

5.6.3. Condizioni ambientali degli ambienti chiusi

Gli ambienti chiusi sono quelli all'interno di edifici di qualsiasi natura in cui esistono ostacoli al naturale movimento dell'aria ai fini della diluizione di gas, di vapori o di nebbie che possono essere immessi nell'atmosfera.

Il termine *ambiente chiuso* e il termine ambiente al *chiuso* sono considerati equivalenti, da preferirsi *ambiente chiuso*.

La definizione delle condizioni ambientali degli ambienti chiusi deve essere eseguita caso per caso, facendo riferimento ai dati ambientali dell'ambiente aperto circostante, alla configurazione e disposizione delle aperture, comprese quelle non volute (es. interstizi tra le diverse parti dei tamponamenti delle pareti, dei tetti e dei serramenti), alla differenza tra temperatura interna ed esterna, a rilievi statistici e strumentali, a norme specifiche, alla letteratura tecnica o a valutazioni di specialisti della materia.

Il problema è molto complesso; tuttavia, la portata della ventilazione naturale Q_a di un ambiente chiuso può essere generalmente calcolata considerando alcuni casi semplici riportati nell'Appendice GC. In casi particolari e/o complessi, come quelli di ambienti interrati o molto vasti è bene ricorrere ad uno specialista di ventilazione.

NOTA la portata di ventilazione Q_a e il volume libero totale dell'ambiente V_a , il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo (C_a) è definito dalla formula:

$$C_a = \frac{Q_a}{V_a} \quad [\text{f.5.6.3-1}] \quad (\text{ex 2.2.e2})$$

Per la pressurizzazione degli ambienti (locali o edifici) vedere la Norma CEI 31-25.

5.7 Sorgenti di emissione e gradi di emissione

5.7.1 Individuazione delle sorgenti di emissione

Devono essere esaminati tutti i sistemi di contenimento (3.18) delle sostanze infiammabili ed i relativi componenti al fine di individuare le sorgenti di emissione (3.21). Deve anche essere stabilito se esiste la possibilità di formazione di pozze al di fuori dei sistemi di contenimento e le loro dimensioni (Appendice GB, par. GB.4.5).

Quando nel luogo sono presenti le sostanze di cui in 5.5, ma non esistono sorgenti di emissione, il luogo stesso non presenta pericolo di esplosione per la presenza di gas nell'atmosfera.

5.7.1.1 Esempi di sorgenti di emissione (SE)

Qui di seguito sono forniti esempi di componenti dell'impianto che possono costituire SE ed il relativo grado o gradi di emissione. Nei casi specifici, per attribuire il grado di emissione, oltre agli esempi sottostanti, si deve verificare la rispondenza alle relative definizioni (v. 5.7.3).

1. *Apertura verso l'ambiente di un miscelatore aperto contenente un liquido infiammabile.*
Grado di emissione generalmente considerato: **continuo**.
2. *Bocca di sfiato libero all'atmosfera di sostanza infiammabile in un'apparecchiatura di processo con funzionamento continuo.*
Grado di emissione generalmente considerato: **continuo**.
3. *Bocca di sfiato libero all'atmosfera di sostanza infiammabile in un serbatoio di stoccaggio in cui si prevedono significative emissioni continue e maggiori emissioni durante il riempimento (funzionamento normale).*
Gradi di emissione generalmente considerati: **continuo e primo**.
4. *Vasca di separazione per gravità in un impianto di trattamento acque di scarico fognarie oleose o chimiche, in cui si prevedono significative emissioni continue e maggiori emissioni occasionalmente durante il funzionamento normale.*
Gradi di emissione generalmente considerati: **continuo e primo**.
5. *Vasca di neutralizzazione posta a valle dello stadio di separazione per gravità in un impianto di trattamento acque di scarico fognarie oleose o chimiche, in cui non si prevedono significative emissioni durante il funzionamento normale ma solo in occasione di guasti o anomalie.*
Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**.
6. *Punto di campionamento (presa campione) che si prevede possa emettere la sostanza infiammabile durante il prelievo e in occasione di guasti all'organo d'intercettazione, considerando anche l'ambiente in cui è installato (es. ambiente aperto o chiuso).*
Gradi di emissione generalmente considerati: **primo e secondo**.
7. *Punto di campionamento (presa campione) che si prevede non possa emettere la sostanza infiammabile durante il prelievo ma solo in occasione di guasti all'organo di intercettazione.*
Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**.
8. *Dispositivo di tenuta applicato ad un albero rotante o traslante di un macchinario, o di una pompa, o di un compressore, o di una valvola e simili, per il quale non sono previste emissioni durante il funzionamento normale, ma sono prevedibili solo emissioni in occasione di guasti.*
Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**.

NOTA Per le tenute meccaniche, le emissioni possono essere trascurate quando l'aria di ventilazione del motore di azionamento soffia verso la tenuta stessa, modificando in modo significativo la velocità e la portata d'aria.

9. *Dispositivo di tenuta* applicato ad un albero rotante o traslante di un macchinario, o di una pompa, o di un compressore, o di una valvola e simili, che prevede significative "emissioni strutturali", considerando anche l'ambiente in cui è installato (es. ambiente chiuso) ed emissioni in occasione di guasti.
Gradi di emissione generalmente considerati: **continuo e secondo**.
10. *Dispositivo di connessione* (flangia, giunto, raccordo, snodo o simili) per il quale sono escluse significative "emissioni strutturali", considerando anche l'ambiente in cui è installato (es. ambiente aperto o chiuso) e che può emettere solo in occasione di guasti o rotture ragionevolmente prevedibili.
Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**.
11. *Dispositivo di connessione* (flangia, giunto, raccordo, snodo o simili) per il quale non sono escluse significative "emissioni strutturali", considerando anche l'ambiente in cui è installato (es. ambiente chiuso) e che può emettere anche in occasione di guasti o rotture ragionevolmente prevedibili.
Gradi di emissione generalmente considerati: **continuo e secondo**.
12. *Sfiato di valvola di sicurezza e simili* che può emettere la sostanza infiammabile quando si apre e non prevede significative emissioni dovute alla non perfetta tenuta (trafilamento).
Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**.
13. *Sfiato di valvola di sicurezza e simili* che può emettere la sostanza infiammabile quando si apre e prevede significative emissioni dovute alla non perfetta tenuta (trafilamento).
Gradi di emissione generalmente considerati: **primo e secondo**.
14. *Pozza di liquido infiammabile* che non può formarsi durante il funzionamento normale e può formarsi solo poco frequentemente e per brevi periodi.
Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**.

Per altri esempi vedere l'Appendice A della Norma.

5.7.1.2 Punti e parti di impianto non considerati sorgenti di emissione

Non sono considerati SE i punti e le parte di impianto da cui possono essere emesse nell'atmosfera sostanze infiammabili con modalità tale da originare atmosfere esplosive solo a causa di guasti catastrofici, non compresi nel concetto di anomalità considerate (3.8.2).

Generalmente possono essere tali:

- a) Le tubazioni saldate e i contenitori saldati a regola d'arte.
- b) I collegamenti di tubazioni e contenitori mediante dispositivi di giunzione a tenuta (con emissioni trascurabili nelle condizioni di funzionamento anche anormale dell'impianto), costruiti secondo specifiche norme e qualificati, se richiesto, da Enti riconosciuti, dimensionati ed installati tenendo conto delle condizioni di funzionamento anormale, nonché eserciti e mantenuti con modalità tali da assicurare nel tempo il mantenimento dei requisiti di sicurezza.

Per accertare la non emissione da tali collegamenti, essi devono essere sottoposti a prove in tutte le situazioni di esercizio ragionevolmente prevedibili (sia in funzionamento normale, sia in funzionamento anormale) e nel tempo (durata). Inoltre, in dipendenza delle influenze esterne e delle condizioni di esercizio, i componenti usurabili devono essere sostituiti nel rispetto delle indicazioni del costruttore e comunque, con periodicità tale da assicurare nel tempo il mantenimento della tenuta.

Per valutare le possibili emissioni da una connessione di tubazioni e simili e stabilire se siano trascurabili o meno, può essere fatto riferimento, ove esistenti, a specifiche norme di costruzione, verifica, installazione ed utilizzazione, oppure può essere fatta un'analisi operativa delle possibili emissioni con il contributo delle informazioni del costruttore per quanto riguarda i requisiti di tenuta e dimensionamento, escludendo gli eventi catastrofici ma comprendendo tutte quelle che possono essere considerate le cause comuni di emissione (es. le vibrazioni). Per ciascuna emissione, si deve poi valutare se il volume di atmosfera esplosiva possa essere considerato trascurabile ai fini della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione.

Possono essere tali le giunzioni a compressione di elevata qualità installate ed utilizzate seguendo scrupolosamente le istruzioni del costruttore.

- c) I contenitori di sostanze infiammabili con coperchi chiusi a regola d'arte o comunque in modo efficace, con emissioni trascurabili, quando sono soddisfatte tutte le condizioni seguenti senza limiti dimensionali:
- sono in materiale idoneo e costruiti a regola d'arte nel rispetto di eventuali norme di costruzione e prova;
 - sono depositati e movimentati con modalità tali da considerare ragionevolmente non prevedibili cadute che possano provocare l'apertura del coperchio o il danneggiamento con fuoriuscita significativa della sostanza infiammabile contenuta;
 - è attuata in sito ogni ordinaria cautela contro la presenza di pozze e vi è una costante presenza di mezzi per la loro neutralizzazione in tempi rapidi.
- d) Le doppie tenute applicate su alberi rotanti o traslanti, provviste di dispositivi tali da escludere perdite significative anche in funzionamento anormale, ad esempio con fluido esterno di flussaggio (tenuta o convogliamento delle perdite) e monitoraggio del fluido stesso, ad esempio mediante analizzatore.
Le singole tenute costituenti le doppie tenute devono essere indipendenti da cause comuni di inefficienza; inoltre, deve essere possibile individuarne singolarmente la perdita in tempi brevi.
- e) Generalmente, possono non essere considerate SE anche i punti di campionamento (presa campione) a dosaggio predeterminato. In queste prese, la quantità di sostanza prelevata non è stabilita dal grado di apertura della valvola di collegamento all'impianto, ma dalle caratteristiche costruttive della presa stessa, che consentono di dosare piccole quantità da prelevare. In questi casi, le quantità di sostanza in gioco sono piccole, il corpo della presa campione è completamente chiuso, per cui la quantità di sostanza infiammabile che può essere emessa in caso di anomalia è di pochi centimetri cubi.
- f) Le bombole di gas compressi con valvola chiusa, tappo sul foro di connessione e cappellotto di protezione ove previsto, correttamente depositate e movimentate .

NOTA Per le valvole di sicurezza con sfiato libero all'atmosfera, si considera EMISSIONE DI SECONDO GRADO la loro apertura parziale e per breve periodo e non la loro apertura completa quando quest'ultima è riconducibile ad un evento estraneo al concetto di anomalità ragionevolmente prevedibile proprio della norma CEI EN 60079-10 essendo presenti più barriere di sicurezza tra loro indipendenti da guasto comune contro l'evento (es. controllo del processo, sistemi di sicurezza). In questo caso, l'apertura completa delle valvole di sicurezza è riconducibile agli eventi considerati incidenti rilevanti secondo la Direttiva 96/82/CE, Seveso bis (D.Lgs. 334/99).

Per la definizione dell'estensione della Zona 2 originata dall'emissione dovuta all'apertura parziale della valvola si può considerare la *quantità totale* di sostanza infiammabile emessa nel breve periodo di apertura e non la *portata*.

Per diluire i vapori d'idrocarburi rilasciati in caso di intervento delle valvole di sicurezza può essere un buon provvedimento integrativo immettere manualmente o automaticamente vapore d'acqua sui condotti di convogliamento degli scarichi.

5.7.2 Verifica della possibilità di eliminare o limitare le SE

Deve essere verificata la possibilità di eliminare una o più SE, oppure di spostarle in luoghi con migliori possibilità di dispersione nell'aria dei gas o vapori emessi e lontane da sorgenti d'innescio.

5.7.3 Grado o gradi di emissione

5.7.3.1 Definizione del grado o gradi di emissione

Devono essere esaminate le SE e, per ciascuna di esse, verificate tutte le possibilità di emissione, sia nel funzionamento normale, sia nel funzionamento anormale (3.8) al fine di definire il grado o i gradi di emissione di ciascuna SE.

La Norma considera tre gradi di emissione: continuo, primo o secondo, in relazione alla probabilità che essa avvenga e quindi di presenza di atmosfera esplosiva di volume non trascurabile nell'intorno della SE.

Le emissioni sono così definite negli articoli 2.7.1, 2.7.2 e 2.7.3 della Norma:

- emissione di grado continuo emissione continua o che può avvenire frequentemente o per lunghi periodi (v. nota);
- emissione di primo grado emissione che può avvenire periodicamente od occasionalmente durante il funzionamento normale;
- emissione di secondo grado emissione che non è prevista durante il funzionamento normale e che se avviene è possibile solo poco frequentemente e per brevi periodi.

NOTA Nel testo italiano non è indicata la parola frequentemente, presente nell'edizione in inglese.

Le emissioni di grado continuo e di primo grado sono previste durante il funzionamento normale, quindi possono essere generalmente definite sia come durata sia come frequenza di emissione.

Un'emissione che avviene sia pure poco frequentemente e per brevi periodi, ma durante il funzionamento normale non può generalmente essere considerata di secondo grado, ma di primo grado.

Le emissioni di secondo grado non sono previste durante il funzionamento normale, esse sono generalmente riconducibili solo ad eventi non voluti, pertanto, per definire la loro durata e frequenza, è necessario fare riferimento alle modalità di sorveglianza (esercizio) e manutenzione dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili e dei relativi componenti.

Gli eventi non voluti (es. guasti, aperture di valvole di sicurezza, errori, ecc.) devono essere presi in considerazione o meno in relazione ai criteri adottati di progettazione e manutenzione dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili e dei relativi componenti, nonché in relazione all'efficacia ed efficienza dei mezzi (barriere) attuati per prevenire tali eventi e per limitarne la durata.

Quando nell'ambiente sono adottate protezioni non individuali contro la tossicità e/o l'inquinamento che prevedono concentrazioni massime nell'atmosfera inferiori a quelle previste in applicazione delle procedure fornite nella Norma e nella presente Guida, è ragionevole considerarle nel definire il grado dell'emissione, ad esempio può essere esclusa la presenza di emissioni continue e di primo grado.

Per ogni grado di emissione, particolarmente per i gradi primo e secondo, si definisce la durata media presunta di emissione del singolo evento ed numero totale presunto di eventi in 365 d, quindi si verifica che siano compatibili con la definizione di grado, vedere sopra.

Si deve verificare se esiste la possibilità di ridurre il grado o i gradi di emissione limitando le emissioni di grado continuo e primo grado e/o di ridurre le portate Q_g di emissione.

5.7.3.2 Emissioni strutturali

Per la definizione delle *emissioni di grado continuo* devono essere valutate anche le eventuali piccole emissioni non volute da punti di discontinuità di componenti del sistema di contenimento delle sostanze infiammabili, quali ad esempio: flange su tubazioni, giunzioni tra parti di apparecchi e macchine, sfianti di valvole di sicurezza e di sfioro chiuse, ecc., denominate *emissioni strutturali* (in inglese *fugitive emissions*).

La stima delle emissioni strutturali è di difficile valutazione; esse possono essere trascurabili quando i componenti sono nuovi o hanno subito da poco un intervento di manutenzione, ma col tempo possono aumentare in dipendenza delle influenze esterne e delle condizioni di esercizio fino a diventare significative.

Quando gli impianti sono ben mantenuti, *le emissioni strutturali* non sono generalmente tali da formare al loro intorno un'atmosfera esplosiva di estensione significativa, quindi, possono essere trascurate. Fanno eccezione alcune situazioni particolari di emissioni in piccoli ambienti chiusi con pochi ricambi d'aria (es. armadi, custodie, piccoli locali), dove, anche in relazione al numero di componenti presenti, le emissioni strutturali possono aumentare la concentrazione media di gas o vapori infiammabili nell'aria ambiente rendendo a volte il luogo pericoloso, (v. 5.10.3.3).

Nelle situazioni particolari sopra indicate, le emissioni strutturali devono essere considerate come *emissioni continue*.

Il problema principale che riguarda le emissioni strutturali è la *corretta manutenzione*. Le parti usurabili devono essere sostituite quando le perdite diventano significative; ad esempio, la tenuta meccanica di una pompa, o la tenuta di una valvola di sicurezza, quando è nuova non perde o ha perdite continue (emissioni strutturali) assolutamente trascurabili; col tempo, queste perdite potrebbero aumentare fino a diventare significative per la formazione di atmosfere esplosive. Quindi, la periodicità di sostituzione delle parti usurabili dovrebbe essere definita sulla base delle istruzioni del costruttore ove esistenti e sulla base dell'esperienza, sia del gestore, sia del manutentore dell'impianto, non solo considerando la continuità dell'esercizio ma anche l'aspetto sicurezza contro le esplosioni evitando la presenza di atmosfere esplosive.

Se non si rispettano le indicazioni sopra riportate, sia all'aperto, sia al chiuso, le singole emissioni strutturali devono essere considerate come emissioni continue da una SE, per le quali devono essere valutate le portate Q_g .

5.7.4 **Sorgenti di emissioni con applicata la ventilazione artificiale locale (VAL)**

Deve essere verificata la possibilità di applicare la ventilazione artificiale locale (VAL), par. 5.6.1.2.

La ventilazione artificiale locale è in genere appositamente predisposta; pertanto i suoi requisiti di portata Q_a , i criteri costruttivi e di disponibilità possono essere definiti considerando i risultati che si vogliono ottenere.

La portata di ventilazione e le altre caratteristiche costruttive al fine di catturare tutti i gas o vapori emessi dalla SE, devono essere tali da ridurre l'estensione della o delle zone pericolose a dimensioni trascurabili o comunque contenute entro un volume piccolo prestabilito (V_{OL}), inteso come il volume compreso tra la SE e la bocca di aspirazione dell'aria, definito considerando il grado o i gradi di emissione, la forma, le dimensioni e l'ubicazione rispetto alla SE della bocca di aspirazione, nonché, le dimensioni della SE stessa.

La disponibilità della VAL, deve essere Buona o Adeguata, (5.10.2.6).

Quando la disponibilità della ventilazione è Buona si ha solo una zona pericolosa di tipo dipendente dal grado dell'emissione e dimensioni definite in presenza della ventilazione artificiale locale VAL; in alcuni casi la ventilazione può essere tale da ridurre il volume della zona a valori trascurabili V_{ZNE} .

Quando la disponibilità della ventilazione è Adeguata, oltre alla zona pericolosa di cui sopra (1° tipo di zona), deve essere prevista una ulteriore zona (2° tipo di zona) di dimensioni definite in base alla ventilazione residua, che si ha cioè in assenza della ventilazione artificiale locale.

Il 2° tipo di zona è Zona 2 anche quando l'emissione è continua o di primo grado in quanto occorre tener conto del fatto che l'atmosfera esplosiva può essere presente solo al mancare della VAL che ha disponibilità Buona o Adeguata.

Per stabilire i requisiti della VAL si può fare riferimento alla letteratura tecnica relativa alle ventilazioni artificiali; nei casi dubbi e/o complessi, è opportuno rivolgersi ad uno specialista della ventilazione.

I dati principali per definire la ventilazione artificiale locale (per aspirazione) sono:

- portata di emissione di gas o vapore Q_g [kg/s], calcolata con la formula applicabile tra quelle di cui in GB.4, generalmente si applica la [f.GB.4.4-1] (pozza) in quanto la superficie del liquido è lambita dall'aria della VAL assumendo, ove applicabile, $w_a = w_c$ ed $f_{SE} = 1$;
- portata reale di aspirazione Q_a , [m^3/s];
- area della bocca di aspirazione A_c , [m^2];
- area della SE (es. superficie del liquido) A_{SE} , [m^2];
- forma e dimensioni bocca di aspirazione, [m] (per valutazioni particolari);
- volume compreso tra la SE (es. superficie di un liquido) e la bocca di aspirazione dell'aria, (V_{OL}),
- distanza massima di cattura dei vapori d_c , [m];
- disponibilità (buona o adeguata);
- fattore di efficacia f_{SE} (generalmente uguale a 1).

La portata di emissione di gas o vapore Q_g in presenza della VAL (1° tipo di zona) si calcola con la formula applicabile tra quelle di cui in GB.4, generalmente si usa la [f.GB.4.4-1] (pozza) in quanto la superficie del liquido è lambita dall'aria della VAL assumendo $f_{SE} = 1$.

Quando la disponibilità della VAL è Buona, attorno al 1° tipo di zona non ne esistono altri.

Quando la disponibilità della VAL è Adeguata, attorno al primo tipo di zona esiste un 2° tipo di zona, per il quale la portata di emissione di gas o vapore Q_g si calcola con la formula applicabile tra quelle di cui in GB.4 considerando la ventilazione naturale nell'intorno della SE e assumendo f_{SE} non minore di 2.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Per stabilire il grado della VAL si calcola la lunghezza del percorso dell'aria nel volume da ventilare $L_0 = k_0 \cdot a + D_{SE}$ (v. 5.10.3.2 formula [f.5.10.3-14]), dove si può trascurare il DSE in quanto "a" viene assunto pari a d_c e k_0 può essere assunto = 1, per cui si ha: $L_0 = d_c$ [m].

Conosciuta la lunghezza L_0 , può essere calcolato il numero di ricambi d'aria C_0 con la formula [f.5.10.3-15], dove si può assumere $w_a = Q_a /$ l'area maggiore tra quella della bocca di aspirazione A_c e quella della SE A_{SE} , [m²]; $f_{SE} = 1$.

Si calcola Q_{amin} con la formula [f.5.10.3-1].

Si calcola il volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z con la formula [f.5.10.3-6].

Si confronta quindi il volume V_z con il volume V_{OL} , dal confronto si possono presentare due casi:

- a) il volume V_z è maggiore del volume V_{OL} ;
- b) il volume V_z è minore o uguale al volume V_{OL} .

Nel caso a) occorre aumentare la portata d'aria Q_a , e quindi la w_a e C_0 che variano in modo direttamente proporzionale alla variazione di Q_a , fino al rispetto della condizione b).

Nel caso b), quando il V_z non è trascurabile la zona pericolosa deve essere considerata corrispondente al volume V_{OL} , sia nella forma, sia nelle dimensioni.

Sulla base del grado dell'emissione, del grado e della disponibilità della ventilazione si definisce infine il tipo e l'estensione della zona pericolosa.

Quando la disponibilità della ventilazione artificiale locale VAL è Adeguata, occorre definire l'estensione del 2° tipo di zona (Zona 2) procedendo secondo la regola generale e considerando la ventilazione residua al mancare della VAL che è generalmente quella naturale con disponibilità buona.

NOTA Quando la VAL è prevista per ragioni di igiene ambientale, la portata minima di aspirazione (cattura) Q_c può essere definita applicando la formula seguente, generalmente maggiore della portata Q_a richiesta per limitare l'estensione della zona pericolosa :

$$Q_c = w_c \cdot (10 \cdot d_c^2 + A_c) \text{ [m}^3/\text{s]}$$

dove:

- d_c deve essere maggiore o uguale alla distanza tra il punto più lontano della SE e la bocca di aspirazione;
- velocità di cattura dei vapori w_c [m/s], generalmente pari a 0,25 m/s per gas o vapori ai fini dell'igiene ambientale;
- portata minima di aspirazione (per catturare i vapori alla distanza d_c), Q_c , [m³/s] ai fini dell'igiene ambientale.

5.7.5 Sorgenti di emissione (SE) rappresentative di altre

Una SE (o anche una emissione) può essere *rappresentativa* di altre SE quando rappresenta il caso peggiore in relazione a uno o più dei seguenti parametri:

- sostanza (stessa sostanza, o sostanza rappresentativa);
- modalità e portata di emissione (stessa modalità di emissione, uguale o maggiore portata di emissione Q_g), oppure, se non si conosce la portata di emissione, uguale o maggiore pressione nel punto di emissione, uguale o maggiore area A del foro di emissione, il più alto rapporto $Q_{a \min} / Q_a$.

- caratteristiche della ventilazione dell'ambiente nell'intorno della SE (uguale o minore numero di ricambi d'aria C_0 , fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} uguale o peggiore, cioè più alto).

Le sorgenti di emissione o le singole emissioni con ventilazione artificiale locale (VAL) devono essere considerate singolarmente (5.7.4).

Individuate le SE rappresentative e quelle da considerare singolarmente, si procede a definire i tipi e le estensioni delle zone pericolose determinate da esse considerando la contemporaneità delle emissioni e la mutua influenza ove necessario; quindi si applicano a tutte le SE rappresentate.

La rappresentatività è utile in quanto riduce il lavoro di calcolo e valutazione a pochi casi; essa è indispensabile quando si devono gestire e valutare molte SE; in alcuni casi, ad esempio quando le SE sono centinaia, sarebbe un lavoro davvero immane valutare le emissioni e fare calcoli per tutte.

In generale, la rappresentatività è applicata per SE che si trovano nello stesso ambiente, pur non escludendo la possibilità che siano dislocate anche in ambienti diversi; questa indicazione è dettata dalla necessità di mantenere una rappresentatività effettiva per tutta la vita dell'impianto; ad esempio, le caratteristiche della ventilazione di un ambiente potrebbero cambiare; tuttavia, la SE rappresentativa può appartenere ad altro impianto precedentemente classificato o essere anche una SE convenzionale, come quelle degli esempi della guida CEI 35-35/A.

La rappresentatività è stabilita a discrezione del tecnico incaricato della classificazione dei luoghi il quale, al limite, potrebbe considerare un solo caso, quello peggiore, ed applicarlo a tutte le SE dell'impianto in esame, come ad esempio quando nell'impianto è presente una sola sostanza con una sola modalità di emissione (es. reti del gas, distributori di carburanti, ecc.).

La rappresentatività è molto utile anche per valutare le zone pericolose originate da nuove SE introdotte da ampliamenti, modifiche o trasformazioni dell'impianto, in quanto può essere sufficiente individuare nella classificazione dei luoghi dell'impianto preesistente una o più SE rappresentative di quelle nuove per conoscere i tipi e le estensioni delle zone originate da queste ultime.

Nei casi dubbi, non considerare la SE rappresentativa.

5.7.6. Elenco delle sorgenti di emissione

Per ciascun ambiente considerato, si codificano e si elencano le SE con le loro caratteristiche significative, il grado o i gradi di emissione e, per ogni grado di emissione, le condizioni di emissione della sostanza infiammabile (temperatura, pressione, modalità di emissione, portata di emissione Q_g).

Questo elenco sarà completato poi con le altre informazioni riguardanti la ventilazione e le singole zone pericolose.

Un esempio di Elenco di SE è riportato nell'Allegato C della Norma, un altro è riportato nella Relazione Tecnica dell'Appendice GD, dove, oltre alle caratteristiche delle SE e delle singole emissioni sono riportate: le caratteristiche della ventilazione (tipo, grado e disponibilità), il tipo o i tipi di zone pericolose, con il gruppo e la categoria secondo la direttiva 94/9/CE e la classe di temperatura, le dimensioni delle singole zone pericolose e i riferimenti per la forma e l'estensione a figure tipiche o appositamente preparate.

5.8. Portata Q_g di emissione di sostanze infiammabili di ciascun grado di emissione

Per ciascun grado di emissione delle singole SE rappresentative o considerate singolarmente si calcola la portata di emissione Q_g (portata di gas o vapore).

NOTA Ci sono casi in cui l'emissione è tanto breve da non consentire il raggiungimento della condizione di equilibrio in cui l'estensione della zona dipende dalla portata di emissione Q_g ; in questi casi può essere opportuno considerare la quantità totale di gas emesso e non la portata di emissione Q_g (v. 5.7.1.2).

La portata di emissione di gas o vapore dai sistemi di contenimento dipende da una serie di parametri quali:

- area del foro o della superficie di emissione;
- geometria della SE (es. la superficie di una pozza o del liquido contenuto in un recipiente aperto, una sorgente puntiforme);
- velocità di emissione;
- concentrazione della sostanza infiammabile nella miscela di gas o vapori emessa.

Per le emissioni di grado continuo e primo, la portata di emissione deve essere valutata sulla base delle caratteristiche del sistema di contenimento e delle dimensioni effettive delle aperture, che dovrebbero essere note, trattandosi di condizioni normali e non conseguenti a guasti o anomalie.

Una volta definite le dimensioni di un foro o di un'apertura, la portata di emissione cautelativa dipenderà dalle condizioni di esercizio nel caso specifico.

Per le emissioni strutturali si ricorre in genere a dati statistici, Appendice GB, par. GB.3.2.

Per le emissioni di secondo grado, nell'Appendice GB sono riportati criteri di valutazione e definizione delle dimensioni dei fori di emissione conseguenti a guasti o ad anomalie del sistema di contenimento, per alcuni componenti tipici degli impianti

Nell'Appendice GB sono fornite formule per calcolare le portate per diverse modalità di emissione (gas in singola fase, liquido che non evapora nell'emissione, liquido che evapora nell'emissione, liquido criogenico che evapora, pozza di liquido che evapora).

Per i liquidi, la portata di emissione di vapori dipende dalla volatilità (la portata di emissione di vapori aumenta con la volatilità del liquido stesso).

Nell'emissione di un liquido con evaporazione trascurabile durante l'emissione, deve essere definita la portata di evaporazione dalla pozza che si forma sul pavimento o superficie piana sottostante, considerando l'area della pozza stessa.

La volatilità di un liquido dipende principalmente dalla tensione di vapore e dal calore di vaporizzazione. Mentre il calore di vaporizzazione è costante per una stessa sostanza, la tensione di vapore aumenta con la temperatura. Per questo motivo la tensione di vapore deve essere riferita alla massima temperatura ambiente o alla temperatura di emissione se maggiore.

Anche la temperatura d'infiammabilità e la temperatura di ebollizione sono indici della volatilità della sostanza: a parità di temperatura (es. temperatura ambiente), la portata di emissione aumenta al diminuire della temperatura d'infiammabilità e/o della temperatura di ebollizione.

NOTA Quando la temperatura d'infiammabilità è superiore alla massima temperatura alla quale può trovarsi il liquido sia in funzionamento normale, sia in funzionamento anormale ragionevolmente prevedibile, la quantità di vapore è troppo bassa per dar luogo ad atmosfere esplosive.

L'estensione delle zone con pericolo d'esplosione dipende dalla portata di emissione: maggiore è la portata, più estesa è la zona.

Nell'Appendice GB, par. GB.4 sono riportate alcune formule per calcolare le portate di emissione Q_g riferite a diverse modalità di emissione.

5.9. Distanza pericolosa d_z e quota "a"

La distanza pericolosa d_z è la distanza dalla SE nella direzione di emissione e di più probabile dispersione dell'atmosfera esplosiva, a partire dalla quale la concentrazione dei gas o vapori infiammabili nell'aria è inferiore al $k \cdot LEL$, *calcolata* con metodi matematici; essa può essere utilizzata per individuare l'ordine di grandezza delle dimensioni della zona pericolosa e non le dimensioni vere e proprie.

La quota "a" rappresenta l'effettiva estensione (stimata/assunta) della zona pericolosa nella direzione di emissione e di più probabile dispersione dell'atmosfera esplosiva.

La quota "a" deve essere almeno uguale alla distanza pericolosa d_z , meglio se maggiore, per:

- attribuire all'estensione della zona un valore arrotondato; è buona norma arrotondare in eccesso a numeri interi o comunque, quando la dimensione è piccola, al primo decimale;

ma soprattutto per,

- tener conto di situazioni specifiche valutate dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base dell'esperienza, di eventuali studi sperimentali di settore disponibili e/o guide e raccomandazioni relative alla specifica industria o applicazione considerata; da queste valutazioni, il tecnico può attribuire alla quota "a" valori anche doppi del valore calcolato d_z .

Nell'Appendice GB, par. GB.5 sono riportate alcune formule per calcolare la distanza pericolosa d_z riferite a diverse modalità di emissione, che forniscono dati cautelativi.

5.10 Definizione del tipo o tipi di zone pericolose originate dalle singole emissioni

5.10.1 Generalità

Nei luoghi con pericolo di esplosione, la definizione delle zone pericolose è distinta in due fasi: determinazione del tipo di zona o dei tipi di zone (zona 0, zona 1, zona 2) e determinazione della sua/loro estensione; dette fasi non sono necessariamente nell'ordine indicato.

Secondo la Norma devono essere definite le zone per ciascuna sorgente di emissione e ciascun grado di emissione.

Le zone pericolose sono così definite negli artt. 2.5.1, 2.5.2 e 2.5.3 della Norma:

zona 0 luogo in cui un'atmosfera esplosiva costituita da una miscela di aria e sostanze infiammabili, sotto forma di gas, vapore o nebbia, è presente continuamente o per lunghi periodi o frequentemente, (v. la nota 1);

zona 1 luogo in cui, occasionalmente, è probabile sia presente, durante il funzionamento normale un'atmosfera esplosiva costituita da una miscela di aria e sostanze infiammabili, sotto forma di gas, vapore o nebbia, (v. la nota 2);

zona 2 luogo in cui non è probabile che sia presente un'atmosfera esplosiva costituita da una miscela di aria e sostanze infiammabili, sotto forma di gas, vapore o nebbia durante il funzionamento normale, e/o se ciò avviene, è possibile persista solo per brevi periodi, (v. la nota 3).

- NOTA (1) Nell'edizione precedente della Norma, per la zona 0 non era indicato "*frequentemente*".
- (2) Nell'edizione precedente della Norma per la zona 1 non era indicato "*occasionalmente*", inoltre, *likely to occur* era tradotto in italiano con *possibile* anziché con *probabile*.
- (3) Nell'edizione precedente della Norma per la zona 2, *likely to occur* era tradotto in italiano con *possibile* anziché con *probabile*.

Il tipo di zona è strettamente correlato da un legame di causa-effetto al grado dell'emissione, per cui in generale una emissione di grado continuo genera una zona 0, una emissione di primo grado genera una zona 1, una emissione di secondo grado genera una zona 2. La ventilazione è l'elemento che può alterare questa corrispondenza biunivoca, (una cattiva ventilazione o la sua assenza, potrebbe condurre ad un aggravio di tipo di zona, es. una emissione di primo grado potrebbe generare una zona 0 invece di una zona 1), vedere il par. 5.9.2.

Qualora si disponga di dati attendibili rilevati da luoghi con presenza delle stesse sostanze infiammabili o di altre con pari caratteristiche, ivi soggette a lavorazione o deposito con modalità e in condizioni di ventilazione che non siano diverse da quelle previste nel luogo considerato, tali dati possono essere utilizzati per rettificare la qualifica e l'estensione delle zone pericolose. I dati suddetti e i metodi di rilevamento degli stessi devono consentire una corretta valutazione in uno dei modi seguenti:

- con analisi operativa del grado di sicurezza equivalente contro la presenza di atmosfera esplosiva determinata dalle SE e dalle condizioni ambientali, (1.3);
- con calcolo probabilistico, in base a dati statistici idonei, della probabilità di atmosfera esplosiva; il numero e la durata dei rilievi devono essere tali che la previsione formulata abbia un adeguato grado di attendibilità; in relazione ai valori della probabilità, il tipo di zona può essere definito facendo riferimento alla Tabella 5.10.1-1.

Tabella 5.10.1-1

Zona	Probabilità di atmosfera esplosiva in 365 d (un anno)	Durata complessiva di atmosfera esplosiva in 365 d (un anno)
zona 0	$P > 10^{-1}$	oltre 1 000 h
zona 1	$10^{-1} \geq P > 10^{-3}$	oltre 10 h fino a 1 000 h
zona 2 (1)	$10^{-3} \geq P > 10^{-5}$	oltre 0,1 h fino a 10 h (2)
(1) Quando non sono disponibili valori attendibili dei tassi di guasto, può essere generalmente considerato almeno un evento ogni 365 d.		
(2) Quando la durata complessiva di atmosfera esplosiva in 365 d (un anno) è fino a 0,1 h la probabilità di atmosfera esplosiva è inversamente proporzionale all' portata di emissione Q_g e al numero di emissioni in 365 d, per cui, per essere certi che il luogo non presenta pericoli di esplosione occorre effettuare di volta in volta [un'analisi del rischio] [una valutazione specifica].		

5.10.2 Influenza della contemporaneità delle emissioni sui tipi di zone

Deve essere analizzata l'influenza di tutte le emissioni sulla classificazione del luogo considerando il loro grado e tenendo in particolare considerazione le parti di impianto con elevata concentrazione di SE che potrebbero dar luogo ad emissioni contemporanee ed influenzarsi reciprocamente.

Negli ambienti aperti la contemporaneità delle emissioni può essere generalmente trascurata, ad eccezione dei casi in cui le SE sono raggruppate in un piccolo spazio, nel qual caso esse possono essere considerate come una sola SE (SE-R) per la quale il grado o i gradi di emissione sono definiti considerando i gradi di emissione delle singole SE raggruppate e le portate di emissione per ciascun grado sono definite considerando la contemporaneità delle emissioni.

Questo criterio può essere utile in presenza di un numero notevole di *SE*; tuttavia, si consiglia di adottarlo solo quando la sostanza infiammabile, o quella *rappresentativa* (v. 5.5.19), è la stessa per tutte le *SE* e la modalità di emissione per ciascun grado è la stessa.

Negli ambienti chiusi la contemporaneità delle emissioni deve essere sempre considerata, in quanto può influire sul grado della ventilazione.

I criteri da applicare sono di seguito indicati.

- Per definire il grado della ventilazione relativo alle *emissioni continue*, queste si considerano tutte contemporanee tra loro.
- Per definire il grado della ventilazione relativo alle *emissioni di primo grado*, si considerano tutte le *emissioni continue* di cui in a), più quelle di *primo grado* che possono essere contemporanee. La contemporaneità delle emissioni di primo grado deve essere valutata caso per caso sulla base di un'analisi operativa, considerando che, generalmente, si dovrebbe considerare l'emissione contemporanea solo di una parte di esse, tra le quali devono essere comprese certamente tutte quelle dipendenti da cause comuni di emissione e quelle più gravose. Nei casi in cui non sia possibile definire la contemporaneità delle emissioni di primo grado, ai fini delle caratteristiche della ventilazione si può fare riferimento, a discrezione del tecnico preposto alla classificazione dei luoghi, alla tabella seguente dove il numero di emissioni di primo grado contemporanee è stabilito considerando la probabilità del singolo evento $P = 10^{-1}$ e la probabilità minima di contemporaneità degli eventi $P = 10^{-3}$.

Tabella 5.10.2-1 Emissioni di primo grado considerabili contemporanee

Numero totale di emissioni di primo grado	Numero di emissioni di primo grado considerabili contemporanee (scegliere quelle più sfavorevoli ai fini del pericolo di esplosione)
1	1
2	2
3 a 5	3
6 a 9	4
10 a 13	5
14 a 18	6
19 a 23	7
24 a 27	8
28 a 33	9
34 a 39	10
40 a 45	11
46 a 51	12
> 51	12 + 20% (n - 51) [*]

[*] "n" è il numero totale di emissioni di primo grado

- Per definire il grado della ventilazione relativo alle *emissioni di secondo grado*, si devono considerare tutte le *emissioni continue* di cui in a), *più le emissioni di primo grado considerate contemporanee* di cui in b), *più ciascuna emissione di secondo grado considerata singolarmente*. Ovviamente, l'emissione determinante sarà quella più gravosa (che dà il maggior contributo nella definizione di $X_m\%$, ad esempio con il V_z maggiore) presente nell'ambiente considerato.

5.10.3 Influenza della ventilazione sui tipi di zone (Efficacia della ventilazione)

La valutazione dell'influenza della ventilazione sui tipi di zone è agevolata con l'introduzione nella Norma dei due parametri che ne caratterizzano l'efficacia: *grado di ventilazione e disponibilità del grado di ventilazione assunto*.

5.10.3.1 Grado di ventilazione

Il grado di ventilazione è indicativo della quantità di aria di ventilazione che investe la SE in rapporto alla quantità di sostanze infiammabili emesse nell'ambiente; questo rapporto può essere tale da limitare in varia misura la presenza di atmosfera esplosiva e ridurre o meno il tempo di persistenza della stessa al cessare dell'emissione.

Nell'Appendice B della Norma, sono stabiliti tre gradi di ventilazione: ALTO (VH), MEDIO (VM), BASSO (VL), definiti facendo riferimento a:

- portata effettiva di aria di ventilazione che interessa il volume da ventilare V_0 , (dV_0/dt) , inteso come volume interessato dall'emissione e dalla diluizione della relativa atmosfera esplosiva;
- portata effettiva di aria di ventilazione che interessa il volume V_a dell'ambiente chiuso considerato, (dV_a/dt) ;
- portata massima di emissione di sostanza infiammabile sotto forma di gas, vapore o nebbia, $(dG/dt)_{max}$;
- portata minima teorica di aria di ventilazione necessaria a diluire l'emissione $(dG/dt)_{max}$ di sostanze infiammabili, $(dV/dt)_{min}$;
- volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva che presuppone condizioni ideali di flusso dell'aria fresca e una miscelazione istantanea e omogenea in prossimità della SE, V_k ;
- volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva che presuppone condizioni non ideali di flusso dell'aria fresca e di miscelazione in prossimità della SE, per cui è applicato un fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} che esprime l'effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva in considerazione dei possibili impedimenti al flusso dell'aria, V_z ($V_z = f_{SE} \cdot V_k$);
- tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione, t ;
- numero di ricambi d'aria fresca nell'unità di tempo C_0 nel volume totale da ventilare V_0 ;
- concentrazione di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera pari al limite inferiore di esplosibilità moltiplicato per un fattore di sicurezza $(k \cdot LEL)$.

I tre gradi di ventilazione sono stabiliti considerando quanto sopra e, ove applicabile, considerando anche la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale V_a dell'ambiente considerato.

Nella presente guida, i tre gradi di ventilazione sono stabiliti considerando quanto sopra e, quando all'interno del volume da ventilare V_0 sono possibili più emissioni contemporanee, considerando la somma delle portate minime teoriche di aria di ventilazione necessarie a diluire le singole emissioni $(dG/dt)_{max}$ di sostanze infiammabili, $\Sigma (dV/dt)_{min}$.

Nel seguito della presente guida, per motivi di semplicità interpretativa, le portate di aria e di gas, sono state indicate con simboli diversi di quelli dell'Appendice B della Norma e precisamente:

- per la portata effettiva di aria (dV_0/dt) è stato utilizzato il simbolo Q_0 ;
- per la portata effettiva di aria (dV_a/dt) è stato utilizzato il simbolo Q_a ;
- per la portata massima di emissione di sostanza infiammabile $(dG/dt)_{max}$ è stato utilizzato il simbolo Q_g ;
- per la portata minima teorica di aria di ventilazione $(dV/dt)_{min}$ è stato utilizzato il simbolo Q_{amin} o ΣQ_{amin} .

Il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nel volume totale da ventilare V_0 è stato chiamato C_0 anziché C come nella Norma.

Il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nell'ambiente di volume V_a è stato chiamato C_a .

Sia per gli ambienti aperti sia per quelli chiusi, con la formula (B.1) della Norma, qui di seguito riportata, si ricava la portata minima teorica volumetrica di aria di ventilazione necessaria a diluire l'emissione $(dG/dt)_{max}$ di sostanze infiammabili a regime:

$$(dV/dt)_{min} = Q_{amin} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T_a}{293} = \frac{Q_g}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T_a}{293} \quad [f.5.10.3-1] \quad (\text{ex } 2.2.a)$$

dove :

$(dV/dt)_{min}$ è la portata minima volumetrica di aria fresca = Q_{amin} , [m³/s];

$(dG/dt)_{max}$ è la portata massima di emissione massica di sostanza infiammabile = Q_g , [kg/s];

LEL_m è il limite inferiore di esplosibilità massico alle condizioni di pressione atmosferica dell'ambiente considerato, [kg/m³];

k è un fattore di sicurezza applicato al LEL , tipicamente:

$k = 0,25$ per emissioni di grado continuo e primo,

$k = 0,5$ per emissioni di secondo grado,

NOTA Nella generalità dei casi i valori di k da assumere sono quelli sopra indicati; tuttavia, in relazione al grado di certezza dei dati, il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi può assumere valori diversi.

T_a è la temperatura ambiente, [K];

NOTA Nella generalità dei casi, quando la temperatura ambiente non è superiore 45 °C, per semplicità il rapporto $T_a / 293$ può essere trascurato.

293 temperatura ambiente di riferimento pari a 20°C (273 + 20) = 293), [K];

Da essa si può ricavare, per le singole emissioni, il rapporto di riferimento fra la minima portata di aria di ventilazione Q_{amin} e la massima portata di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera Q_g che determina nell'ambiente una concentrazione pari al $(k \cdot LEL_m)$, come segue:

$$\frac{Q_{amin}}{Q_g} = \frac{1}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T_a}{293} \quad [f.5.10.3-2] \quad (\text{ex } 2.2.b)$$

L'efficacia della ventilazione a regime, per le singole emissioni, può essere verificata come segue, v. 5.10.3.3:

$$\frac{Q_a}{Q_{amin}} = \frac{k \cdot LEL_v}{X_{te} \text{ oppure } X_r} \quad [f. 5.10.3-3]$$

L'efficacia della ventilazione a regime, per tutte le emissioni da considerare contemporanee, può essere verificata come segue:

$$\frac{Q_a}{\sum Q_{amin}} = \frac{k \cdot LEL_v}{X_m \%} \quad [f. 5.10.3-4] \quad (\text{ex } 2.2.c)$$

Tale relazione esprime il rapporto tra la portata di ventilazione effettiva dell'ambiente Q_a e la ventilazione minima Q_{amin} necessaria per mantenere la concentrazione media di gas o vapori infiammabili $X_m\%$ nell'ambiente di volume V_a ad un valore pari al $(k \cdot LEL_v)$.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Con riferimento al paragrafo B.4 della Norma, se si indica con C_0 il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nel volume da ventilare V_0 , il volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_k , che presuppone condizioni ideali di flusso dell'aria fresca e una miscelazione istantanea e omogenea in prossimità della SE, è definito con la formula (B.2) della Norma, qui di seguito riportata:

$$V_k = \frac{(dV/dt)_{min}}{C_0} = \frac{Q_{amin}}{C_0} \quad [f. 5.10.3-5]$$

La relazione tra il valore calcolato di portata minima di ventilazione $(dV/dt)_{min}$ e la portata effettiva di ventilazione nel volume totale da ventilare V_0 in prossimità della SE può essere espresso dal volume V_k .

Quando nel volume V_0 sono presenti più SE e/o più gradi di emissione, le portate Q_{amin} dovrebbero essere sommate ΣQ_{amin} considerando la contemporaneità delle emissioni, come indicato nella Norma, o stabilita la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'ambiente, come riportato in 5.10.3.3.

Se si considera il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} (variabile da 1 a 5 in relazione alla effettiva capacità di diluizione o miscelazione dei gas o vapori infiammabili), il volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z intorno alla SE è definito con la formula (B.4) della Norma, qui di seguito riportata:

$$V_z = (f \cdot V_k) = \frac{f_{SE} \cdot (dV/dt)_{min}}{C_0} = \frac{f_{SE} \cdot Q_{amin}}{C_0} \quad [f.5.10.3-6] \quad (ex 2.2.d)$$

dove C_0 è ricavato con la formula (B.3) della Norma, qui di seguito riportata:

$$C_0 = \frac{dV_0/dt}{V_0} = \frac{Q_0}{V_0} \quad [f.5.10.3-7] \quad (ex 2.2.e1)$$

Il volume V_z deve essere utilizzato solo per definire il grado della ventilazione, anche se esso fornisce un'indicazione del volume di atmosfera esplosiva. Tale volume non sarà generalmente uguale al volume della zona pericolosa V in quanto la posizione del volume V_z rispetto alla SE può cambiare con il cambio di direzione dell'aria e il volume della zona pericolosa V , dovendo contenere l'involuppo dei volumi V_z che si possono formare in momenti diversi nelle diverse direzioni, potrebbe essere molto più grande del volume V_z .

Quanto sopra è particolarmente valido con la ventilazione naturale per effetto dei cambi di direzione del vento, v. la Norma, Appendice B, art. B.4.2.2.

Nel volume da ventilare V_0 di ambienti chiusi la portata totale effettiva di aria Q_0 può corrispondere al volume dell'ambiente V_a ma può anche essere più piccolo (ved. nel seguito); in questo caso, il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo al suo interno può essere anche diverso da quello previsto per l'intero ambiente a causa dei movimenti dell'aria dovuti ad esempio a moti convettivi nell'intorno della SE.

Il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nel volume dell'ambiente V_a , può essere ricavato con la formula seguente, analoga alla formula [f.5.10.3-7]:

$$C_a = \frac{dV_a/dt}{V_a} = \frac{Q_a}{V_a} \quad [f.5.10.3-8] \quad (ex 2.2.e2)$$

5.10.3.2 Relazione tra la ventilazione e i tipi di zone in ambienti aperti

L'ambiente aperto è caratterizzato dal fatto di avere un volume V_a illimitato e di essere infinitamente ricettivo di sostanze infiammabili immesse nell'atmosfera, per cui le zone con pericolo di esplosione per la presenza di gas possono essere presenti solo nell'intorno delle sorgenti di emissione (non sono presenti nel campo lontano).

Per gli ambienti aperti, l'Appendice B della Norma, con la formula (B.5) propone a titolo di esempio di assumere C (C_0 nella presente Guida) = 0,03 riferito ad una velocità del vento di 0,5 m/s, per cui:

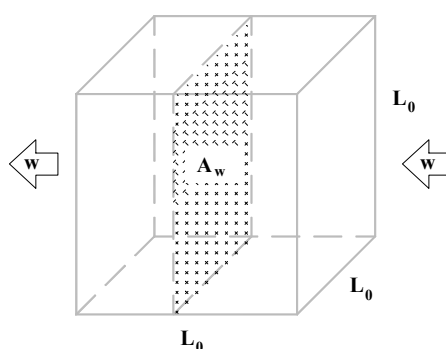
$$V_z = \frac{(dV/dt)_{min}}{0,03} = \frac{Q_{amin}}{0,03} \quad [\text{f. 5.10.3-9}] \quad (\text{ex 2.2.f})$$

Come si può notare, nella formula [f.5.10.3-9] non figura il fattore di efficacia f_{SE} in quanto esso è ipotizzato uguale a uno. Questo è vero quando l'emissione avviene in un ambiente aperto con libera circolazione dell'aria e pratica assenza di impedimenti che potrebbero ridurre l'efficacia di miscelazione nel volume interessato dalle emissioni di sostanze infiammabili. Quando invece le condizioni non sono quelle ipotizzate sopra, occorre considerare l'efficacia della ventilazione, per cui la formula diventa:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{min}}{0,03} = \frac{f \cdot Q_{amin}}{0,03} \quad [\text{f.5.10.3-10}] \quad (\text{ex 2.2.g})$$

Nella Norma, Appendice B par. B.4, al fine di definire il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo C_0 , è detto che velocità dell'aria anche molto basse determinano un numero elevato di ricambi d'aria. Ad esempio, considerando *“un ipotetico cubo avente dimensioni di pochi metri”*, una velocità dell'aria $w_{SE} = 0,5$ m/s assicura più di 100 ricambi in un'ora $\cong 0,03 \text{ s}^{-1}$, vedere la Figura 5.10.3-1 seguente.

Fig. 5.10.3-1 Ipotetico cubo corrispondente al volume totale da ventilare V_0 per la definizione dei ricambi d'aria nell'unità di tempo C_0



La Norma considera il cubo di cui sopra corrispondente al massimo volume interessato dalla zona pericolosa, quindi può essere considerato corrispondente al *volume totale da ventilare* V_0 .

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Nella spiegazione del significato del valore $0,03 \text{ s}^{-1}$ nella Norma è detto: "*Tuttavia, a causa del diverso meccanismo di dispersione, questo metodo da, generalmente, un volume sovrastimato. La dispersione è normalmente più rapida in un luogo all'aperto,*" quindi il volume interessato dalla zona pericolosa e il corrispondente *volume totale da ventilare* V_0 sono generalmente più piccoli di quello assunto nella Norma per stabilire il numero di ricambi d'aria C_0 (C_0 nella presente Guida) $= 0,03 \text{ s}^{-1}$.

Partendo dalla formula (B.4) della Norma ed assumendo omogenea la ventilazione in tutto il volume V_0 considerato, vengono qui calcolate le dimensioni *dell'ipotetico cubo avente dimensioni di pochi metri* per avere, con velocità dell'aria $w_a = 0,5 \text{ m/s}$, un numero di ricambi di aria $C_0 = (100 \text{ h}^{-1}) = 0,03 \text{ s}^{-1}$

$$C_0 = \frac{dV_0/dt}{V_0} = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{w_a \cdot A_w}{V_0 \cdot f_{SE}} = \frac{w \cdot L_0^2}{L_0^3 \cdot f_{SE}} = \frac{w}{L_0 \cdot f_{SE}} \quad [\text{f.5.10.3-11}] \quad (\text{ex 2.2.h})$$

dove:

- Q_0 è la portata d'aria, $[\text{m}^3/\text{s}]$;
- V_0 è il volume del cubo di riferimento o volume totale da ventilare, $[\text{m}^3]$;
- w_a è la velocità dell'aria, $[\text{m/s}]$;
- A_w è l'area del piano di movimento dell'aria all'interno del cubo (sezione trasversale), $[\text{m}^2]$;
- L_0 è il lato del cubo considerato, o la lunghezza del percorso dell'aria all'interno del volume totale da ventilare V_0 , $[\text{m}]$;
- f_{SE} fattore di efficacia della ventilazione nell'intorno della SE, assunto $= 1$, (ved. 5.10.3);

Partendo dalla relazione [f.5.10.3-11], risulta:

$$L_0 = \frac{w_a}{C_0} = \frac{0,5}{0,03} \cong 15 \text{ m} \quad [\text{f.5.10.3-12}]$$

cioè, il lato "*dell'ipotetico cubo avente dimensioni di pochi metri*" assunto nella Norma e corrispondente al volume interessato dalla zona pericolosa è $L_0 = 15 \text{ m}$.

Facendo riferimento all'Appendice B della Norma, il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo C_0 è un dato molto importante per definire il volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z ed il tempo di persistenza al cessare dell'emissione t , infatti entra nelle formule (B.2), (B.4) e (B.6) della Norma, riportate nella presente Guida, rispettivamente come [f.5.10.3-5] [f.5.10.3-6] e [f.5.10.3.13].

$$t = \frac{-f_{SE}}{C_0} \ln \left(\frac{k \cdot LEL}{X_0} \right) \quad [\text{f.5.10.3-13}] \quad (\text{ex 2.2.i})$$

dove f_{SE} e C_0 hanno lo stesso significato delle formule precedenti e X_0 rappresenta la concentrazione iniziale media di sostanza infiammabile all'interno del volume pericoloso al cessare dell'emissione, nella stessa unità di misura del LEL ($LEL_v = \% \text{ vol.}$ oppure $LEL_m = \text{kg/m}^3$), v. 5.10.3.5, formule [f.5.10.3-23] e [f.5.10.3-24].

Sulla base di quanto sopra esposto, quando, con velocità dell'aria di $0,5 \text{ m/s}$, il massimo volume interessato dalla zona pericolosa, o *volume totale da ventilare* V_0 è significativamente diverso dal cubo avente il lato $L_0 = 15 \text{ m}$, può essere considerato corretto assumere un valore di L_0 diverso; la stessa considerazione può essere fatta quando la velocità dell'aria è diversa da $0,5 \text{ m/s}$.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

La distanza d_z , introdotta dalla presente Guida CEI 31-35 Appendice GB par. GB.5, è la distanza al di là della quale la concentrazione in atmosfera della sostanza infiammabile è inferiore al $k \cdot LEL$; quindi, alla luce di quanto detto, essa può essere utilizzata per definire più accuratamente la lunghezza L_0 del percorso dell'aria all'interno del *volume totale da ventilare* V_0 , sia esso un cubo, un parallelepipedo, un cilindro, un cono, o altra forma, e per definire il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo C_0 nel volume stesso.

Come utilizzare d_z per definire il numero di ricambi d'aria C_0 negli ambienti aperti

La lunghezza L_0 della formula [f.5.10.3-12] può essere correlata alle dimensioni della zona pericolosa. A tal fine si può utilizzare la quota "a", definita come indicato nel par. 5.9.

La lunghezza L_0 può quindi essere calcolata applicando la formula [f.5.10.3-14] seguente:

$$L_0 = k_0 \cdot a + D_{SE} \quad \text{[f.5.10.3-14] (ex 2.2.l modificata)}$$

dove:

k_0 = coefficiente di sicurezza applicato alla quota a , generalmente uguale a 2 e comunque mai inferiore a 1.

a = valore introdotto dall'utente (stabilito in base alla distanza d_z);

D_{SE} = dimensione massima della SE, (es. pari a $2 r_{eq}$ per una superficie circolare; pari al lato maggiore per una superficie quadrangolare; pari al diametro equivalente D_b dell'apertura verso l'ambiente per un contenitore; trascurabile in tutti i casi in cui la SE può essere considerata puntiforme).

Conosciuta la lunghezza L_0 , per definire il numero di ricambi C_0 , invece della formula (B.4) della Norma, può essere utilizzata quindi la formula [f.5.10.3-15] seguente:

$$C_0 = \frac{w}{L_0} \quad \text{[f.5.10.3-15] (ex 2.2.m)}$$

Ne consegue che, all'aperto, valori di L_0 minori o maggiori di 15 m, definiti come sopra indicato, portano a valori dei ricambi d'aria nell'unità di tempo maggiori o minori del valore $0,03 \text{ s}^{-1}$, con una conseguente stima più appropriata, sia del volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z , sia del tempo di persistenza al cessare dell'emissione t .

Definito C_0 , il volume V_z può essere calcolato con la formula [f.5.10.3-6].

5.10.3.3 Relazione tra la ventilazione e i tipi di zone in ambienti chiusi

Nella Norma la relazione tra la ventilazione e i tipi di zone in ambienti chiusi è solo accennata; le considerazioni qui fatte sono quindi originali della presente guida.

L'ambiente chiuso è caratterizzato dal fatto di avere un volume V_a limitato, quindi di non essere infinitamente ricettivo di sostanze infiammabili immesse nell'atmosfera, per cui le zone con pericolo di esplosione per la presenza di gas possono essere presenti sia nell'intorno delle sorgenti di emissione (campo vicino), sia lontano dalle sorgenti di emissione (campo lontano).

Negli ambienti chiusi il problema del numero di ricambi d'aria C_0 nel volume interessato dalla zona pericolosa (o volume totale da ventilare) V_0 è quindi diverso da quello degli ambienti aperti. In questi ambienti occorre considerare generalmente il numero di ricambi d'aria C_0 uguale al numero di ricambi d'aria dell'intero ambiente C_a e il volume interessato dalla zona pericolosa (o volume totale da ventilare) V_0 uguale al volume dell'intero ambiente V_a ; tuttavia, quando la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale dell'ambiente V_a rispetta la condizione [f.5.10.3-16] per definire in grado della ventilazione è ragionevole considerare $V_0 < V_a$ e $C_0 > C_a$.

$$X_m \% \leq \frac{k \cdot LEL_{v \text{ mix}}}{f_a} \quad [\text{f.5.10.3-16}] \quad (\text{ex } 2.2.n)$$

dove:

" f_a " fattore di efficacia della ventilazione assunto per l'ambiente (non quello assunto per le singole SE se diverso);

$LEL_{v \text{ mix}}$ deve essere definito come indicato in 5.5.11, riferito alla temperatura ambiente.

NOTA Il calcolo del $LEL_{v \text{ mix}}$ in presenza di sostanze diverse, diversi gradi e portate di emissione contemporanee è difficoltoso; per cui, considerando che le emissioni continue o di primo grado sono generalmente di piccola portata e che le emissioni di secondo grado sono di portata molto maggiore (anche 100 - 1000 volte maggiori) in questi casi si può procedere come segue:

-in presenza di emissioni di secondo grado contemporanee ad emissioni continue e/o di primo grado è ragionevole assumere come $LEL_{v \text{ mix}}$ il LEL_v della sostanza emessa dall'emissione di secondo grado più gravosa (v. 5.10.2.c);

-in presenza di sole emissioni di continue e/o di primo grado o nei casi particolari in cui la sommatoria delle portate delle emissioni contemporanee di grado continuo e/o primo risulti dello stesso ordine di grandezza della portata dell'emissione di secondo grado, è ragionevole assumere come $LEL_{v \text{ mix}}$ il LEL_v più basso tra quelli delle sostanze emesse.

La nuova edizione della Norma, per stabilire l'efficacia della ventilazione, fa riferimento alla $\Sigma Q_{a \text{ min}}$ (v. f.5.10.3-4) evitando di dover definire il LEL_{mix} in presenza di diverse sostanze e diverse emissioni contemporanee in uno stesso ambiente; tuttavia, nella presente Guida si è preferito mantenere il parametro "concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale dell'ambiente V_a , utilizzato nella precedente edizione della Guida stessa, perché ugualmente valido allo scopo.

Per definire la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale dell'ambiente V_a si procede come sotto indicato.

Negli ambienti chiusi, dal momento iniziale dell'emissione di gas o vapore infiammabile, si ha un andamento esponenziale della sua concentrazione media, in ragione del volume a disposizione della miscela aria-gas V_a .

La concentrazione media volumica X_{te} dopo il tempo di emissione t_e può essere ricavata con le formule [f.5.10.3-17] oppure [f.5.10.3-18] seguenti (per Q_a molto maggiore di Q_g):

$$X_{te} \% = \frac{Q_g}{Q_a \cdot \rho_{gas}} (1 - e^{-C_a \cdot t_e}) \cdot 100 \quad [\text{f.5.10.3-17}] \quad (\text{ex } 2.2.o)$$

Ovvero:

$$X_{te} \% = \frac{Q_{gv}}{Q_a} (1 - e^{-C_a \cdot t_e}) \cdot 100 \quad [\text{f.5.10.3-18}] \quad (\text{ex } 2.2.o \text{ modificata})$$

dove:

$X_{te} \%$ = concentrazione media dopo il tempo t_e [%];

e = base dei logaritmi naturali = 2,71828 (numero di Nepero),

Q_g = portata massica di emissione di gas, [kg/s],

Q_{gv} = portata volumetrica di emissione di gas, [m³/s],

Q_a = portata effettiva di aria di ventilazione nell'intero ambiente, [m³/s],

ρ_{gas} = massa volumica del gas o vapore alla temperatura ambiente, [kg/m³], definito come indicato nell'Appendice GA (38),

t_e = tempo di emissione, [s],

C_a = numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nell'intero ambiente considerato, ottenuto da: (Q_a / V_a) , dove V_a è il volume dell'ambiente considerato, [s⁻¹].

Dopo il periodo transitorio, la concentrazione percentuale media $X_r\%$ a regime, nell'ambiente considerato avente un volume V_a , può essere ricavata con la formula [f.5.10.3-19] seguente:

$$X_r \% = \frac{Q_g}{Q_a \cdot \rho_{gas}} \cdot 100 \quad [f.5.10.3-19] \text{ (ex 2.2.p)}$$

Quando l'emissione è di grado continuo, il periodo transitorio iniziale può essere trascurato, pertanto il valore della concentrazione media $X_m\%$, per la sola emissione continua, sarà assunto pari a $X_r\%$, ottenuto con la formula [f.5.10.3-19].

Quando l'emissione è di primo o secondo grado, deve essere considerato il periodo transitorio iniziale; pertanto, il valore della concentrazione media $X_m\%$, per la sola emissione di primo o secondo grado, sarà assunto pari a $X_{te}\%$, ottenuto con le formule [f.5.10.3-17] ovvero [f.5.10.3-18] dove il tempo t_e sarà stabilito considerando la durata media presunta di emissione nel singolo evento.

Quando debba essere considerata la contemporaneità delle emissioni (5.10.2), la concentrazione media $X_m\%$ sarà definita con le formule seguenti:

- quando si deve stabilire il grado della ventilazione relativo alle emissioni continue:

$$X_m \% = \Sigma X_r \quad [f.5.10.3-20] \text{ (ex 2.2.q1)}$$

sommando le X_r di tutte le emissioni continue;

- quando si deve stabilire il grado della ventilazione relativo alle emissioni di primo grado:

$$X_m \% = \Sigma X_r + \Sigma X_{te \text{ primograde}} \quad [f.5.10.3-21] \text{ (ex 2.2.q2)}$$

sommando le X_r di tutte le emissioni continue (ΣX_r), più le X_{te} di tutte le emissioni di primo grado da considerare contemporanee (ΣX_{te});

- quando si deve stabilire il grado della ventilazione relativo alle emissioni di secondo grado:

$$X_m \% = \Sigma X_r + \Sigma X_{te \text{ primograde}} + X_{te \text{ secondo grado}} \quad [f.5.10.3-22] \text{ (ex 2.2.q3)}$$

sommando le X_r di tutte le emissioni continue (ΣX_r), più le X_{te} di tutte le emissioni di primo grado da considerare contemporanee (ΣX_{te}), più la X_{te} di ciascuna emissione di secondo grado presa singolarmente, considerando la rappresentatività ove prevista (v. 5.7.5). Quando si è in grado di individuare l'emissione di secondo grado più gravosa (v. 5.10.2.c), è sufficiente riferirsi ad essa.

Come utilizzare d_z per definire il numero di ricambi d'aria C_0 negli ambienti chiusi

Quando la concentrazione media $X_m\%$ rispetta la condizione [f.5.10.3-16], per stabilire in grado della ventilazione è ragionevole definire C_0 con lo stesso criterio utilizzato per gli ambienti aperti per cui può essere $C_0 > C_a$ (v. 5.10.3.2); in tutti gli altri casi si deve considerare $C_0 = C_a$.

Stabilito C_0 , anche in questi ambienti il volume V_z può essere calcolato con la formula [f.5.10.3-6].

5.10.3.4 Fattore di efficacia della ventilazione f_{SE}

Il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} rappresenta l'effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva in considerazione degli impedimenti al flusso d'aria presenti nell'intorno delle singole SE. Esso è dato dal rapporto tra la ventilazione necessaria in presenza di impedimenti e la ventilazione che si avrebbe senza detti impedimenti, per realizzare gli stessi ricambi d'aria nell'intorno della SE.

Il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} è generalmente uguale per tutti i gradi di emissione delle singole SE.

Quando la ventilazione è omogenea in tutte le parti dell'ambiente considerato, può essere pratico assumere un fattore di efficacia della ventilazione uguale per tutte le SE presenti nell'ambiente stesso, in questo caso esso sarà indicato con f_a .

Il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} può essere definito con i criteri qui di seguito indicati, ferma restando la responsabilità di valutazione caso per caso del tecnico incaricato della classificazione dei luoghi. **I valori di f_{SE} di seguito indicati, sono stati definiti considerando che all'aperto, vicino alla superficie del suolo la velocità dell'aria w_a può essere inferiore a 0,5 m/s.**

Il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} può essere assunto uguale a 1 quando si ha la certezza che la velocità dell'aria w_{SE} (o i ricambi nel volume V_0) assunta nelle valutazioni è sempre inferiore o uguale alla velocità dell'aria effettivamente presente nell'intorno della SE, v. GB.1.

Fattore di efficacia della ventilazione naturale o artificiale (f_{SE} oppure f_a)

a) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 1$

a1) Ventilazione naturale con libera circolazione dell'aria e pratica assenza di impedimenti che possono ridurre l'efficacia di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE. All'aperto, applicabile generalmente solo a SE che si trova a quota superiore a 5 m dal suolo (es. nell'intorno di sfiati all'atmosfera di serbatoi di stoccaggio, di sfiati convogliati al di sopra degli edifici o strutture circostanti, di sfiati di candeie, torce, camini, ecc.).

NOTA Questo ambiente corrisponde al luogo all'aperto considerato nel par. B.4 e formula (B.5) della Norma.

a2) Ventilazione artificiale con libera circolazione dell'aria e pratica assenza di impedimenti che possono ridurre l'efficacia di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE. Applicabile generalmente solo alla ventilazione artificiale locale VAL o alla ventilazione artificiale generale di piccoli locali (es. in cabine analizzatori, entro cappe di laboratorio o simili).

b) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 2$

b1) Ventilazione naturale come in a1) ma, se all'aperto, con SE che si trova a quota inferiore a 5 m dal suolo.

b2) Ventilazione naturale o artificiale generale VAG con presenza di qualche impedimento alla libera circolazione dell'aria che può ridurre in modo poco significativo la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE, ubicata a qualunque altezza dal suolo (es. in ambienti con strutture aperte, in ambienti senza avvallamenti significativi nel terreno, in ambienti con una perfetta conformazione del sistema di ventilazione e di distribuzione delle aperture di ventilazione, ecc.).

c) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 3$

Ventilazione naturale o artificiale generale con la presenza di un medio numero di impedimenti alla libera circolazione dell'aria che possono ridurre in modo significativo la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE (es. in ambienti con strutture solo parzialmente chiuse, all'interno di bacini di contenimento serbatoi di stoccaggio con diga o terrapieno non alto in relazione alla distanza dal serbatoio, in avvallamenti poco profondi del terreno in presenza di gas pesanti, in ambienti con una non perfetta conformazione del sistema di ventilazione e di distribuzione delle aperture di ventilazione, ecc.).

- d) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 4$

Ventilazione naturale o artificiale generale con presenza di un grande numero di impedimenti alla libera circolazione dell'aria che possono ridurre molto la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE, (es. in ambienti con strutture semi-chiuse, all'interno di bacini di contenimento serbatoi di stoccaggio con diga o terrapieno mediamente alto in relazione alla distanza dal serbatoio, in avvallamenti profondi nel terreno in presenza di gas pesanti, che, tuttavia, non possono essere assimilati a fosse, in ambienti con una inadeguata conformazione del sistema di ventilazione e di distribuzione delle aperture di ventilazione, ecc.).

- e) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 5$

Ventilazione naturale o artificiale generale con presenza di un grandissimo numero di impedimenti alla libera circolazione dell'aria che possono ridurre molto la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE, (es. SE poste immediatamente dietro a grandi ostacoli, oppure in sottotetti alti in presenza di gas leggeri, o in fosse profonde in presenza di gas pesanti, dove esistono vere e proprie restrizioni al ricambio dell'aria, quindi da considerare generalmente un ambiente chiuso con grado della ventilazione basso, in ambienti con una non corretta conformazione del sistema di ventilazione e di distribuzione delle aperture di ventilazione, ecc.).

5.10.3.5 Definizione del grado della ventilazione

Facendo riferimento alle definizioni e alle procedure riportate nell'Appendice B della Norma, il grado della ventilazione, sia negli ambienti aperti, sia negli ambienti chiusi, è definito come di seguito indicato, considerando il volume ipotetico V_z , il tempo di persistenza t e la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale V_a dell'ambiente.

Quando il volume V_z è inferiore o uguale al volume V_a , per definire il tempo di persistenza t con la formula [f.5-10-3-13] la concentrazione iniziale di sostanza infiammabile X_0 all'interno del volume pericoloso, se non diversamente definita, può essere calcolata con le formule [f.5.10.3-23] o [f.5.10.3-24] seguenti.

- a) Per emissioni di gas o liquidi che bollono (con $P_v > P_a$):

$$X_0 \% = \frac{100}{2} = 50\% \quad [\text{f.5.10.3-23}] \text{ (ex 2.2.r)}$$

- b) Per l'evaporazione di liquidi a temperatura inferiore alla loro temperatura di ebollizione (relazione di Raoult):

$$X_0 \% = \frac{P_v}{P_a \cdot 2} 100 \quad [\text{f.5.10.3-24}] \text{ (ex 2.2.s)}$$

dove:

- P_v è la pressione (tensione) di vapore della sostanza infiammabile alla massima temperatura ambiente;
- P_a è la pressione atmosferica (generalmente pari a 101325 Pa);
- 2 è un coefficiente che tiene conto della concentrazione media nel volume pericoloso.

Il volume V_z può essere considerato trascurabile (V_{zNE}) se, nell'esplosione dell'atmosfera esplosiva corrispondente, l'entità del danno prevedibile, definito tramite una valutazione del rischio, è ritenuta trascurabile, considerando la situazione al contorno e gli effetti indotti (effetto domino). Ad esempio: all'aperto l'entità del danno è generalmente minore che al chiuso; al chiuso, l'entità del danno è tanto maggiore quanto più piccolo è il volume dell'ambiente (effetto di demolizione maggiore).

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

In generale, *in ambienti aperti*, il volume V_z può essere considerato trascurabile V_{zNE} nei casi seguenti:

- per la zona 0: $V_{zNE} = V_z < 1 \text{ dm}^3$;
- per la zona 1: $V_{zNE} = V_z < 10 \text{ dm}^3$;
- per la zona 2: $V_{zNE} = V_z < 100 \text{ dm}^3$.

In generale, *in ambienti chiusi*, il volume V_z può essere considerato trascurabile V_{zNE} nei casi seguenti:

- per la zona 0: $V_{zNE} = V_z < 1 \text{ dm}^3$;
- per le zone 1 e 2 : $V_{zNE} = V_z < 10 \text{ dm}^3$;
- inoltre, sia per zona 0, sia per zona 1 o 2, il volume $V_z < 1/10\ 000$ del volume dell'ambiente V_a .

NOTA Nella quarta edizione della Norma si parla genericamente di 100 dm^3 , nella Guida alla direttiva 1999/92/CE, art. 2.2.4, es. 1, per gli ambienti chiusi zone 1 e 2 si parla di 10 dm^3 .

Il problema è allo studio in sede CEI per una più puntuale indicazione, nel frattempo occorre molta prudenza nel prendere come riferimento il valore di 100 dm^3 in quanto il volume V_z trascurabile dovrebbe essere diverso da sostanza a sostanza, da ambiente ad ambiente, sulla base di una valutazione degli effetti dell'esplosione e della probabilità di presenza dell'atmosfera esplosiva (tipo di zona).

I gradi della ventilazione sono :

a) Ambienti aperti

- Il grado della ventilazione è ALTO (VH) quando V_z è trascurabile (V_{zNE}).
- Il grado della ventilazione è MEDIO (VM) quando V_z non è trascurabile e il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione t è compatibile con la definizione del tipo di zona (5.10.1).
- Il grado della ventilazione è BASSO (VL) nelle fosse in presenza di gas pesanti e nei sottotetti in presenza di gas leggeri e simili, che dovrebbero essere considerati anche ambienti chiusi.

b) Ambienti chiusi

- Il grado della ventilazione è ALTO (VH) quando contemporaneamente:
 - è rispettata largamente la condizione [f.5.10.3-16];
 - il volume V_z è trascurabile (V_{zNE}).

Quando il volume V_z è trascurabile, il tempo t non influisce sulla valutazione del grado della ventilazione. La trascurabilità o meno del volume V_z è di competenza del tecnico incaricato della classificazione dei luoghi.

- Il grado della ventilazione è BASSO (VL) quando la concentrazione media $X_m\%$ non rispetta la condizione [f.5.10.3-16] e/o il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione t non è compatibile con la definizione del tipo di zona (v. 5.10.1).

NOTA Quando la condizione [f.5.10.3-16] non è rispettata ma la concentrazione media $X_m\%$ è molto vicina alla condizione stessa e il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione t è relativamente basso, a discrezione del tecnico incaricato, il grado della ventilazione può essere considerato MEDIO.

- Il grado della ventilazione è MEDIO (VM) quando non è né ALTO (VH), né BASSO (VL) ed è rispettata la condizione [f.5.10.3-16], inoltre il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione t è compatibile con la definizione del tipo di zona (5.10.1).

NOTA Quando la sorgente di emissione è una "pozza" accidentale, nella durata di emissione deve essere considerato anche il tempo di neutralizzazione della stessa o di evaporazione totale del liquido.

Per la definizione delle caratteristiche della ventilazione naturale di ambienti chiusi può essere fatto riferimento all'Appendice GB, par. GB.6.

5.10.3.6 Definizione della disponibilità della ventilazione

Per definire l'efficacia della ventilazione è previsto un ulteriore elemento, la disponibilità, che esprime il livello di disponibilità del grado di ventilazione considerato, quando la SE è attiva (3.17).

I livelli di disponibilità della ventilazione sono tre:

- **BUONA**, quando la ventilazione considerata (portata e relativo fattore di efficacia) è presente in pratica con continuità quando la SE è attiva (3.17), possono essere ammesse, a volte, brevissime interruzioni.

Con ventilazione naturale all'aperto, la disponibilità è generalmente buona se si assume una velocità dell'aria pari a 0,5 m/s, convenzionalmente rappresentativa della «calma di vento», presente in pratica sempre (ved. la Norma, Appendice B, para. B.1 e l'Appendice GC della presente guida).

Con ventilazione artificiale la disponibilità è buona quando la ventilazione è presente in pratica con continuità, sono ammesse brevissime interruzioni quale quella necessaria per l'avviamento automatico di ventilatori di riserva. Tuttavia, se vengono presi dei provvedimenti per prevenire l'emissione della sostanza infiammabile quando viene meno la ventilazione (per esempio mediante arresto automatico del processo con disattivazione delle SE, v. 3.21), non è necessario modificare la classificazione determinata con la ventilazione in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

- **ADEGUATA**, quando la ventilazione considerata (portata e relativo fattore di efficacia) è presente in funzionamento normale quando la SE è attiva (3.17); sono ammesse delle interruzioni purché siano brevi e poco frequenti;
- **SCARSA**, quando la ventilazione considerata (portata e relativo fattore di efficacia) non risponde ai requisiti di buona o adeguata; tuttavia non sono previste interruzioni per lunghi periodi quando la SE è attiva (3.17), nel qual caso occorre assumere un altro grado di ventilazione (più basso) con una migliore disponibilità.

Si sconsiglia di assumere, nelle valutazioni, ventilazioni (portata e relativo fattore di efficacia) aventi disponibilità SCARSA.

NOTA L'involucro (cabinato) di un compressore con grande ventilatore e aperture opportunamente ubicate e sufficienti per permettere la libera circolazione dell'aria attraverso tutte le sue parti è considerato come *ben ventilato* e dovrebbe essere assimilato ad un luogo aperto (cioè di GRADO MEDIO (o alto) e DISPONIBILITA' BUONA).
Questo concetto può essere applicato anche ad altre situazioni simili (es. alcuni tipi di cabinati di prova motori).

5.10.4 Determinazione del tipo di zona ed uso della Tabella B.1 della Norma

Per ogni SE e grado di emissione si determina il tipo di zona pericolosa (0, 1 o 2) in relazione al grado dell'emissione ed al grado e disponibilità della ventilazione, facendo riferimento al metodo indicato nell'Appendice B della Norma che conduce alle conclusioni di cui alla Tabella B.1. E' possibile anche fare riferimento a Guide e Raccomandazioni relative a specifiche industrie o applicazioni, valutandone l'applicabilità al caso in esame ed il rispetto della Norma.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Si ricorda tuttavia che deve essere rispettata la definizione di zona di cui in 5.10.1. per cui, talora, potrebbe essere necessario considerare un tipo di zona più severo (es. zona 1 anziché zona 2).

Tabella B.1 - Influenza della ventilazione sui tipi di zone

Grado della Emissione (7)	Grado della ventilazione						
	Alto			Medio			Basso (6)
	Disponibilità della ventilazione						
	Buona	Adeguate	Scarsa	Buona	Adeguate	Scarsa	Buona, Adeguata o Scarsa
Continuo	Zona 0 NE (1)	Zona 0 NE (1) + Zona 2 (3)	Zona 0 NE (1) + Zona 1 (3)	Zona 0	Zona 0 + Zona 2 (3)	Zona 0 + Zona 1 (3)	Zona 0 (6)
Primo	Zona 1 NE (1)	Zona 1 NE (1) + Zona 2 (3)	Zona 1 NE (1) + Zona 2 (3)	Zona 1	Zona 1 + Zona 2 (3)	Zona 1 + Zona 2 (3)	Zona 1 o Zona 0 (2) e (6)
Secondo	Zona 2 NE (1)	Zona 2 NE (1) (4)	Zona 2 NE (1) + Zona 2 (4)	Zona 2	Zona 2 (4)	Zona 2 (4)	Zona 1 e anche Zona 0 (2) e (6)

Per facilitare la lettura della Tabella B.1 essa è qui di seguito scomposta.

Nella Tabella B.1-1 sono evidenziati i tipi di zona determinati con la ventilazione assunta avente disponibilità scelta tra BUONA, ADEGUATA, o SCARSA - **1° Tipo di zona**.

Quando la disponibilità della ventilazione scelta è BUONA esiste un solo tipo di zona, ved. la Fig. 5.10.4-1.

Quando la disponibilità della ventilazione è ADEGUATA o SCARSA, nella Tabella B.1-2 sono evidenziati i tipi di zona, aggiuntivi rispetto a quelli della Tabella B.1-1, la cui estensione è determinata con la ventilazione residua (più bassa) presente nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta con disponibilità ADEGUATA o SCARSA, cioè con la ventilazione avente disponibilità BUONA - **2° Tipo di zona**, ved. la Fig. 5.10.4-2.

Tabella B.1-1 Influenza della ventilazione sui tipi di zone - 1° Tipo di zona.

Grado della Emissione (7)	Grado della ventilazione						
	Alto			Medio			Basso (6)
	Disponibilità della ventilazione						
	Buona	Adeguate	Scarsa	Buona	Adeguate	Scarsa	Buona, Adeguata o Scarsa
Continuo	Zona 0 NE (1)	Zona 0 NE (1)	Zona 0 NE (1)	Zona 0	Zona 0	Zona 0	Zona 0
Primo	Zona 1 NE (1)	Zona 1 NE (1)	Zona 1 NE (1)	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1 o Zona 0 (2)
Secondo	Zona 2 NE (1)	Zona 2 NE (1)	Zona 2 NE (1)	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e anche Zona 0 (2)

Tabella B.1-2 Influenza della ventilazione sui tipi di zone - 2° Tipo di zona.

Grado della Emissione (7)	Grado della ventilazione						
	Alto			Medio			Basso
	Disponibilità della ventilazione						
	Buona	Adeguate	Scarsa	Buona	Adeguate	Scarsa	Buona, Adeguata o Scarsa
Continuo	(5)	Zona 2 (3)	Zona 1 (3)	(5)	Zona 2 (3)	Zona 1 (3)	(6)
Primo	(5)	Zona 2 (3)	Zona 2 (3)	(5)	Zona 2 (3)	Zona 2 (3)	(6)
Secondo	(5)	(4)	Zona 2 (4)	(5)	(4)	(4)	(6)

Note alle Tabelle B.1, B.1-1, B.1-2

"+" significa "circondata da".

- (1) Zona 0 NE, 1 NE o 2 NE indicano una zona teorica dove, in condizioni normali, l'estensione è trascurabile (luogo non pericoloso per quanto attiene al grado dell'emissione considerata).
- (2) E' zona 0 se la ventilazione è così debole e l'emissione è tale che un'atmosfera esplosiva esiste praticamente in continuazione (cioè si è vicini ad una situazione di assenza di ventilazione).
- (3) L'estensione della zona è determinata con la ventilazione residua presente nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta; (quando il grado della ventilazione è "Alto" la zona potrebbe essere di estensione trascurabile).
- (4) Quando siano prevedibili emissioni di secondo grado nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta, oltre alla zona 2 determinata con la ventilazione assunta, deve esserne prevista un'altra determinata considerando la ventilazione residua.

- (5) *Quando la disponibilità della ventilazione scelta è BUONA esiste un solo tipo di zona.*
- (6) *Quando il grado della ventilazione è BASSO esiste un solo tipo di zona che si estende a tutto l'ambiente.*
- (7) *Nella nota alla Tabella B.2 della Norma, è detto che per definire il grado della ventilazione non è necessario sommare i differenti gradi di emissione, cioè non è necessario considerare la contemporaneità delle emissioni di cui in 5.10.2; tuttavia, mentre in alcuni casi la contemporaneità delle emissioni potrebbe non essere molto significativa, in altri potrebbe essere determinante al fine della definizione del grado della ventilazione (es. in presenza di molte emissioni continue e/o di primo grado contemporanee ad una emissione di secondo grado, oppure in presenza di emissioni di primo grado contemporanee ad una emissione di secondo grado le cui portate di emissione sono dello stesso ordine di grandezza), per cui si è ritenuto più opportuno considerare detta contemporaneità come stabilito nella presente Guida.*

Considerazioni sulla Tabella B.1.

- a) Quando la disponibilità della ventilazione è *buona*, qualunque sia il suo grado (alto, medio o basso), nell'intorno della SE è previsto un solo tipo di zona che, a volte può essere di estensione trascurabile (es.: con emissione di *primo grado*, grado della ventilazione *medio* e disponibilità della ventilazione *buona* è indicato: zona 1; con emissione di *primo grado*, grado della ventilazione *alto* e disponibilità della ventilazione *buona* è indicato: zona 1 NE; infatti, nella Tabella B.1-2 non è previsto un secondo tipo di zona;
- b) con *emissione di grado continuo e primo*, grado di ventilazione *alto* e disponibilità *adeguata o scarsa*, nella Tabella B.1 sono previsti due tipi di zone; l'estensione del primo tipo, definito assumendo la quantità di ventilazione presente con disponibilità rispettivamente *adeguata* o *scarsa*, risulta di *estensione trascurabile* (es. zona 1 NE), mentre l'estensione del secondo tipo di zona (zona 1 o zona 2) deve essere definita considerando la ventilazione residua (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, ved. la Tabella B.1-2;
- c) con *emissione di secondo grado*, grado di ventilazione *alto* e disponibilità *adeguata*, nella Tabella B.1 è previsto un solo tipo di zona di estensione trascurabile (zona 2 NE), mentre è considerata trascurabile la contemporaneità dell'emissione di secondo grado con la mancanza della ventilazione assunta con disponibilità *adeguata* per cui il luogo non è pericoloso; infatti, nella Tabella B.1-2 non è previsto un secondo tipo di zona; tuttavia, quando esiste la possibilità di emissioni di secondo grado nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta, oltre alla zona 2 determinata con la ventilazione assunta, deve esserne prevista un'altra determinata considerando la ventilazione residua;
- d) con *emissione di secondo grado*, grado di ventilazione *alto* e disponibilità *scarsa*, nella Tabella B.1 sono previste due zone 2; l'estensione della prima, definita assumendo la quantità di ventilazione presente con disponibilità *scarsa*, risulta di *estensione trascurabile* (zona 2NE), mentre l'estensione della seconda zona 2 deve essere definita considerando la ventilazione residua (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, (ved. la Tabella B.1-2);
- e) con *emissione di grado continuo e primo*, grado di ventilazione *medio* e disponibilità *adeguata o scarsa*, nella Tabella B.1 sono previsti due tipi di zone, rispettivamente zona 0 e zona 1, la cui estensione è stabilita a partire dalla SE, ma il secondo tipo di zona, essendo meno severo del primo, in pratica si estende a partire dai limiti del primo tipo di zona; l'estensione del primo tipo deve essere definita assumendo una quantità di ventilazione presente con disponibilità rispettivamente *adeguata* o *scarsa*, mentre l'estensione del secondo tipo (zona 1 o zona 2) deve essere definita assumendo una quantità di ventilazione (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, (ved. la Tabella B.1-2); es.: con primo grado di emissione, grado di ventilazione *medio* e disponibilità della ventilazione *adeguata* è indicato: zona 1 + zona 2;

- f) con *emissione di secondo grado*, grado di ventilazione *medio* e disponibilità *adeguata* nella Tabella B.1 è previsto un solo tipo di zona: zona 2, la cui estensione è definita assumendo una quantità di ventilazione presente con disponibilità *adeguata*; mentre è considerata trascurabile la contemporaneità dell'emissione di secondo grado con la mancanza della ventilazione assunta con disponibilità *adeguata*; tuttavia, come riportato anche nella nota (4), quando esiste la possibilità di emissioni di secondo grado nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta, oltre alla zona 2 determinata con la ventilazione assunta, deve essere prevista un'altra zona 2, più estesa, determinata considerando la ventilazione residua (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, (ved. la Tabella B.1-2);
- g) con *emissione di secondo grado*, grado di ventilazione *medio* e disponibilità *scarsa* nella Tabella B.1 sono previste due zone 2; l'estensione della prima deve essere definita assumendo una quantità di ventilazione presente con disponibilità *scarsa*, mentre l'estensione della seconda zona 2, se presente in considerazione di quanto indicato nella Nota (4), deve essere definita considerando la ventilazione residua (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, (ved. la Tabella B.1-2);

Fig. 5.10.4-1 – Esempio di tipo di zona con disponibilità della ventilazione BUONA

Un solo tipo di zona - nella figura di forma sferica o conica

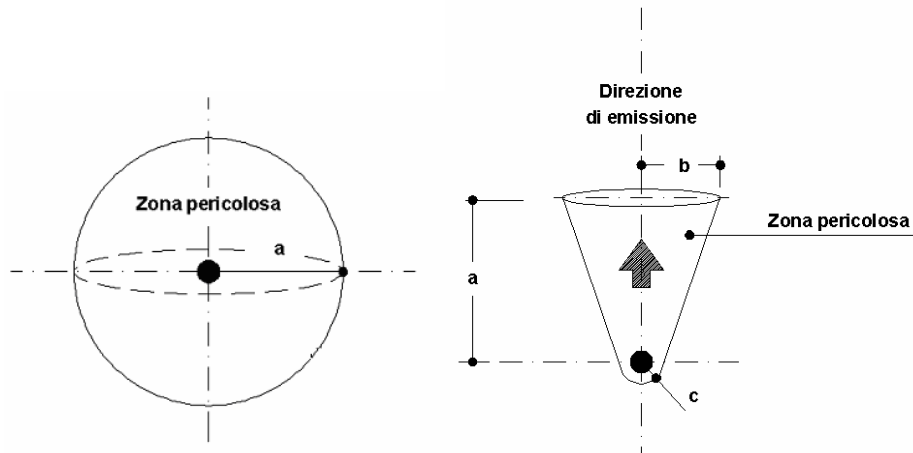
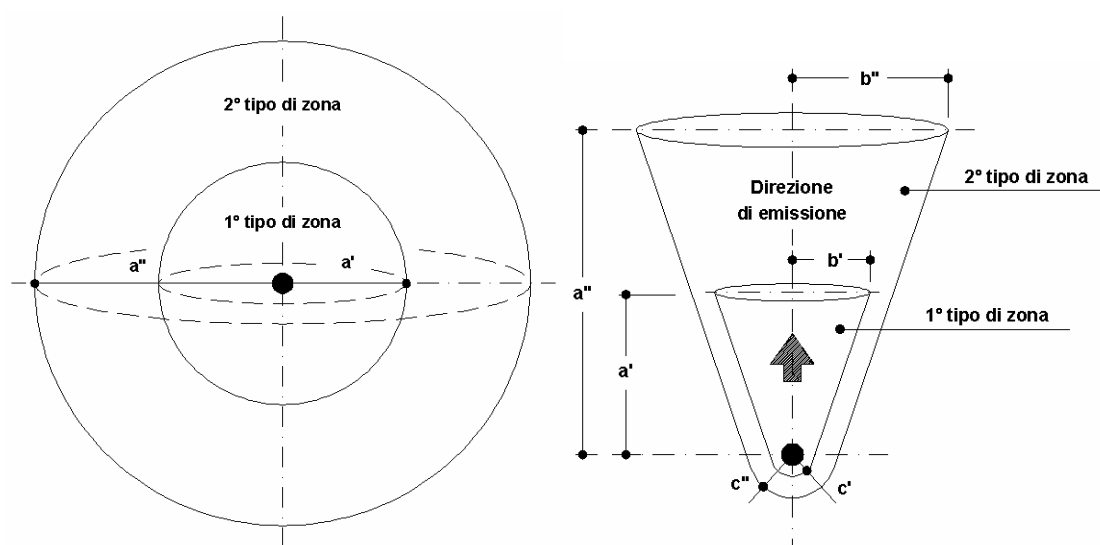


Fig. 5.10.4-2 – Esempio di tipi di zone con disponibilità della ventilazione ADEGUATA O SCARSA

Due tipi di zona - nella figura di forma sferica o conica



5.11 Definizione delle estensioni delle zone pericolose originate dalle singole emissioni

5.11.1 Generalità

L'estensione di una zona pericolosa è definita come la distanza in tutte le direzioni, dalla sorgente di emissione verso il punto in cui la miscela di gas/aria è stata diluita dall'aria sino ad un valore al di sotto del $k \cdot LEL$.

Per la definizione dell'estensione delle zone pericolose (zona 0, zona 1, zona 2) originate dalle singole emissioni è necessario analizzare ogni caso specifico, tenendo presente quanto riportato nei punti seguenti.

a) Caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze infiammabili con particolare riferimento a:

- temperatura d'infiammabilità;
- tensione di vapore;
- massa molare;
- massa volumica;
- rapporto tra i calori specifici a pressione e volume costanti;
- coefficiente di diffusione dei gas;
- temperatura di ebollizione;
- densità relativa all'aria del gas, vapore o nebbia;
- limiti di esplodibilità.

b) Caratteristiche del sistema di contenimento delle sostanze infiammabili con particolare riferimento a:

- temperatura della sostanza;
- pressione;
- tipo di contenitore;
- caratteristiche dei dispositivi di tenuta;
- altezza da terra dell'emissione;
- condizioni di manutenzione e verifica dei contenitori e degli organi di tenuta.

c) Modalità di emissione ragionevolmente prevedibile, con particolare riferimento alla velocità di emissione, v. la Norma, art. 4.4.4, note 2 e 3.

d) Condizioni ambientali, con particolare riferimento a:

- velocità dell'aria;
- ricambi d'aria;
- disponibilità della portata d'aria;
- possibilità di miscelazione aria-sostanza pericolosa.

Dall'analisi delle caratteristiche sopra elencate e di altre ancora che fossero utili, dalle conoscenze scientifiche disponibili nelle discipline generali della fisica tecnica e della chimica applicata, nonché dalla disponibilità di studi sperimentali di settori specifici, di guide e raccomandazioni relative a specifiche industrie od applicazioni nonché dall'esperienza, è possibile trarre, con le dovute cautele in relazione al grado di indeterminazione presunto, le conclusioni sull'estensione delle zone pericolose.

Le zone pericolose all'interno dei sistemi di contenimento di liquidi infiammabili in contatto con l'atmosfera esterna, generalmente zone 0 (5.10.1), si estendono a tutto il volume interno, ad esempio: recipienti, serbatoi a tetto fisso, ecc.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

L'estensione delle zone pericolose all'esterno dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili allo stato di gas, vapore o nebbia, può essere definita in modo diverso a seconda che la loro emissione avvenga in ambiente aperto o ambiente chiuso.

In ambienti aperti la zona o le zone pericolose si limitano a un volume prossimo alla SE (campo vicino) e si estendono a partire dalla SE con dimensioni definite che dipende essenzialmente dalla modalità di emissione, dalle caratteristiche della sostanza e dalla ventilazione del luogo.

La velocità di dispersione aumenta con la velocità del vento; per iniziare la diffusione per turbolenza occorre una velocità del vento di almeno 2 m/s – 3 m/s; al di sotto di questa velocità si possono formare strati di gas o vapori con conseguente aumento della distanza pericolosa (d_z e quota "a").

Occorre considerare questo aspetto quando si definisce l'estensione della zona pericolosa, v. la Norma, art. 4.4.5.a)

In ambienti chiusi si hanno ancora uno o più tipi di zone pericolose nell'intorno della SE, ma queste possono interessare solo una parte dell'ambiente considerato (campo vicino) o tutto il suo volume V_a , compreso il campo lontano.

La limitazione dell'estensione delle zone pericolose ad una sola parte dell'ambiente chiuso dovrebbe essere considerata solo quando risulti utile ai fini della scelta, dell'installazione e dell'uso delle costruzioni (apparecchi) previste nell'ambiente, si abbia la certezza dell'ubicazione delle sorgenti di emissione, delle portate di emissione e delle condizioni di ventilazione.

In particolare:

- quando la concentrazione media $X_m\%$ rispetta la condizione [f.5.10.3-16], è ragionevole considerare che la zona o le zone pericolose originate da una emissione si estendano solo a parte dell'ambiente (campo vicino) e che nel restante volume (campo lontano) la concentrazione a regime, per quanto si riferisce all'emissione considerata, sia inferiore al LEL_v .
- quando la concentrazione media $X_m\%$ non rispetta la condizione [f.5.10.3-16], è ragionevole considerare che la zona o le zone pericolose originate da una emissione si estendano a tutto il volume V_a (campo vicino e campo lontano).

La determinazione dell'estensione della zona può essere trattata in due fasi: definizione della forma e *definizione delle dimensioni*.

La *forma* delle zone può essere definita tenendo conto di quanto sopra indicato, facendo riferimento all'Appendice C della Norma o a guide e raccomandazioni relative a specifiche industrie o applicazioni, valutandone l'applicabilità al caso in esame ed il rispetto della Norma (par. 1.1. e C.3).

Le *dimensioni* delle zone possono essere definite facendo riferimento a guide e raccomandazioni relative a specifiche industrie o applicazioni, a dati attendibili che consentano una corretta valutazione (es. con analisi operativa o con calcolo probabilistico basato su dati statistici idonei), a studi sperimentali di settori specifici, od anche procedendo come di seguito indicato.

Alcuni liquidi (leggeri) possono non mescolarsi con l'acqua e galleggiare fino a punti lontani (es. in reti fognarie, vasche di decantazione, sul suolo, ecc.).

La planimetria dell'impianto dovrebbe essere tale da consentire la facile dispersione delle emissioni di sostanze infiammabili.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Occorre considerare le zone a ventilazione limitata (es. fosse e trincee) dove il tipo di zona potrebbe aggravarsi (es. da zona 2 a zona 1). D'altro canto, le ampie depressioni (es. trincee per tubi) possono non essere considerate a ventilazione limitata.

Occorre considerare questo aspetto quando si definisce l'estensione della zona pericolosa, v. la Norma, art. 4.4.5.b).

Nella letteratura tecnica sono disponibili formule (ved. Appendice GB) che permettono di calcolare la distanza d_z dalla SE a partire dalla quale la concentrazione dei gas o vapori infiammabili nell'aria è inferiore al $k \cdot LEL$ nei casi di:

- emissione di sostanze infiammabili con velocità così bassa da non consentire la diffusione per turbolenza, in condizioni atmosferiche note;
- emissione di sostanze infiammabili con velocità tale da consentire la diffusione per turbolenza, in condizioni atmosferiche note.

Nel primo caso la forma della zona pericolosa dipende dalla direzione di emissione, dalla densità relativa all'aria del gas emesso e soprattutto dalla direzione dell'aria di ventilazione.

Nel secondo caso la forma della zona pericolosa dipende dalla direzione dell'aria di ventilazione, ma soprattutto dalla direzione di emissione.

Le formule non consentono di stabilire a priori la forma e l'estensione della zona, in quanto la distanza d_z dalla SE deve servire a definire le dimensioni della zona nelle direzioni di più probabile diffusione o dispersione dei gas nell'aria e questa potrebbe non essere nota:

- quando la direzione di emissione e/o di probabile dispersione è nota e l'emissione avviene con velocità elevata (> 10 m/s), la distanza d_z può essere utilizzata per definire l'estensione nella direzione dell'emissione o dell'aria (quota "a"), mentre nelle altre direzioni si possono assumere dimensioni inferiori, stabilite considerando la densità relativa all'aria, la velocità di emissione ed eventuali altri parametri;
- quando la direzione di emissione e/o di probabile dispersione è nota, l'emissione avviene a bassa velocità ed essa è investita da un flusso d'aria ad alta velocità, la distanza d_z può essere utilizzata per definire l'estensione nella direzione dell'emissione o dell'aria (quota "a"), mentre nelle altre direzioni si possono assumere dimensioni inferiori, stabilite considerando la densità relativa all'aria, la velocità di emissione ed eventuali altri parametri;
- quando la direzione di emissione e/o di probabile dispersione non è nota si deve supporre che essa possa avvenire in tutte le direzioni, per cui la distanza d_z deve essere assunta per definire l'estensione in tutte le direzioni (forma sferica considerando la SE puntiforme);
- quando la direzione di emissione e/o di probabile dispersione è nota e l'emissione avviene con velocità bassa (< 10 m/s), la dispersione avviene in relazione alla direzione dei moti dell'aria e alla densità relativa all'aria dei gas, vapori o nebbie, per cui la distanza d_z deve essere assunta per definire l'estensione in tutte le direzioni, ma è necessario ricorrere a guide specifiche o all'esperienza per definire *la forma della zona* e da questa giungere alle sue dimensioni.

Per la distanza pericolosa d_z e l'estensione nella direzione di emissione o di dispersione (quota "a"), vedere il par. 5.9.

5.11.2 Estensione delle singole zone pericolose

5.11.2.1 Zone pericolose originate dalle emissioni strutturali

Con riferimento a quanto indicato in 5.7.3.2, le emissioni strutturali generalmente non originano zone pericolose nel loro intorno.

Nei casi particolari in cui le emissioni strutturali devono essere considerate emissioni di grado continuo o primo da una SE, per le quali devono essere valutate le portate Q_g e definite le zone pericolose nel loro intorno, possono essere considerate *emissioni di gas in singola fase, con direzione non nota e velocità < 10 m/s*, par. 5.8 e 5.11.2.2.1, v. nota.

Le emissioni strutturali non sono generalmente puntiformi ma uniformemente distribuite sulle superfici di discontinuità dei componenti e questo può essere considerato nello stabilire la portata di emissione Q_g nonché la forma e le dimensioni della eventuale zona pericolosa, che sarà generalmente sferica (considerando puntiforme la SE), ved. la Fig. 5.10.4-1.

NOTA Una sostanza si può trovare allo stato (fase) solido, liquido o aeriforme. La dizione *singola fase* sta ad indicare che sono escluse le altre due. *Gas in singola fase* significa quindi che la sostanza considerata è presente soltanto allo stato aeriforme all'interno del sistema di contenimento e, quando è emessa nell'ambiente mantiene lo stato aeriforme (gas o vapore).

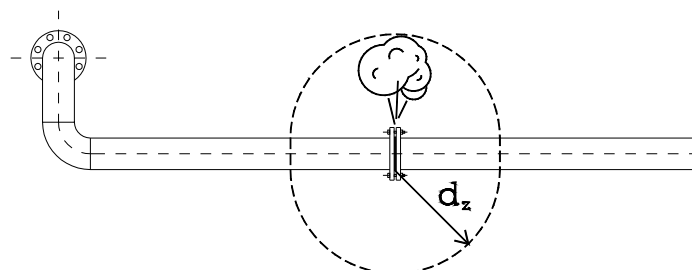
5.11.2.2 Zone pericolose originate dalle emissioni di gas in singola fase - Direzione di emissione non nota

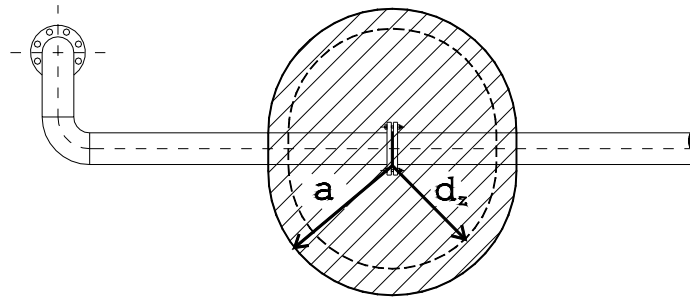
Per le zone pericolose originate dalle emissioni di sostanze che sono allo stato di gas (o vapore) all'interno del sistema di contenimento e non cambiano stato nell'emissione (singolo stato), siano esse di grado continuo, primo o secondo, quando la direzione di emissione non è nota, le forme più adatte sono quella *sferica*, o quella *cilindrica* (sfera inscritta nel cilindro) se si considera puntiforme la SE.

La scelta è a discrezione del tecnico incaricato della classificazione in quanto stabilite solo da convenzioni diverse di specifiche industrie o applicazioni (es. sfera per l'industria del gas, cilindro per l'industria petrolifera). Quando la SE non è puntiforme, le forme più adatte sono quelle analoghe alle precedenti che avvolgono la SE.

La quota "a" è definita dal tecnico incaricato della classificazione sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, Fig. 5.11.2-1 e par. 5.9.

Fig. 5.11.2-1a Emissione di gas in singola fase - Direzione di emissione non nota – Nella figura zona pericolosa di forma sferica





Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine del par. GB.5.

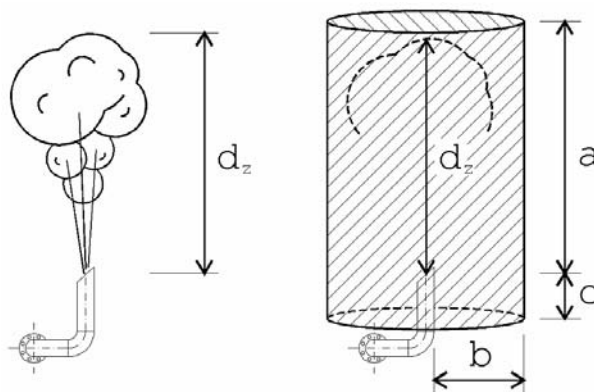
5.11.2.3 Zone pericolose originate dalle emissioni di gas in singola fase - Velocità di emissione ≥ 10 m/s - Direzione di emissione nota

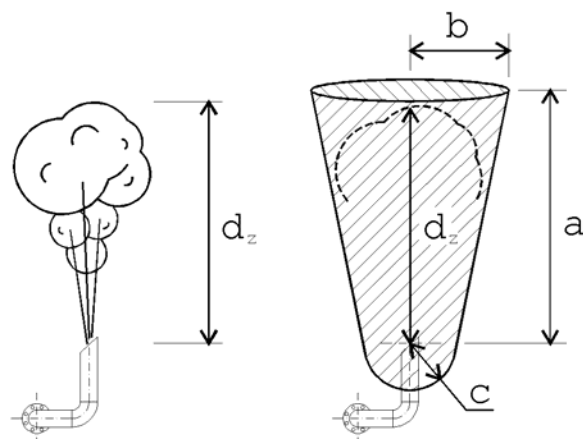
Per le zone pericolose originate dalle emissioni di sostanze che sono allo stato di gas (o vapore) all'interno del sistema di contenimento e non cambiano stato nell'emissione (singolo stato), siano esse di grado continuo, primo o secondo, quando la direzione di emissione è nota e la velocità di emissione è ≥ 10 m/s, le forme più adatte per la zona pericolosa, considerando puntiforme la SE (sfiato), sono quella *cilindrica* o quella *conica* rivolta nella direzione di emissione, col vertice in prossimità della SE.

La quota "a" nella direzione di emissione è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, le quote "b" e "c" possono essere minori di "a" a discrezione del tecnico stesso, il quale terrà conto della velocità di emissione per definire l'angolo del cono e/o la quota "b", della densità relativa all'aria dei gas o vapori per definire la quota "c".

Per definire l'angolo del cono che costituisce la zona pericolosa, occorre considerare che esso dovrebbe essere tanto più piccolo quanto più alta è la pressione a monte: indicativamente, per pressioni relative fino a 300 kPa (3 bar) l'angolo potrebbe essere di 90° ($45^\circ + 45^\circ$), per pressioni maggiori di 300 kPa (3 bar) l'angolo potrebbe essere di 60° ($30^\circ + 30^\circ$), Fig. 5.11.2-2 e par. 5.9.

Fig. 5.11.2-2 Emissione di gas in singola fase - Velocità di emissione ≥ 10 m/s - Direzione di emissione nota - Nella figura zona pericolosa di forma cilindrica o conica





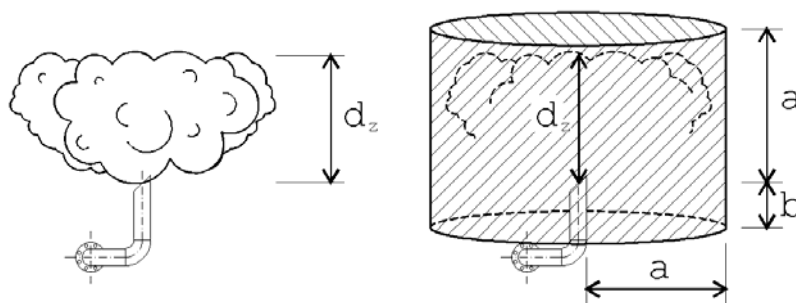
Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine del par. GB.5.

5.11.2.4 Zone pericolose originate dalle emissioni di gas o vapori in singola fase - Velocità di emissione < 10 m/s - Direzione di emissione nota

Quando la velocità di emissione è < 10 m/s vale quanto detto in 5.11.2.3, inoltre, la forma più adatta per la zona pericolosa, considerando puntiforme la SE (sfiato), è quella *cilindrica* con il raggio e l'altezza corrispondenti alla quota "a". La quota "a" nella direzione di emissione (nella figura, verso l'alto) ed in quella ortogonale ad essa (nella figura, orizzontale), è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, la quota "b" può essere minori di "a" a discrezione del tecnico stesso, il quale nel definirla, terrà conto della densità relativa all'aria dei gas o vapori, Fig. 5.11.2-3 e par. 5.9.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine del par. GB.5.

Fig. 5.11.2-3 Emissione di gas in singola fase - Velocità di emissione < 10 m/s - Direzione di emissione nota - Nella figura zona pericolosa di forma cilindrica



5.11.2.5 Zone pericolose originate dalle emissioni per evaporazione da una pozza di liquido refrigerato (criogenico)

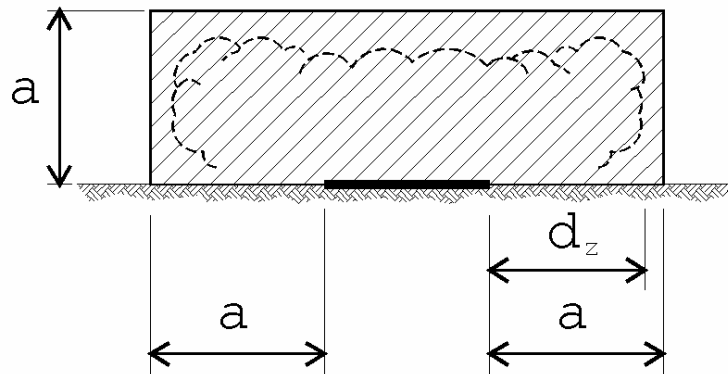
Per le zone pericolose originate dalle emissioni per evaporazione da pozze di liquido refrigerato (criogenico), occorre considerare che i vapori emessi possono essere più pesanti dell'aria quando sono a bassa temperatura e diventano più leggeri dell'aria quando la loro temperatura si avvicina a quella dell'ambiente; per cui, la forma più adatta, considerando puntiforme la SE (pozza), è quella cilindrica rivolta verso l'alto, con il raggio (direzione orizzontale) e l'altezza (direzione verticale verso l'alto) corrispondenti alla quota "a". La quota "a" è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, Fig. 5.11.2-4 e par. 5.9.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Nella Fig. 5.11.2-4 non è considerata l'emissione del liquido criogenico dal sistema di contenimento, che può evaporare sia nell'emissione, sia nella caduta dando luogo ad una zona pericolosa analoga a quella di Fig. 5.11.2-6.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine del par. GB.5.

Fig. 5.11.2-4 Emissione per evaporazione da una pozza di liquido refrigerato (criogenico)

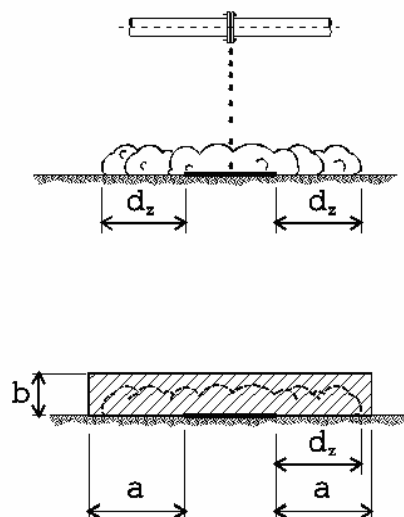


5.11.2.6 Zone pericolose originate dalle emissioni di liquido che non evapora nell'emissione (a temperatura inferiore a quella di ebollizione) e forma una pozza al suolo, lambita dall'aria di ventilazione, dalla quale avviene l'evaporazione

Per le zone pericolose originate dalle emissioni di liquido che non evapora nell'emissione (a temperatura inferiore a quella di ebollizione) e forma una pozza al suolo, lambita dall'aria di ventilazione, dalla quale avviene l'evaporazione, la forma più adatta, considerando puntiforme la SE (pozza), è quella *cilindrica* rivolta verso l'alto, con il raggio corrispondenti alla quota "a". La quota "a" (in orizzontale in tutte le direzioni) è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, la quota "b" può essere minori di "a" a discrezione del tecnico stesso, il quale nel definirla, terrà conto della la densità relativa all'aria dei gas o vapori; per gas o vapori con densità relativa all'aria pari a 2,5 – 3, la quota "b" può essere $\frac{1}{4}$ di "a", con densità maggiori può essere anche $\frac{1}{10}$ di "a" Fig. 5.11.2-5 e par. 5.9.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine del par. GB.5.

Fig. 5.11.2-5 Emissione di liquido che non evapora nell'emissione e forma una pozza al suolo



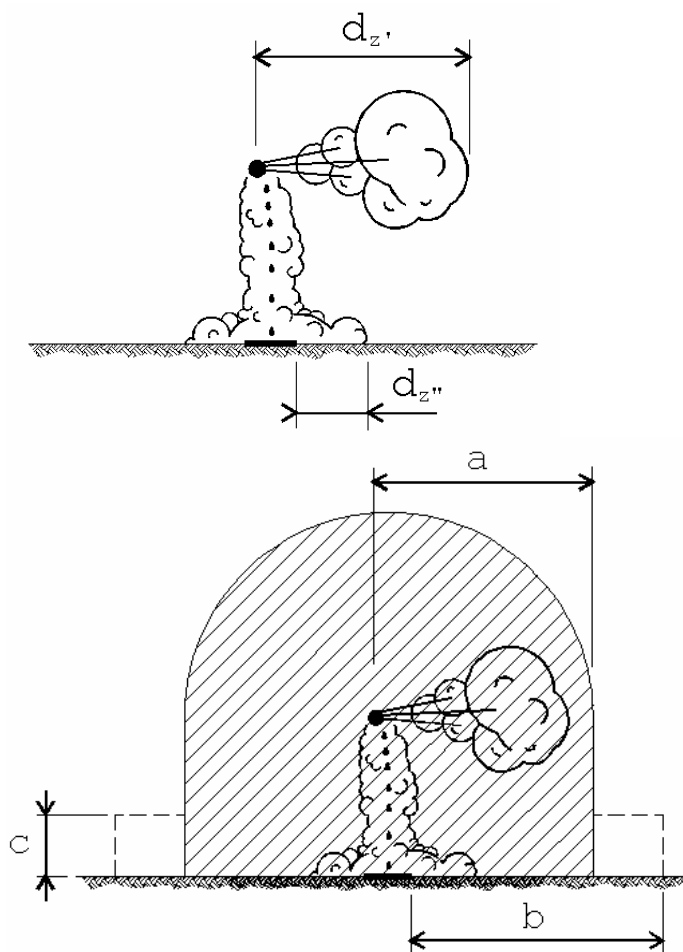
5.11.2.7 Zone pericolose originate dalle emissioni di liquido che evapora, anche solo parzialmente, nell'emissione (a temperatura superiore a quella di ebollizione, o liquefatto es. GPL) e può formare una pozza al suolo quando sia prevista una parte liquida residua.

Per le zone pericolose originate dalle emissioni di liquido che evapora, anche solo parzialmente, nell'emissione (a temperatura superiore a quella di ebollizione, o liquefatto es. GPL) e può formare una pozza al suolo quando sia prevista una parte liquida residua, la forma più adatta è costituita dalla *composizione di due cilindri (più una semisfera di raggio "a")*, di cui uno ha dimensioni dipendenti dall'altezza dal suolo della SE (flangia) e l'altro dalle dimensioni dell'eventuale pozza, Fig. 5.11.2-6 e par. 5.9.

La quota "a" (in orizzontale in tutte le direzioni) è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z , calcolata considerando la frazione di liquido che evapora o nebulizza nell'emissione. Le quote "b" e "c" sono significative solo se una frazione significativa di liquido cade al suolo formando una pozza, per la quale vale quanto indicato in 5.11.2.6.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine del par. GB.5.

Fig. 5.11.2-6 Emissione di liquido che evapora solo parzialmente nell'emissione



5.11.2.8 Zone pericolose originate dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area (A) della superficie del liquido è uguale a quella dell'apertura (B) verso l'ambiente

Caso tipico è quello di contenitori aperti dove il pelo libero del liquido rimane ben al di sotto del bordo superiore del contenitore B e la sezione (forma) del contenitore nel tratto h_d dalla superficie del liquido al bordo del contenitore rimane costante.

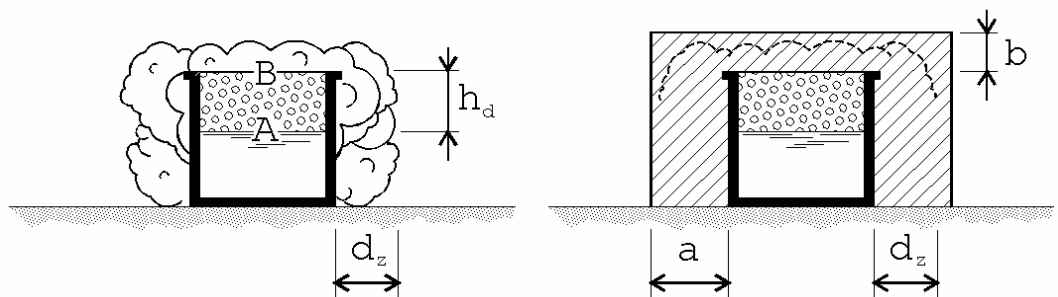
Quando il liquido può raggiungere il bordo superiore o comunque può avvicinarsi ad esso, il caso deve essere trattato come una pozza lambita dall'aria di ventilazione, par. 5.11.2.6.

Per le zone pericolose originate dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area A della superficie del liquido è uguale a quella dell'apertura (B) verso l'ambiente, la forma più adatta è quella che avvolge il contenitore, rappresentata nella Fig. 5.11.2-7.

La quota "a" (in orizzontale in tutte le direzioni) è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, par. 5.9, la quota "b" può essere minori di "a" a discrezione del tecnico stesso, il quale nel definirla, terrà conto della densità relativa all'aria dei gas o vapori; per gas o vapori con densità relativa all'aria pari a $2,5 \div 3$, la quota "b" può essere $\frac{1}{4}$ di "a", con densità maggiori può essere anche $\frac{1}{10}$ di "a", Fig. 5.11.2-7 e par. 5.9.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine del par. GB.5.

Fig. 5.11.2-7 **Evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area (A) della superficie del liquido è uguale a quella dell'apertura (B) verso l'ambiente**



5.11.2.9 Zone pericolose originate dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area (A) della superficie del liquido è maggiore di quella dell'apertura (B) verso l'ambiente

Caso tipico è quello di contenitori aperti dove l'area della superficie del liquido A è maggiore dell'area dell'apertura del contenitore verso l'ambiente B e la sezione (forma) del contenitore al di sopra del pelo libero del liquido diminuisce in modo costante (es. tronco di cono) ed il pelo libero del liquido rimane ben al di sotto del bordo superiore del contenitore.

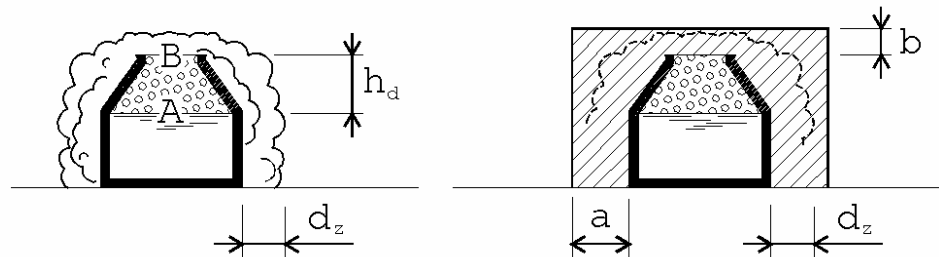
Quando il liquido può raggiungere il bordo superiore o comunque può avvicinarsi ad esso, il caso deve essere trattato come una pozza lambita dall'aria di ventilazione, v. 5.11.2.6.

Per le zone pericolose originate dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area A della superficie del liquido è maggiore di quella dell'apertura (B) verso l'ambiente, la forma più adatta è quella che avvolge il contenitore, rappresentata nella Fig. 5.11.2-8.

La quota "a" (in orizzontale in tutte le direzioni) è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, la quota "b" può essere minore di "a" a discrezione del tecnico stesso, il quale nel definirla, terrà conto della densità relativa all'aria dei gas o vapori; per gas o vapori con densità relativa all'aria pari a $2,5 \div 3$, la quota "b" può essere $\frac{1}{4}$ di "a", con densità maggiori può essere anche $\frac{1}{10}$ di "a", v. Fig. 5.11.2-8 e par. 5.9.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine del par. GB.5.

Fig. 5.11.2-8 Zona pericolosa originata dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area (A) della superficie del liquido è maggiore di quella dell'apertura (B) verso l'ambiente e la sezione del contenitore al di sopra del pelo libero del liquido è a forma di tronco di cono



5.11.2.10 Zone pericolose di estensione ridotta

Per sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i maggiore della massima temperatura ambiente T_a ed emesse a temperatura T_u maggiore della loro temperatura d'infiammabilità, può essere considerato il raffreddamento che esse subiscono quando fuoriescono nell'ambiente, ved. GB 5.4.

5.11.2.11 Deformazione delle zone pericolose in presenza di ostacoli

Quando le zone pericolose sono limitate da ostacoli tendono ad allargarsi nelle altre direzioni anche in relazione alla densità relativa all'aria del gas, vapore o nebbia.

Nella deformazione delle zone pericolose, può essere applicata la "regola del filo teso" già in uso nella Norma CEI 64-2; si considera cioè che la zona pericolosa si estenda oltre l'ostacolo stesso fino ad avere dalla SE che l'ha originata distanze uguali a quelle stabilite in assenza dell'ostacolo, ricavate secondo la linea di minimo percorso che aggira l'ostacolo stesso.

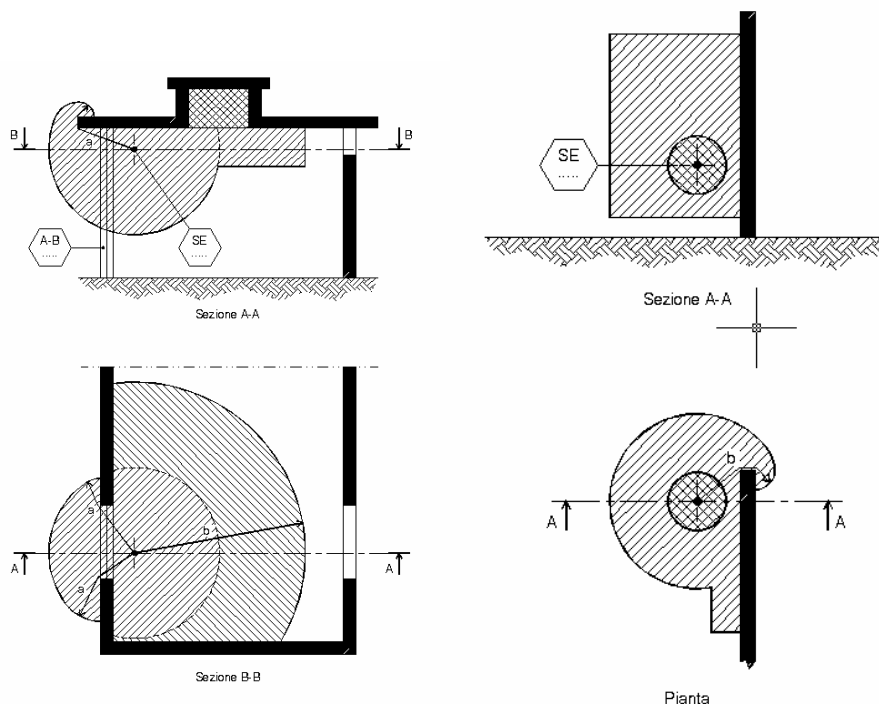
- a) Quando le zone pericolose *originate da gas leggeri*, v. 5.5.4 lambiscono un ostacolo posto al di sopra di esse, ad esempio il soffitto, tendono ad allargarsi orizzontalmente nella direzione del moto dell'aria, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-9.

Analogamente, quando le zone pericolose *originate da gas leggeri* lambiscono un ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, tendono ad allargarsi orizzontalmente; tuttavia, trattandosi di gas leggeri, l'allargamento può essere considerato solo se effettivamente la SE è molto vicina all'ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, inoltre l'estensione è decisamente minore di quella precedentemente considerata.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Quando le zone pericolose originate da gas leggeri lambiscono un ostacolo posto di lato, ad esempio una parete, tendono ad allargarsi nelle altre direzioni, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-9.

Fig. 5.11.2-9 Deformazione delle zone pericolose originate da gas leggeri ($\rho < 0,8 \rho_{\text{aria}}$) e applicazione della "regola del filo teso" - Nella figura zona pericolosa di forma sferica o cilindrica che tocca il soffitto o è ostacolata da una parete



- b) Quando le zone pericolose *originate da gas pesanti*, v. 5.5.4 lambiscono un ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, tendono ad allargarsi orizzontalmente nella direzione del moto dell'aria e, se emessi a bassa velocità, possono percorrere lunghe distanze, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-10.

Quando le zone pericolose *originate da gas pesanti*, v. 5.5.4 non lambiscono un ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, ma sono vicine ad esso, è opportuno considerare che la zona si estenda fino all'ostacolo stesso, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-11.

Particolare attenzione deve essere posta in presenza di ambienti a ventilazione limitata (es. fosse e trincee) dove la zona pericolosa potrebbe allargarsi o addirittura il tipo di zona potrebbe aggravarsi (es. da zona 2 a zona 1). D'altro canto, le ampie depressioni (es. trincee per tubi) possono non essere considerate a ventilazione limitata.

Analogamente, quando le zone pericolose *originate da gas pesanti* lambiscono un ostacolo posto al di sopra di esse, ad esempio il soffitto, tendono ad allargarsi orizzontalmente; tuttavia, trattandosi di gas pesanti, l'allargamento può essere considerato solo se effettivamente la SE è molto vicina all'ostacolo posto al di sopra di esse, ad esempio il soffitto, inoltre l'estensione è significativamente minore di quella precedentemente considerata.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Quando le zone pericolose originate da gas pesanti lambiscono un ostacolo posto di lato, ad esempio una parete, tendono ad allargarsi nelle altre direzioni, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-10.

Fig. 5.11.2-10 Deformazione delle zone pericolose originate da gas pesanti ($\rho > 1,2 \rho_{aria}$) e applicazione della “regola del filo teso” - Nella figura zona pericolosa di forma sferica o cilindrica che lambisce il suolo ed è ostacolata da una parete

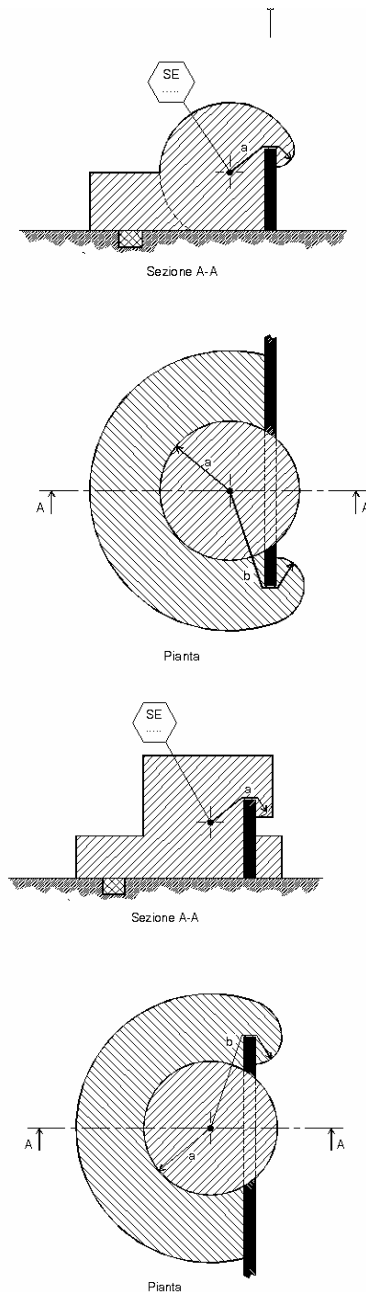
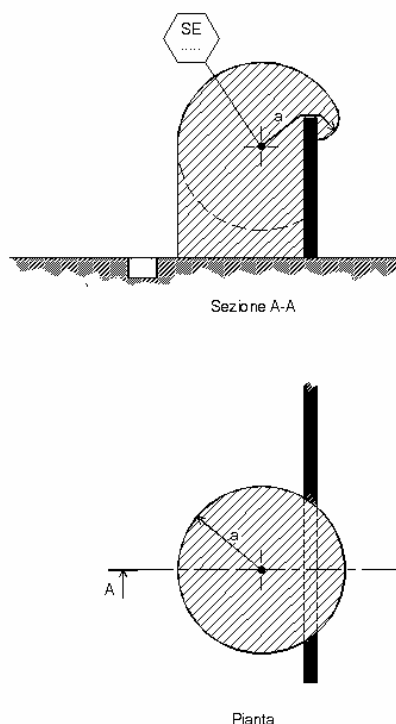


Fig. 5.11.2-11 Deformazione delle zone pericolose originate da gas pesanti ($\rho > 1,2 \rho_{aria}$) e applicazione della “regola del filo teso” - Nella figura zona pericolosa di forma sferica o cilindrica che non lambisce il suolo ma ne è vicina ed è ostacolata da una parete



- c) Quando le zone pericolose (sfera, cilindro, o cono) originate da gas intermedi ($\rho \geq 0,8 \leq 1,2 \rho_{aria}$) lambiscono un ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, o un ostacolo posto al di sopra di esse, ad esempio il soffitto, tendono ad allargarsi in tutte le direzioni orizzontali, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati sia nella Fig. 5.11.2-9, sia nella Fig. 5.11.2-10.

5.12 Casi particolari di classificazione dei luoghi

5.12.1 Zone pericolose originate dalle emissioni di idrogeno

IN PREPARAZIONE
Ved. anche GB.5.5

5.12.2 Zone pericolose all'interno dei sistemi di contenimento

Devono essere classificati i volumi liberi interni dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili liquide (ambienti) che sono o possono venire in contatto con l'atmosfera esterna (es. serbatoio di liquido infiammabile collegato con l'atmosfera esterna tramite sfiatatoio), al fine di stabilire la necessità o meno di misure precauzionali.

In generale e in tutti i casi dubbi i volumi liberi interni di cui sopra sono considerati Zona 0; tuttavia, essendo l'atmosfera dei volumi liberi interni di cui sopra costituita da vapori della sostanza infiammabile e da aria nel rapporto tra loro dipendente dalla tensione di vapore, a sua volta variabile in funzione della temperatura del liquido, è possibile stabilirne la concentrazione e verificare se esiste o meno la possibilità che essa sia compresa entro i limiti di esplosibilità (LEL – UEL).

Quando si ha la certezza che in nessuna condizione di funzionamento di cui in 3.8 può essere presente una concentrazione compresa entro i limiti di esplosibilità (LEL – UEL), il volume libero interno può essere classificato senza pericoli d'esplosione.

5.13 Documenti di classificazione in edizione preliminare

Definito il tipo e l'estensione delle zone originate dalle singole emissioni, in questa fase si deve preparare una *edizione preliminare* dei documenti di classificazione dei luoghi, per individuare le aperture interessate da zone pericolose, v. 5.14 e per consentire di valutare la possibilità di eseguire interventi atti a rendere poco probabile la formazione di atmosfere esplosive e limitare in numero e in estensione le zone più pericolose, v. 5.15 e 6.

5.14 Aperture

5.14.1. Caratteristiche delle aperture interessate da zone pericolose

Devono essere esaminati gli elaborati grafici di classificazione dei luoghi di cui in 5.13, per individuare le aperture interessate da zone pericolose.

Le caratteristiche delle aperture in relazione al pericolo d'esplosione sono trattate nell'Appendice A della Norma. Esse sono considerate SE in relazione alla probabilità che consentano il trasferimento di atmosfera esplosiva

NOTA Esattamente l'opposto della Norma CEI 64-2 dove esse erano considerate in relazione alla loro efficacia contro il trasferimento di atmosfera esplosiva; il risultato però è lo stesso.

Le aperture sono classificate dei tipi A, B, C, D.

Il tipo di apertura, dipende dalla frequenza e durata dei periodi di apertura e dall'efficacia delle tenute o delle battute dei serramenti, tenuto anche conto della differenza di pressione tra i luoghi interessati.

Le caratteristiche dei diversi tipi di aperture sono le seguenti.

Tipo A - Aperture con caratteristiche che non rientrano tra quelle previste per le aperture dei tipi B, C, D.

Tipo B - Aperture normalmente chiuse (es. con dispositivo di autochiusura), aperte poco frequentemente e che hanno un interstizio molto ridotto su tutto il perimetro (senza dispositivi di tenuta, es. una guarnizione); nonché, in alcune circostanze.

Tipo C - Aperture normalmente chiuse o aperte poco frequentemente, conformi a quelle di tipo B, provviste inoltre di dispositivi di tenuta (es. una guarnizione) su tutto il perimetro; oppure, due aperture di tipo B in serie, dotate di dispositivi indipendenti di autochiusura.

Tipo D - Aperture normalmente chiuse conformi a quelle di tipo C, apribili solamente con mezzi speciali od in caso di emergenza; oppure, possono essere una combinazione di un'apertura di tipo C, adiacente al luogo dal quale proviene il pericolo, in serie ad un'altra apertura di tipo B.

Qui di seguito sono forniti esempi di aperture.

1. *Passaggio aperto* per persone, mezzi di trasporto e simili: **Tipo A.**
2. *Finestra o simili, priva di serramento*: **Tipo A.**
3. *Porta* per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, con serramento avente caratteristiche non conformi ai tipi di aperture B, C, D, oppure che viene aperta frequentemente o per lunghi periodi, oppure la cui apertura è lasciata alla decisione incondizionata del personale: **Tipo A.**

4. *Passaggio aperto per servizi* (tubazioni, condotti, condutture, ecc.) attraverso una parete, un soffitto, un pavimento e simili: **Tipo A**.
5. *Apertura fissa di ventilazione*, provvista di griglia fissa di aerazione: **Tipo A**.
6. *Apertura di sfiato libero* all'atmosfera di pozzetto di fogna (non sotto battente e/o senza sifone di tenuta), dove vengono scaricate sostanze infiammabili (fogna oleosa o chimica): **Tipo A**.
7. *Porta* per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, con serramento avente un efficiente dispositivo di autochiusura, una buona tenuta su tutto il perimetro e normalmente chiusa: **Tipo B**.
8. *Apertura di ventilazione autochiudente*, normalmente chiusa e avente una buona tenuta su tutto il perimetro: **Tipo B**.
9. *Apertura di ventilazione autochiudente*, attraversata normalmente da aria pulita, avente una buona tenuta su tutto il perimetro e soggetta poco frequentemente a mancanza del flusso di aria: **Tipo B**.
10. *Porta* per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, con serramento provvisto di un efficiente dispositivo di autochiusura, di dispositivo di tenuta (es. guarnizione) su tutto il perimetro, normalmente chiusa e aperta poco frequentemente: **Tipo C**.
11. *Apertura di ventilazione autochiudente*, attraversata normalmente da aria pulita, avente una buona tenuta su tutto il perimetro e soggetta raramente a mancanza del flusso di aria: **Tipo C**.
12. *Combinazione di due porte in serie tra loro (di tipo B + B)*, per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, ciascuna con serramento avente un efficiente dispositivo di autochiusura, una buona tenuta su tutto il perimetro e normalmente chiusa: **Tipo C**.
13. *Porta* per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, provvista di serramento con un efficiente dispositivo di autochiusura e di dispositivo di tenuta (es. guarnizione) su tutto il perimetro, normalmente chiusa e aperta solo in caso di emergenza: **Tipo D**.
14. *Passaggio per servizi* (tubazioni, condotti, condutture, ecc.) attraverso una parete, un soffitto, un pavimento e simili, provvisto di dispositivo di tenuta (es. guarnizione) su tutto il perimetro, apribile solamente con mezzi speciali: **Tipo D**.
15. *Combinazione di due porte in serie tra loro (di tipo C + B)*, per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, in cui almeno la porta adiacente al luogo dal quale proviene il pericolo è di tipo C, mentre la porta più lontana dal luogo dal quale proviene il pericolo è almeno di tipo B. Le porte sono normalmente chiuse ed aperte poco frequentemente: **Tipo D**.

5.14.2 Verifica della possibilità di eliminare o limitare le aperture

Deve essere verificata la possibilità di eliminare una o più aperture interessate da zone pericolose; ciò può essere attuato eliminando l'apertura o spostandola in modo che non sia interessata da zone pericolose.

5.14.3 Procedimento di definizione della zona pericolosa a valle di aperture interessate da zone pericolose

Alle aperture, in determinate condizioni, può essere applicata la *regola del filo teso* già in uso nella Norma CEI 64-2. Si considera cioè che la zona che interessa l'apertura si estenda oltre l'apertura stessa fino ad avere dalla SE che l'ha originata distanze uguali a quelle stabilite per l'ambiente in cui si trova la SE (a monte dell'apertura), ricavate secondo la linea di minimo percorso che aggira l'ostacolo.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Quando le condizioni stabilite non sussistono, le aperture devono essere considerate sorgenti di emissione.

La regola del filo teso può essere applicata anche in presenza di ostacoli.

5.14.3.1 Condizioni per l'applicazione della regola del filo teso

La *regola del filo teso* può essere applicata quando sono rispettate tutte le seguenti condizioni:

- quando la concentrazione media $X_m\%$ rispetta la condizione [f.5.10.3-16];
- le condizioni di ventilazione dell'ambiente a valle dell'apertura (grado e disponibilità) sono uguali o migliori di quelle dell'ambiente dal quale proviene il pericolo (a monte dell'apertura) e lo stesso ha una pressione atmosferica uguale o maggiore di quella dell'ambiente a monte;
- sono rispettate le condizioni di applicabilità stabilite nella Tabella 5.14-1.

La tabella 5.14-1 indica il tipo di zona a valle dell'apertura in relazione a:

- tipo di zona a monte dell'apertura (0, 1, 2);
- tipo di apertura (A, B, C, D);
- tipo di ambiente a valle (aperto o chiuso).

Tabella 5.14-1 Condizioni di applicabilità della *regola del filo teso*

Tipo di zona a monte dell'apertura	Tipo di apertura	Applicabilità della <i>regola del filo teso</i> e tipo di zona a valle dell'apertura	
		Ambiente a valle APERTO	Ambiente a valle CHIUSO
zona 0	A	zona 0	Non applicabile
	B	zona 1	Non applicabile
	C	zona 2	zona 2
	D	zona non pericolosa	zona non pericolosa
zona 1	A	zona 1	Non applicabile
	B	zona 2	zona 2
	C	zona non pericolosa	zona non pericolosa
	D	zona non pericolosa	zona non pericolosa
zona 2	A	zona 2	zona 2
	B	zona non pericolosa	zona non pericolosa
	C	zona non pericolosa	zona non pericolosa
	D	zona non pericolosa	zona non pericolosa

La regola del filo teso può essere applicata anche in presenza di ostacoli, v. le figure in 5.11.2.11.

5.14.3.2 Condizioni per considerare l'apertura una SE

Quando non sono rispettate le condizioni di cui in 5.13.3.1. l'apertura deve essere considerata una SE e deve essere valutata la sua portata di emissione di sostanze infiammabili considerandone la concentrazione nell'aria in quel punto.

Il grado di emissione dell'apertura come SE dipende dal suo tipo, vedere la Tabella 5.14-2.

La tabella 5.14-2 indica il grado di emissione delle aperture, considerate come SE, in relazione a:

- tipo di zona a monte (luogo dal quale proviene il pericolo);
- tipo di apertura.

Tabella 5.14-2 Grado di emissione delle aperture considerate SE

Tipo di zona a monte dell'apertura	Tipo di apertura	Apertura considerata SE
		Grado di emissione dell'apertura (SE)
zona 0	A	Continuo
	B	Primo
	C	Secondo
	D	Nessuna emissione
zona 1	A	Primo
	B	Secondo
	C	Nessuna emissione
	D	Nessuna emissione
zona 2	A	Secondo
	B	Nessuna emissione
	C	Nessuna emissione
	D	Nessuna emissione

Il valore della portata di emissione risulta in tal caso generalmente di difficile definizione; esso può essere stabilito facendo riferimento alla portata presunta di aria attraverso l'apertura e alla concentrazione di sostanza infiammabile immediatamente a monte dell'apertura stessa (art. 5.10.2.1, formula [f.5.10.3-1], e/o considerando la concentrazione iniziale X_0 (art. 5.10.2.5 formule [f.5.10.3-23], e [f.5.10.3-24]); inoltre, per le aperture di tipo B e C si deve tener conto della frequenza e della durata dei periodi della loro apertura (emissione).

A favore della sicurezza, può a volte essere opportuno considerare che l'apertura abbia una portata di emissione di sostanza infiammabile, uguale a quella dell'emissione che ha originato la zona pericolosa che la interessa.

5.14.4 Elenco delle aperture

Per ciascun ambiente considerato, si codificano e si elencano le Aperture con le loro caratteristiche significative; l'elenco può far parte dell'elenco delle SE (Appendice GD) o essere separato.

Le informazioni più significative da indicare sono: il Codice (o sigla), il tipo di apertura (5.14.1), le condizioni di ventilazione a valle, il tipo ed estensione della zona pericolosa a valle, criteri di definizione della zona pericolosa a valle: apertura come SE o regola del filo teso, nonché il gruppo e la categoria secondo la direttiva 94/9/CE ed il gruppo e la classe di temperatura secondo le norme tecniche, quale ad esempio la Norma CEI EN 50014 (CEI 31-8), ad esempio IIB T3.

5.15 Verifica della possibilità di adottare misure tecniche e/o organizzative per ridurre il pericolo d'esplosione

Deve essere verificata la possibilità di eseguire interventi atti a rendere poco probabile la formazione di atmosfere esplosive e limitare in numero e in estensione le zone più pericolose (zone 0 e 1), quali ad esempio la limitazione in numero e in portata di emissione le emissioni continue e di primo grado, la ventilazione artificiale come indicato in 5.6.

5.16 Inviluppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione

5.16.1 Generalità

La classificazione del luogo pericoloso si ottiene dall'inviluppo delle singole zone pericolose determinate come indicato nei punti precedenti, facendo prevalere le zone 0 sulle zone 1 e 2, le zone 1 sulle zone 2.

Nell'eseguire gli inviluppi devono essere considerate le suddivisioni dettate dai requisiti di sicurezza dei prodotti da installare in dette zone, v. 5.16.2.

Dove dall'inviluppo risultano piccole zone non pericolose tra zone pericolose (circondate e/o incuneate), può essere opportuno considerare anch'esse pericolose, v. 5.16.3.

5.16.2 Dati per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti

Parimenti se nelle immediate vicinanze dell'inviluppo così risultante ci sono altre zone classificate, specie di piccola dimensione, può essere opportuno raccordarsi con esse e inglobarle.

Nei documenti di classificazione dei luoghi devono essere indicati i dati per consentire una corretta scelta dei prodotti ATEX (3.16); tali dati sono:

- gruppo e categoria secondo il DPR 126/98, ad esempio: II 2G;
- gruppo e classe di temperatura secondo le norme tecniche, quale ad esempio la Norma CEI EN 50014 (CEI 31-8), ad esempio IIB T3.

I gruppi e le classi di temperatura (o le temperature massime) secondo le norme tecniche devono essere stabiliti considerando il gruppo e la classe di temperatura di ciascuna sostanza pericolosa. Per ridurre l'assortimento di prodotti ATEX ed evitare diversificazioni insignificanti ai fini dei requisiti e dei costi, ma onerose come scorte di magazzino, si possono attuare raggruppamenti dei gruppi e classi di temperatura, eventualmente concordati con il committente.

A parità di gruppo e categoria, i raggruppamenti devono essere attuati facendo prevalere il gruppo IIC sui gruppi IIA e IIB, il gruppo IIB sul gruppo IIA, la classe di temperatura più alta su quelle più basse, ad esempio, la classe T3 prevale sulle classi T1 e T2, la classe T2 prevale sulla classe T1.

Il gruppo IIC è richiesto solo per poche sostanze infiammabili, quindi i costruttori non sempre dispongono a magazzino di prodotti ATEX di questo gruppo, non è quindi opportuno raggruppare tutte le zone pericolose nel gruppo IIC. In presenza di sostanze dei gruppi IIA, IIB e IIC, può quindi essere opportuno raggruppare in IIB le zone pericolose relative a sostanze dei gruppi IIA e IIB, ma tenere separate zone pericolose relative a sostanze del gruppo IIC.

Analogamente, la classe di temperatura T2 è comune alla generalità dei prodotti ATEX di serie e la classe di temperatura T3 è proposta da molti fabbricanti, mentre le classi di temperatura maggiori (T4, T5, T6) sono richieste solo per poche sostanze infiammabili, quindi i costruttori non sempre dispongono a magazzino di prodotti ATEX di queste classi.

Tuttavia, quando le zone si riferiscono a sostanze che appartengono a Classi di temperatura e/o Gruppi per le costruzioni diverse, occorre prestare attenzione.

Es. Quando una Zona 1 IIA T3 si sovrappone a una Zona 2 IIC T1, può essere valutata l'opportunità di classificare la stessa zona nei due modi: Zona 1 IIA T3 e Zona 2 IIC T1.

Nella norma UNI EN 1127-1, all'art. 6.4.2 è detto che le temperature superficiali del prodotti per zona 0 deve essere 80% della Temperatura di accensione. La stessa cosa per certi casi con prodotti destinati alla zona 1.

5.16.3 Esempio di inviluppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione

Nelle figure 5.16.3-1 e 5.16.3-2 è riportato un esempio di zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione ed il relativo inviluppo.

Fig. 5.16.3-1 Zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione Planimetria

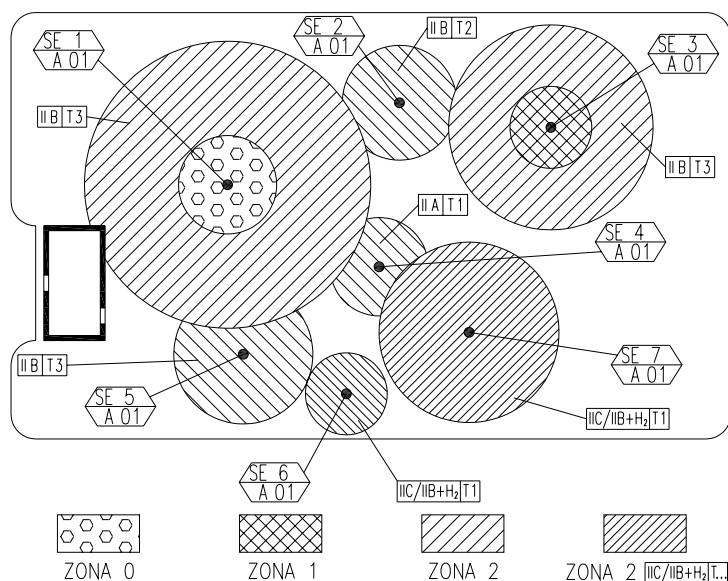
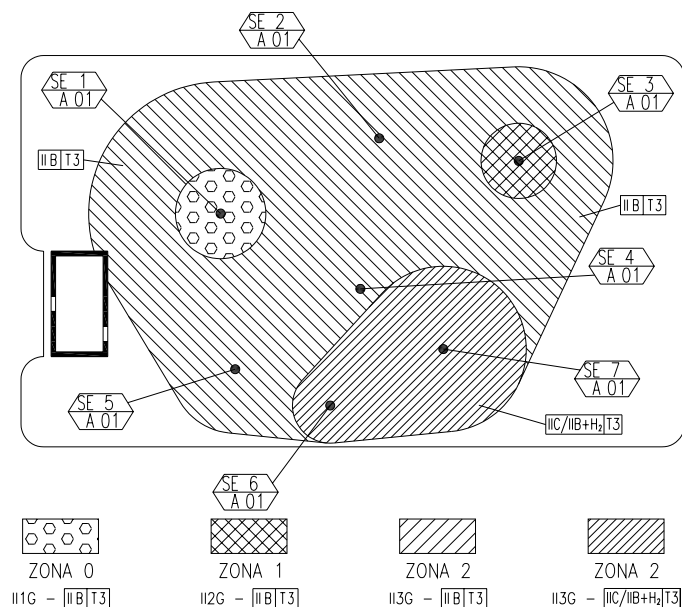


Fig. 5.16.3-2 Inviluppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione Planimetria



5.17 Documentazione tecnica di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione

5.17.1 Livelli di progettazione della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione

La classificazione dei luoghi dovrebbe essere eseguita in due fasi distinte (livelli di progettazione):

a) *una classificazione preliminare*, che dovrebbe contenere almeno:

- l'elenco dei dati generali e delle caratteristiche dell'impianto tecnologico;
- evidenza delle sorgenti di emissione più significative e già note;
- una *bozza* di planimetria della classificazione, oppure una descrizione delle scelte effettuate;

da prepararsi nella fase iniziale della progettazione (PROGETTO DEFINITIVO secondo la Guida CEI 0-2) in concomitanza con la definizione della planimetria dell'impianto, delle caratteristiche degli edifici (aperture di ventilazione, solai, tetto ecc.), della disposizione delle principali apparecchiature, ecc. , per consentire l'attuazione di tutti gli interventi utili a rendere poco probabile la formazione di atmosfere esplosive e limitare in numero e in estensione le zone più pericolose (zone 0 e 1); ved. 5.7.3 e 5.15.

b) *una classificazione definitiva* da preparare nella fase finale della progettazione (PROGETTO ESECUTIVO secondo la Guida CEI 0-2), comprendente tutte le informazioni per l'uso cui è destinata la documentazione.

5.17.2 Documentazione tecnica di classificazione dei luoghi

La documentazione tecnica di classificazione dei luoghi costituisce il risultato dell'attività svolta; essa è generalmente costituita da:

- relazione tecnica, (5.17.2.1);
- fogli dati; (eventuali), (5.17.2.2);
- relazione illustrativa dei calcoli eseguiti (eventuale), (5.17.2.3);
- disegni, (5.17.2.4).

5.17.2.1 Relazione tecnica

La relazione tecnica è il documento che riassume il lavoro e che coordina tutta la documentazione relativa alla classificazione.

Essa può costituire un documento a se stante od anche, se preparata dal progettista elettrico, far parte della relazione sui tipi di impianti elettrici a sicurezza e relativi componenti.

Quando il luogo (opera) considerato è grande e costituito da tante parti o unità, può essere utile preparare una *Relazione tecnica generale* e tante *Relazioni tecniche particolari* quante sono le parti o unità di cui si effettua la classificazione dei luoghi.

La relazione tecnica deve contenere:

- dati generali di progetto, (5.3);
- descrizione del procedimento di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione con, l'elenco delle principali disposizioni legislative, norme e guide tecniche di riferimento, dei documenti di riferimento utilizzati;
- elenco delle sostanze infiammabili, (5.5);
- descrizione degli ambienti considerati e delle condizioni ambientali, (5.6);
- per ciascun ambiente, elenco delle sorgenti di emissione (SE), con indicazione della loro ubicazione, dei relativi gradi e modalità di emissione, nonché l'individuazione delle sorgenti di emissione (SE) considerate rappresentative, (5.7.1);

- elenco dei punti o parti di impianto non considerati sorgenti di emissione, (5.7.1.2);
- tipo ed estensione delle singole zone pericolose (riferite a ciascuna emissione), (5.10 e 5.11);
- zone pericolose risultanti (5.15);
- elenco dei documenti di classificazione dei luoghi ed allegati (Cap. 6);
- eventuali disposizioni di esercizio e manutenzione degli impianti tecnologici (di processo delle sostanze);
- eventuali disposizioni di uso e aggiornamento (manutenzione) della documentazione di classificazione dei luoghi.

Vedere esempio nell'Appendice GD.

5.17.2.2 Fogli Dati (eventuali)

I fogli dati sono documenti contenenti informazioni tabellate, quali ad esempio l'elenco delle sostanze presenti, elenco delle sorgenti di emissione; essi sono particolarmente utili per alleggerire la relazione tecnica quando l'opera oggetto dell'incarico è grande, le sostanze e/o le SE sono molte.

Nella Norme CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), Esempi 10 e 11 sono riportati esempi di Fogli dati rispettivamente per l'elenco delle sostanze infiammabili e l'elenco delle sorgenti di emissione. Per l'elenco delle sostanze infiammabili può essere più opportunamente fatto riferimento alla Tabella GA-2 della presente guida.

5.17.2.3 Relazione illustrativa dei calcoli eseguiti (eventuale)

La relazione illustrativa riporta i criteri ed i calcoli eseguiti per ricavare i dati necessari alla classificazione dei luoghi.

Essa può essere inserita nella Relazione tecnica, oppure far parte di un documento separato. Ciò può risultare conveniente per alleggerire la Relazione tecnica quando per i calcoli è utilizzato un applicativo software con proprio elaborato di stampa.

5.17.2.4 Disegni

Nei disegni saranno riportate:

- l'ubicazione e l'identificazione delle SE mediante codici o numeri per facilitare i riferimenti incrociati con gli altri documenti (es. può essere utilizzato il numero riportato nella prima colonna del modulo dove sono elencate le SE); il codice o numero può essere racchiuso in una ellisse per evidenziarlo nel disegno;
- il tipo e l'estensione delle zone con indicazione dei dati per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti; un metodo adatto è quello di utilizzare tratteggi con diverse densità delle righe, completato da una legenda dove saranno indicati i dati per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti per i diversi tratteggi, ved. 5.16.3.
- l'ubicazione e l'identificazione delle aperture degli edifici mediante codici o numeri, per facilitare i riferimenti incrociati con gli altri documenti in analogia con le SE (es. porte, finestre, aperture d'ingresso aria, ecc.).

Per gli ambienti all'aperto, i disegni saranno generalmente costituiti da piante per le quali saranno utilizzate come base quelle dell'impianto tecnologico con riportati:

- i componenti contenenti le sostanze infiammabili (apparecchiature di processo, tubazioni, serbatoi, vasche, ecc.);
- gli edifici, le tettoie, i muri, le dighe di contenimento, i cunicoli, le fosse, le trincee ed ogni altra costruzione che possa condizionare la ventilazione dell'ambiente;

- le aperture degli edifici (porte, finestre, aperture di ventilazione, passaggi di servizi, ecc.);
- la rete fognaria con indicati i pozzetti, le vasche di decantazione e trattamento, ecc.

Quando la classificazione si estenda su più planimetrie, deve essere preparata una planimetria generale che le comprenda tutte. In detta planimetria potranno essere omesse le zone pericolose di piccola estensione e che sono circoscritte all'interno di un'unica unità di impianto senza influenzare altre unità.

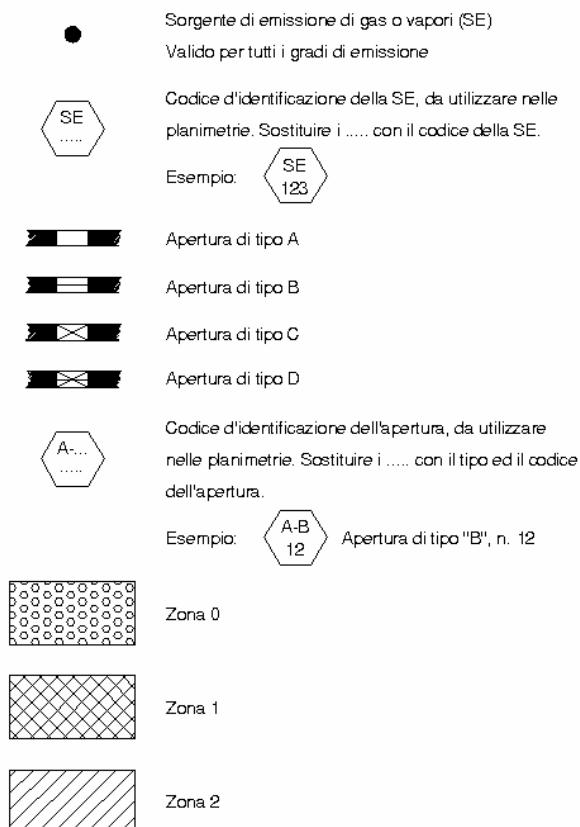
La classificazione del luogo o dei luoghi pericolosi risulterà dall'involuppo delle zone originate dalla singole SE, v. 5.16.

Per gli ambienti al chiuso può essere necessario preparare prospetti e/o sezioni nonché planimetrie piano per piano.

La simbologia da utilizzare nei disegni di classificazione è riportata nell'Appendice C, figura C.2 della Norma e riprodotta nella Fig. 5.17-1 seguente dove, oltre alla simbologia per i diversi tipi di zone, è riportato un esempio di simbologia per le SE, le aperture e le relative codificazioni, che può essere un valido riferimento, senza essere vincolate.

Si tratta di una simbologia universalmente riconosciuta (non resa obbligatoria); quindi, per uniformità nazionale, si raccomanda vivamente di utilizzare la simbologia indicata; in ogni caso, non è ammesso invertire il significato dei simboli riportati nell'Appendice C, figura C.2 della Norma.

Fig. 5.17-1 Simbologia da utilizzare nei disegni di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili



6 IMPIANTI ESISTENTI E LORO TRASFORMAZIONE O AMPLIAMENTO

Quando il luogo con pericolo di esplosione è stato classificato e tutti i dati di riferimento sono riportati nella documentazione relativa, è importante che nessuna trasformazione o ampliamento dell'impianto (3.9) dell'opera o applicazione (impianto di processo, di lavorazione o di deposito) che ha determinato la classificazione stessa, sia eseguita senza che venga interessato e si ottenga l'accordo del responsabile di detta classificazione, in quanto, azioni non concordate possono invalidarla.

Quando un componente dell'opera o applicazione è sottoposto a manutenzione, prima di essere rimesso in servizio, è necessario accertarsi che esso abbia mantenuto i requisiti di sicurezza assunti originariamente (es. un componente considerato con emissione di secondo grado, dopo la manutenzione deve essere rimasto tale, inoltre le caratteristiche di emissione non devono essere peggiorate).

La Norma, come detto nella sua Premessa, e la presente guida si applicano agli impianti nuovi e trasformazioni radicali di quelli esistenti; non è quindi necessaria la loro applicazione agli impianti esistenti e non oggetto di trasformazioni radicali (modifiche o ampliamenti).

Quando le trasformazioni dell'opera, i cui luoghi sono stati classificati applicando la Norma CEI 64-2, non sono radicali, è possibile eseguire la classificazione dei luoghi secondo la Norma CEI EN 60079-10 della sola parte modificata. Tuttavia, si ricorda che il D. Lgs. 626/94 al Titolo VIII-bis (D.Lgs. 233/03), art. 88-decies, comma 4 dice:

I luoghi di lavoro che comprendono aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive già utilizzati prima del 30 giugno 2003 devono soddisfare il 30 giugno 2006 le prescrizioni minime stabilite dal presente titolo.

Lo stesso Decreto, nell'Allegato XV-bis, art. 2 stabilisce:

Le aree a rischio di esplosione sono ripartite in zone in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfere esplosive.

Il livello di provvedimenti da adottare in conformità all'Allegato XV-ter, parte A, è determinato da tale classificazione.

Il decreto prosegue stabilendo che, per i luoghi in cui possono formarsi atmosfere esplosive consistenti in miscele di aria e sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia, le zone sono: zona 0, 1 e 2.

Quando sia eseguita una nuova classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in conformità alla Norma per avvenute trasformazioni radicali dell'opera esistente, o per adeguamento alle nuove disposizioni legislative, gli impianti elettrici eseguiti secondo la Norma CEI 64-2 e non modificati, devono essere verificati per accertare la loro rispondenza alle prescrizioni minime stabilite dal D. Lgs. 233/03, nell'ambito della valutazione dei rischi di esplosione.

Nella generalità dei casi, gli impianti elettrici eseguiti secondo la Norma CEI 64-2 e non modificati, sono ritenuti egualmente idonei agli effetti della sicurezza di cui al D.Lgs 626/94 di quelli realizzati secondo la nuova Norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33), se rispettano il seguente criterio di selezione:

- per la Zona 0, quelli previsti per la zona C1Z0;
- per la Zona 1, quelli previsti per la zona C1Z1;
- per la Zona 2, quelli previsti per la zona C1Z2;

considerando il gruppo e la classe di temperatura delle costruzioni elettriche (es. IIB T2).

Nella trasformazione (modifica o ampliamento) di impianti elettrici eseguiti secondo la Norma CEI 64-2, le costruzioni elettriche relative alle parti di impianto nuove o modificate, installate in zona C1ZR, non essendo questo tipo di zona considerato nelle nuove Norme CEI EN 60079-10 (31-30) e CEI EN 60079-14 (31-33), occorre utilizzare costruzioni elettriche per Zona 2, oppure effettuare la classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in conformità alla Norma CEI EN 60079-10 (31-30) relativa alla sorgente di emissione (centro di pericolo secondo la Norma CEI 64-2), o sorgenti di emissione, che hanno determinato detto tipo di zona C1ZR, per stabilire se essa debba essere considerata una Zona 2 o una zona non pericolosa.

7 LUOGHI CON CONTROLLO DI ESPLODIBILITA' DELL'ATMOSFERA

7.1. Oggetto e scopo

Nel presente capitolo si considerano i luoghi con controllo strumentale, ad installazione fissa, dell'atmosfera contro i pericoli di esplosione per la presenza di sostanze che possono essere emesse nell'atmosfera sotto forma di gas o vapori infiammabili e si forniscono i criteri per la realizzazione di sistemi di controllo attraverso:

- requisiti e modalità di installazione, verifica e criteri prestazionali;
- criteri d'intervento sulle sorgenti di emissione (SE), sulla ventilazione e/o sulle sorgenti di accensione.

Il controllo di esplosibilità dell'atmosfera rientra tra le misure tecniche per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni sostitutive di quelle previste per i prodotti e gli impianti (esecuzioni di sicurezza), ma non può essere utilizzato quale modo di protezione generalizzato, v. nota.

NOTA Per quanto attiene agli impianti elettrici si segnala che la norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33), art. 4.1. pone dei limiti all'uso del controllo di esplosibilità dell'atmosfera e alle altre tecniche sostitutive dell'esecuzione di sicurezza adatta alla zona pericolosa prevista.

E' possibile utilizzare il sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera per controllare:

- l'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o gruppi di SE e in punti particolari di un ambiente;
- la concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente chiuso (volume V_a).

Il sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera può consentire l'intervento, singolo o combinato, su:

- sorgenti di emissione (SE);
- ventilazione;
- sorgenti di accensione.

Non rientra tra gli scopi della presente Guida la definizione dei requisiti degli impianti e dei relativi componenti che possono essere sede di sorgenti di accensione e dei criteri d'intervento per la loro eventuale disattivazione.

7.1.1. Controllo dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o punti particolari di un ambiente

Il controllo di esplosibilità dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE è attuato sia in ambienti chiusi, sia in ambienti aperti.

Il controllo può essere applicato anche per punti particolari dell'ambiente quali ad esempio nell'intorno di sorgenti d'innescio o in corrispondenza dell'apertura tra un ambiente ed un altro.

7.1.2. Controllo della concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente chiuso (volume V_a)

In un ambiente chiuso può essere attuato il controllo della concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente V_a all'esterno delle zone pericolose (campo lontano), al fine di ridurre il k_z (ved. GB.5), consentendo così di rispettare le condizioni per non estendere la zona pericolosa a tutto l'ambiente.

7.2. Campo di applicazione

Il controllo strumentale di esplosibilità dell'atmosfera è ammesso nei luoghi con zone pericolose originate da emissioni di primo e secondo grado; il controllo è ammesso anche in presenza di emissioni strutturali e piccole emissioni continue che non aumentano significativamente la concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente V_a all'esterno delle zone pericolose (campo lontano).

Il sistema di controllo deve:

- a) già a concentrazioni molto al di sotto del limite inferiore di esplosibilità, poter fornire un segnale d'allarme (preallarme) con conseguenti possibilità di interventi, sia sulla SE, sia sulla ventilazione;
- b) al raggiungimento di concentrazioni di gas o vapori infiammabili maggiori di quelli di preallarme e comunque inferiori al limite inferiore di esplosibilità, determinare un secondo allarme ed attuare automaticamente nell'ordine elencato una o più delle seguenti misure:
 - b1) disattivazione della o delle SE, v. nota;
 - b2) attivazione di un sistema di ventilazione, artificiale e/o naturale, dell'intero ambiente o dell'atmosfera nell'intorno della SE o del punto particolare dell'ambiente in relazione con l'utilizzo del sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera, v. 7.1.
 - b3) disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione, v. nota e 1.3.2.

NOTA Un'esplosione nell'atmosfera si può innescare solo quando in uno stesso ambiente coesistono (nello spazio e nel tempo) le seguenti condizioni:

- 1) nell'atmosfera è presente una sostanza capace di miscelarsi con l'aria per formare un'atmosfera esplosiva (gas, vapore, nebbia infiammabili);
- 2) nell'atmosfera è presente sufficiente ossigeno per sostenere la reazione di ossidazione (nell'aria in condizioni normali $O_2 = 21\%$);
- 3) si manifesta una sorgente di accensione di energia sufficiente ad avviare il processo di combustione (innescare l'atmosfera esplosiva).

Una SE è disattivata quando il sistema cui è connessa non ne consente emissioni significative di sostanza infiammabile ed è isolata rispetto al flusso della sostanza stessa in modo da renderne trascurabile la portata (sezionata con intercettazione a monte).

Una sorgente di accensione è disattivata quando non ha più energia sufficiente per innescare l'atmosfera esplosiva o è allontanata dall'atmosfera esplosiva (al di fuori della zona pericolosa).

Eventuali criteri d'intervento per la messa fuori tensione delle apparecchiature e/o impianti elettrici non idonei al tipo di zona, saranno oggetto di altro documento riguardante gli impianti elettrici.

Il segnale d'allarme preliminare al blocco automatico (preallarme), di cui in 7.2.a), deve essere riportato in luogo permanentemente presidiato per permettere, un tempestivo intervento tendente a ridurre il pericolo, ad esempio limitando l'emissione di sostanze infiammabili e/o agendo su parametri che influenzano la formazione di atmosfere esplosive.

Ove manchi il presidio, il segnale d'allarme deve determinare il blocco automatico.

Quando la disattivazione della o delle SE di cui in b1) è tale da impedire la formazione di atmosfere esplosive, possono essere omesse le misure di cui in b2) e b3).

Quando la disattivazione della o delle SE di cui in b1) non è possibile o non è tale da impedire la formazione di atmosfere esplosive, può essere attivato il sistema di ventilazione di cui in b2); se così facendo si impedisce la formazione di atmosfere esplosive può essere omessa la disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3).

Quando le azioni di cui in b1) e b2) non sono sufficienti per impedire la formazione di atmosfere esplosive, si può valutare l'opportunità e l'efficacia della disattivazione delle sorgenti di accensione di cui in b3).

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

La misura di cui in b1) è da preferirsi sulle misure b2) e b3) in quanto interviene sulla causa primaria del pericolo (emissione di sostanza infiammabile). La misura di cui in b2) è da preferirsi sulla soluzione b3) in quanto interviene ancora sul pericolo (formazione di atmosfere esplosive). La disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3) è da attuare solo quando con le misure b1) e b2) non si raggiunge lo scopo; peraltro, essa è di difficile attuazione per cui dovrebbe essere attuata solo quando si è certi che tutte le sorgenti di accensione vengano effettivamente disattivate tenendo conto di eventuali cause d'innesco che rimangono efficaci anche dopo la disattivazione, per esempio a causa di parti calde (masse termicamente autonome, v. 8.2.3); in questo caso, la disattivazione deve intervenire con modalità tali da consentire a detti componenti di avere il tempo di portarsi in condizione non pericolosa (es. bassa temperatura) prima che la concentrazione di sostanza infiammabile nell'atmosfera superi il 30% LEL_v .

Le zone 0 possono essere controllate solo se non sono originate da emissioni di grado continuo, cioè sono zone 0 in quanto il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione è molto lungo (es. nelle fosse profonde). Il loro controllo deve attuare provvedimenti che consentano di declassarle a zone 1 o 2 disattivando la SE quando la concentrazione raggiunge il valore indicato in 7.3.1 e agendo sulla ventilazione per rimuovere l'atmosfera esplosiva, riducendone quindi il tempo di persistenza.

7.3. Sistemi fissi di controllo di esplodibilità dell'atmosfera

7.3.1. Requisiti e modalità d'installazione

I sistemi di controllo dell'atmosfera devono rispondere ai seguenti requisiti.

- a) Tutte le parti del sistema di controllo, sia quelle installate all'interno della zona pericolosa (es. rilevatori), sia quelle installate all'esterno di questa (es. PLC), devono essere realizzati nella esecuzione di sicurezza idonea alla zona determinata non considerando l'azione svolta dal sistema di controllo di esplodibilità dell'atmosfera; (tipicamente, per i sensori con modo di protezione "d" o "i" per zona 1 e con modo di protezione "n" per zona 2).

Dove il rilevatore preveda, anche remotamente, un elemento sensibile caldo, l'elemento stesso deve essere adatto per operare in presenza di atmosfera esplosiva.

- b) Il controllo dell'atmosfera deve essere automatico e continuo. Può essere ammesso il controllo automatico intermittente previa valutazione caso per caso, con l'intervallo di campionamento scelto in funzione delle caratteristiche di emissione delle SE, è comunque consigliabile che non sia superiore a 3 min.
- c) Nei casi in cui nello stesso volume siano presenti più sostanze infiammabili, il sistema deve essere idoneo per le stesse e per le loro miscele. Si raccomanda di tarare il sensore sulla sostanza verso la quale esso risulta meno sensibile, tenendo anche conto del LEL delle singole sostanze.
- d) I componenti del sistema devono essere conformi alle norme da CEI EN 61779-1 fino a CEI EN 61779-5 per quanto applicabili e certificati, come espressamente richiesto nel DPR 126/98 (Direttiva 94/9/CE, Allegato II) nell'ambito dei requisiti essenziali di sicurezza.

NOTA Le norme sopra indicate sostituiscono le norme da CEI EN 50054 fino a CEI EN 50058. Le norme suddette, a loro volta, saranno sostituite dalla serie di nuove norme CEI EN 60079-29.

- e) L'installazione, la manutenzione e la verifica periodica del sistema di controllo devono essere eseguite in conformità alle istruzioni e modalità stabilite dal costruttore, nonché a quanto indicato in 7.3.3.3.

- f) La soglia d'intervento deve essere stabilita in base a:
- caratteristiche delle emissioni;
 - caratteristiche delle sostanze infiammabili;
 - geometria del locale;
 - sistema di ventilazione;
 - quantità di gas o vapore che può essere immessa nell'ambiente dopo l'intervento del dispositivo d'intercettazione (capacità delle tubazioni in assenza di sistema di sfiato in aria libera).

Compatibilmente con quanto sopra indicato e nel campo di misura dei rilevatori (0-100% LEL_v), la soglia d'intervento degli stessi deve essere:

- per il controllo di cui in 7.1.1. la più bassa possibile, comunque non superiore al 60% LEL_v (EN 61779-1 parte 3.2.3.2); tipicamente viene consigliata una prima soglia d'intervento al 15% LEL_v ed una seconda soglia al 30% LEL_v ;
- per il controllo di cui in 7.1.2. definita caso per caso sulla base della concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente V_a (campo lontano) che non deve essere superata al fine di ridurre il k_z e consentire così di non estendere la zona pericolosa a tutto l'ambiente; essa deve essere comunque molto più bassa dei valori sopra indicati.

NOTA In merito alla funzionalità del sistema di controllo è ora disponibile la norma CEI EN 50402: "Apparati Elettrici per la rivelazione e misura dei gas combustibili, tossici o vapori e dell'ossigeno. Requisiti di un sistema fisso di rivelazione gas in merito alla Sicurezza funzionale", che definisce le caratteristiche dei moduli del sistema e illustra le combinazioni che possono essere utilizzate ai fini della sicurezza. Per ciascun modulo vengono specificati i requisiti dettagliati suddivisi per tipo di livello, da SIL-C1 a SIL-C4 (Safety Integrity Level Capability) sulla falsariga delle altre due norme CEI EN 954-1 e della CEI EN 61501, ma con specifico riferimento al sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera.

- g) Nei luoghi con emissioni di grado continuo (v. 7.2) o di primo grado, *i sistemi di controllo* devono essere in numero non inferiore a due ed indipendenti; ciascuno deve garantire il preallarme e l'allarme con l'attuazione delle misure di cui in 7.2.b).

Il preallarme, l'allarme, il guasto di uno dei sistemi e la mancanza di alimentazione devono determinare una segnalazione ottica memorizzata, con ripristino manuale, possibile una volta eliminata la causa, riportata in luogo presidiato. In caso di guasto di entrambi i sistemi di controllo o mancanza di alimentazione, deve essere attuato automaticamente ed istantaneamente quanto previsto in 7.2.

Se non esiste luogo presidiato, al verificarsi del fuori servizio o mancanza di alimentazione di uno dei due sistemi, anziché l'allarme deve essere attuato automaticamente quanto previsto in 7.2. entro 8 h; al verificarsi del fuori servizio o mancanza di alimentazione di entrambi i sistemi, anziché l'allarme deve essere attuato automaticamente e istantaneamente quanto previsto in 7.2. (blocco).

- h) Nei luoghi con emissioni di secondo grado può essere installato *un singolo sistema* con le stesse caratteristiche di quelli installati nei luoghi con emissioni di primo grado.

Se non esiste luogo presidiato, al verificarsi del fuori servizio o mancanza di alimentazione dell'unico sistema, anziché l'allarme deve essere attuato automaticamente e istantaneamente quanto previsto in 7.2. (blocco).

- i) Il ripristino della situazione precedente l'intervento del sistema di controllo deve essere fatto manualmente e dopo aver appurato che l'atmosfera non è più pericolosa.
- l) Si raccomanda fortemente che per l'indicazione di un'avaria nell'alimentazione e/o dell'apparecchiatura siano utilizzati dei contatti aperti quando non attivati.
- m) L'apparecchiatura per la rilevazione di gas deve essere installata ed utilizzata in modo che solo il personale autorizzato possa avere accesso alle funzioni di comando dell'apparecchiatura.

- n) Nella realizzazione di un nuovo impianto, i rilevatori devono essere installati il più tardi possibile per prevenire il loro danneggiamento, dovuto alle attività tipiche di cantiere (in particolare saldatura, verniciatura, ecc.). Tuttavia l'installazione deve essere completata nell'ambiente da proteggere, prima dell'introduzione di qualsiasi gas o vapore infiammabile.

Nelle attività di manutenzione dell'impianto devono essere prese particolari precauzioni per proteggere i rilevatori da danneggiamenti, accumulo di sporcizia, vernice, ecc.

- o) I rilevatori montati in posizioni in cui possono essere esposti a danni meccanici devono essere adeguatamente protetti.
- p) I rilevatori non devono essere esposti a sostanze contaminanti che potrebbero influire negativamente sul loro funzionamento. Per esempio, i materiali che contengono siliconi non devono essere utilizzati dove vengono installati i rilevatori catalitici.
- q) La pratica di lavaggio dell'impianto con acqua in pressione può provocare una seria degradazione dei rilevatori di gas se di tipo non adeguato e deve essere evitata nelle zone dove questi sono collocati.

7.3.2. Disponibilità dei sistemi di controllo

[L'affidabilità] [efficacia] dei sistemi di controllo di esplodibilità dell'atmosfera è fondamentale per la sicurezza contro le esplosioni, essa dipende essenzialmente dalla sua disponibilità e dalle sue caratteristiche costruttive, in particolare quelle degli apparecchi di misura della concentrazione di sostanza infiammabile nell'atmosfera.

La disponibilità dei sistemi ha influenza sulla presenza o formazione di atmosfere esplosive e deve essere presa in considerazione per determinare il tipo o i tipi di zone pericolose.

Si considerano i seguenti tre LIVELLI di disponibilità:

Buona

Quando il controllo è attivo in pratica con continuità.

Adeguata

Quando il controllo è attivo durante il funzionamento normale. Sono ammesse delle interruzioni purché siano poco frequenti e per brevi periodi.

Scarsa

Quando il controllo non risponde ai requisiti di adeguata o buona, anche se non sono previste interruzioni per lunghi periodi.

NOTA In pratica un sistema di controllo con disponibilità scarsa non dovrebbe essere considerato ai fini della sicurezza contro le esplosioni.

Come si può vedere dalla tabella 7.4-1, un sistema di controllo che risponde ai requisiti previsti dalla disponibilità scarsa non dovrebbe essere considerato in quanto non ha nessun effetto come misura tecnica per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni.

Nel valutare la disponibilità di tali sistemi, deve essere considerata l'affidabilità delle apparecchiature e del sistema nel suo insieme. La disponibilità buona richiede normalmente, in caso di interruzione del servizio, l'adozione di sistemi di protezione sostitutivi. Tuttavia se vengono presi dei provvedimenti per prevenire l'emissione nell'ambiente della sostanza infiammabile quando viene meno il controllo (ad esempio mediante disattivazione delle SE e/o attivazione della ventilazione integrativa), non è necessario modificare la classificazione determinata con il sistema in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Qualora in esercizio il sistema di controllo determini il blocco con una frequenza superiore a $2 \div 4$ volte ogni 365 d, oppure segnali concentrazioni pericolose (allarme) per durate complessive superiori ad 10 h ogni 365 d, il luogo non può più essere considerato zona pericolosa controllata e deve essere classificato secondo le regole generali.

Nella casistica di cui sopra non devono però essere considerati i casi in cui:

- a) si accerti che l'intervento del sistema di controllo è risultato intempestivo e non attribuibile a concentrazioni pericolose;
- b) l'evento che ha determinato l'intervento del sistema di controllo abbia carattere eccezionale, inatteso e non ripetibile;
- c) si siano presi provvedimenti tecnici tali da rendere non probabile il ripetersi dell'evento.

7.3.3. Disposizione dei rilevatori

Per il controllo di esplosibilità dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o in punti particolari di un ambiente di cui in 7.1.1, la disposizione dei rilevatori è generalmente complessa, specialmente all'aperto; essi devono rilevare il più prontamente possibile la presenza di concentrazioni pericolose di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera controllata.

La quantità e l'ubicazione dei rilevatori è significativa, essi devono essere posizionati considerando la modalità, portata, direzione di emissione e direzione di dispersione nell'aria del gas o vapore infiammabile, l'effettiva diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'ambiente e devono assicurare la continuità del servizio.

Per il controllo della concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente chiuso V_a all'esterno delle zone pericolose (campo lontano) di cui in 7.1.2, l'ubicazione dei rilevatori non è generalmente complessa; essi devono essere posizionati all'esterno delle zone pericolose in una parte del volume V_a interessata dai moti dell'aria che attraversa anche le zone pericolose, tenendo conto anche della densità relativa dei gas o vapori infiammabili, cioè in alto per i gas o vapori leggeri, in basso per i gas o vapori pesanti, sia in alto, sia in basso per i gas o vapori intermedi (v. 5.5.4).

Quando la ventilazione è omogenea, la quantità di rilevatori è poco significativa, purché essi assicurino la continuità del servizio.

7.3.4. Verifica dei sistemi di controllo

Dopo la taratura iniziale con il gas, i sistemi devono automaticamente tornare allo stato di sorveglianza entro un intervallo predeterminato e senza ulteriori regolazioni.

Tuttavia per garantire il funzionamento corretto è essenziale effettuare periodicamente delle verifiche e tarature.

Le verifiche periodiche del sistema di rilevazione gas infiammabili costituiscono un fattore estremamente importante che influisce sulla sua affidabilità.

Una prestazione ottimale del sistema ed un funzionamento sicuro saranno raggiunti solo attraverso un adeguato programma di verifiche.

Quando il sistema di rilevazione del gas o una parte di esso non è operativo durante la verifica o la taratura, è fondamentale mantenere la sicurezza dell'ambiente, mediante misure appropriate, oppure devono essere disattivate le sorgenti di emissione che interessano l'ambiente o la sua parte controllata.

Misure appropriate possono essere:

- uso di un duplice sistema;
- aumento della ventilazione;
- eliminazione delle fonti d'innesco.

7.3.4.1 Controllo di funzionamento iniziale e taratura con gas

L'intero sistema di rilevazione di gas, comprese le apparecchiature ausiliarie, deve essere verificato prima dell'uso per garantire che il progetto e l'impianto sono stati realizzati in modo soddisfacente.

Le istruzioni devono comprendere i dettagli relativi all'uso, alle prove, alla taratura e al funzionamento.

Dopo l'installazione, ciascun sensore deve essere verificato in base alle istruzioni del costruttore. La taratura deve essere effettuata solo da personale competente e adeguatamente istruito.

7.3.4.2 Verifiche

I sistemi di controllo devono essere frequentemente verificati da persone competenti. Le verifiche devono essere in accordo con le istruzioni e le modalità stabilite dal costruttore e dalle specifiche prescrizioni di applicazione. Le verifiche comportano anche esami a vista di tutte le unità del sistema di rilevazione del gas ed il controllo delle funzioni di prova. Deve essere prestata particolare attenzione alla ricerca di sostanze contaminanti (polvere o sporco) ed alla condensa di acqua o di solventi nei sistemi di campionamento e nelle sedi dei rilevatori.

Le verifiche devono essere annotate su un apposito registro, indicando almeno la data di effettuazione.

La frequenza delle verifiche e ritaratura deve essere determinata dall'utilizzatore in funzioni delle reali condizioni di esercizio e delle istruzioni del costruttore, in ogni caso deve essere almeno:

- trimestrale per i sistemi che controllano ambienti con emissioni di primo grado;
- semestrale per sistemi che controllano ambienti con sole emissioni di secondo grado.

A seconda dell'applicazione, può essere necessario scegliere intervalli di verifica e ritaratura più frequenti. In tutti i casi, gli intervalli di taratura devono essere tali per cui tutte le deviazioni di misura rientrino nella precisione dello strumento.

La verifica di precisione deve essere effettuata utilizzando il gas di taratura appropriato, generalmente con bombole di gas titolate.

Se una bombola di gas di taratura certificato non è disponibile, si può utilizzare un altro gas di riferimento approvato dal costruttore.

Solitamente l'aria pulita viene utilizzata come gas di riferimento zero ed un gas di taratura con una concentrazione leggermente superiore ai livelli di allarme viene utilizzato per la prova di sensibilità, tuttavia si devono seguire le istruzioni del costruttore.

Per un maggiore approfondimento si rimanda alla Norma CEI EN 50073 (31-42) e in particolare al capitolo 6.4.3. Tale norma verrà integrata con la CEI EN 60079-29-2.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

7.3.4.3 Manutenzione

Le operazioni di manutenzione devono essere eseguite in accordo con le istruzioni e le modalità stabilite dal costruttore e dalle specifiche prescrizioni di applicazione; esse non devono compromettere la sicurezza della zona controllata. Le apparecchiature difettose devono essere rimosse per la riparazione in officina. Se non può essere fornita immediatamente un'apparecchiatura in sostituzione, come sostituzione temporanea deve essere utilizzata un'apparecchiatura mobile.

Il costruttore deve rilasciare istruzioni per la prova ed il controllo dei componenti sostituibili dell'apparecchiatura. Il manuale delle istruzioni deve comprendere gli elenchi delle parti adatte.

7.4 Influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo di esplodibilità dell'atmosfera

7.4.1 **Influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo di esplodibilità dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o punti particolari di un ambiente**

L' influenza dei sistemi di controllo di esplodibilità dell'atmosfera sui tipi di zona è riportata nella tabella 7.4-1, i provvedimenti da adottare in caso di interruzione del servizio di controllo sono riportati nella tabella 7.4-2.

TABELLA 7.4-1 Influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo di esplodibilità dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o gruppi di SE e punti particolari di un ambiente

Tipo di Zona in assenza del controllo	Disponibilità del sistema di controllo		
	Buona	Adeguate	Scarsa
Zona 0 con le limitazioni di cui in 7.2	Zona 0 NE (1) + Zona 2	Zona 0 NE (1) + Zona 1	Zona 0
Zona 1	Zona 1 NE (1) + Zona non pericolosa	Zona 1 NE (1) + Zona 2	Zona 1
Zona 2	Zona 2 NE (1) + Zona non pericolosa	Zona 2 NE (1) + Zona non pericolosa	Zona 2

(1) Zona 0 NE, 1 NE o 2 NE indicano una zona teorica dove, in condizioni normali, l'estensione è trascurabile.

TABELLA 7.4- 2 Provvedimenti da adottare in caso di interruzione del servizio di controllo

Tipo di Zona in assenza del controllo	Classificazione dei prodotti secondo il DPR 126/98 (direttiva 94/9/CE)		
	Prodotti II 1G o 2G (adatti per Zona 0 o 1)	Prodotti II 3G (adatti per Zona 2)	Prodotti non adatti per Zone pericolose
Zona 1	Nessun provvedimento	Allarme (1), più azione immediata per ripristinare il controllo, più la disattivazione programmata delle SE ed eventualmente delle sorgenti di accensione, come previsto in 7.2 (2)	Allarme (1), più azione immediata per ripristinare il controllo, più la disattivazione il più presto possibile delle SE ed eventualmente delle sorgenti di accensione, come previsto in 7.2 (3)
Zona 2	Nessun provvedimento	Nessun provvedimento	Allarme (1), più azione immediata per ripristinare il controllo, più la disattivazione programmata delle SE ed eventualmente delle sorgenti di accensione, come previsto in 7.2 (2)

(1) Allarme ottico e acustico, quest'ultimo tacitabile e non disinseribile.
(2) Il tempo deve essere stabilito considerando una fermata programmata e in sicurezza, generalmente non maggiore di 30 min; il tempo può anche essere prolungato purché si accerti l'assenza di atmosfera esplosiva pericolosa.
(3) Il tempo deve essere generalmente non maggiore di 15 s; il tempo può anche essere prolungato purché si accerti l'assenza di atmosfera esplosiva pericolosa.

Nelle zone pericolose, stabilite in assenza del controllo ved. la Tabella 7.4-1 (secondo tipo di zona), prima di mettere in servizio per la prima volta i prodotti non adatti al tipo di zona stesso ed i relativi sistemi e prima di rimetterli in servizio dopo la messa fuori servizio automatica o programmata come indicato nella Tabella 7.4-2, si deve assicurare che l'atmosfera dell'ambiente controllato non sia pericolosa, oppure procedere a un *lavaggio* di durata sufficiente a rendere non pericolosa l'atmosfera stessa, ved. nota (2);

NOTA (1) L'ubicazione dei punti di misura deve essere scelta attentamente per rilevare la più alta concentrazione di sostanza infiammabile.

(2) L'immissione dell'aria deve essere effettuata in modo da favorire l'uniforme diluizione delle sostanze infiammabili eventualmente presenti. In generale, il volume di aria di protezione necessario per il lavaggio è calcolato in almeno 5 volte il volume libero interno dell'ambiente e dei condotti annessi.

7.4.2 Influenza sui tipi di zona nel campo lontano in funzione della disponibilità dei sistemi di controllo della concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente chiuso (volume V_a)

L'influenza dei sistemi di controllo di esplodibilità della concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente chiuso (volume V_a) è riportata nella tabella 7.4-3, i provvedimenti da adottare in caso di interruzione del servizio di controllo sono riportati nella tabella 7.4-4.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

TABELLA 7.4 -3 Influenza sui tipi di zona nel campo lontano in funzione della disponibilità dei sistemi di controllo della concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente chiuso (volume V_a)

Tipo di Zona nel capo lontano in assenza del controllo	Tipo di zona nel campo lontano in funzione della disponibilità del sistema di controllo		
	Buona	Adeguate	Scarsa
Zona 0	Zona 0 NE (1) + Zona 2	Zona 0 NE (1) + Zona 1	Zona 0
Zona 1	Zona 1 NE (1) + Zona non pericolosa	Zona 1 NE (1) + Zona 2	Zona 1
Zona 2	Zona 2 NE (1) + Zona non pericolosa	Zona 2 NE (1) + Zona non pericolosa	Zona 2

(1) Zona 0 NE, 1 NE o 2 NE indicano una zona teorica dove, in condizioni normali, l'estensione è trascurabile.

TABELLA 7.4- 4 Provvedimenti da adottare in caso di interruzione del servizio di controllo

Tipo di Zona nel capo lontano	Classificazione dei prodotti secondo il DPR 126/98 (direttiva 94/9/CE)		
	Prodotti II 1G o 2G (adatti per Zona 0 o 1)	Prodotti II 3G (adatti per Zona 2)	Prodotti non adatti per Zone pericolose
Zona 1	Nessun provvedimento	Allarme (1), più azione immediata per ripristinare il controllo, più la disattivazione programmata delle SE ed eventualmente delle sorgenti di accensione, come previsto in 7.2 (2)	Allarme (1), più azione immediata per ripristinare il controllo, più la disattivazione il più presto possibile delle SE ed eventualmente delle sorgenti di accensione, come previsto in 7.2
Zona 2	Nessun provvedimento	Nessun provvedimento	Allarme (1), più azione immediata per ripristinare il controllo, più la disattivazione programmata delle SE ed eventualmente delle sorgenti di accensione, come previsto in 7.2 (2)

(1) Allarme ottico e acustico, quest'ultimo tacitabile e non disinseribile.
(2) Il tempo deve essere stabilito considerando una fermata programmata e in sicurezza, generalmente non maggiore di 30 min; il tempo può anche essere prolungato purché si accerti l'assenza di atmosfera esplosiva pericolosa.
(3) Il tempo deve essere generalmente non maggiore di 15 s; il tempo può anche essere prolungato purché si accerti l'assenza di atmosfera esplosiva pericolosa.

Nelle zone pericolose, stabilite in assenza del controllo ved. la Tabella 7.4-3 (secondo tipo di zona), prima di mettere in servizio per la prima volta i prodotti non adatti al tipo di zona stesso ed i relativi sistemi e prima di rimetterli in servizio dopo la messa fuori servizio automatica o programmata come indicato nella Tabella 7.4-4, si deve assicurare che l'atmosfera dell'ambiente controllato non sia pericolosa, oppure procedere a un *lavaggio* di durata sufficiente a rendere non pericolosa l'atmosfera stessa, ved. nota (2);

- NOTA (1) L'ubicazione dei punti di misura deve essere scelta attentamente per rilevare la più alta concentrazione di sostanza infiammabile.
(2) L'immissione dell'aria deve essere effettuata in modo da favorire l'uniforme diluizione delle sostanze infiammabili eventualmente presenti. In generale, il volume di aria di protezione necessario per il lavaggio è calcolato in almeno 5 volte il volume libero interno dell'ambiente e dei condotti annessi.

8. LUOGHI CON CONTROLLO DI TEMPERATURA

8.1 Generalità

8.1.1 Oggetto e scopo

Nel presente Capitolo si considerano i luoghi con controllo strumentale, ad installazione fissa, della temperatura delle sostanze e/o degli ambienti contro i pericoli di esplosione per presenza di vapori infiammabili e si forniscono i criteri per la realizzazione di sistemi di controllo attraverso:

- requisiti e modalità di installazione, verifica e criteri prestazionali;
- criteri d'intervento sulla temperatura, sulle sorgenti di emissione (SE) e/o sulle sorgenti di accensione.

Il controllo di temperatura rientra tra le misure tecniche per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni sostitutive di quelle previste per i prodotti e gli impianti (esecuzioni di sicurezza), ma non può essere utilizzato quale modo di protezione generalizzato, v. nota.

NOTA Per quanto attiene agli impianti elettrici si segnala che la norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33), art. 4.1. pone dei limiti all'uso del controllo di esplosibilità dell'atmosfera e alle altre tecniche sostitutive dell'esecuzione di sicurezza adatta alla zona pericolosa prevista.

E' possibile utilizzare il sistema di controllo di temperatura per controllare:

- la temperatura delle sostanze;
- la temperatura dell'ambiente.

Il sistema di controllo della temperatura può consentire di intervenire:

- sulla temperatura delle sostanze e/o degli ambienti;
- sulle sorgenti di emissione (SE);
- sulle sorgenti di accensione.

Non rientra tra gli scopi della presente Guida la definizione dei requisiti degli impianti e dei relativi componenti che possono essere sede di sorgenti di accensione e dei criteri d'intervento per la loro eventuale disattivazione.

8.1.2 Definizioni

8.1.2.1 Zona pericolosa termicamente controllata

Tutta la zona pericolosa, o parte di essa, in cui i sistemi di controllo della temperatura, indicati nel presente capitolo, verificano che la temperatura ambiente sia sempre inferiore alla temperatura d'infiammabilità della/e sostanza/e che determina o determinano la zona stessa per cui dalle SE non possono essere emessi vapori delle sostanze infiammabili in quantità sufficienti a formare atmosfere esplosive (concentrazioni pari o superiore al LEL_v).

8.1.2.2 Punto termicamente controllato

Punto in cui il sistema di controllo rileva la temperatura dell'atmosfera o della sostanza pericolosa.

8.1.2.3 Massa termicamente autonoma

Massa, allo stato liquido, della sostanza infiammabile in cui può ritenersi che, ai fini della sicurezza prefissi nel presente capitolo, le escursioni termiche siano indipendenti da quelle dell'ambiente in cui la sostanza è detenuta. (Le masse termicamente autonome generalmente contengono scambiatori di calore o sono sede di reazioni chimiche esotermiche).

8.1.2.4 Massa termicamente dipendente

Massa, allo stato liquido, della sostanza infiammabile in cui può ritenersi che, ai fini della sicurezza prefissi nel presente capitolo, le escursioni termiche dipendono da quelle dell'ambiente in cui la sostanza è detenuta o da sorgenti di calore poste in detto ambiente.

8.1.2.5 Massa termicamente ibrida

Massa, allo stato liquido, della sostanza infiammabile in cui può ritenersi che le escursioni termiche significative ai fini di sicurezza prefissi nel presente capitolo, possono essere sia dipendenti sia indipendenti da quelle dell'ambiente in cui la sostanza è detenuta o dalle sorgenti di calore poste in detto ambiente.

8.2. Campo di applicazione

Il controllo strumentale di controllo della temperatura è ammesso nei luoghi con zone pericolose originate da emissioni di primo e secondo grado; il controllo è ammesso anche in presenza di emissioni strutturali e piccole emissioni continue che non aumentano significativamente la concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente V_a .

Il sistema di controllo deve:

- a) a temperatura prefissata inferiore a quella d'infiammabilità fornire un segnale di allarme, con conseguente possibilità di interventi sui sistemi che regolano la temperatura;
- b) al raggiungimento di una temperatura maggiore di quella di allarme, ma comunque inferiore alla temperatura d'infiammabilità, determinare un abbassamento della temperatura, oppure la disattivazione delle SE, o la disattivazione delle sorgenti di accensione con i criteri di seguito indicati.
 - b1) attivazione di un sistema addizionale di abbassamento della temperatura;
 - b2) disattivazione della o delle SE, v. nota;
 - b3) disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione, v. nota e 1.3.2.

NOTA Una SE è disattivata quando il sistema cui è connessa non ne consente emissioni significative di sostanza infiammabile ed è isolata rispetto al flusso della sostanza stessa in modo da renderne trascurabile la portata (sezionata con intercettazione a monte).

Una sorgente di accensione è disattivata quando non ha più energia sufficiente per innescare l'atmosfera esplosiva o è allontanata dall'atmosfera esplosiva (al di fuori della zona pericolosa).

Eventuali criteri d'intervento per la messa fuori tensione delle apparecchiature e/o impianti elettrici non idonei al tipo di zona, saranno oggetto di altro documento riguardante gli impianti elettrici.

Il segnale d'allarme preliminare al blocco automatico (preallarme), di cui in 8.2.a), deve essere riportato in luogo permanentemente presidiato per permettere, tenuto conto dell'inerzia termica del sistema, un tempestivo intervento tendente a ridurre il pericolo, ad esempio limitando l'emissione di sostanze infiammabili e/o agendo su parametri che influenzano la temperatura.

Ove manchi il presidio, il segnale d'allarme deve determinare il blocco automatico.

NOTA Una sostanza allo stato liquido o solido, per essere infiammabile deve avere una *temperatura d'infiammabilità* T_i uguale o inferiore alla massima temperatura alla quale essa si trova o può trovarsi se emessa nell'ambiente (se la sostanza non è riscaldata o non può venire in contatto con superfici calde, ci si riferisce alla massima temperatura ambiente), v. 5.5.3.

Se la sostanza ha una temperatura d'infiammabilità maggiore della massima temperatura alla quale si trova o può trovarsi essa non presenta pericoli d'esplosione per la presenza di gas.

Quando l'attivazione di un sistema addizionale di abbassamento della temperatura di cui in b1) è tale da impedire la formazione di atmosfere esplosive, possono essere omesse le misure di cui in b2) e b3).

Quando l'attivazione di un sistema addizionale di abbassamento della temperatura di cui in b1) non è possibile o non è tale da impedire la formazione di atmosfere esplosive, possono essere disattivate le SE di cui in b2); se così facendo si impedisce la formazione di atmosfere esplosive può essere omessa la disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3).

Quando le azioni di cui in b1) e b2) non sono sufficienti per impedire la formazione di atmosfere esplosive, si può valutare l'opportunità e l'efficacia della disattivazione delle sorgenti di accensione di cui in b3).

La misura di cui in b1) è da preferirsi sulle misure b2) e b3) in quanto interviene sulla causa primaria del pericolo (emissione di sostanza a temperatura maggiore della T_i). La misura di cui in b2) è da preferirsi sulla soluzione b3) in quanto interviene ancora sul pericolo (formazione di atmosfere esplosive). La disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3) è da attuare solo quando con le misure b1) e b2) non si raggiunge lo scopo; peraltro, essa è di difficile attuazione per cui dovrebbe essere attuata solo quando si è certi che tutte le sorgenti di accensione vengano effettivamente disattivate tenendo conto di eventuali cause d'innescio che rimangono efficaci anche dopo la disattivazione, per esempio a causa di parti calde (masse termicamente autonome, v. 8.2.3); in questo caso, la disattivazione deve intervenire con modalità tali da consentire a detti componenti di avere il tempo di portarsi in condizione non pericolosa (es. bassa temperatura) prima che la concentrazione di sostanza infiammabile nell'atmosfera superi il 30% LEL_v .

Le zone 0 possono essere controllate solo se non sono originate da emissioni di grado continuo, cioè sono zone 0 in quanto il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione è molto lungo (es. nelle fosse profonde). Il loro controllo deve attuare provvedimenti che consentano di declassarle a zone 1 o 2 disattivando la SE quando la concentrazione raggiunge il valore indicato in 8.4.1 e agendo sulla ventilazione per rimuovere l'atmosfera esplosiva, riducendone quindi il tempo di persistenza.

8.3. Sistemi fissi di controllo della temperatura

8.3.1 Requisiti e modalità di installazione

I sistemi di controllo della temperatura devono rispondere ai seguenti requisiti.

- a) Quando la disponibilità del sistema di controllo della temperatura non è "buona" (v. 8.3.2), tutte le parti costituenti il sistema di controllo, sia quelle installate all'interno della zona pericolosa (es. termometro), sia quelle installate all'esterno di questa (es. , alimentazione, PLC), devono essere realizzati in esecuzione idonea alla zona determinata non considerando l'azione svolta dal sistema di controllo della temperatura; (tipicamente, con modo di protezione "d" o "i" per zona 1 e con modo di protezione "n" per zona 2).
Dove lo strumento di misura preveda, anche remotamente, un elemento sensibile caldo, l'elemento stesso deve essere adatto per operare in presenza di atmosfera esplosiva.
- b) Il controllo della temperatura deve essere automatico e continuo. Può essere ammesso il controllo automatico intermittente previa valutazione caso per caso, con l'intervallo di misura scelto in funzione delle caratteristiche di emissione delle SE, è comunque consigliabile che non sia superiore a [3] [15] min.
- c) L'installazione degli strumenti di misura (termometri) deve essere conforme alle istruzioni e modalità stabilite dal costruttore.
- d) Ove si è indicato l'uso di almeno due strumento di misura (termometri) si intende che devono essere fra loro indipendenti, intendendo che ogni guasto o modifica all'uno non deve compromettere il funzionamento dell'altro.

- e) Al raggiungimento di un primo valore di temperatura predeterminato, ogni strumento deve poter dare un allarme in luogo presidiato. Tale valore predeterminato deve essere inferiore di 5 K per le sostanze pure e 15 K per le miscele di liquidi infiammabili, rispetto alla temperatura d'infiammabilità (v. Guida alla direttiva 1999/92/CE, art. 2.2.2).
- f) Al raggiungimento di un secondo valore di temperatura predeterminato, ogni strumento di misura deve operare analogamente a come è indicato in 7.4. Il valore di temperatura predeterminato deve essere inferiore di 2 K per le sostanze pure e 7 K per le miscele di liquidi infiammabili, rispetto alla temperatura d'infiammabilità.

Nel caso in cui esistano, nella zona pericolosa termicamente controllata, componenti che hanno, nell'istante di blocco, temperatura ordinaria pericolosa nei riguardi dell'accensione di eventuali vapori, è necessario considerare:

- il decremento nel tempo, dall'istante di blocco, della temperatura dei componenti stessi;
- l'incremento nel tempo, dall'istante di blocco, della temperatura delle masse liquide delle sostanze infiammabili per effetto di eventuali sorgenti di calore.

Il blocco deve intervenire in modo che i componenti abbiano il tempo di portarsi a temperatura non pericolosa prima che le masse liquide delle sostanze considerate si portino alla temperatura di infiammabilità.

- g) In caso di mancanza di alimentazione deve automaticamente intervenire il blocco entro il tempo che le sorgenti di calore esistenti e ancora in funzione impiegherebbero ad innalzare di 5 K la temperatura della massa della sostanza pericolosa con un limite comunque di 8 h. La riattivazione delle sorgenti di accensione nelle zone termicamente controllate, dopo un qualsiasi blocco automatico, deve essere effettuato dopo aver accertato l'inesistenza di atmosfere esplosive.

8.3.2. Disponibilità dei sistemi di controllo

L'affidabilità dei sistemi di controllo della temperatura è fondamentale per la sicurezza contro le esplosioni, essa dipende essenzialmente dalla sua disponibilità e dalle sue caratteristiche costruttive, in particolare quelle degli apparecchi di misura della temperatura.

La disponibilità dei sistemi ha influenza sulla presenza o formazione di atmosfere esplosive e deve essere presa in considerazione per determinare il tipo o i tipi di zone pericolose.

Si considerano i seguenti tre LIVELLI di disponibilità :

Buona

Quando il controllo è attivo in pratica con continuità.

Adeguate

Quando il controllo è attivo durante il funzionamento normale. Sono ammesse delle interruzioni purché siano poco frequenti e per brevi periodi.

Scarsa

Quando il controllo non risponde ai requisiti di adeguata o buona, anche se non sono previste interruzioni per lunghi periodi.

NOTA In pratica un sistema di controllo con disponibilità scarsa non dovrebbe essere considerato ai fini della sicurezza contro le esplosioni.

Un sistema di controllo che risponde ai requisiti previsti dalla disponibilità scarsa non dovrebbe essere considerato in quanto non ha nessun effetto come misura tecnica per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Nel valutare la disponibilità di tali sistemi, deve essere considerata l'affidabilità delle apparecchiature e del sistema nel suo insieme. La disponibilità buona richiede normalmente, in caso di interruzione del servizio, l'adozione di sistemi di protezione sostitutivi. Tuttavia se vengono presi dei provvedimenti per prevenire l'emissione nell'ambiente della sostanza infiammabile a temperature superiori alla temperatura d'infiammabilità T_i quando viene meno il controllo (ad esempio agendo sulla temperatura e/o sulla disattivazione delle SE) non è necessario modificare la classificazione determinata con il sistema in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

Qualora in esercizio il sistema di controllo determini il blocco con una frequenza superiore a $2 \div 4$ volte ogni 365 d, oppure segnali concentrazioni pericolose (allarme) per durate complessive superiori ad 10 h ogni 365 d, il luogo non può più essere considerato zona pericolosa controllata e deve essere classificato secondo le regole generali.

Nella casistica di cui sopra non devono però essere considerati i casi in cui:

- a) si accerti che l'intervento del sistema di controllo è risultato intempestivo e non attribuibile a concentrazioni pericolose;
- b) l'evento che ha determinato l'intervento del sistema di controllo abbia carattere eccezionale, inatteso e non ripetibile;
- c) si siano presi provvedimenti tecnici tali da rendere non probabile il ripetersi dell'evento.

8.3.3. Verifica dei sistemi di controllo

Dopo la taratura iniziale, i sistemi devono automaticamente tornare allo stato di sorveglianza entro un intervallo predeterminato e senza ulteriori regolazioni.

Tuttavia per garantire il funzionamento corretto è essenziale effettuare periodicamente delle verifiche e tarature.

Le verifiche periodiche del sistema di controllo della temperatura costituiscono un fattore estremamente importante che influisce sulla sua affidabilità.

Una prestazione ottimale del sistema ed un funzionamento sicuro saranno raggiunti solo attraverso un adeguato programma di verifiche.

Quando il sistema di controllo della temperatura o una parte di esso non è operativo durante la verifica o la taratura, è fondamentale mantenere la sicurezza dell'ambiente, mediante misure appropriate, oppure devono essere disattivate le sorgenti di emissione che interessano l'ambiente o la sua parte controllata.

Misure appropriate possono essere:

- uso di un duplice sistema;
- abbassamento della temperatura;
- eliminazione delle sorgenti d'innescio.

8.3.4.1 Controllo di funzionamento iniziale e taratura

L'intero sistema di controllo della temperatura, comprese le apparecchiature ausiliarie, deve essere verificato prima dell'uso per garantire che il progetto e l'impianto sono stati realizzati in modo soddisfacente.

Le istruzioni devono comprendere i dettagli relativi all'uso, alle prove, alla taratura e al funzionamento.

Dopo l'installazione, ciascun sensore deve essere verificato in base alle istruzioni del costruttore. La taratura deve essere effettuata solo da personale competente e adeguatamente istruito.

8.3.4.2 Verifiche

I sistemi di controllo devono essere frequentemente verificati da persone competenti, secondo le istruzioni e modalità stabilite dal costruttore e dalle specifiche prescrizioni di applicazione. Deve essere prestata particolare attenzione alla ricerca di sostanze contaminanti (polvere o sporco) ed alla condensa di acqua, ecc.

Le verifiche devono essere annotate su un apposito registro, indicando almeno la data di effettuazione.

La frequenza delle verifiche e ritaratura deve essere determinata dall'utilizzatore in funzioni delle reali condizioni di esercizio e delle istruzioni del costruttore, in ogni caso deve essere almeno:

- trimestrale per i sistemi che controllano ambienti con emissioni di primo grado;
- semestrale per sistemi che controllano ambienti con sole emissioni di secondo grado.

A seconda dell'applicazione, può essere necessario scegliere intervalli di verifica e ritaratura più frequenti. In tutti i casi, gli intervalli di taratura devono essere tali per cui tutte le deviazioni di misura rientrino nella precisione dello strumento.

8.3.4.3 Manutenzione

Le operazioni di manutenzione devono essere eseguite in accordo con le istruzioni e le modalità stabilite dal costruttore e dalle specifiche prescrizioni di applicazione; esse non devono compromettere la sicurezza della zona controllata. Le apparecchiature difettose devono essere rimosse per la riparazione in officina. Se non può essere fornita immediatamente un'apparecchiatura in sostituzione, come sostituzione temporanea deve essere utilizzata un'apparecchiatura mobile.

Il costruttore deve rilasciare istruzioni per la prova ed il controllo dei componenti sostituibili dell'apparecchiatura. Il manuale delle istruzioni deve comprendere gli elenchi delle parti adatte.

8.4 Zone pericolose termicamente controllate

8.4.1 Zone pericolose termicamente controllate originate da emissioni di primo grado

8.4.1.1 Zone termicamente controllabili

Le zone termicamente controllate possono ottenersi, a seconda dei casi, sorvegliando la temperatura dell'atmosfera e/o la temperatura delle sostanze infiammabili. Per la scelta dei punti termicamente controllati vengono date alcune soluzioni caratteristiche intendendosi che la scelta deve essere rivolta verso punti che per numero e localizzazione siano significativi ai fini della sicurezza.

Qualora in esercizio il sistema di controllo determini il blocco con una frequenza superiore a $2 \div 4$ volte ogni 365 d, oppure segnali temperature pericolose (allarme) per durate complessive superiori ad 10 h ogni 365 d, il luogo non può più essere considerato zona pericolosa termicamente controllata e deve essere classificato secondo le regole generali.

Nella casistica di cui sopra non devono però essere considerati i casi in cui:

- a) si accerti che l'intervento del sistema di controllo è risultato intempestivo e non attribuibile a temperature pericolose;
- b) l'evento che ha determinato l'intervento del sistema di controllo abbia carattere eccezionale, inatteso e non ripetibile;
- c) si siano presi provvedimenti tecnici tali da rendere non probabile il ripetersi dell'evento.

8.4.1.2 Luoghi con massa termicamente autonoma

La zona pericolosa, originata da emissioni di primo grado, è termicamente controllata se dotata di almeno due punti termicamente controllati interni alla massa liquida della sostanza pericolosa.

8.4.1.3 Luoghi con massa termicamente dipendente

La zona pericolosa, originata da emissioni di primo grado, è termicamente controllata se dotata di almeno due punti termicamente controllati nell'ambiente che circonda la massa della sostanza infiammabile o all'interno della stessa oppure un punto termicamente controllato nell'ambiente ed uno nella massa.

8.4.1.4 Luoghi con massa termicamente ibrida

La zona pericolosa, originata da emissioni di primo grado, è termicamente controllata se dotata di almeno due punti termicamente controllati all'interno dalla massa liquida della sostanza infiammabile.

8.4.2 Zone pericolose termicamente controllate originate da emissioni di secondo grado

Vale quanto previsto per le emissioni di primo grado in 8.4.1; tuttavia la sorveglianza può essere eseguita in un solo punto termicamente controllato anziché due.

8.4.3 Influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo della temperatura

Per l'influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo della temperatura vedere, per analogia, quanto previsto in 7.4 per i sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera.

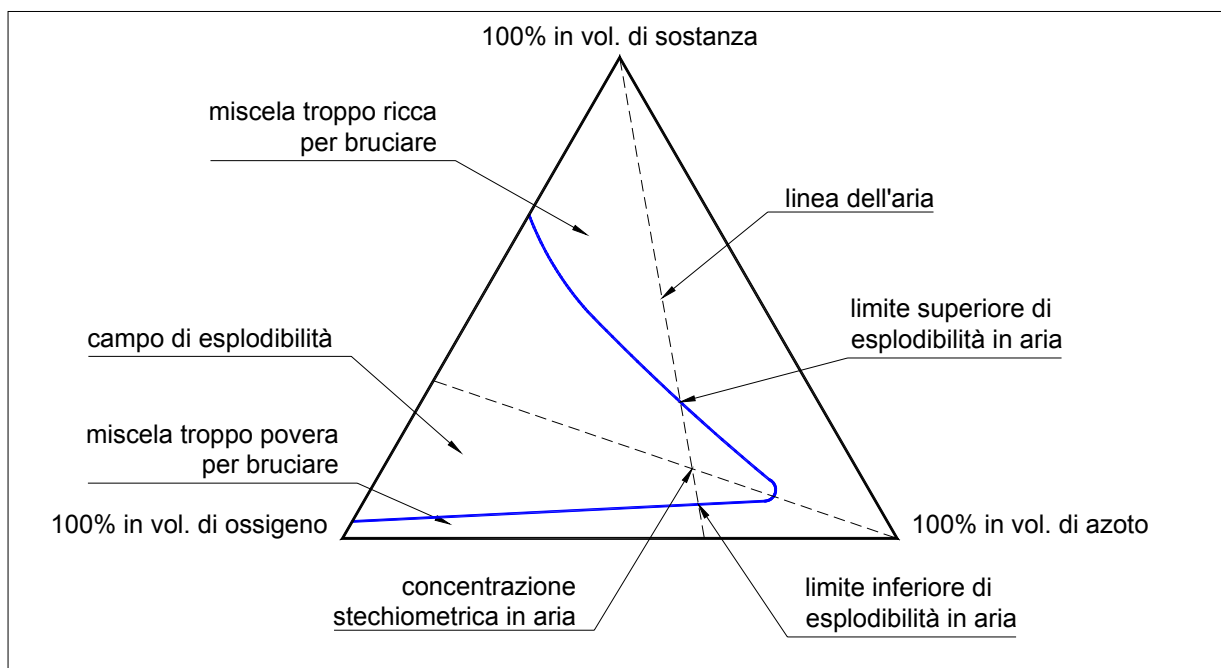
9. INERTIZZAZIONE DELL'ATMOSFERA DI UN AMBIENTE (locale o contenitore)

9.1 Generalità

L'inertizzazione è la tecnica con la quale avviene la sostituzione parziale o totale del comburente (di solito l'ossigeno dell'aria) presente nell'atmosfera di un ambiente, sia esso un locale o un contenitore di sostanze infiammabili, con un gas inerti (es. azoto, biossido di carbonio, gas nobili). Quando l'atmosfera è inerte il comburente è insufficiente o manca del tutto, cioè manca una delle cause necessarie per la formazione di atmosfere esplosive pericolose.

L'atmosfera normale contiene il 21 % circa di ossigeno, ad essa è fatto riferimento per la definizione dei limiti di esplodibilità in aria di un gas o un vapore infiammabile o una polvere combustibile (LEL e UEL). Quando la percentuale di ossigeno nell'atmosfera scende progressivamente a valori inferiori, il limite inferiore d'infiammabilità (LEL) si alza (solo un poco), ed il limite superiore (UEL) si abbassa progressivamente fino ad incontrare la curva del limite inferiore, ad un valore al di sotto del quale l'atmosfera non è più esplosiva, si dice allora che l'atmosfera è inerte, fig. 9.1-1.

Fig. 9.1-1 Campo di esplodibilità di una sostanza in funzione della concentrazione di ossigeno nell'atmosfera a temperatura e pressione ordinarie



Per l'esatta determinazione di questa misura di protezione deve essere nota la concentrazione massima di ossigeno con la quale non può più avvenire alcuna *esplosione* (*concentrazione limite di ossigeno*), 5.5.18.

La *concentrazione massima ammissibile di ossigeno* deriva dalla concentrazione limite di ossigeno dedotta di un margine di sicurezza. In caso di rapida variazione della concentrazione o di una notevole diversità di concentrazione nelle diverse parti dell'impianto si impone un ampio margine di sicurezza. Vanno considerati inoltre eventuali errori di manipolazione e difetti nel funzionamento delle apparecchiature. Si deve inoltre considerare l'intervallo di tempo necessario perché diventino efficaci le misure di protezione scattate, ovvero le funzioni di emergenza.

I provvedimenti di inertizzazione dell'atmosfera di un ambiente sono sistemi di sicurezza contro le esplosioni, pertanto devono possedere i seguenti requisiti:

- la loro efficacia (la concentrazione massima ammissibile di ossigeno) deve essere controllata e sorvegliata;
- deve essere presa in considerazione la classificazione immediatamente al di fuori del punto di scarico del sistema di aspirazione;
- devono essere eseguite verifiche e interventi di manutenzione volti a mantenere i requisiti di inertizzazione;

NOTA Si ricorda che l'usura è nella natura delle cose, ma ad essa si sopperisce con una buona manutenzione. Un sistema di inertizzazione che non viene riparato non deve essere considerato un sistema di sicurezza contro le esplosioni.

- devono essere presi provvedimenti in caso di interruzione dell'inertizzazione.

L'ambiente circostante gli ambienti o i contenitori inertizzati deve essere classificato anche in assenza dell'inertizzazione se questa non è sufficientemente affidabile.

9.2 Requisiti dell'inertizzazione

L'inertizzazione dell'atmosfera, es. un reattore o un serbatoio, può essere attuata con un flusso continuo di gas inerte o con il ricambio dell'atmosfera interna. Generalmente, il volume di gas inerte necessario per l'inertizzazione è pari a 4 ÷ 5 volte il volume libero interno.

9.2.1 Disponibilità dei sistemi di inertizzazione

L'affidabilità dell'inertizzazione è fondamentale per la sicurezza contro le esplosioni, essa dipende essenzialmente dalla sua disponibilità e dalle sue caratteristiche costruttive, in particolare quelle del sistema di controllo della concentrazione di ossigeno nell'atmosfera.

La disponibilità dei sistemi di inertizzazione ha influenza sulla presenza o formazione di atmosfere esplosive e deve essere presa in considerazione per determinare il tipo o i tipi di zone pericolose.

Si considerano i seguenti tre LIVELLI di disponibilità :

Buona

Quando è attiva in pratica con continuità.

Adeguate

Quando è attiva durante il funzionamento normale. Sono ammesse delle interruzioni purché siano poco frequenti e per brevi periodi.

Scarsa

Quando non risponde ai requisiti di adeguata o buona, anche se non sono previste interruzioni per lunghi periodi.

NOTA In pratica un sistema di inertizzazione con disponibilità SCARSA non dovrebbe essere considerato ai fini della sicurezza contro le esplosioni.

Un sistema artificiale di inertizzazione che non risponde nemmeno ai requisiti previsti dalla scarsa disponibilità non deve essere considerato.

Nel valutare la disponibilità dei sistemi di inertizzazione, deve essere considerata l'affidabilità delle apparecchiature e del gas inertizzante. La disponibilità buona richiede normalmente, in caso di interruzione del servizio, l'adozione di sistemi di protezione sostitutivi. Tuttavia se vengono presi dei provvedimenti per prevenire l'emissione nell'ambiente della sostanza infiammabile quando viene meno l'inertizzazione (per esempio mediante arresto automatico del processo), non è necessario modificare la classificazione determinata con l'inertizzazione in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Come gas inerti si impiegano normalmente azoto, biossido di carbonio, gas nobili (es. elio), gas di combustione e vapore acqueo. Quando si utilizza il vapore acqueo per l'inertizzazione deve essere considerato l'effetto della condensazione.

La scelta della sostanza inerte deve essere eseguita considerando che essa non deve reagire con la sostanza infiammabile.

L'inertizzazione con gas di solito può essere effettuata solo in ambienti chiusi (locali o contenitori) non accessibili all'uomo, in cui sia possibile solo uno scambio di volume gassoso relativamente ridotto per unità di tempo. Se il gas inerte fuoriesce accidentalmente dall'ambiente chiuso, vi possono essere dei rischi per i lavoratori, dovuti alla mancanza di ossigeno (pericolo di soffocamento). Se come gas inerti si usano gas di scarico di combustione, in caso di fuoriuscita dall'ambiente inertizzato si può verificare un avvelenamento dei lavoratori.

9.2.2 Verifiche

Prima di mettere in servizio un sistema di inertizzazione, si deve esaminare la documentazione tecnica e, se necessario, effettuare verifiche e prova.

9.2.3 Contrassegni

Tutti gli ambienti inertizzati devono essere segnalati con l'indicazione seguente o un'altra equivalente:

ATTENZIONE – CONTENITORE (o locale) PROTETTO CON INERTIZZAZIONE

9.2.4 Istruzioni

Devono essere predisposte apposite Istruzioni per l'uso e la manutenzione.

9.2.5 Concentrazione volumetrica massima ammissibile di ossigeno

La concentrazione volumetrica massima di ossigeno per prevenire l'innescio di atmosfere con polveri combustibili di alcune sostanze, utilizzando azoto come inertizzante, è riportata nella Tabella 9.2-1; i valori indicati sono tratti dalla letteratura tecnica e non sono garantiti. Inoltre essi possono variare in considerazione della purezza dell'azoto, del gas o vapore infiammabile e della temperatura ambiente. Nei casi dubbi, ridurre ulteriormente la percentuale di ossigeno (es. 75% del valore indicato).

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Tabella 9.2-1 - Concentrazione volumetrica massima di ossigeno per prevenire l'innesco di atmosfere con gas o vapori in infiammabili, utilizzando azoto come inertizzante.

Gas o vapore	Percentuale di ossigeno	Gas o vapore	Percentuale di ossigeno
Acetone	11,0%	Etilene	9,0%
Alcool etilico	8,0%	Esano	9,5%
Alcool metilico	8,0%	Gas naturale	9,5%
Benzene	9,0%	Idrogeno	4,0%
Benzine	9,5%	Idrogeno solforato	6,0%
Butadiene	8,0%	Isopentano	9,5%
Butano e Isobutano	9,5%	JP-1	8,5%
Butene	9,0%	JP-3	9,5%
Ciclopropano	9,0%	JP-4	9,0%
Dimetilbutano	9,5%	Kerosene	9,0%
Eptano	9,0%	Metano	9,5%
Esano	9,5%	Monossido di carbonio	4,5%
Etano	8,5%	Pentano	9,0%
Etanolo	9,5%	Propilene	9,0%
Etere etilico	8,5%	Solfuro di carbonio	4,0%

9.3 Influenza sui tipi di zona dei sistemi di inertizzazione

L' influenza dei sistemi di inertizzazione sui tipi di zone nell'ambiente circostante è riassunto nella tabella 9.3-1, i provvedimenti da adottare nella messa in servizio e in caso di interruzione del servizio di inertizzazione sono riportati nella Tabella 9.3-2.

TABELLA 9.3 -1 Influenza dei sistemi di inertizzazione sui tipi di zone

Grado della emissione (2)	Disponibilità del sistema di inertizzazione		
	Buona	Adeguate	Scarsa
Continuo	(Zona 20 NE) (1) + Zona non pericolosa 22	(Zona 20 NE) (1) + Zona 21	Zona 20
Primo	(Zona 21 NE) Zona non pericolosa (1)	(Zona 21 NE) Zona 22 (1)	Zona 21
Secondo	(Zona 22 NE) Zona non pericolosa (1)	(Zona 22 NE) Zona non pericolosa (1)	Zona 22
(1) Zona 20 NE, 21 NE o 22 NE indicano una zona teorica dove, in condizioni normali, l'estensione è trascurabile.			
(2) Il grado dell'emissione deve essere considerato come emissione dal sistema di contenimento in assenza dell'inertizzazione.			

TABELLA 9.3-2 Provvedimenti da adottare in caso di interruzione del servizio di inertizzazione

Tipo di Zona in assenza di inertizzazione	Classificazione dei prodotti secondo il DPR 126/98 (direttiva 94/9/CE)		
	Prodotti II 2G (adatti per Zona 1)	Prodotti II 3G (adatti per Zona 2)	Prodotti non adatti per Zone pericolose
Zona 1	Nessun provvedimento	Allarme (1), più Azione immediata per ripristinare l'inertizzazione, più Messa fuori servizio programmata dei prodotti (2)	Allarme (1), più Azione immediata per ripristinare l'inertizzazione, più Messa fuori servizio automatica dei prodotti il più presto possibile (3)
Zona 2	Nessun provvedimento	Nessun provvedimento	Allarme (1), più Azione immediata per ripristinare l'inertizzazione, più Messa fuori servizio programmata dei prodotti il più presto possibile (2)

(1) Allarme ottico e acustico, quest'ultimo tacitabile e non disinseribile.
(2) Il tempo deve essere stabilito considerando una fermata programmata e in sicurezza (generalmente non maggiore di 30 min); il tempo può anche essere prolungato purché si accerti l'assenza di atmosfera esplosiva pericolosa.
(3) Il tempo deve essere generalmente non maggiore di 15 s); il tempo può anche essere prolungato purché si accerti l'assenza di atmosfera esplosiva pericolosa.

Nelle zone pericolose esterne all'ambiente inertizzato, stabilite in assenza della depressione, ved. la Tabella 9.3-1, prima di mettere in servizio per la prima volta i prodotti non rispondenti al DPR 126/98 (direttiva 94/9/CE) ed i relativi sistemi e prima di rimetterli in servizio dopo la messa fuori servizio automatica o programmata come indicato nella Tabella 9.3-2, si deve assicurare che l'atmosfera esterna all'ambiente inertizzato non sia pericolosa, ved. nota (1), oppure procedere a un *lavaggio* di durata sufficiente a rendere non pericolosa l'atmosfera stessa, ved. nota (2);

- NOTA (1) Un'atmosfera è considerata non pericolosa quando la concentrazione di sostanza infiammabile non raggiunge il 30% LEL_v .
L'ubicazione dei punti di misura deve essere scelta attentamente per rilevare la più alta concentrazione di sostanza infiammabile.
(2) L'immissione dell'aria deve essere effettuata in modo da favorire l'uniforme diluizione delle sostanze infiammabili eventualmente presenti, tenendo conto della loro granulometria. In generale, il volume di aria di protezione necessario per il lavaggio è calcolato in almeno 5 volte il volume libero interno del locale o contenitore e dei condotti annessi.

Tutti i prodotti installati nelle zone pericolose esterne all'ambiente inertizzato stabilite in assenza di inertizzazione, che devono rimanere o essere messi in tensione in assenza dell'inertizzazione, (particolarmente quelli che assicurano l'inertizzazione, l'illuminazione e le telecomunicazioni essenziali) devono essere rispondenti al DPR 126/98 (direttiva 94/9/CE); essi ed i relativi sistemi devono essere adatti all'utilizzo nella zona che corrisponde alla qualifica del locale in assenza di inertizzazione come indicati nella Tabella 9.3-1.

L'allarme ottico e/o acustico deve essere installato in luogo sempre presidiato, in posizione immediatamente percettibile dal personale addetto, che eseguirà le azioni necessarie.

Il buon funzionamento dell'inertizzazione deve essere controllato mediante uno o più dispositivi di controllo della concentrazione massima ammissibile di ossigeno.

Nei casi in cui si voglia mantenere la continuità del servizio dei prodotti installati nelle zone pericolose esterne all'ambiente inertizzato stabilite in assenza dell'inertizzazione, può essere consigliabile prevedere due sorgenti di gas inerte, una di riserva all'altra. In questo caso, ogni sorgente deve essere in grado di mantenere da sola la concentrazione di ossigeno al di sotto della concentrazione massima ammissibile di ossigeno.

APPENDICI

APPENDICE GA

ELENCO DI SOSTANZE INFIAMMABILI O COMBUSTIBILI E VALORI ORIENTATIVI DELLE LORO CARATTERISTICHE SIGNIFICATIVE

GA.1. Premessa

I contenuti della presenta Appendice non devono essere applicati in modo acritico, ma devono essere correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso, considerando le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze effettivamente presenti nel luogo considerato.

Nella Tabella GA-2 seguente sono elencate sostanze infiammabili che, sotto forma di vapori, gas o nebbie, possono determinare con l'aria atmosfere pericolose. Per ciascuna sostanza sono riportati i valori delle caratteristiche significative ai fini della classificazione dei luoghi pericolosi (v. 5.5); le composizioni delle sostanze possono essere sensibilmente variabili in funzione della produzione specifica; il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi deve accertarne la effettiva corrispondenza con quelle della Tabella GA-2, avvalendosi della eventuale collaborazione di persone a conoscenza delle loro caratteristiche (es. chimico).

La Tabella GA-2 non è esaustiva; nella realtà impiantistica possono esistere numerose sostanze infiammabili e loro miscele non ivi incluse; anche in questo caso, il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi deve individuarne le caratteristiche, con la eventuale collaborazione di persone esperte (es. chimico).

Particolarmente quando le sostanze infiammabili sono più di una, dovrebbe esserne preparato un elenco utilizzando un apposito foglio dati di cui un esempio è riportato nella Tabella C.1 della Norma CEI EN 60079-10.

Si ricorda che la *Stazione Sperimentale per i combustibili - Viale De Gasperi, 3 - San Donato Milanese (MI)* ha competenze specifiche per le sostanze infiammabili.

Le sostanze infiammabili sono classificate secondo la direttiva 67/548/CEE e successive modifiche. Le informazioni riguardanti l'infiammabilità delle sostanze possono essere ricavate dall'etichetta presente sul contenitore e/o la scheda informativa di sicurezza, in lingua italiana, fornita dal fabbricante, dove devono comparire le Frasi di rischio (Codice R) e l'apposito simbolo, di cui al Decreto Ministeriale del 28-04-1997 "*Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose - Requisiti generali per la classificazione e l'etichettatura di sostanze e preparati pericolosi*".

Le sostanze sono contraddistinte anche con il numero di identificazione CAS (Chemical Abstracts Service) che ne facilita l'individuazione.

Un esempio di classificazione delle sostanze infiammabili secondo la direttiva 67/548/CEE è riportato nella Tabella GA-1 seguente.

Tabella GA-1 Classificazione delle sostanze infiammabili secondo la direttiva 67/548/CEE

Classificazione	Frase di rischio	Descrizione	Simbolo
Infiammabile	R10 infiammabile	Sostanze e preparati liquidi con temperatura d'infiammabilità $T_i \geq 21\text{ °C}$ e $\leq 55\text{ °C}$. NOTA Queste sostanze possono essere infiammabili o non infiammabili, cioè essere o meno in grado di formare atmosfere esplosive, in relazione alla massima temperatura ambiente e ad eventuali riscaldamenti.	- più apposita figura che simboleggia una <i>fiamma</i> , riportata nell'etichetta.
	R18 infiammabile	Preparati che durante l'uso possono formare con aria miscele esplosive/infiammabili. Nota: Questa frase di rischio comprende preparati che non sono classificati infiammabili in quanto tali ma che contengono componenti volatili infiammabili all'aria.	
Facilmente infiammabile	R11 facilmente infiammabile	Sostanze e preparati liquidi con temperatura d'infiammabilità $T_i \geq 0\text{ °C}$ e $\leq 21\text{ °C}$. Nota: Questa frase di rischio comprende anche sostanze solide che possono facilmente incendiarsi a seguito di un breve contatto con una sorgente di accensione e continuano a bruciare dopo l'allontanamento di tale sorgente; tali sostanze non sono di interesse ai fini della formazione di atmosfere esplosive.	F più apposita figura che simboleggia una <i>fiamma</i> , riportata nell'etichetta.
	R15 a contatto con l'acqua o con l'aria umida, libera gas estremamente infiammabile	Sostanze e preparati che a contatto con l'acqua o con l'aria umida, libera gas estremamente infiammabili in quantità pericolose ($\geq 1\text{ dm}^3/\text{kg}$ all'ora).	
Estremamente infiammabile	R12 estremamente infiammabile	Sostanze e preparati liquidi con temperatura d'infiammabilità $T_i < 0\text{ °C}$ o una temperatura di ebollizione, o iniziale di ebollizione, $T_b \leq 35\text{ °C}$. Nota: Questa frase di rischio comprende anche sostanze allo stato gassoso che si infiammano a contatto con l'aria a temperatura e pressione ordinarie; tali sostanze non sono di interesse ai fini della formazione di atmosfere esplosive.	F+ più apposita figura che simboleggia una <i>fiamma</i> , riportata nell'etichetta.

Tabella GA-2
ELENCO DI SOSTANZE INFIAMMABILI O COMBUSTIBILI E VALORI ORIENTATIVI
DELLE LORO CARATTERISTICHE SIGNIFICATIVE
(vedere le Note riportate alla fine della Tabella e il par. 5.5)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
1	Acetale	CH ₃ CH(OC ₂ H ₅) ₂	105-57-7	-21	4,1	821	0,019	(29)	2010	3,40 · 10 ⁵	118,17	1,60	10,40	102	2 660	7 900	230	IIAT3
2	Acetato di amile	CH ₃ COOC ₅ H ₁₁	628-63-7	16	4,49	922	0,023	(29)		3,25 · 10 ⁵	130,18	1,10	7,50	149	505	1 600	360	IIAT2
3	Acetato di butilcellosolve	C ₄ H ₉ O(CH ₂) ₂ OOCCH ₃	112-07-2	82	5,52	909	0,020	(29)			118,17-			171,2				
4	Acetato di butile-n	CH ₃ COOC ₄ H ₉	123-86-4	22	4	882	0,024	(29)	1960	3,60 · 10 ⁵	116,16	1,70	7,60	125	1 064	3 300	425	IIAT2
5	Acetato di cellosolve	CH ₃ COO(CH ₂) ₂ OC ₂ H ₅	111-15-9	46	4,72	975	0,025	(29)			132,16	1,71		156,3			380	(IIA)T2
6	Acetato di cicloesile	CH ₃ COOC ₆ H ₁₁	622-45-7	58	4,90	985	0,022	(29)			142,22			177			335	(IIA)T2
7	Acetato di esile	(CH ₃) ₂ CH(CH ₂) ₃ OOCCH ₃	108-84-9	45	4,97	890	0,022	(29)			144,21			141				
8	Acetato di etile	CH ₃ COOC ₂ H ₅	141-78-6	- 4	3,04	901	0,031	1,14	2 010	4,27 · 10 ⁵	88,1	2,00	11,50	77,1	9 480	24 400	426	IIAT2
9	Acetato di isoamile	CH ₃ COOCH ₂ CH ₂ CH(CH ₃) ₂	123-92-2	23	4,49	922	0,023	(29)		3,34 · 10 ⁵	130,18	1	10,00	142	532	1 740	360	IIAT2
10	Acetato di isobutile	CH ₃ COOCH ₂ CH(CH ₃) ₂	110-19-0	18	4	871	0,025	(29)	2010	3,40 · 10 ⁵	116,6	1,30	10,50	118	1 973	5 546	420	IIAT2
11	Acetato di isopropile	CH ₃ COOCH(CH ₃) ₂	108-21-4	4	3,52	874	0,028	(29)	1950	3,50 · 10 ⁵	103,13	1,80	8,00	88,4		16 200	467	IIAT1
12	Acetato di metilcellosolve	CH ₃ OCH ₂ CH ₂ CO ₂ CH ₃	110-49-6	44	4,07	1 000	0,030	(29)				1,70	8,20					(IIAT2)
13	Acetato di metile	CH ₃ COOCH ₃	79-20-9	-10	2,56	924	0,035	1,14	1920	4,10 · 10 ⁵	74,08	2,80	25,00	57,1	22 173	53 320	502	IIAT1
14	Acetato di propile	C ₃ H ₇ OOCCH ₃	109-60-4	10	3,5	886	0,028	(30)	1920	3,35 · 10 ⁵	102,13	1,70	8,00	101,6	3 333	9 266	430	IIAT2

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

15	Acetato di vinile	$\text{CH}_2\text{:CHOOCCH}_3$	108-05-4	- 8	3	932	0,031	1,1	1 900	$3,79 \cdot 10^5$	86,09	2,60	13,40	72,3	11 473	28 912	425	IIAT2
16	Acetilacetone	$\text{CH}_2\text{COCH}_2\text{COCH}_3$	123-54-6	33,5	3,4	1 000	0,030	(29)		$3,90 \cdot 10^5$	100,11	1,70		140	1 096	3 100	340	IIAT2
17	Acetilene	C_2H_2	74-86-2	< 0	0,9		0,059	1,26	2 690	$6,30 \cdot 10^5$	26,04	2,30	100,00	-85	4 165 000	6 045 000	305	IICT2
18	Acetofenone	$\text{CH}_3\text{COC}_6\text{H}_5$	98-86-2	77	4,1	1 000	0,024	(29)		$3,60 \cdot 10^5$	120,15			202	130	420	535	IIAT1

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
19	Acetoncianidrina	(CH ₃) ₂ C (OH) CN	75-86-5	74	2,9	900	(28)	(29)				2,2	12	120			686	IAT1
20	Acetone	CH ₃ COCH ₃	67-64-1	- 20	2	792	0,037	1,14	2 200	5,36 · 10 ⁵	58,08	2,5	13,00	56,5	23 117	54 942	465	IAT1
21	Acetonilacetone	(CH ₂ COCH ₃) ₂	110-13-4	79	3,94	1 000	(28)	(29)	2080					192	8 500	23 000	497	IAT1
22	Acetonitrile	CH ₃ CN	75-05-8	6	1,4	783	0,046	1,19	2 265	7,65 · 10 ⁵	41,05	3	16,00	81,6	9 223	22 653	523	IAT1
23	Acido acetico(glaciale)	CH ₃ COOH	64-19-7	39	2,07	1 049	0,048	1,15	2 031	4,05 · 10 ⁵	60,05	4,00	17,00	118,1	6 565	13 591	463	IAT1
24	Acido butirrico-n	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	107-92-6	71	3,04	964	0,030	(29)	1640		88,10	2,00	10,00	163,5	130		443	IAT2
25	Acido cianidrico	HCN	74-90-8	-18	0,9	697	0,063	1,31	2 650	9,33 · 10 ⁵	27,02	5,60	40,00	25,9	82 017	161 857	538	IIBT1
26	Acido cresilico	C ₆ H ₄ OHCH ₃	1319-77-3	81	3,7	1 092	0,026	(29)			138,16	1,40	11,00	220	130		555	IAT1
27	Acido formico (5)	HCOOH	64-18-6	42	1,6	1 220	0,051	1,23	2 180	5,03 · 10 ⁵	46,03	18,00	57,00	100,8	11 015	21 693	520	IAT1
28	Acrilonitrile	CH ₂ :CHCN	107-13-1	0	1,83	811	0,039	1,15	2 010	6,16 · 10 ⁵	53,06	3,00	17,00	76	11 800	24 670	481	IIBT1
29	Acroleina	CH ₂ :CHCHO	107-02-8	-26	1,94	841	0,038	1,15	1 500	5,02 · 10 ⁵	56,06	2,80	31,00	52,5	29 697	64 767	220	IIBT3
30	Alcool allilico	CH ₂ :CHCH ₂ OH	107-18-6	21	2	854	0,037	(29)	2390	7,50 · 10 ⁵	58,08	2,50	18,00	96,6	2 460	8 000	378	IIBT2
31	Alcool primario amilico	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	71-41-0	33	3,04	817	0,026	(29)	2 345	6,00 · 10 ⁵	88,15	1,20	10,50	137,9	380	1 410	300	IAT3
32	Alcool secondario amilico	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH(OH)CH ₃	584-02-1	34	3,04	819	0,028	(29)		5,90 · 10 ⁵	88,15	1,20	9,00	113	612	2 500	343	IAT2
33	Alcool terziario amilico	CH ₃ CH(CH ₃) ₂ COH	75-85-4	19	3,03	809	0,028	(29)		5,20 · 10 ⁵	88,15	1,20	9,00	102	1 682	5 700	435	IAT2
34	Alcool benzilico	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	100-51-6	93	3,7	1 043	0,025	(29)			108,13			204,7	130		435	IAT2
35	Alcool butilico - n	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ OH	71-36-3	29	2,55	810	0,032	1,10	2 437	5,91 · 10 ⁵	74,12	1,40	11,20	117	584	2 734	340	IAT2
36	Alcool secondario butilico	CH ₃ CH ₂ CH(OH)CH ₃	78-92-2	24	2,55	808	0,032	(29)	2660	5,78 · 10 ⁵	74,12	1,70	9,80	99,5	1 160	4 388	390	IAT2

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

37	Alcool butilico terziario	$(\text{CH}_3)_2\text{COHC}_3$	75-65-0	11	2,55	779	0,028	(29)	5520	$6,00 \cdot 10^5$	74,12	2,30	8,00	82,9	4 160	13 500	478	IIAT2
38	Alcool esilico - n	$\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$	11-27-3	64	3,53	820	0,026	(29)			102,17			157,2	130			IIA
39	Alcool etilico (6)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	64-17-5	12	1,59	789	0,043	1,13	2 700	$8,41 \cdot 10^5$	46,07	3,50	15,00	78,4	6 055	18 263	363	IIAT2
40	Alcool furfurilico	$\text{C}_4\text{H}_3\text{OCH}_2\text{OH}$	98-00-0	75	3,37	1 129	0,029	(29)	2080		98,10	1,80	16,30	169,5	130		370	IIBT2

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
41	Alcool isoamilico primario	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ OH	123-51-3	43	3,04	813	0,028	(29)		5,60 · 10 ⁵	88,15	1,20	9,00	132	372	1 400	340	IAT2
42	Alcool isobutilico	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	78-83-1	27	2,55	805	0,031	1,12	1 795	5,78 · 10 ⁵	74,12	1,68	10,90	107	1 232	3 883	408	IAT2
43	Alcool isopropilico	(CH ₃) ₂ CHOH	67-63-0	11	2,1	789	0,036	1,15	2 429	6,88 · 10 ⁵	60,09	2,00	12,70	82,5	4 201	12 298	400	IAT2
44	Alcool metilamilico	CH ₃ (CH ₂) ₂ CHC ₃ H ₇ OH	108-11-2	41	3,5	-	0,024	(29)		4,90 · 10 ⁵	102,2	1,00	5,50	131,8	372	1 400		(IAT3)
45	Alcool metilico (Metanolo)	CH ₃ OH	67-56-1	11	1,11	792	0,057	1,20	2 500	11,00 · 10 ⁵	32,04	6,00	36,00	64,7	13 371	35 986	464	IAT1
46	Alcool ottilico-n	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₂ OH	111-87-5	81	4,48	827	0,022	(29)			130,22			194	19			(IAT3)
47	Alcool propilglicico	CH=CCH ₂ OH	107-19-7	36	1,93	970	0,038	(29)			56,06			114,15				(IAT3)
48	Alcool propilico	CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	71-23-8	15	2,07	804	0,036	1,15	2 450	6,88 · 10 ⁵	60,09	2,10	13,50	97,8	2 222	7 419	371	IAT2
49	Alcool tetraidrofurfurilico	C ₄ H ₇ OCH ₂ OH	97-99-4	70	3,52		0,028	(29)			102,13	1,50	9,70	178			280	IAT3
50	Aldeide acetica	CH ₃ CHO	75-07-0	- 38	1,52	783	0,045	1,14	2 038	5,70 · 10 ⁵	44,05	4,00	60,00	20,2	100 670	179 900	140	IAT3
51	Aldeide butirrica	CH ₃ (CH ₂) ₂ CHO	123-72-8	- 16	2,48	817	0,032	(29)			72,10	1,40	12,50	75,7			191	IAT4
52	Aldeide crotonica	CH ₂ (CH) ₂ CHO	4170-30-3	13	2,41	853	0,033	(29)		5,00 · 10 ⁵	70,09	2,10	15,50	102,2	4 256	11 000	280	IAT3
53	Aldeide dicloroacetica	CHCl ₂ CHO	79-02-7	60	3,9		0,031	((29)			112,94			88				(IAT4)
54	Aldeide formica	CH ₂ O	50-00-0	< 0	1,035	815	0,060	1,32	3 050	7,80 · 10 ⁵	30,03	7,00	73,00	- 21	451 850	828 849	424	IAT2
55	Aldeide isobutirica	(CH ₃) ₂ CHCHO	78-84-2	< 0	2,49	794	0,032	(29)			72,10	1,60	10,60	64			196	IAT4
56	Aldeide ottilica	C ₇ H ₁₅ CHO	124-13-0	52	4,42		0,023	(29)			128,2			163,4				(IAT4)
57	Aldolo	CH ₃ CH(OH)CH ₂ CHO ₂	107-81-9	66	3,04	1 103	0,030	(29)			88,10			83			245	IAT3
58	Amilene	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH:CH ₂	109-76-1	< 0	2,42	644	0,030	(29)		3,40 · 10 ⁵	70,13	1,40	8,70	30	73 290	> 101 300	273	(IAT)3

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

59	Amilmetilchetone	$\text{CH}_3\text{CO}(\text{CH}_2)_4\text{CH}_3$	110-43-0	49	3,94		0,028	(29)									533	IIAT1
60	Ammoniaca anidra (7)	NH_3	7664-41-7	< 0	0,6	682	0,092	1,31	4980	$13,70 \cdot 10^5$	17,03	15,00	28,00	-33,4	861 456	1 588 973	661	IIAT1
61	Anidride acetica	$(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$	108-24-7	49	3,52	1 082	0,031	1,15	2 638	$3,86 \cdot 10^5$	102,09	2,00	10,00	139,6	532	1 644	334	IIAT2

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
62	Anidride butirrica-n	(CH ₃ (CH ₂) ₂ CO) ₂ O	106-31-0	54	5,38	968	0,024	(29)			158,19	0,90	5,80	199,5	-		278	(IIA)T3
63	Anidride propionica	(CH ₃ CH ₂ CO) ₂ O	123-62-6	63	4,49	1 012	0,025	(29)			130,14	1,30	9,50	168,8	130		285	(IIA)T3
64	Anilina	C ₆ H ₅ NH ₂	62-53-3	70	3,22	1 022	0,030	(29)	2 064		93,12	1,30	11,00	184,4	133		615	IIAT1
65	Benzaldeide	C ₆ H ₅ CHO	100-52-7	64	3,66	1 046	0,027	1,10	1 792	3,62 · 10 ⁵	106,12	1,40		179	180	627	192	IIAT4
66	Benzine e nafte leggere (8)	-	8032-32-4	< 0	≥ 2,5	650	(28)	(29)	2 100	3,40 · 10 ⁵	110	≥ 0,70	5,90	30-210 (8)	(8)	70 000 - 90 000 (8)	280	IIAT3
67	Benzoato di etile	C ₆ H ₅ CO ₂ C ₂ H ₅	93-89-0	88	5,17	1 052	0,023	(29)	1 612		150,17	1,00		211	2 394		490	IIAT1
68	Benzoato di metile	C ₆ H ₅ CO ₂ CH ₃	93-58-3	83	4,69	1 087	0,025	(29)	1 549		136,14			198	4 921			(IIBT??)
69	Benzoato di isopropile	C ₆ H ₅ CO ₂ CH(CH ₃) ₂	939-48-0	99	5,67	1 010	0,022	(29)			164,20			218,5	-			-
70	Benzolo (Benzene)	C ₆ H ₆	71-43-2	- 11	2,67	879	0,027	1,10	1 750	3,94 · 10 ⁵	78,114	1,30	7,90	80,1	9 935	24 551	498	IIAT1
71	Borneolo (iso)	C ₁₀ H ₁₇ OH	507-70-0	66	5,31	1 011	0,020	(29)			154,24			212 sublima	-			(IIAT??)
72	Bromobenzene	C ₆ H ₅ Br	180-86-1	51	5,41	1 495	0,027	(29)	967	2,60 · 10 ⁵	157,02		-	156,2	500	1 500	565	IIAT1
73	Bromuro di allile	CH ₂ :CHCH ₂ Br	106-95-6	< 0	4,17	1 400	0,035	(29)			120,99	4,40	7,30	70			295	T3
74	Bromuro di butile (iso)	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ Br	109-65-9	18	4,72	1 258	0,030	(29)			137,03	2,60	6,60	91,5			265	IIAT3
75	Bromuro di etile	C ₂ H ₅ Br	74-96-4	< 0	3,76	1 431	0,040	(29)	885	2,40 · 10 ⁵	108,98	6,70	11,30	38,4	53 800	106 600	511	IIAT1
76	Butadiene 1,2	CH ₂ :CHCH:CH ₂	590-19-2	< 0	1,87	621	0,035	1,10	2 350	4,20 · 10 ⁵	54,09	2,00	12,00	18,5			430	IIBT2
77	Butadiene 1,3	CH ₂ :CHCH:CH ₂	106-99-0	< 0	1,87	621	0,035	1,10	2 350	4,20 · 10 ⁵	54,09	2,00	12,00	-4,5	240 000	434 143	430	IIBT2
78	Butano	C ₄ H ₁₀	106-97-8	- 60	2,05	600	0,033	1,11	2 300	3,84 · 10 ⁵	58,12	1,50	8,50	-0,60	205 380	369 120	287	IIAT3
79	Butene - 1	CH ₃ CH ₂ CH:CH ₂	106-98-9	< 0	1,93	-	0,034	1,10	2 343	3,90 · 10 ⁵	56,11	1,60	10,00	-6,3	250 000	439 458	384	IIAT2

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

80	Butene - 2 (trans)	CH ₃ CH:CHCH ₃	624-64-6	< 0	1,93	-	0,034	(29)			56,11	1,80	9,70	2,5	200 000	350 000	325	IIAT2
81	Butilacrilato	CH ₂ CHCOOC ₄ H ₉	141-32-2	38	4,41		0,024	(29)			128,17	1,50	9,90	147,4			268	IIBT3
82	Butilammina	C ₄ H ₉ NH ₂	109-73-9	- 12	2,52	724	0,031	(29)	2450		73,14	1,70	9,80	66			312	IIAT2

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
83	Butilbenzene	C ₆ H ₅ CH ₂ CH ₂ CH ₂ CH ₃	104-51-8	71	4,62		0,022	(29)			134,22	0,80	5,80	182,1			410	IIAT2
84	Butilbenzene secondario	C ₆ H ₅ CH(CH ₃)C ₂ H ₅	135-98-8	52	4,62		0,022	(29)			134,22	0,80	6,90	173,5			385	T2
85	Butilcellosolve	CH ₂ OHCH ₂ OC ₄ H ₉	111-76-2	61	4,07	903	0,025	(29)			118,18	1,10	10,60	171,2			239	T3
86	Butirrato di etile	CH ₃ CH ₂ CH ₂ COOC ₂ H ₅	105-54-4	26	4	871	0,025	(29)			116,16			120			463	T1
87	Butirrato di metile	CH ₃ COOC ₃ H ₇	623-42-7	14	3,52	898	0,028	(29)			102,13			102,3				-
88	Canfora	C ₁₀ H ₁₆ CO	76-22-2	66	5,24	1 000	0,020	(29)			152,23	0,60	3,50	178			466	T1
89	Catrame di pino			54			(28)	(29)									355	T2
90	Cellosolve	C ₂ H ₅ O(CH ₂) ₂ OH	110-80-5	40	3,1	931	0,030	(29)			90,12	1,70	15,70	135,1			240	IIAT3
91	Celluloide	miscela nitrocellulosa-canfora	8050-88-2	80 - 100			(28)	(29)									130	T5
92	Ciclobutano	CH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₂	287-23-0	< 0	1,93		0,034	(30)			56,10	1,80	-	12,9	> 101 300	> 101 300		IIA
93	Cicloesano	CH ₂ (CH ₂) ₄ CH ₂	110-82-7	< 0	2,9	800	0,027	1,08	1 742	3,92 · 10 ⁵	84,16	1,20	8,30	80,1	10 241	21 661	259	IIAT3
94	Cicloesanololo	C ₆ H ₁₁ OH	108-93-0	68	3,45	1 000	0,026	1,10	1 742	4,53 · 10 ⁵	100,16	1,20	11,10	160	110	464	300	IIAT3
95	Cicloesanone	CH ₂ (CH ₂) ₄ CO	108-94-1	43	3,38	900	0,027	(29)	1860		98,14	1,00	9,40	155	520	1 500	419	IIAT2
96	Cicloesene	CH:CH(CH ₂) ₄	110-83-8	- 17	2,83	800	0,028	(29)		4,10 · 10 ⁵	82,14	1,20	4,80	83,3	8 911	24 600	244	IIAT3
97	Cicloesilammina	C ₆ H ₁₁ NH ₂	108-91-8	21	3,42	900	0,026	(29)			99,17	1,60	9,40	134,17			293	IIAT3
98	Ciclopentano	CH ₂ (CH ₂) ₃ CH ₂	287-92-3	< 0	2,4	700	0,030	(29)	1840	4,10 · 10 ⁵	70,13	1,40	-	49,3	34 600	73 000	320	IIAT2
99	Ciclopropano	C ₃ H ₆	75-19-4	< 0	1,45		0,041	(29)			42,08	2,40	10,40	< 0	> 101 300	>101 300	498	IIAT1
100	Cimene (p)	CH ₃ C ₆ H ₄ CH(CH ₃) ₂	99-87-6	47	4,62	900	0,022	(29)			134,22	0,70	6,50	176	130	520	436	IIAT2
101	Cloridrina etilenica anidra	HOCH ₂ CH ₂ Cl	107-07-3	56	2,78	1 213	0,035	(29)			80,515	4,90	15,90	128			416	IIAT2

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

102	Cloro-benzene	C ₆ H ₅ Cl	108-90-7	28	3,88	1 107	0,028	(29)	1 298	3,17 · 10 ⁵	112,56	1,30	9,60	132	1 170	3 400	637	IIAT1
103	Cloruro di acetile	CH ₃ COCl	75-36-5	- 4	2,7	1 105	0,036	(29)		3,80 · 10 ⁵	78,50	5,00	-	51	31 920	69 300	390	IIAT2

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. C_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (C_p / C_v)	Calore specifico a temperatura ambiente C_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b C_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
104	Cloruro di allile	CH ₂ :CHCH ₂ Cl	107-05-1	- 32	2,64	938	0,033	1,12	1 310	3,88 · 10 ⁵	76,53	2,90	11,10	45,6	39 235	83 258	390	IIAT2
105	Cloruro di amile	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ Cl	29656-63-1	9	3,7	878	0,026	(29)			106,60	1,60	8,60	108,4			255	IIAT3
106	Cloruro di amile terziario	CH ₃ CH ₂ CCl(CH ₃) ₂		< 0	3,7	871	0,026	(29)			106,60	1,50	7,40	85,7			343	IIAT2
107	Cloruro di benzile	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	100-44-7	60	4,36	1 100	0,024	(29)			126,58	1,10	-	179,4			585	IIAT1
108	Cloruro di butile	C ₄ H ₉ Cl	109-69-3	< 0	3,2	887	0,029	(29)			92,57	1,80	10,10	77,9	12 000	26 600	240	IIAT3
109	Cloruro di etile	C ₂ H ₅ Cl	75-00-3	< 0	2,22	971	0,037	1,19	1 784	3,80 · 10 ⁵	64,52	3,80	15,40	13	132 938	255 207	495	IIAT1
110	Cloruro di isopropile	(CH ₃) ₂ CHCl	75-29-6	< 0	2,71	859	0,032	(29)			78,54	2,80	10,70	36,5			593	IIAT1
111	Cloruro di metilallile	CH ₂ :C(CH ₃)CH ₂ Cl	563-47-3	< 0	3,1		(28)	(29)				3,20	8,10					
112	Cloruro di metile	CH ₃ Cl	74-87-3	< 0	1,78	952	0,045	1,27	1 595	4,29 · 10 ⁵	50,49	7,10	18,50	-24	505 000	853 263	625	IIAT1
113	Cloruro di propile	C ₃ H ₇ Cl	540-54-5	< 0	2,71	890	0,032	(29)			78,54	2,60	11,10	46,4			520	IIAT1
114	Cloruro di propilene (1,2 dicloropropano)	CH ₃ CHClCH ₂ Cl	78-87-5	15	3,9	1 159	0,029	(29)			112,99	3,40	14,50	96,8			557	IIAT1
115	Cloruro di vinile	CH ₂ CHCl	75-01-4	< 0	2,25	908	0,039	1,18	1 280	3,70 · 10 ⁵	62,50	3,60	33,00	-13	347 183	633 710	472	IIAT1
116	Creosolo (o)	CH ₃ C ₆ H ₄ OH	95-48-7	81	3,72	1 048	0,027	(29)			108,14	1,40		191			555	IIAT1
117	Creosolo (m,p)	CH ₃ C ₆ H ₄ OH	108-39-4 m 106-44-5 p	86	3,72	1 035	0,027	(29)			108,14	1,10		202			555	IIAT1
118	Creosoto		8001-58-9	74		> 1 000	(28)	(29)						194			336	T2
119	Crotonilene (dimetil-acetilene) (2-butyne)	CH ₃ -C≡C - CH ₃	503-17-3	< 0	1,91	690	(28)	(29)			-	1,40	-	27,2	-		-	
120	Cumene	C ₆ H ₅ CH(CH ₃) ₂	92-82-8	31	4,13	862	0,025	1,05	2 234	3,14 · 10 ⁵	120,19	0,88	6,50	152,4	459	1 494	424	IIAT2
121	Decalina	C ₁₀ H ₁₈	91-17-8	57	4,76	895	0,021	(29)	1650		138,25	0,70	4,90	190			250	IIAT3

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

122	Decano - n	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3$	124-18-5	46	4,9	730	0,020	(29)			142,28	0,80	5,40	174	360	600	201	IIAT3
123	1 - Decene	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CHCH}_2$	872-05-9	55	4,8	740	0,021	(29)			140,26			172			235	IIAT3
124	Diacetone alcool	$(\text{CH}_3)_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}_2\text{COCH}_3$	123-42-2	55	4	931	0,025	(29)	1910		116,16	1,80	6,90	167,9			603	(IIA)T1

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
125	1,2-Diclorobutano	CH ₂ ClCHClCH ₂ CH ₃	26761-81-9	40	4,4		0,026	(30)			127,02			161-3			275	IIAT3
126	Dibutilartrato	(CHOH - COOC ₄ H ₉) ₂		91	9,03	1 098	0,017	(29)			262,30			200			280	IIAT3
127	Diclorobenzene (orto)	C ₆ H ₄ - Cl ₂	95-50-1	66	5,07	1 305	0,025	1,10	1 126	3,14 · 10 ⁵	147,01	2,20	9,20	179	133	220	648	IIAT1
128	Diclorobenzene(para)	C ₆ H ₄ - Cl ₂	106-46-7	66	5,07	1 458	0,025	1,10	1 126	3,14 · 10 ⁵	147,01			174	60	234		(IIAT1)
129	Dicloroetano (Dicloruro di etilene)	CH ₂ ClCH ₂ Cl	107-06-2	13	3,42	1 256	0,028	1,19	1 252	3,23 · 10 ⁵	98,96	6,20		356,7	8 241	18 957	413	IIAT2
130	Dicloroetilene 1,1	CH ₂ CCl ₂	75-35-4	- 10	3,55		0,033	(29)	1150	3,24 · 10 ⁵	96,96	7,30	16,00		23 000	50 000	570	IIAT1
131	Dicloroetilene 1,2 (trans)	ClCHCHCl	540-59-0	6	3,35		0,033	(29)	1200	3,22 · 10 ⁵	96,94	9,70	12,80	61	21 000		441	IIAT2
132	Dietilammina	(C ₂ H ₅) ₂ NH	109-89-7	- 23	2,53	712	0,031	(29)	2310	4,20 · 10 ⁵	73,14	1,70	10,10	55,5	25 935	58 400	312	IIAT2
133	Dietilcarbonato	(C ₂ H ₅ O) ₂ CO	105-58-8	24	4,07	975	0,027	(29)	1800		118,13			126			450	IIBT2
134	Dietilcellosolve	C ₂ H ₅ OCH ₂ CH ₂ OC ₂ H ₅	629-14-1	35	4,07		(28)	(29)									208	(IIB)T3
135	Dietilchetone	(C ₂ H ₅) ₂ CO	96-22-0	12	2,96	816	0,029	(29)		5,35 · 10 ⁵	86,13	1,60		102,7	1 600	5 500	445	(IIB)T2
136	Diisobutilene	(CH ₃) ₃ CCH:C(CH ₃) ₂	107-39-1	< 0	3,97	700	(28)	(29)			112,2	0,80		101			391	IIAT2
137	Diisopropilbenzene	[(CH ₃) ₂ CH] ₂ C ₆ H ₄	25321-09-9	77	5,6	900	(28)	(29)						205			449	(IIB)T2
138	Dimetilammina	(CH ₃) ₂ NH	124-40-3	- 18	1,55	680	0,043	1,14	3 170	5,90 · 10 ⁵	45,08	2,80	14,40	7,4	170 324	344 406	400	IIAT2
139	Dimetilnilina	C ₆ H ₅ N(CH ₃) ₂	121-69-7	63	4,17	956	0,025	(29)			121,18	1,20	7,00	193	-		371	IIAT2
140	Dimetilbutano 2,2	(CH ₃) ₃ CCH ₂ CH ₃	75-83-2	< 0	3	600	0,027	(29)		3,20 · 10 ⁵	86,17	1,20	7,00	50	35 000	73 500	425	(IIA)T2
141	Dimetilbutano 2,3	(CH ₃) ₂ CHCH(CH ₃) ₂	79-29-8	< 0	3	700	0,027	(29)		3,36 · 10 ⁵	86,17	1,20	7,00	58	25 600	55 400	405	IIAT2
142	Dimetilcicloesano p	(CH ₃) ₂ C ₆ H ₁₀	589-90-2	11	3,86	800	0,023	(29)		3,25 · 10 ⁵	112,208			119,5	2 300	6 200	304	(IIA)T3

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

143	Dimetilcloroacetale	$\text{ClCH}_2\text{CH}(\text{OCH}_3)_2$		43	4,3	1 000	0,027	(29)			114,22			126	-		232	(IIA)T3
144	Dimetilesano 2,3	$\text{CH}_3\text{CHCH}_3\text{CH}_3\text{CHC}_2\text{H}_4$		7	3,9	700	0,024	(29)		$3,28 \cdot 10^5$	114,22			115,6	2 400	6 500	438	(IIA)T2
145	Dimetilformammide	$\text{HCON}(\text{CH}_3)_2$	68-12-2	58	2,52	947	0,034	1,10	1 675	$3,14 \cdot 10^5$	73,095	2,20	16,00	153	3 782	7 759	440	IIAT2

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici $\gamma (c_p / c_v)$	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
146	Dimetilpentano 2,4	CH ₃ CHCH ₃ CH ₂ CH(CH ₃) ₂	565-59-3	< 0	3,5	700	0,025	(29)		3,20 · 10 ⁵	100,21	-	-	80,5	10 500	25 000		(IIAT3)
147	Dimetilpentano 2,3	CH ₃ CHCH ₃ CHCH ₃ CH ₂ CH ₃		< 0	3,5	700	0,025	(29)		3,26 · 10 ⁵	100,21	1,10	6,70	89,8	7 400	18 000	330	IIAT3
148	Dimetilpropano 2,2	(CH ₃) ₄ C	463-82-1	< 0	2,48		0,030	(29)			72,2	1,40	7,50	9,5	> 101 300	> 101 300	450	(IIA)T2
149	Dimetilsolfuro	(CH ₃) ₆ S	75-18-3	< 0	2,1	846	0,038	(29)		4,60 · 10 ⁵	126,1	2,20	19,70	36	56 100	116 000	206	IIAT3
150	Diossano	OCH ₂ CH ₂ OCH ₂ CH ₂	123-91-1	11	3,03	1 033	0,030	(29)	1740		88,10	1,90	22,5	101,1			245	IIBT3
151	Diossolano	OCH ₂ CH ₂ OCH ₂	846-06-0	2	2,6	1 100	0,034	(29)		4,90 · 10 ⁵	74,08			75	9 310	24 800	245	IIBT3
152	Dipentene	C ₃ H ₁₀	138-86-3	42	4,66	865	0,033	(29)	1830		136,23	0,70	6,10	178			236	IIAT3
153	Dodecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₀ CH ₃	112-40-3	74	5,86	751	0,018	(29)			170,33	0,60	-	214,5			200	(IIA)T4
154	Epilcloridrina	CH ₂ CHOCH ₂ Cl	106-89-8	32	3,2	1 183	0,032	(29)	1420		92,53	3,80	21,00	116,5			411	IIAT2
155	Eptano	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH ₃	142-82-5	- 4	3,46	684	0,025	1,10	2 123	2,40 · 10 ⁵	100,20	1,10	6,70	98,4	10 653	21 497	215	IIAT3
156	3 - Eptanolo	CH ₃ CH ₂ CH(OH)C ₄ H ₉	589-82-2	60	4,03	800	0,024	(29)			116,23			156,2	67		275	IIAT2
157	1 - Eptene	C ₅ H ₁₁ CH=CH ₂	592-76-7	< 0	3,4	700	0,025	(29)			98,18			93,6			263	IIAT3
158	Esano	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	110-54-3	-21	2,97	659	0,022	1,08	2 638	3,66 · 10 ⁵	86,178	1,20	7,50	68,7	14 225	34 548	233	IIAT3
159	1 - Esene	H ₂ CCH(CH ₂) ₃ CH ₃	592-41-6	< 0	2,9		0,027	(29)		3,70 · 10 ⁵	84,16	1,30	8,40	66	18 100	41 100	253	IIAT3
160	Etano	C ₂ H ₆	74-84-0	< 0	1,04	546	0,049	1,19	2219		30,07	3,00	12,50	- 88,6	> 101 300	>101 300	515	IIAT1
161	Etanolammina	NH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	141-43-5	85	2,1	1 022	0,035	(29)			61,07	3,00		171	140	520	410	IIAT2
162	Etere amilico	C ₅ H ₁₁ OC ₅ H ₁₁	693-65-2	57	5,46	800	(28)	(29)						173,4				IIAT4
163	etere butilico	C ₄ H ₉ OC ₄ H ₉	142-96-1	25	4,48	769	0,022	(29)			130,23	0,90	8,50	142			198	IIBT4
164	Etere dicloro-etilico	CH ₂ ClCH ₂ OCH ₂ CH ₂ Cl	111-44-4	55	4,9	1 200	(28)	(29)				2,70		178			369	IIAT2

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

165	Etere etilico	$C_2H_5OC_2H_5$	60-29-7	- 45	2,6	708	0,031	1,08	2328	$3,80 \cdot 10^5$	74,124	1,90	48,00	34,6	58 150	> 101 300	160	IIBT4
166	Etere etilvinilico	$CH_2:CHOC_2H_5$	109-92-2	< 0	2,5	800	0,032	(29)			72,108	1,70	28,00	35,5			200	IIBT4

(continua)

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporizzazione alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
167	Etere isopropilico	$(CH_3)_2CHOCH(CH_3)_2$	108-20-3	< 0	3,53	700	0,026	(29)		$3,10 \cdot 10^5$	102,18	1,40	21,00	68,5	15 827	36 900	416	(IIB)T2
168	Etere metilico	CH_3OCH_3	115-10-6	- 42	1,59		0,044	1,11			40,07	3,40	27,00	-24			350	IIBT2
169	Etere metiletilico	$CH_3OC_2H_6$	540-67-0	< 0	2,07	700	(28)	(29)			-	2,00	10,10	11	> 101 300	> 101 300	190	IIBT4
170	Etere di petrolio		8030-30-6	< 0	2,5		(28)	(29)			-	1,40	5,90				288	(IIB)T3
171	Etere vinilico	$CH_2:CHOCH:CH_2$	109-93-3	< 0	2,41	800	0,033	(29)			70,09	1,70	26,50	39		> 101 300	360	(IIB)T2
172	Etilacetoacetato	$C_2H_5CO_2CH_2COCH_3$	141-97-9	65	4,5	1 025	0,025	(29)	1940		130,14	1,40	9,50	180			350	IAT2
173	Etilacrilato	$CH_2CHCOOC_2H_5$	140-88-5	9	3,4	900	0,032	(29)		$3,14 \cdot 10^5$	45,08	1,40	14,00	99,5	3 900	10 600	350	IIBT2
174	Etilammina	$C_2H_5NH_2$	75-04-7	-18	1,56	689	0,043	(29)	2880		45,03	3,50	14,00	16,6	52 600		385	IAT2
175	Etilbenzolo (Etilbenzene)	$C_6H_5C_2H_5$	100-41-4	23	3,66	867	0,024	1,07	1 800	$3,43 \cdot 10^5$	106,17	1,00	6,70	136,2	931	2 813	431	IAT2
176	Etilbutilchetone	$C_2H_5COC_4H_9$	106-35-4	47	3,93	800	(28)	(29)						148				
177	Etilcicloesano	$C_2H_5C_6H_{11}$		< 24	3,8	800	(28)	(29)		$2,55 \cdot 10^5$		0,90	6,70	132	1 400	9 000	238	IAT3
178	Etilciclopentano	$C_2H_5C_5H_9$	640-89-7	<5	8,4	800	(28)	(29))		$3,50 \cdot 10^5$		1,10	6,70	103,4	4 200	10 800	262	IAT3
179	Etilcloroformiato	$ClCOOC_2H_5$	541-41-3	16	3,7	1 138	0,031	(29)			108,53			91			500	IAT1
180	Etilendiammina	$H_2NCH_2CH_2NH_2$	107-15-3	34	2	900	0,031	(29)		$7,48 \cdot 10^5$	60,10	4,20	14,40	117,2	1 200	3 900	403	IAT2
181	Etilene	C_2H_4	74-85-1	< 0	0,975	570	0,052	1,25	2 339	$4,83 \cdot 10^5$	28,05	2,70	36,00	- 103,9	4 800	6 034	425	IIBT2

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

										10 ⁵					000	749		
182	Etilmercaptano	C ₂ H ₅ SH	75-08-1	< 0	2,11	839	0,038	1,10	1 940	4,83 · 10 ⁵	62,13	2,80	18,00	35	53 891	121 884	295	IIAT3
183	Etilmetacrilato	CH ₂ C(CH ₃)COOC ₂ H ₅	97-63-2	20	3,94	913	0,026	(29)		3,30 · 10 ⁵	114,14	1,80		119	2 000	5 500		IIA
184	Fenolo	C ₆ H ₅ OH	108-95-2	75	3,24	1 071	0,030	(29)			94,11	1,80		181,4			595	IIAT1
185	Fluoruro di vinile	CH ₂ :CHF	75-02-5	< 0			0,042	(29)			46, 00	2,60	21,70					(IIBT??)
186	Fluoruro di vinilidene	CH ₂ :CF ₂	75-38-7	< 0			0,040	(29)			64,40	5,50	21,30					(IIBT??)
187	Formiato di butile	HCOOC ₄ H ₉	592-84-7	18	3,52	911	0,028	(29)			101,12	1,70	8,20	106	3 060		320	IIAT2

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici $\gamma (c_p / c_v)$	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporizzazione alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
188	Formiato di etile	HCOOC ₂ H ₅	109-94-4	< 0	2,55	923	0,035	(29)			74,08	2,70	16,40	54	26 600	56 000	440	IIAT2
189	Formiato di isopropile	HCOOCH(CH ₃) ₂	625-55-8	< -6	3,03	873	0,030	(29)			88,10	2,45		68			469	IIAT1
190	Formiato di metile	CH ₃ OOCH	107-31-3	- 20	2,07	974	0,041	(29)		4,90 · 10 ⁵	60,05	4,50	23,00	32	63 000	> 101 300	450	IIAT2
191	Formiato di propile	HCOOC ₃ H ₇	110-74-7	< 0	3,01	901	0,030	(29)			88,10			81,3			450	IIAT2
192	Furano	C ₄ H ₄ O	110-00-9	< 0	2,3	973	0,034	(29)			68,07	2,30	14,30	31		> 101 300	390	IIBT2
193	Furfurolo	C ₄ H ₄ OCHO	98-01-1	60	3,3	1 159	0,029	1,10	1537	4,50 · 10 ⁵	96,08	2,10	19,30	161,7	226	535	316	IIBT2
194	Gas d'acqua (9)			< 0			(28)	(29)				7,00	72,00	-			600	IICT1
195	Gas d'altoforno (9)			< 0			(28)	(29)				30,00	75,00	-			600	IIAT1
196	Gas d'aria (9)			< 0			(28)	(29)				20,00	75,00	< 0				(IIBT2)
197	Gas di città (9)			< 0	0,46 - 0,51		(28)	(30)				4,50	32,00	< 0				IICT2
198	Gas di cockeria (9)			< 0	0,39		(28)	(29)				5,00	33,00	< 0				IIB
199	Gas di craching (9)			< 0			(28)	(29)						< 0				(IICT??)
200	Gas di petrolio liquefatto (GPL) (10)		68476-85-7	< 0	> 1,50	507	(28)	1,13	2 225	4,24 · 10 ⁵	44,094	2,00	9,00	-42	800 370	1 269 928	365	IIAT2
201	Gas di raffineria (11)			< 0	~ 1		(28)	(29)				1,40	15,00	< 0				IIAT3
202	Gas naturale (12)		68410-63-9	< 0	0,5 - 0,65		0,090	1,31		5,10 · 10 ⁵	17,85 - 13,734	3,93 - 6,60	13,20 - 17,50	- 185			482	IIAT1
203	Gas povero (13)			< 0			(28)	(29)				20,00	75,00	- 159				(IICT2)
204	Gasolio (14)		8006-61-9	55 - 65	≥ 3,5		(28)	(29)				1,00	6,00				330	T2

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

205	Gasolio e olio diesel (15)			> 65	≥ 3,5		(28)	(29)				1,00	6,00				330	T2
206	Idrazina (16)	NH ₂ NH ₂	302-01-2	38	1,1	1 000	0,066	1,19	2 500	$12,52 \cdot 10^5$	32,04	2,90	98,00	113	1 312	4 327	270 (37)	(IIB)T...
207	Idrogeno	H ₂	1333-74-0	< 0	0,07	90	0,148	1,41	9 800	$4,54 \cdot 10^5$	2,016	4,00	75,00	- 252,7			500	IICT1
208	Idrogeno solforato (acido solfidrico)	H ₂ S	7783-06-4	< 0	1,20	920	0,063	(29)			34,08	4,30	45,5	- 60			260	IIBT3

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
209	Isobutano	(CH ₃) ₃ CH	75-28-5	< 0	2,01	600	0,033	1,11	2 299	$3,68 \cdot 10^5$	58,12	1,80	8,40	- 11,7	298 255	521 092	460	IIAT1
210	Isobutilammina	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ NH ₂	78-81-9	- 20	2,52	732	0,031	(29)	2 500		73,14			68,5			374	IIAT2
211	Isobutilene	CH ₂ C(CH ₃) ₂	115-11-7	gas	1,94		0,034	(29)			56,1	1,80	9,60	- 6,9	270 000	460 000	465	IIAT1
212	Isoeptano	miscela di isomeri	591-76-4	-18	3,5	679	(28)	(29)		$3,30 \cdot 10^5$	100,21	1,00	6,00	80-91	7 100	17 400	220	IIAT3
213	Isoesano	miscela di isomeri	79-29-8	-29	3	654	(28)	(29)		$3,40 \cdot 10^5$	86,18	1,00	7,00	57-61	22 900	50 600	264	IIAT3
214	Isoforone	COCHC(CH ₃)CH ₂ C(CH ₃) ₂ CH ₂	78-59-1	84	4,77	900	0,022	(29)			138,2	0,80	3,80	215,2	27		460	(IIB)T1
215	Isoottano	(CH ₃) ₂ CH(CH ₂) ₄ CH ₃	580-84-1	< 0	3,93	692	0,023	1,10	2 177	$3,63 \cdot 10^5$	114,23	1,10	6,00	99,3	2 007	6 753	410	IIAT2
216	Isoprene	CH ₂ :C(CH ₃)CH:CH ₂	78-79-5	< 0	2,35	618	0,031	(29)	1830	$4,00 \cdot 10^5$	68,11	1,50	8,90	34	32 600	63 800	220	IIAT3
217	Isopropilammina	(CH ₃) ₂ CHNH ₂	75-31-0	< - 24	2,03	694	0,036	(29)		$4,50 \cdot 10^5$	59,11	2,00		33	63 574	> 101 300	340	IIAT2
218	JP1 (17)			38	≥ 3		(28)	(29)				1,00	6,00	170-240		830	350	IIAT2
219	JP4 (17)			- 24	≥ 5		(28)	(29)				0,90	8,00	55 - 270		35	240	(IIA)T3
220	Kerosene		8008-20-6	38	≥ 3	1 000	(28)	(29)				1,16	6,00	151			210	IIAT3
221	Lattato di butile	CH ₃ CHOHCOOC ₄ H ₉	138-22-7	71	5,04	968	0,023	(29)		$4,55 \cdot 10^5$	146,18	-	-	75	1 357	8 000	380	IIAT2
222	Lattato di etile	CH ₃ CHOHCOOC ₂ H ₅	97-64-3	46	4,07	1030	0,027	(29)			118,13	1,50	30-35	155	1 360		400	IIAT2
223	Lattato di metile	CH ₃ CHOHCOOCH ₃		49	3,59	1 090	0,029	(29)			104,10	2,20	-	144,8			385	IIAT2
224	Liquido diatermico (ved. anche Olio diatermico) (18)	C ₁₂ H ₁₀ + C ₁₂ H ₁₀ O		123	5,5	1060	0,015	(29)			166	0,5	6,2	257,4	10		621	IIAT1
225	Metacrilato di butile	CH ₂ :C(CH ₃)COOC ₄ H ₉	97-88-1	54	4,9	889	0,022	(29)			142,19			155			289	IIAT3

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

226	Metaldeide	$(C_2H_4O)_4$	108-62-3	36	6,1		0,021	(29)			176,21			112				IIA
227	Metano (19)	CH_4	74-82-8	< 0	0,554	415	0,074	1,31	3454	$5,10 \cdot 10^5$	16,04	4,40	17,00	- 161,4		-	537	IIAT1
228	Metilaceto - acetato	$CH_3COCH_2COOCH_3$	105-45-3	7	4	1 100	0,027	(29)	1920		116,13			170			280	IIAT3
229	Metilacrilato	$CH_2CHCOOCH_3$	96-33-3	- 3	3	1 000	0,031	(29)		$3,94 \cdot 10^5$	86,09	2,80	25,00	80,3	9 160	22 900	415	IIBT1

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. C_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (C_p / C_v)	Calore specifico a temperatura ambiente C_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporizzazione alla T_b C_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
230	Metilal	CH ₃ OCH ₂ OCH ₃	109-87-5	< 0	2,04	866	0,034	1,06	2120	4,87 · 10 ⁵	76,1			42,3	43 890	93 500	237	IAT3
231	Metilammina	CH ₃ NH ₂	74-89-5	< 0	1	699	0,055	(29)	3290		31,06	4,90	20,70	-6,5			430	IAT2
232	3 - Metil 1 - Butene	(CH ₃) ₂ CHCHCH ₂	563-45-1	- 53	2,4	600	0,030	(29)			70,13	1,50	9,10	31,11		> 101 300	365	IAT2
233	Metilbutilchetone	CH ₃ CO(CH ₂) ₃ CH ₃	591-78-6	23	3,5	800	0,026	(29)			100,16	1,20	8,00	127,2			423	IAT2
234	Metilcicloesano	CH ₂ (CH ₂) ₃ CHCH ₃	108-87-2	- 4	3,4	800	0,025	(29)	1880	3,48 · 10 ⁵	98,21	1,15	6,70	100,9	4 800	12 000	258	IAT3
235	Metilcicloesanololo	CH ₃ C ₆ H ₁₀ OH	25639-42-3	68	3,93	900	0,024	(29)			114,1			165			295	IAT3
236	Metilcicloesanone	COCHCH ₃ (CH ₂) ₄	583-60-8	48	3,86	900	0,025	(29)		2,90 · 10 ⁵	112,19			165	1 330	3 200	598	(IIB)T1
237	Metiletilchetone(butanone)	C ₂ H ₅ COCH ₃	78-93-3	< 0	2,48	800	0,031	(29)	2200	4,43 · 10 ⁵	72,1	1,80	11,50	80	10 58	25 106	404	IAT2
238	Metilciclopentano	C ₆ H ₁₂	96-37-7	< - 10	2,9	800	0,027	(29)		3,70 · 10 ⁵	84,18	1,00	8,35	71,8	14 700	33 800	258	IAT3
239	Metilmetacrilato	CH ₂ C(CH ₃)COOCH ₃	80-62-6	10	3,45	950	0,028	1,10	1 885	3,60 · 10 ⁵	100,13	1,70	12,50	101	3 260	10 600	430	IAT2
240	Metilsobutilchetone	CH ₃ COCH ₂ CH(CH ₃) ₂	108-10-1	16	3,45	800	0,026	(29)		3,43 · 10 ⁵	100,16	1,40	7,50	118	666	2 546	459	(IIA)T1
241	Metilpentadiene	CH ₂ :C(CH ₃)CH:CHCH ₃	54363-49-4	< 0	2,83	720	0,028	(29)			82,16							(IAT3)
242	2Metilpentano	(CH ₃) ₂ CH(CH ₂) ₂ CH ₃	107-83-5	< 0	3	700	0,027	(29)	2250	3,47 · 10 ⁵	84,18	1,20	7,00	60,3	22 600	50 300	300	IAT3
243	3Metilpentano	CH ₃ CH ₂ CHCH ₃ CH ₂ CH ₃	96-14-0	< 0	3	700	0,027	(29)		3,40 · 10 ⁵	86,18	1,20	7,00	63,3	21 000	46 200	278	IAT3
244	2 - Metilpiridina	C ₅ H ₄ CH ₃ N	109-06-8	39	3,2	1 000	0,027	(29)			93,14	1,40	8,60	128			535	IAT1
245	Metilpropilchetone(pentanone2)	CH ₃ COC ₃ H ₇	107-87-9	16	2,97	800	0,029	(29)	2140	5,30 · 10 ⁵	86,00	1,50	8,20	103,3	1 600	5 500	432	IAT2
246	Metilstirene Alfa	H ₂ CCHC ₆ H ₄ CH ₃	98-83-9	40	4,08	900	0,023	(29)		3,60 · 10 ⁵	118,17	0,90	6,60	165,4	300	970	445	IIBT2
247	Miscela di mercaptani			- 18	3	807	(28)	(29)			86	1,4	12,5	62		48 000	245	IAT3

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

	(20)																	
248	Miscela di mercaptani e solfuri (21)			- 24	2,9	822	(28)	(29)			83,2	1,7	9,6	65		40 000	233	IIAT3
249	Naftalina	C ₁₀ H ₈	91-20-3	80	4,42	1 145	0,023	(29)	1 700		128,16	0,90	5,90	217,9			528	IIAT1
250	Nitrato di amile	C ₅ H ₁₁ NO ₃	1002-16-0	48	0,99	1 000	0,026	(29)			133,15			145				(IIAT6)

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporizzazione alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
251	Nitrato di etile(etere nitrico)	CH ₃ CH ₂ ONO ₂	625-58-1	10	3,14	1 100	0,035	(29)			91,07	4,00		87			85	IIAT6
252	Nitrito di etilene (22)	C ₂ H ₅ ONO	109-95-5	- 35	2,6	900	0,037	(29)			75,07	3,00	50,00	17	> 101 300	> 101 300	95 (23)	IIAT6
253	Nitrobenzolo	C ₂ H ₅ NO ₂	98-95-3	88	4,25	1 205	0,041	(29)	1 520		123,11	1,80		210,9			480	IIAT1
254	Nitroetano	C ₂ H ₅ NO ₂	79-24-3	27	2,58	1 100	0,037	(29)	1790		75,07	3,40		115			410	IIBT2
255	Nitrometano	CH ₃ NO ₂	75-52-5	36	2,11	1 100	(28)	(29)	1750			7,30		101			415	IIAT2
256	1 Nitropropano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ NO ₂	108-03-2	36	3,1	1 000	0,032	(29)	1970		89,09	2,20		131			420	IIBT2
257	2 Nitropropano	CH ₃ CHNO ₂ CH ₃	79-46-9	39	3,06	1 000	0,032	(29)	1910		89,09	2,60	11,00	120			420	IIAT2
258	Nonano	C ₉ H ₂₀	111-84-2	30	4,43	718	0,022	(29)		3,27 · 10 ⁵	128,25	0,70	5,60	150,5	500	1 580	205	IIAT3
259	Olii combustibili (nafte pesanti) (23)			> 65	> 3.5		(28)	(29)				1,00	6,00				250	T3
260	Olio di creosoto		61789-28-4	74		1 000	(28)	(29)						194			336	T2
261	Olio diatermico (ved. anche Liquido diatermico) (24)			210	> 5	870	(28)	(29)			400	1	-	500		5 000 a 250 °C	360	IIAT2
262	Olii essenziali	-			-		(28)	(29)			-	-	-	-	-			
263	Ossido di carbonio (monossido)	CO	630-08-0	< 0	0,967	799	0,065	1,40	2 155	2,16 · 10 ⁵	28,01	10,90	74,00	- 192	5 600 000	10381 924	605	IIBT1
264	Ossido di etilene	CH ₂ OCH ₂	75-21-8	< -18	1,52	887	0,045	1,21	1 955	6,80 · 10 ⁵	44,05	3,00	100	13,5	144 200	264 241	435	IIBT2
265	Ossido di mesitile	(CH ₃) ₂ C:CHCOCH ₃	141-79-7	31	3,4	856	0,027				98,14	1,40	7,20	130	-		340	(IIB)T2
266	Ossido di propilene		75-56-9	< 0	2	831	(28)	1,13	2 430	4,65 · 10 ⁵	58,08	2,80	37,00	35	57 822	120 493	430	IIBT2
267	Ottano	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	111-65-9	13	3,93	703	0,024	1,05	2 210	3,06 · 10 ⁵	114,22	0,80	6,50	125,7	1 544	4 443	206	IIAT3

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

268	Paraformaldeide	$\text{OH}(\text{CH}_2\text{O})\text{NH}$	30525-89-4	70	-		(28)	(29)			-	7,00	73,00		266		380	IIBT2
269	Paraaldeide	$(\text{CH}_3\text{CHO})_3$	123-63-7	17	4,55	1 000	(28)	(29)				1,30		124			239	IIAT3
270	Pentano	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	109-66-0	- 40	2,48	630	0,030	1,09	2 210	$3,57 \cdot 10^5$	72,151	1,40	7,80	36,3	56 917	114 856	258	IIAT3

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p / c_v)	Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
271	Iso - Pentano	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	78-78-4	< 0	2,5		(28)	(29)				1,40	7,60				420	IIAT2
272	Petrolio (25)			< - 20	2,8		(28)	(29)	2135			1,00	6,00				560	IIAT1
273	Petrolio grezzo (26)		8002-05-9	< 0	≥ 2		(28)	(29)	879			0,70					250	IIAT3
274	Pinene	C ₁₀ H ₁₆	7785-70-8	33	4,7	878	0,021	(29)		3,05 · 10 ⁵	136,23	0,80	-	154	520	1 600	255	(IIA)T3
275	Piridina	CH<(CHCH) ₂ >N	110-86-1	17	2,73	982	0,030	(29)		4,70 · 10 ⁵	79,1	1,80	12,40	115	2 394	6 500	483	IIAT1
276	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	74-98-6	- 104	1,56	585	0,039	1,14	2470	4,26 · 10 ⁵	44,09	2,10	9,50	- 42,2	814 290	1 313 783	470	IIAT1
277	Iso - Propilacetone	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃ CO	108-10-1	18	3,4		0,026	(29)		3,80 · 10 ⁵	100,2	1,80	8,10	118	2 128	5 870	448	IIAT2
278	Propilammina	CH ₃ (CH ₂) ₂ NH ₂	107-10-8	- 37	2,04	718	0,036	(29)	2750	5,30 · 10 ⁵	59,11	2,00	10,40	48	32 984	75 300	318	IIAT2
279	Propilbenzene	C ₃ H ₇ C ₆ H ₅	103-65-1	30	4,15		0,023	(29)	1790	3,53 · 10 ⁵	120,12	0,80	6,00	159,2	370	1 180	450	(IIA)T2
280	Propilendiammina	CH ₃ CHNH ₂ CHNH ₂	78-90-0	22	2,6	900	0,035	(29)			59,11			119			416	(IIA)T2
281	Propilene	C ₃ H ₆	115-07-1	< 0	1,5	609	0,041	1,52	2 385	4,39 · 10 ⁵	42,08	2,00	11,70	- 48	920 000	1 578 942	455	IIAT1
282	Propilenglicol	CH ₃ CHOHCH ₂ OH	57-55-6	99	2,62	1 040	0,034	(29)	2510		76,09	2,60	12,50	188			421	(IIB)T2
283	Propiletilene	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH:CH ₂	109-76-1	< 0	2,42		(28)	(29)			-	1,50	8,70				273	(IIB)T3
284	Propionato di amile	C ₂ H ₅ COO(CH ₂) ₄ CH ₃		41	5	876	0,022	(29)			144,21			168,7			375	IIAT2
285	Propionato di butile	C ₂ H ₅ COOC ₄ H ₉	590-01-2	32	4,49	883	0,023	(29)			130,18			146	560		389	IIAT2
286	Propionato di etile	C ₂ H ₅ COOC ₂ H ₅	105-37-3	12	3,52	891	0,028	(29)		3,70 · 10 ⁵	102,13	1,85	11,00	99,1	3 670	10 200	477	(IIA)T1
287	Propionato di metile	CH ₃ COOC ₂ H ₅	554-12-1	< 0	3,03	915	0,030	(29)		4,04 · 10 ⁵	88,10	2,45	13,00	79,7	8 600	22 200	471	(IIA)T1
288	Solfuro di carbonile	COS	463-58-1	< 0	2,07	1 240	0,045	(29)			60,07	12,00	29,00	- 50,2			209	IIAT3
289	Solfuro di carbonio	CS ₂	75-15-0	- 30	2,64	1 263	0,040	1,21	1 071	3,55 · 10 ⁵	76,13	1,30	50,00	46,3	39 900	82 807	95	IICT6

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

										10^5								
290	Stirolo (Stirene)	$C_6H_5CH:CH_2$	100-42-5	30	3,6	903	0,026	1,10	2 010	$3,68 \cdot 10^5$	104,16	1,10	6,10	145,2	534	1 761	490	IIAT1
291	Tetradecano	$CH_3(CH_2)_{12}CH_3$	629-59-4	100	6,83	765	0,017	(29)			198,38	0,50		252,5			201	IIAT3
292	Tetrafluoroetilene	C_2F_4	116-14-3	< 0	3,4	1 580	0,040	1,12	1 122	$1,69 \cdot 10^5$	100,02	10,00	50,00	- 76,3	2 902 775	4 436 106	255	IIBT3

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. C_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (C_p / C_v)	Calore specifico a temperatura ambiente C_{sl} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b C_{lv} J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITA' (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
293	Tetraidrotiofene (THT)	CH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₂ S	110-01-0	12	3,04	999	0,030	(29)			88,17	1,1	12,1	118	1 860		202	IIAT3
294	Tetraidrofurano	O(CH ₂) ₄	109-99-9	- 20	2,49	888	0,032	1,08	2 180	4,10 · 10 ⁵	72,10	1,50	12,00	65	18 335	42 089	224	IIBT3
295	Tetroidronaftalina	C ₆ H ₄ (CH ₂) ₄	119-64-2	71	4,55		0,021	(29)			132,21	0,80	5,00	207,3			425	(IIA)T2
296	Tetralina	C ₁₀ H ₁₂	119-64-2	71	4,5	973	0,027	(29)			132,20	0,80	5,00	206			384	IIAT2
297	Toluidina - o	CH ₃ C ₆ H ₄ NH ₂	95-53-4	85	3,7	999	0,027	(29)	1960		107,16			199,7			480	IIAT1
298	Toluidina - p	C ₆ H ₄ NH ₂ CH ₃	106-49-0	87	3,7	1 046	0,025	(29)			107,16			200,3			482	IIAT1
299	Toluolo (Toluene)	C ₆ H ₅ CH ₃	108-88-3	4	3,18	866	0,028	1,10	1 842	4,12 · 10 ⁵	92,14	1,10	7,10	111,0	1830	6650	480	IIAT1
300	Trementina	-	8006-64-2	35	-		(28)	(29)				1,10	6,00				250	IIAT3
301	Tricloroetilene (trielina) (27)	ClHCCCl ₂	79-01-6	-	4,5	1 500	0,028	(29)	950	2,38 · 10 ⁵	131,40	8,00	10,50	87,2	7 933	19 373	410	IIAT2
302	Triclorosilano	HSiCl ₃	10025-78-2	< 0	4,7	1 300	(28)	(29)				1,20	90,50	32		> 101 300	200	IIAT4
303	Trietilammina	(C ₂ H ₅) ₃ N	121-44-8	- 7	3,5	700	0,022	(29)	2170		101,19	1,20	8,00	89,5			232	IIAT3
304	1,2,4 Trimetilbenzene	- C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	95-63-6	51	4,15	870	0,023	(29)			120,21	0,90	6,40	165			470	IIAT1
305	1,2,5 Trimetilbenzene	- C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	25551-13-7	46	3,4	900	0,023	(29)			120,21			164			412	IIAT2
306	2,2,3 Trimetilpentano	- CH ₃ CH ₂ CHCH ₃ C(CH ₃) ₃		21	3,9	720	0,023	(29)		3,12 · 10 ⁵	114,23			110	3 400	8 800	346	IIAT3
307	2,3,3 Trimetilpentano	- CH ₃ CH ₂ CCH ₃ CH ₃ CH(CH ₃) ₂		21	3,9	730	0,023	(29)		3,13 · 10 ⁵	114,23			115	2 900	7 500	425	IIAT2
308	Trimetilpentene (2,4,4)	C ₈ H ₁₆	107-40-4	< 0	3,9	700	0,023	(29)			112,21	0,80	4,80	101			415	IIAT2
309	Triossano	(CH ₃ O) ₃	110-88-3	45	3,11		(28)	(29)			-	3,60	29,00	115			410	IIBT2
310	2,6 -Xilenolo	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂ OH	1300-71-	73	4,2		0,030	(29)										IIA

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

			6															
311	Xilolo - o (Xilene)	$C_6H_4(CH_3)_2$	95-47-6	17	3,66	881	0,026	1,10	1 720	$4,09 \cdot 10^5$	106,16	1,10	6,40	144	277	439	464	IIAT1
312	Xilolo - m (Xilene)	$C_6H_4(CH_3)_2$	108-38-3	25	3,66	861	0,026	1,10	1 720	$4,09 \cdot 10^5$	106,16	1,00	7,60	139	335	1 126	522	(IIA) T1
313	Xilolo - p (Xilene)	$C_6H_4(CH_3)_2$	106-42-3	25	3,66	861	0,026	1,10	1 720	$4,09 \cdot 10^5$	106,16	1,10	7,00	137	362	1 371	528	(IIA) T1

Note alla Tabella GA-2

- (1) Le fonti bibliografiche dei dati per la tabella sono quelle ai punti [1], [2], [3], [4], [17] dell'Appendice GZ.
Ove le suddette fonti forniscono valori diversi, si è data priorità al [2] (IEC 60079-20).
- (2) Per definire la temperatura d'infiammabilità delle sostanze si segnalano i metodi di misura: UNI EN 22592 (in vaso aperto), UNI EN 22719 (in vaso chiuso), ASTM D 56 (in vaso chiuso) e ASTM D 93 (in vaso chiuso).
A volte, per la *temperatura d'infiammabilità* T_i e la *temperatura di ebollizione* T_b è stato indicato «< 0» ritenendola una indicazione utile, anche se non precisa, ai fini della presente Guida.
Tutti i valori sono intesi alla pressione atmosferica di riferimento di 101 325 Pa.
- (3) Per le temperature di accensione T_{acc} i valori sono generalmente determinati facendo riferimento all'ASTM E 679-78
- (4) I dati indicati tra parentesi sono stati assunti per analogia con altre sostanze; nei casi dubbi si è optato per una scelta a favore della sicurezza. Data la complessità della materia, in ogni caso consultare la Norma CEI EN 50014 (CEI 31-8) allegato A.
- (5) L'acido formico considerato è in soluzione al 90 %.
- 1.1 (6) La temperatura d'infiammabilità T_i dell'alcool etilico in soluzione con acqua varia in relazione con la concentrazione come segue:
 - 80% alcool + 20% acqua: $T_i = 19\text{ °C}$;
 - 60% alcool + 40% acqua: $T_i = 23\text{ °C}$;
 - 40% alcool + 60% acqua: $T_i = 26\text{ °C}$;
 - 30% alcool + 70% acqua: $T_i = 30\text{ °C}$;
 - 20% alcool + 80% acqua: $T_i = 36\text{ °C}$;
 - 15-18% alcool + 85-82% acqua: $T_i = 40\text{ °C}$.
- (7) L'ammoniaca anidra è avvertita dall'uomo con effetti irritanti a concentrazioni inferiori allo 0,01% in volume, produce effetti pericolosi in un tempo compreso tra i 30 min e i 60 min a concentrazione dello 0,2%÷0,3%, produce lesioni mortali entro pochi minuti a concentrazioni dello 0,5%÷1,0%, mentre può creare atmosfere esplosive solo al di sopra del 15 % in aria. Ha un UEL relativamente basso (28 % in aria) per cui il campo di esplodibilità in aria è stretto; inoltre, ha una temperatura di accensione di 630 °C (D.M. 10 giugno 1980).
I suoi vapori sono più leggeri dell'aria e richiedono una notevole energia d'innesco. *L'esperienza ha dimostrato che un'emissione di ammoniaca si disperde facilmente nell'atmosfera ed è di difficile accensione per cui, all'aperto, una sua emissione allo stato gassoso si diffonde rapidamente cosicché eventuali atmosfere esplosive possono essere considerate di estensione trascurabile, (art. 4.4.2 della Norma CEI EN 60079-10).*
In considerazione della sua tossicità, per motivi sanitari sono scelte e mantenute soluzioni impiantistiche tali da ridurre al minimo la possibilità di sua fuoriuscita nell'ambiente.
L'ammoniaca in soluzione acquosa al 30 % e inferiore non è infiammabile.
- (8) Le benzine e le nafte leggere sono miscele di idrocarburi del petrolio con temperatura finale di ebollizione inferiore a 210 °C (determinata col metodo ASTM D 86), per esempio, le benzine per motori a combustione interna (benzine avio e benzine per autotrazione), le benzine solventi, il benzinone.
La temperatura di ebollizione delle benzine per autotrazione varia in relazione ai componenti presenti nella miscela; generalmente le benzine estive hanno temperature di ebollizione più alte di quelle invernali.

Quando la temperatura ambiente è compresa tra 35 °C e 45 °C è ragionevole considerare una temperatura di ebollizione maggiore ed una tensione di vapore a 40 °C di 70 kPa; in inverno invece la tensione di vapore a 40 °C può essere di 85 kPa.

- (9) I gas considerati hanno i seguenti contenuti percentuali in volume:

Gas	H ₂ %	CO %	CH ₄ %	altri idrocarburi	gas inerti
Gas d'acqua	50 ÷ 55	38 ÷ 42	< 1	-	parte restante
Gas d'alto forno	0,5 ÷ 4	18 ÷ 30	0,5 ÷ 4	-	parte restante
Gas d'aria	≤ 12	25 ÷ 30	< 1	-	parte restante
Gas di città	44 ÷ 51	12 ÷ 18	19 ÷ 22	2	parte restante
Gas di cokeria (*)	55	6	25	2	parte restante

(*) Per il gas di cokeria: se la somma dei contenuti di idrogeno e di monossido di carbonio (H₂ % + CO %) è inferiore al 75 % del totale può essere considerato del gruppo IIB, se la somma risulta maggiore deve essere considerato del gruppo IIC.

- (10) Il gas di petrolio liquefatto *GPL* considerato comprende: propano commerciale, butano commerciale e loro miscele. Le caratteristiche possono variare in relazione alle percentuali di ciascuna sostanza.
- (11) Il gas di raffineria considerato è quello che più probabilmente costituisce lo scarico accidentale dall'impianto: esso è una miscela di idrocarburi da C1 a C5 e, per essere considerato del gruppo IIA deve contenere al massimo il 30 % in volume di H₂; con concentrazioni di idrogeno maggiori deve essere considerato del gruppo IIC o IIB + H₂. Il valore della densità del gas considerato è stato assunto convenzionalmente a favore della sicurezza, nella realtà impiantistica il gas potrebbe avere densità relativa all'aria > 1,2 o anche < 0,8.
- (12) Il gas naturale considerato ha il seguente contenuto percentuale in volume di idrocarburi:

CH ₄ %	C ₂ H ₆ %	C ₃ H ₈ %	C ₄ H ₁₀ %	C ₅ H ₁₂ %	C ₆ H ₁₄ %
79 ÷ 99,6	0,01 ÷ 10	tracce ÷ 2,35	tracce ÷ 1,35	tracce ÷ 0,4	tracce ÷ 0,15

la parte restante è costituita da gas inerti.

- (13) Il gas povero è una miscela di gas d'acqua e gas d'aria.
- (14) Il gasolio è merceologicamente definito come *gasolio con temperatura d'inflammabilità compresa fra 55 °C e 65 °C*.
Il gasolio è una miscela di idrocarburi distillati dal petrolio nell'intervallo di distillazione compreso fra 150 °C e 370 °C (determinato col metodo ASTM D 86).
- (15) Gasolio e olio diesel sono merceologicamente definiti come *gasolio e olio diesel con temperatura d'inflammabilità superiore a 65 °C*, determinata col metodo ASTM D 93.
- (16) L'idrazina ha una temperatura di accensione T_{acc} variabile in relazione al materiale con cui è a contatto (Es. a contatto con l'acciaio inossidabile è 156 °C, a contatto con il vetro è 270 °C).
- (17) I JP1 e JP4 sono combustibili per aviogetti (Jet Propellers) costituiti da miscele di idrocarburi distillati da petrolio grezzo.
La temperatura d'inflammabilità dei prodotti considerati è misurata col metodo IP 170 (adottato dall'Istituto del Petrolio Britannico).

- (18) Il liquido diatermico (dowtherm A) considerato è una miscela eutettica di difenile al 73,5% e ossido di difenile al 26,5%, esso è dotato di elevato indice di viscosità ed è particolarmente adatto per la trasmissione del calore. La sua temperatura d'infiammabilità è elevata (definita dal produttore, es. 123 °C) ed è sovente utilizzato a temperature comprese tra 300 °C e 400 °C, inferiori alla sua temperatura di accensione (es. 621 °C), potrebbe incendiarsi quando emesso nell'ambiente, ad esempio per guasto.
- (19) Il metano industriale, per essere considerato del gruppo IIA, deve contenere al massimo il 30 in volume di H_2 . Una miscela di metano con altri composti del gruppo IIA, quali che siano le proporzioni, è classificata del gruppo IIA.
- (20) La miscela di mercaptani considerata è composta da: 77% di terz-butilmercaptano (TBM), 14% isopropilmercaptano (IPM), 5,5% n-propilmercaptano (NPM), 3,5% impurità. Denominazioni commerciali: "SCENTINEL-E" oppure "SPOTLEAK 1009".
- (21) La miscela di mercaptani e solfuri considerata è composta da: 50% di terz-butilmercaptano (TBM), 50% solfuro di metiletile (MES). Denominazione commerciale: "SPOTLEAK 2323".
- (22) Il nitrito di etilene è un gas che al di sopra di 95 °C subisce spontaneamente una decomposizione esplosiva.
E' opportuno non confondere il nitrito di etilene con il suo isomero, il nitroetano (N. 254).
- (23) Gli oli combustibili considerati sono una miscela costituita da idrocarburi, ottenuta totalmente o in parte come residuo della distillazione del petrolio grezzo.
- (24) L'olio diatermico considerato è un olio minerale proveniente da basi paraffiniche, esso è dotato di elevato indice di viscosità ed è particolarmente adatto per la trasmissione del calore. La sua temperatura d'infiammabilità è elevata (definita dal produttore, es. 200 °C) ed è sovente utilizzato a temperature comprese tra 200 °C e 300 °C, inferiori alla sua temperatura di accensione (es. 360 °C), altrimenti potrebbe incendiarsi quando emesso nell'ambiente, ad esempio per guasto.
- (25) Il petrolio considerato è una miscela di idrocarburi distillati da petrolio grezzo.
- (26) Il petrolio grezzo è una miscela di idrocarburi naturali.
- (27) Il tricloroetilene (trielina) non è ordinariamente infiammabile.
I suoi vapori richiedono una notevole energia d'innescio; in ambiente ordinario ha difficoltà di accensione avendo il campo di esplodibilità molto ristretto (a 25°C $LEL = 8\%$ $UEL = 10,5\%$, a 100°C $LEL = 7,8\%$ $UEL = 52\%$).
Anche se tali condizioni sono difficili da ottenere, non si devono usare fiamme o archi elettrici in apparecchi chiusi contenenti vapori o residui della sostanza.
- (28) Il coefficiente di diffusione dei gas c_d per le sostanze organiche con massa molare $M \geq 32$ può essere assunto pari a 0,06.
- (29) Il rapporto tra i calori specifici a pressione costante ed a volume costante (o indice di espansione) $\gamma = c_p/c_v$ per molti gas è compreso tra 1,1 a 1,8; il valore può essere stabilito per analogia con le sostanze in tabella considerando che γ diminuisce con l'aumentare della complessità della molecola (ved. la COMPOSIZIONE in tabella).

APPENDICE GB

ELEMENTI PER LA DEFINIZIONE DELLE ESTENSIONI DELLE ZONE

GB.1. Premessa

I contenuti della presenta Appendice si basano su indagini ed esperienze; le modalità di emissione sono state schematizzate per facilitarne la comprensione. La stima delle dimensioni dei fori di emissione dovuti a guasti tiene conto della frequenza di emissione per cui non sono stati considerati i casi che avvengono solo raramente e non significativi ai fini della classificazione dei luoghi.

I contenuti della presenta Appendice non devono essere applicati in modo acritico, ma devono essere correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso; il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi deve valutarne l'applicabilità al caso specifico ed assicurare il rispetto della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) in base ai fattori che ne condizionano l'applicabilità.

Nella presente Appendice è stata definita una serie di dimensioni di fori applicabili a specifici tipi di componenti. Per alcuni di essi è stata adottata una sola dimensione di foro, mentre ad altri sono stati assegnati più valori in considerazione della possibile evoluzione del guasto.

Per le flange sono considerate diverse dimensioni di fori, in relazione alle varie condizioni di guasto.

Per le valvole vi sono dimensioni diverse per servizio normale, per servizio gravoso, per grandi valvole.

Per le pompe centrifughe ed i compressori vi è una gamma di dimensioni in funzione del tipo di tenuta e del diametro dell'albero.

Sebbene le dimensioni dei fori siano convenzionali, i valori suggeriti sono certamente validi nel campo industriale ed il loro uso permette di eseguire stime quantitative per le perdite più comuni.

La presente Appendice contiene infine delle formule per il calcolo delle portate di emissione, per la definizione della distanza oltre la quale l'atmosfera non è più pericolosa (concentrazione inferiore al LEL). Queste formule sono di uso pratico e non forniscono dati rigorosamente esatti, esse consentono però di ottenere valori sufficientemente validi come aiuto per il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione, che deve tuttavia sempre valutarne l'applicabilità al caso specifico ed utilizzare i risultati dei calcoli con prudenza.

Alle formule è stato attribuito un codice, racchiuso tra parentesi quadra [...], costituito dalla lettera "f" per indicare che si tratta di una formula, seguita dal numero del paragrafo e, separato ad un trattino "-", dal numero progressivo nell'ambito del paragrafo. Ove applicabile, dopo il codice della formula è stato riportato tra parentesi tonda (...) il codice che la stessa formula aveva nella seconda edizione della presente guida, preceduto da "ex" e, se del caso, è stato aggiunto "modificata".

La letteratura tecnica offre altre formule e insiemi integrati di modelli di calcolo relativi alle emissioni di sostanze infiammabili che il tecnico può utilizzare a sua discrezione; va tuttavia ricordato che ogni modello parte da determinati presupposti, ipotizza cioè determinati scenari di accadimento, non tutti idonei a simulare la generalità di quelli che si presentano nella realtà.

I numeri tra parentesi quadra nei titoli ed in corrispondenza delle formule indicano la posizione nell'elenco dei riferimenti bibliografici riportati nell'Appendice GZ.

Per l'interpretazione dei simboli riportati nella presente appendice GB vedere la legenda seguente (in ordine alfabetico).

A	=	area (sezione) del foro di emissione o area della pozza o area di evaporazione dalla superficie libera di un liquido in contenitore, $[m^2]$;
B	=	area dell'apertura del contenitore verso l'ambiente, $[m^2]$;
c	=	coefficiente di efflusso (emissione); valore fornito dal costruttore; oppure: - per valvole di sfioro e di sicurezza = 0,97; - negli altri casi in genere = 0,80;
c_d	=	coefficiente di diffusione dei gas, $[m^2/h]$;
c_{lv}	=	calore latente di vaporizzazione, $[J / kg]$;
c_p	=	calore specifico a pressione costante, $[J / kg \cdot K]$;
c_v	=	calore specifico a volume costante, $[J / kg \cdot K]$;
c_{sl}	=	calore specifico medio del liquido, $[J / kg \cdot K]$;
D_a	=	diametro equivalente dell'area A , $[m]$;
D_b	=	diametro equivalente dell'area B , $[m]$;
d_z	=	distanza pericolosa, distanza dalla SE a partire dalla quale la concentrazione dei gas o vapori infiammabili nell'aria è inferiore al LEL, $[m]$;
e	=	base dei logaritmi naturali = 2,71828;
f_{SE}	=	fattore di efficacia della ventilazione nell'intorno della SE (ved. 5.10.3);
g	=	accelerazione di gravità, $[9,81 m / s^2]$;
h_d	=	altezza libera minima tra il livello del liquido ed il bordo del contenitore (lunghezza del cammino di diffusione), $[m]$;
h_{liq}	=	altezza del liquido rispetto alla base del contenitore, $[m]$;
h_f	=	altezza del foro di emissione rispetto alla base del contenitore, $[m]$;
h_m	=	profondità della pozza di liquido, $[m]$;
k	=	coefficiente di sicurezza applicato al LEL (i valori tipici indicati nella Norma sono: $k = 0,25$ per le emissioni di grado continuo e primo, $k = 0,5$ per le emissioni di secondo grado, v. 5.10.3.1);
k_A	=	fattore di estensione della pozza;
k_F	=	fattore di forma del contenitore;
k_t	=	conduttività termica del substrato, $[kW/m \cdot K]$;
LEL_v	=	limite inferiore di esplodibilità in aria, espresso in percento del volume $[\frac{m^3}{m^3} \cdot 100]$;
LEL_m	=	limite inferiore di esplodibilità in aria, espresso in massa $[kg/m^3]$;

M	=	massa molare, [kg/kmol];
P_0	=	pressione assoluta all'interno del sistema di contenimento nel punto di emissione, [Pa];
P_a	=	pressione atmosferica, [Pa];
P_{lh}	=	pressione del battente di liquido, [Pa];
P_i	=	pressione imposta sulla superficie del liquido, quale ad esempio la pressione atmosferica o la pressione di un cuscino di gas (es. gas inerte), [Pa]; NOTA per valvole di sfioro e di sicurezza P_i = valore di taratura + 10%;
P_v	=	pressione (tensione) di vapore alla massima temperatura ambiente o alla temperatura di emissione se maggiore, [Pa];
Q_g	=	portata di emissione di gas o vapore, [kg/s] (da dividere per la densità ρ_{gas} per ottenere m^3/s), nelle Appendici B e C della Norma CEI EN 60079-10 è denominata: $(dG/dt)_{max}$;
Q_{gs}	=	portata specifica di emissione di vapore, [kg/s · m ²];
Q_{gte}	=	portata di emissione di vapore trascorso il tempo t_e , [kg/s];
Q_l	=	portata di emissione di liquido o della frazione liquida, [kg/s];
Q_t	=	portata totale di emissione, liquido o liquido più vapore, [kg/s];
R	=	costante universale dei gas = 8314 J/kmol · K;
r_{eq}	=	raggio equivalente della superficie di liquidi di forma circolare o quadrangolare, così definito: $r_{eq} = (2 \cdot \text{area}) / (\text{perimetro o circonferenza})$;
T	=	temperatura di riferimento, [K];
T_0	=	temperatura assoluta all'interno del sistema di contenimento in prossimità della sorgente di emissione (foro di uscita) o temperatura del liquido, [K];
T_b	=	temperatura normale di ebollizione, [K];
T_g	=	temperatura del suolo, [K];
t_e	=	tempo di emissione o tempo trascorso dall'inizio dell'evaporazione (t_e iniziale = 1), [s];
t_n	=	tempo di neutralizzazione della pozza o simili, [s];
t_p	=	tempo di alimentazione della pozza o simili, [s];
u_0	=	velocità di emissione (subito dopo l'uscita), [m/s];
v_0	=	volume specifico subito dopo l'uscita, [m ³ /kg].
V_l	=	portata volumetrica di emissione, [m ³ /s];
w_a	=	velocità di riferimento dell'aria nell'ambiente, [m/s];
X_g	=	coefficiente di porosità del suolo;
α	=	diffusibilità termica del substrato, [m ² /s];
γ	=	rapporto tra i calori specifici (indice di espansione) = c_p / c_v ;
ρ_{liq}	=	densità (massa volumica) della massa liquida, [kg / m ³];

- φ = rapporto critico del flusso;
- φ_f = frazione della massa di vapore nella miscela, [p.u.];
- φ_s = frazione della massa di nebbia (spray) nella miscela, [p.u.];
- Φ = flusso termico (potenza termica), kW.

GB.2 Modalità di emissione

Le sostanze infiammabili possono essere emesse dai sistemi di contenimento in modi diversi in relazione allo stato ed alla velocità di emissione.

a) Stato:

- gas o vapore (in singola fase);
- liquido, che evapora in modo trascurabile nell'emissione (singola fase);
- liquido o gas liquefatto, che evapora nell'emissione.

b) Velocità di emissione e relativa quantità di moto iniziale:

- bassa;
- alta.

I gas e vapori emessi tendono a diffondersi nell'aria, le particelle si allontanano fino ad occupare tutto lo spazio a disposizione.

L'emissione di gas o vapore a bassa velocità forma un pennacchio; le particelle di gas o vapore hanno una bassa quantità di moto, per cui si allontanano dalla SE e si diluiscono nell'aria per diffusione o per diluizione turbolenta in relazione alla velocità relativa dell'aria nella zona di emissione.

Il pennacchio assume la direzione del vento oppure, in assenza di vento, sale o scende in relazione alla densità relativa all'aria dei gas o vapori.

L'emissione di gas o vapore ad alta velocità forma un getto che ingloba l'aria unicamente per trasferimento di quantità di moto (massa per velocità) e si autodiluisce; inizialmente il getto è dominante rispetto all'influenza dell'aria ed assume la forma conica nella direzione di emissione, man mano che le particelle di gas o vapore si allontanano dalla SE perdono velocità, vengono inglobate nell'aria e la direzione del getto subisce l'influenza della direzione dell'aria. L'estensione dell'atmosfera esplosiva in questo caso è generalmente indipendente dalla velocità dell'aria; inoltre, la densità relativa all'aria dei gas o vapori quando il getto ha perso velocità ha poca influenza in quanto a questo punto essi si trovano in miscela nell'aria in bassa concentrazione.

La diluizione dei gas emessi sotto forma di getto dipende dalla velocità di uscita e dalla loro densità relativa all'aria; ad esempio, a parità di portata, emissioni di gas più leggeri dell'aria comportano generalmente un percorso più lungo per scendere al di sotto del LEL delle emissioni di gas più pesanti dell'aria.

La diluizione dei gas emessi sotto forma di getto dipende anche dalla geometria della SE (es. foro circolare, foro lineare, foro radiale); a parità di portata, emissioni da un foro di forma piana (fessura) comportano generalmente un percorso più lungo per scendere al di sotto del LEL di quelle che avvengono da un foro di forma circolare.

L'emissione di un liquido infiammabile evapora in dipendenza delle sue caratteristiche e della differenza tra le condizioni di pressione e temperatura in cui si trovava all'interno del sistema di contenimento rispetto a quelle dell'ambiente.

Se il liquido esce ad una temperatura inferiore a quella di ebollizione riferita alla temperatura e pressione ordinarie dell'ambiente, la portata di evaporazione è piccola; il liquido precipita formando una pozza sul terreno da dove evapora.

Se la sostanza, all'interno del suo sistema di contenimento, è allo stato liquido perché in pressione, oppure esce ad una temperatura superiore a quella di ebollizione riferita alla temperatura e pressione ordinarie dell'ambiente, nel punto di emissione esso subisce in parte o totalmente una vaporizzazione tumultuosa ed istantanea (flashing), in parte una nebulizzazione.

La parte di liquido che non evapora o nebulizza nell'emissione, va a formare una pozza dalla quale avviene l'evaporazione.

Quando la velocità di uscita del liquido dal suo sistema di contenimento è piccola o la sorgente di emissione è schermata, la pozza si forma sul suolo sottostante il punto di emissione; quando la velocità di uscita è grande (pressione interna elevata) e la sorgente di emissione non è schermata, il liquido viene spruzzato e può percorrere una certa distanza prima di cadere a terra e formare una pozza. In questi casi occorre una particolare attenzione per definire l'estensione della zona pericolosa nell'intorno della pozza.

Se il liquido esce ad una temperatura superiore a quella di accensione (autoaccensione), a contatto con l'atmosfera si autoincendia originando pericoli d'incendio più che di esplosione (es. certi oli diatermici riscaldati a temperature molto elevate).

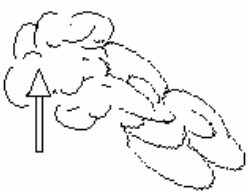
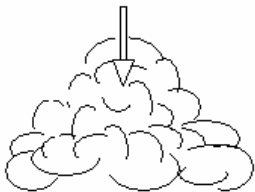
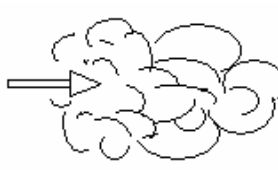
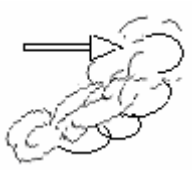
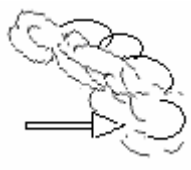
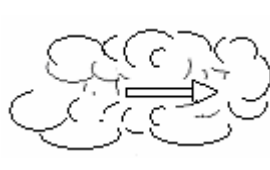
I liquidi emessi ad alta velocità, cioè ad una velocità superiore a quella critica (dipendente dalla temperatura, dalla pressione e da altri parametri), formano getti che si disintegrano (nebulizzano) per l'alta turbolenza generata, trascinano l'aria e si auto-diluisciono.

NOTA L'elevata turbolenza può generare cariche elettrostatiche capaci di innescare la nebbia o i vapori, anche in funzione della conduttività elettrica e/o della presenza di impurità.

Fluido emesso	Modalità di emissione	
	Velocità di emissione e relativa quantità di moto	Modalità di dispersione
Gas o vapore	alta	getto automiscelantesi con l'aria
	bassa	pennacchio di gas o vapore
Liquido che non evapora nell'emissione	alta	getto di liquido che viene lanciato lontano e cadendo forma una pozza, distante dal punto di emissione, da dove avviene una lenta evaporazione
	bassa	rivolo o gocce che cadono al suolo e formano una pozza dalla quale avviene l'evaporazione
Liquido che evapora nell'emissione	alta	getto di liquido che evapora tutto o solo in parte nel punto di emissione e può formare una nebbia che evapora durante la caduta al suolo
	bassa	scia di liquido in evaporazione durante la caduta e che può formare una pozza dalla quale avviene una rapida evaporazione

ESEMPI DI DISPERSIONE DI GAS O VAPORI NELL'ARIA

Nota - Le figure non rappresentano l'estensione delle zone pericolose

Casi considerati	Direzione dell'aria 	Gas pesanti densità > 1,2	1.2 Gas leggeri densità < 0,8	Gas intermedi densità 0,8 ÷ 1,2
Emissione verso l'alto 	Assente			
				
Emissione verso il basso 	Assente			
				
Emissione orizzontale (da sinistra verso destra) 	Assente			
				
				

GB.3 Fori di emissione dovuti a guasti, area delle superfici di emissione di liquidi e emissioni strutturali

GB.3.1 Stima delle dimensioni dei fori di emissione dovuti a guasti

La stima delle dimensioni dei fori che si determinano in caso di guasto di componenti dell'impianto contenente le sostanze infiammabili (es. di processo), da utilizzare per definire la portata di emissione per la definizione del grado della ventilazione e dell'estensione delle zone pericolose è di difficile valutazione.

In generale le dimensioni sono basate sull'esperienza pratica e su considerazioni ingegneristiche, soprattutto in relazione ai materiali utilizzati, alla periodicità ed accuratezza della manutenzione e alla rapidità di intervento in caso di guasto. Per esempio, per l'emissione da una flangia si potrebbe fare riferimento alla dimensione del foro ragionevolmente prevedibile in relazione alle sue caratteristiche specifiche e/o alla sua utilizzazione, che si manifesta più frequentemente, ovvero alla dimensione del foro, più grande, che si manifesta meno frequentemente, quale è quella corrispondente alla sezione di guarnizione compresa tra due fori di serraggio della flangia.

NOTA Si rammenta che, per foro si intende l'apertura di emissione: questa, in particolare nelle flange e negli alberi di macchine o valvole, può avere forma lineare, in tal caso ha senso parlare di spessore del foro.

Le dimensioni di seguito riportate sono stimate, ciò nonostante sono utili per fare valutazioni di emissione. In alcuni casi è fornita una sola dimensione, in altri casi più di una.

Le sorgenti di emissione considerate sono:

- flange;
- valvole;
- valvole di sicurezza, dischi di rottura e guardie idrauliche;
- pompe centrifughe;
- compressori alternativi;
- compressori centrifughi;
- connessioni di piccole dimensioni;
- punti di drenaggio e prelievo campioni.

Per le tenute sugli alberi, l'area può essere definita assumendo un foro anulare. Generalmente questo interstizio è considerato proporzionale al quadrato del diametro.

a) Flange

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera il guasto del dispositivo di tenuta (es. guarnizione).

Nella pratica industriale, il foro è definito considerando le dimensioni della flangia, il tipo e lo spessore della guarnizione.

I tipi di dispositivi di tenuta delle flange presi in considerazione sono:

- a1) guarnizione in fibra compressa;
- a2) guarnizione spirometalliche, guarnizioni in grafoil con inserto anti-estrusione e anelli, interno ed esterno, di contenimento, guarnizioni analoghe;
- a3) giunto ad anello metallo su metallo (ring joint), giunti filettati.

Con le guarnizioni di cui in a1), un guasto grave può originare un foro di spessore 1 mm lungo quanto la sezione di guarnizione compresa tra due fori di serraggio.

La tipologia di perdita delle flange è tale per cui normalmente il guasto inizia con un foro piccolo e, solo se non si interviene, raggiunge le dimensioni sopra riportate. Pertanto, quando dette dimensioni del foro sono ritenute improbabili perché è previsto un intervento tempestivo o per altri validi motivi, possono essere considerati fori più piccoli ed assumere il valore di $2,5 \text{ mm}^2$.

NOTA In presenza di diametri degli accoppiamenti flangiati molto grandi e/o in casi particolari, può essere opportuno assumere dimensioni del foro maggiori di $2,5 \text{ mm}^2$ anche se è previsto un intervento tempestivo.

Con le guarnizioni di cui in a2), un guasto grave può originare un foro di spessore 0,05 mm lungo quanto la sezione di guarnizione compresa tra due fori di serraggio.

Anche in questo caso, considerando la tipologia delle perdite delle flange, quando i fori definiti come sopra sono ritenuti improbabili perché è previsto un intervento tempestivo o per altri validi motivi, possono essere considerati fori più piccoli ed assumere il valore di $0,25 \text{ mm}^2$.

NOTA Le superfici di contatto delle flange devono avere un grado di lavorazione adatto al tipo di guarnizione adottato. In generale, con le guarnizioni in grafoil con inserto anti-estrusione e anelli, interno ed esterno, di contenimento, non è necessario un particolare grado di lavorazione delle superfici.

Con i giunti di cui in a3), un guasto grave può originare un foro di spessore 0,05 mm lungo 10 mm, quindi di area $0,5 \text{ mm}^2$.

Anche in questo caso, considerando la tipologia delle perdite delle flange, quando i fori definiti come sopra sono ritenuti improbabili perché è previsto un intervento tempestivo o per altri validi motivi, possono essere considerati fori più piccoli ed assumere il valore di $0,1 \text{ mm}^2$.

NOTA I giunti filettati maschio-femmina (es. tubo-manicotto), ove non diversamente definito da normative specifiche o non riconducibili alle esclusioni di cui al paragrafo 2.4. possono essere considerati equivalenti a giunti ad anello metallo su metallo.

b) Valvole manuali e valvole automatiche ON-OFF

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera l'emissione dallo stelo.

Nella pratica industriale, quale area del foro di emissione dallo stelo di valvole manuali e di valvole automatiche ON-OFF (apre-chiude), es. valvole di blocco, con tenuta a baderna, si può assumere:

- $0,25 \text{ mm}^2$ per valvole di uso generale su tubazione di diametro minore o uguale a 150 mm;
- $2,5 \text{ mm}^2$ per valvole di uso generale su tubazione di diametro maggiore di 150 mm;
- $2,5 \text{ mm}^2$ per valvole con servizio gravoso (più di una manovra al giorno) su tubazione di qualunque diametro.

NOTA Dimensioni del foro di emissione intermedi possono essere assunti a seguito di considerazioni specifiche.

c) Valvole di regolazione automatica

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera l'emissione dallo stelo.

I tipi di dispositivi di tenuta delle valvole presi in considerazione sono:

- c1) tenuta a baderna;
- c2) tenuta a soffietto.

Nella pratica industriale, quale area del foro di emissione dallo stelo di valvole di regolazione automatica, si può assumere:

- $2,5 \text{ mm}^2$ per valvole con tenuta a baderna;
- $0,25 \text{ mm}^2$ per valvole con tenuta a soffietto.

c) Valvole di sicurezza (SV), dischi di rottura (RD) e guardie idrauliche (GI)

Le valvole di sicurezza (SV), i dischi di rottura (RD) e le guardie idrauliche (GI) sono dispositivi di sicurezza atti ad evitare il superamento della pressione di progetto durante il funzionamento ordinario dell'impianto, per la protezione di recipienti e tubazioni.

Le SV, i RD e le GI che interessano la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione sono quelli che scaricano direttamente all'atmosfera e non in torcia o blow down.

Il tipo di dispositivo viene scelto in base alle sue caratteristiche funzionali e alle condizioni operative dell'impianto.

Le SV sono valvole che si aprono automaticamente per la spinta sull'otturatore del fluido in pressione che vince una forza antagonista applicata sull'otturatore stesso (es. di una molla, di una massa, di una massa con relativa leva, ecc.).

Le SV sono generalmente a molla diretta; le SV a massa o a massa con relativa leva possono essere utilizzate con forze di valore stabilito esercitate sull'otturatore (es. forze non superiori a 8000 N).

Quando, per esigenze di esercizio, le SV devono avere una perfetta tenuta, è ammessa la presenza di un'adatta guarnizione fra sede e otturatore.

I RD sono dispositivi a fratturazione prestabilita che si rompono ad una determinata pressione.

Le GI sono dispositivi a tenuta di liquido realizzati con battente di liquido; esse sono installate generalmente in sistemi dove la pressione relativa massima non è elevata (es. inferiore a 1 bar).

Le SV, i RD e le GI intervengono per aumento di pressione dovuto a:

- c.1) incendi esterni; ovvero,
- c.2) anomalie di esercizio (es. errori di manovra);
- c.3) funzionamento anomalo o fuori servizio di strumentazione di regolazione o controllo;
- c.4) pressioni di esercizio variabili in processi discontinui (a batch).

Quando possono essere ragionevolmente escluse le anomalie di cui in c.2), c.3), c.4), l'intervento delle SV, la rottura dei RD e il superamento del battente delle GI può essere trascurato ai fini della classificazione dei luoghi in oggetto.

Quando non possono essere escluse le anomalie di cui in c.2), c.3), c.4), l'intervento delle SV, la rottura dei RD e il superamento del battente delle GI devono essere considerate emissioni di secondo grado solo se dalle valutazioni risulta che la probabilità di atmosfera esplosiva dovuta all'apertura è superiore a 10^{-5} in un anno.

In considerazione della grande estensione della zona pericolosa in caso di apertura delle SV e dei RD, quando la probabilità di atmosfera esplosiva è superiore a 10^{-5} in un anno si consiglia di predisporre per essi ulteriori mezzi di protezione (apprestamenti di difesa o barriere di sicurezza) atti ad abbassare a valori inferiori la probabilità di un loro intervento (ved. 1.3.).

Le SV chiuse e le GI efficienti possono avere emissioni nell'atmosfera durante il funzionamento ordinario dell'impianto (trafilamenti), la cui portata Q_g deve essere quella massima prevista (es. dal fornitore) considerando l'intervallo di manutenzione.

In assenza di informazioni più precise, queste emissioni devono essere considerate generalmente di primo grado e si può valutare una sezione di apertura di:

- c.5) per le SV senza guarnizione tra sede e otturatore, la sezione di apertura può essere assunta di valore variabile da 1 mm^2 a $0,25 \text{ mm}^2$ in funzione della pressione del sistema di contenimento e della presenza sulla tubazione di scarico della SV di un sistema a sifone con spia visiva e liquido che permette di rilevare eventuali trafilamenti;
- c.6) per le GI l'area del foro deve essere valutata caso per caso essendo i sistemi molto diversi tra loro (liquido che evapora, ecc.).

Lo scarico delle SV, RD e GI dovrebbe essere generalmente convogliato verso l'alto al di sopra delle strutture circostanti, per ridurre la probabilità di innesco.

d) Pompe centrifughe con tenute meccaniche

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera l'emissione dalle tenute.

La rottura di una tenuta meccanica può essere dovuta a:

- errata installazione, da prevedere generalmente solo durante le prove in campo e nelle fasi iniziali di esercizio;
- scheggiatura o rigatura (per ingresso di corpi estranei, vibrazioni, ecc.), da prevedere generalmente durante il funzionamento ordinario.

Per errata installazione, l'area del foro di emissione è generalmente definita, in relazione al diametro dell'albero, come segue:

$$A = \pi \cdot l \cdot d$$

dove:

A = area del foro anulare di emissione, in mm^2 ;

l = altezza dell'interstizio (spessore del foro anulare), in mm;

d = diametro dell'albero, in mm.

Quando sulla tenuta è installata una ghiera per il controllo del flusso in uscita, l'area del foro può essere ridotta con un fattore variabile da 3 a 5.

Per una pompa con albero di diametro $d = 25 \text{ mm}$ l'area del foro può essere assunta:

- 25 mm^2 con tenuta meccanica senza la ghiera di controllo del flusso in uscita,
- 5 mm^2 con tenuta meccanica provvista di ghiera di controllo del flusso in uscita.

Per pompe con albero di altre dimensioni l'area del foro può essere proporzionale al diametro.

Per la scheggiatura o rigatura dell'anello di tenuta, l'area del foro di emissione è generalmente definita, considerando che la perdita possa essere 10 volte quella massima prevista in funzionamento ordinario come emissione strutturale (ved. GB.3.2.1) oltre la quale è previsto un intervento di manutenzione, stabilita sulla base delle informazioni fornite dal costruttore della tenuta e/o dell'esperienza.

e) Compressori alternativi

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considerano sia le emissioni dalle tenute, sia le emissioni da altri punti quale la camera delle valvole.

Per i vari punti di possibile emissione, l'area del foro tende a rientrare nel campo tra 1 e 5 mm^2 , quindi generalmente si può assumere il valore di $2,5 \text{ mm}^2$.

f) Compressori centrifughi

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera l'emissione dalle tenute.

Per le tenute, l'area del foro di emissione è generalmente definita come per le pompe centrifughe.

Le tenute possono essere del tipo a labirinto flussate o ad anello flottante; con queste ultime l'area del foro può essere ridotta con un fattore da 5 a 6.

La rottura di una tenuta può essere dovuta a:

- errata installazione, da prevedere generalmente solo durante le prove in campo e nelle fasi iniziali di esercizio;
- scheggiatura o rigatura (per ingresso di corpi estranei, vibrazioni, ecc.), da prevedere generalmente durante il funzionamento ordinario.

Per un compressore con albero di diametro $d = 150 \text{ mm}$ l'area del foro può essere assunta come sotto indicato.

Per errata installazione:

- 250 mm^2 con tenuta a labirinto flussata;
- 50 mm^2 con tenuta ad anello fluttuante;

per compressori con albero di altre dimensioni l'area del foro può essere proporzionale al diametro.

Per scheggiatura o rigatura:

- 5 mm^2 con tenuta a labirinto flussata;
- 1 mm^2 con tenuta ad anello fluttuante;

per compressori con albero di altre dimensioni l'area del foro può essere proporzionale al diametro.

g) Connessioni di piccole dimensioni

Tipiche connessioni di piccole dimensioni sono quelle per il collegamento della strumentazione di processo.

La tipologia di perdita è tale per cui normalmente il guasto inizia con un foro piccolo e, solo se non si interviene, raggiunge le dimensioni della rottura completa del tubo. Pertanto, quando la rottura completa è ritenuta improbabile perché è previsto un intervento tempestivo o per altri validi motivi, possono essere considerati fori più piccoli nel campo tra 0,1 e 1 mm² ed assumere mediamente il valore di 0,25 mm².

h) Punti di drenaggio e prelievo campioni

I punti di drenaggio sono costituiti generalmente da valvole (manuali o a richiusura automatica).

I punti di prelievo campioni, detti anche "prese campione", possono essere:

- a dosaggio predeterminato;
- a circuito chiuso;
- a circuito aperto.

Sia per i punti di drenaggio, sia per i punti di prelievo campioni si considera generalmente il trafilamento dalla valvola d'intercettazione. Il trafilamento può essere escluso quando sono previste doppie valvole d'intercettazione, una valvola più una flangia cieca o un tappo, oppure per prese campione a dosaggio predeterminato quando la quantità prelevata è di pochi cm³.

Per i punti di prelievo campioni a circuito chiuso, generalmente possono non essere considerate le emissioni durante il prelievo dei campioni; per i punti di prelievo campioni a circuito aperto invece, dette emissioni devono essere generalmente considerate (emissioni di primo grado).

Nei casi in cui non possa essere ragionevolmente esclusa la possibilità che la valvola di drenaggio o prelievo campioni sia lasciata o rimanga aperta, per definire le dimensioni del foro si considera la valvola completamente aperta.

NOTA Il diametro tipico di efflusso dei punti di prelievo campioni è 20 mm.

Il diametro tipico di efflusso dei punti di drenaggio varia in genere tra 15, 25, 40 e 50 mm.

Per il trafilamento possono essere considerati fori più piccoli; indicativamente 1/10 del diametro sopra indicato.

GB.3.2 **Area delle superfici di emissione di liquidi** [9] [11] [16]

L'area della superficie di emissione di un liquido esposto all'atmosfera in contenitore aperto è quella del contenitore. Nella fuoriuscita di liquido che non evapora nell'emissione e cade al suolo, si forma una pozza la cui area è definita in modi diversi in relazione alla situazione locale.

- a) Quando il liquido è confinato, cioè delimitato da cordoli, terrapieni, dighe, ecc., l'area della pozza corrisponde a quella delimitata dagli stessi cordoli, terrapieni, dighe, ecc., salvo i casi particolari di cui in d).
- b) Quando il suolo è pavimentato con pendenza verso pozzetti o ghiotte di drenaggio in fogna, ragionevolmente il liquido fuoriuscito viene scaricato in fogna limitando sensibilmente l'area A fino a dimensioni che possono essere anche trascurabili. Occorre fare una valutazione della distanza tra punto più lontano di emissione dal pozzetto o ghiotta di drenaggio in fogna e, sulla base della portata.

- c) Quando il liquido non è confinato, la pozza si allarga fino a che la sua area determina una portata di evaporazione uguale alla portata di liquido che la alimenta (condizione di equilibrio); in tal caso, l'area della pozza può essere definita con la formula [f.GB.4.5-4].
 - d) Quando l'emissione avviene in pressione, la pozza potrebbe formarsi lontano dal punto di emissione.
 - e) Quando il liquido cade in acqua può galleggiare fino a punti lontani (es. in reti fognarie, vasche di decantazione, nel mare dai pontili, ecc.).
 - d) Quando l'impianto è sorvegliato l'intervento del personale elimina la perdita e potrebbe limitare l'area a dimensioni più piccole di quelle che raggiungerebbe in condizione di equilibrio (caso c); l'area della pozza può essere allora definita con la formula [f.GB.4.5-1].
- Quando sia prevista la sorveglianza dell'impianto, deve essere calcolata l'area della pozza nei due modi c) e d), e adottato il valore più piccolo.

GB.3.2.1 Portata di liquido emesso dal sistema di contenimento

Per definire l'area della pozza occorre innanzi tutto calcolare la portata di liquido emesso dal sistema di contenimento.

La portata Q_l in massa (kg /s) si ricava con la formula [f.GB.3.2.1-1] seguente.

Per liquidi viscosi la formula potrebbe fornire portate eccessive.

Per l'interpretazione dei simboli v. GB.1.

$$Q_l = c \cdot A \left[2 \cdot \rho_{liq} (P_0 - P_a) \right]^{0,5} \quad \text{[f.GB.3.2.1-1] (ex GB.4.2.1)}$$

La formula [f.GB.3.2.1-2] seguente fornisce la pressione assoluta P_0 all'interno del sistema di contenimento in corrispondenza della SE:

$$P_0 = P_{lh} + P_i \quad \text{[f.GB.3.2.1-2] (ex GB.4.2.2)}$$

dove, P_{lh} è la eventuale pressione dovuta al battente del liquido, che può essere ricavata con la formula [f.GB.3.2.1-3] e P_i è ogni altra pressione imposta sul liquido stesso, quale ad esempio la pressione atmosferica, la pressione di un cuscino di gas (es. gas inerte), o la pressione di pompaggio.

$$P_{lh} = (h_{liq} - h_f) \cdot \rho_{liq} \cdot g \quad \text{[f.GB.3.2.1-3] (ex GB.4.2.3)}$$

dove, h_{liq} è l'altezza del liquido dal pelo libero superiore al punto, più in basso, da dove può avvenire l'emissione. A favore della sicurezza, l'altezza h_{liq} è considerata costante durante l'emissione.

La portata Q_l può essere utilizzata per definire la portata volumetrica di emissione V_l e quindi le dimensioni delle pozze di cui in GB.3.2.2 e GB.3.2.3, o per stabilire la portata di liquido che nebulizza nell'emissione, v. 3.22.5.

La formula [f.GB.3.2.1-4] seguente fornisce la portata volumetrica di emissione V_l :

$$V_l = Q_l / \rho_{liq} \quad \text{[f.GB.3.2.1-4]}$$

Per la massa volumica del liquido ρ_{liq} in kg/m³, ved. Tabella GA-2.

Per l'interpretazione dei simboli vedere la legenda in GB.1.

GB.3.2.2 Area A_1 della pozza definita considerando il tempo d'intervento per sopprimere la perdita

La formula seguente non considera l'evaporazione che avviene durante l'emissione del liquido in quanto è assunto che esso si trovi ad una temperatura vicina a quella ambiente e sufficientemente lontana dalla sua temperatura di ebollizione, si riferisce a tempi di emissione brevi (secondo grado), quindi l'area della pozza così calcolata deve essere intesa come massima. Per calcolare l'area della pozza, quando i tempi di emissione t_p sono lunghi e/o il liquido si trova ad una temperatura molto vicina alla sua temperatura di ebollizione, può essere opportuno considerare tale evaporazione ed assumere un'area più piccola di quella calcolata con la formula seguente:

$$A_1 = \frac{V_l \cdot t_p}{h_m} \quad [\text{f.GB.3.2.2-1}] \text{ (ex GB.4.5.1)}$$

Per l'interpretazione dei simboli vedere la legenda in GB.1.

I valori della profondità della pozza h_m da considerare dipendono soprattutto dalla porosità e rugosità del suolo e dalla viscosità della sostanza, valori indicativi possono essere:

- $5 \cdot 10^{-3}$ m, con pavimento non poroso (es. in calcestruzzo);
- $10 \cdot 10^{-3}$ m, con pavimento poroso (es. con ghiaia).

Per liquidi con viscosità molto bassa (es. solventi), la profondità della pozza h_m può essere minore di $5 \cdot 10^{-3}$ m; viceversa, per quelli con viscosità molto alta, la profondità della pozza può essere maggiore di $10 \cdot 10^{-3}$ m.

GB.3.2.3 Area A_2 della pozza non confinata definita in regime di equilibrio

$$A_2 = \frac{Q_l}{Q_{gs}} \cdot k_A \quad [\text{f.GB.3.2.3-1}] \text{ (ex GB.4.5.4)}$$

dove:

- Q_l = portata di emissione del liquido (kg/s), da calcolare con la formula [f.GB.3.2.1-1]
- $k_A = 0,7$ quando $Q_l / Q_{gs} < 1,0 \text{ m}^2$
- $k_A = 1,0$ quando $1,0 \leq Q_l / Q_{gs} < 4,0 \text{ m}^2$
- $k_A = 1,4$ quando $Q_l / Q_{gs} \geq 4,0 \text{ m}^2$
- Q_{gs} = portata specifica di evaporazione da una pozza ($\text{kg/s} \cdot \text{m}^2$) lambita dall'aria di ventilazione dell'ambiente di cui non sia nota l'area A, definita con la formula seguente:

$$Q_{gs} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{w_a}{f_{SE}} \cdot \frac{M \cdot P_a}{R \cdot T} \ln \left(\frac{P_a}{P_a - P_v} \right) \quad [\text{f.GB.3.2.3-2}] \quad (\text{ex GB.4.5.3})$$

Per l'interpretazione dei simboli vedere la legenda in GB.1.

GB.3.3. Stima delle emissioni strutturali [9] [11] [16]

Emissioni strutturali sono quelle che possono avvenire durante l'attività dell'impianto dai punti di discontinuità dei componenti del sistema di contenimento delle sostanze infiammabili, quali ad esempio le flange sulle tubazioni, le giunzioni tra parti di apparecchi e macchine, gli sfiati di valvole di sicurezza, di sfioro e simili chiuse, ecc. (v. 5.7.3.2).

GB.3.3.1 Emissioni strutturali - Dati statistici

Le portate di emissione indicate nella tabella seguente sono basate su dati statistici [9] e possono essere utili nell'industria per fare valutazioni di emissione. Quando l'impianto sia ben mantenuto, oppure siano utilizzati componenti con basse perdite, i componenti usurabili siano sostituiti nel rispetto delle indicazioni del costruttore e comunque con periodicità tale da assicurare il mantenimento nel tempo delle condizioni previste, è ragionevole considerare che le emissioni strutturali possano essere anche inferiori di quelle indicate nella Tabella GB.3.2-1 seguente.

TABELLA GB.3.2-1

COMPONENTI	TIPI DI SOSTANZE	EMISSIONI STRUTTURALI kg/s
Connessioni (a flangia o filettate), accessori di tubazioni	gas	$1,9 \cdot 10^{-8}$
	prodotti petroliferi leggeri (1)	$2,1 \cdot 10^{-8}$
	prodotti petroliferi pesanti (2)	$5,2 \cdot 10^{-10}$
	gas e/o prodotti petroliferi in piattaforme a mare (offshore)	$3,0 \cdot 10^{-9}$
Valvole manuali e automatiche (escluse le valvole di sicurezza e di rilascio all'atmosfera)	gas	$5,6 \cdot 10^{-7}$
	prodotti petroliferi leggeri (1)	$1,0 \cdot 10^{-7}$
	prodotti petroliferi pesanti (2)	$1,0 \cdot 10^{-9}$
	gas e/o prodotti petroliferi in piattaforme a mare (offshore)	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Sfiati, drenaggi, spurghi e pre-campione intercettati da valvole (escluse le valvole di sicurezza e di rilascio all'atmosfera)	gas	$5,6 \cdot 10^{-8}$
	prodotti petroliferi leggeri (1)	$1,8 \cdot 10^{-7}$
	prodotti petroliferi pesanti (2)	$5,0 \cdot 10^{-9}$
	gas e/o prodotti petroliferi in piattaforme a mare (offshore)	$5,1 \cdot 10^{-8}$
Sfiati di valvole di sicurezza chiuse (3), valvole di rilascio all'atmosfera chiuse, tenute di pompe e compressori, boccaporti, passi d'uomo, bracci di carico ed ogni altro componente	gas	$1,5 \cdot 10^{-6}$
	prodotti petroliferi leggeri (1)	$5,2 \cdot 10^{-7}$
	prodotti petroliferi pesanti (2)	$3,0 \cdot 10^{-9}$
	gas e/o prodotti petroliferi in piattaforme a mare (offshore)	$5,4 \cdot 10^{-7}$

- (1) Prodotti con densità inferiore a 934 kg/m^3 a 15°C ;
 (2) Prodotti con densità superiore a 934 kg/m^3 a 15°C ;
 (3) Per le valvole di sicurezza vedere anche la Tabella GB.3.2-2 seguente.

GB.3.3.2 Perdite da valvole di sicurezza per gas - Dati di prova

Per le valvole di sicurezza di impianti relativi al gas con tenuta metallo su metallo, le perdite massime ammissibili nelle prove di collaudo relative alla tenuta della sede della valvola, sono riportate nella Tabella GB.3.2-2 seguente, tratta dalla API STANDARD 527: 07-1991 [11]. Tali perdite possono essere utilizzate per definire le emissioni strutturali tenendo in considerazione che col tempo possono aumentare in dipendenza delle influenze esterne e delle condizioni di esercizio.

TABELLA GB.3.2-2

VALVOLA DI SICUREZZA	PRESSIONE DI ESERCIZIO MPa	TENUTA ESTERNA Perdite massime ammissibili kg/s
Valvole con orifizio di scarico di diametro $\leq 7,8$ mm	0,103 - 6,896	$1,4 \cdot 10^{-7}$
	10,3	$2,2 \cdot 10^{-7}$
	13,0	$2,8 \cdot 10^{-7}$
	17,2 - 41,4	$3,6 \cdot 10^{-7}$
Valvole con orifizio di scarico di diametro $> 7,8$ mm	0,103-6,896	$7,1 \cdot 10^{-8}$
	10,3	$1,1 \cdot 10^{-7}$
	13,0	$1,4 \cdot 10^{-7}$
	17,2	$1,8 \cdot 10^{-7}$
	20,7	$2,2 \cdot 10^{-7}$
	27,6	$2,8 \cdot 10^{-7}$
	38,5	$3,6 \cdot 10^{-7}$
	41,4	$3,6 \cdot 10^{-7}$

Per le valvole di sicurezza di impianti relativi al gas con tenuta soffice (es. in teflon), nelle prove di collaudo di tenuta della sede della valvola non sono ammesse perdite.

GB.3.2.3 Perdite da apparecchi a gas - Valori indicativi

Nei luoghi di installazione di impianti termici alimentati a gas le portate delle perdite indicative di tenuta esterna dei componenti, sono riportate nelle Tabelle GB.3.2-3/1 e GB.3.2-3/2 seguenti. Tali perdite possono essere utilizzate per definire le emissioni strutturali tenendo in considerazione che col tempo possono aumentare in dipendenza delle influenze esterne e delle condizioni di esercizio.

Tabella GB.3.2-3/1

	PERDITE DA APPARECCHI A GAS Dati di prova	Condizioni ambientali $P_a = 101\,325\text{ Pa}$ $T_a = 20\text{ °C}$	TENUTA ESTERNA Perdita indicativa		
			-	Metano	GPL
			cm ³ /h	kg/s	kg/s
1	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi di intercettazione, regolazione e sicurezza.	Per dispositivi multifunzionali: DN fino a 10 mm	60	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$
		DN da 10 mm a 80 mm	120	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$6,11 \cdot 10^{-8}$
2	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi automatici di intercettazione e/o regolazione. Valvole automatiche.	DN fino a 10 mm	20	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-8}$
		DN da 10 mm a 25 mm	40	$7,4 \cdot 10^{-9}$	$2,04 \cdot 10^{-8}$
		DN da 25 mm a 80 mm	60	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$
		DN da 80 mm a 150 mm	100	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$5,09 \cdot 10^{-8}$
		DN oltre 150 mm	150	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$7,64 \cdot 10^{-8}$
3	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi termoelettrici.	DN fino a 10 mm	20	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-8}$
		DN da 10 mm a 25 mm	40	$7,4 \cdot 10^{-9}$	$2,04 \cdot 10^{-8}$
		DN da 25 mm a 80 mm	60	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$
4	Bruciatori di gas ad aria soffiata. (1)	Potenza termica $\leq 100\text{ kW}$	70	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$3,57 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 350\text{ kW}$	140	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$7,13 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 1\,000\text{ kW}$	210	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$
		Potenza termica $> 2\,000\text{ kW}$	280	$5,2 \cdot 10^{-8}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$
5	Generatori di aria calda funzionanti a gas con bruciatore ad aria soffiata.	Potenza termica $\leq 100\text{ kW}$	70	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$3,57 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 350\text{ kW}$	140	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$7,13 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 2\,000\text{ kW}$	210	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$
6	Regolatori di pressione per apparecchi alimentati da gas canalizzati. (2)	Regolatori singoli	30	$5,6 \cdot 10^{-9}$	$1,53 \cdot 10^{-8}$
		Regolatori multipli	60	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$
		Perdita dallo sfiato in caso di danneggiamento della membrana (2)	50000	$9,3 \cdot 10^{-6}$	$2,55 \cdot 10^{-5}$
7	Caldaie ad acqua, di riscaldamento centralizzato, funzionanti a gas con bruciatore atmosferico e portata termica nominale $\leq 70\text{ kW}$.	Fuga totale massima del circuito gas	140	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$7,13 \cdot 10^{-8}$

- (1) Perdite indicative previste sulla linea del gas del bruciatore e delle apparecchiature di sicurezza e regolazione ivi inserite.
- (2) Il DM 12 aprile 1996 prescrive che eventuali riduttori di pressione siano collocati all'esterno dell'edificio.

Tabella GB.3.2-3/2

	PERDITE DA APPARECCHI A GAS Dati di prova	Condizioni ambientali $P_a = 101\,325\text{ Pa}$ $T_a = 20\text{ °C}$	TENUTA ESTERNA Perdita indicativa		
			-	Metano	GPL
			cm³/h	kg/s	kg/s
1	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi di intercettazione, regolazione e sicurezza.	Per dispositivi multifunzionali: DN fino a 10 mm	60	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
		DN da 10 mm a 80 mm	120	$2,08 \cdot 10^{-8}$	$5,72 \cdot 10^{-8}$
2	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi automatici di intercettazione e/o regolazione. Valvole automatiche.	DN fino a 10 mm	20	$3,47 \cdot 10^{-9}$	$9,54 \cdot 10^{-9}$
		DN da 10 mm a 25 mm	40	$6,94 \cdot 10^{-9}$	$1,91 \cdot 10^{-8}$
		DN da 25 mm a 80 mm	60	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
		DN da 80 mm a 150 mm	100	$1,73 \cdot 10^{-8}$	$4,77 \cdot 10^{-8}$
		DN oltre 150 mm	150	$2,60 \cdot 10^{-8}$	$7,15 \cdot 10^{-8}$
3	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi termoelettrici.	DN fino a 10 mm	20	$3,47 \cdot 10^{-9}$	$9,54 \cdot 10^{-9}$
		DN da 10 mm a 25 mm	40	$6,94 \cdot 10^{-9}$	$1,91 \cdot 10^{-8}$
		DN da 25 mm a 80 mm	60	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
4	Bruciatori di gas ad aria soffiata. (1)	Potenza termica $\leq 100\text{ kW}$	70	$1,21 \cdot 10^{-8}$	$3,34 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 350\text{ kW}$	140	$2,43 \cdot 10^{-8}$	$6,68 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 1\,000\text{ kW}$	210	$3,64 \cdot 10^{-8}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$
		Potenza termica $> 2\,000\text{ kW}$	280	$4,86 \cdot 10^{-8}$	$1,34 \cdot 10^{-7}$
5	Generatori di aria calda funzionanti a gas con bruciatore ad aria soffiata.	Potenza termica $\leq 100\text{ kW}$	70	$1,21 \cdot 10^{-8}$	$3,34 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 350\text{ kW}$	140	$2,43 \cdot 10^{-8}$	$6,68 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 2\,000\text{ kW}$	210	$3,64 \cdot 10^{-8}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$
6	Regolatori di pressione per apparecchi alimentati da gas canalizzati. (2)	Regolatori singoli	30	$5,20 \cdot 10^{-9}$	$1,43 \cdot 10^{-8}$
		Regolatori multipli	60	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
		Perdita dallo sfiato in caso di danneggiamento della membrana (2)	50000	$8,67 \cdot 10^{-6}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$
7	Caldaie ad acqua, di riscaldamento centralizzato, funzionanti a gas con bruciatore atmosferico e portata termica nominale $\leq 70\text{ kW}$.	Fuga totale massima del circuito gas	140	$2,43 \cdot 10^{-8}$	$6,68 \cdot 10^{-8}$

(1) Perdite indicative previste sulla linea del gas del bruciatore e delle apparecchiature di sicurezza e regolazione ivi inserite.

(2) Il DM 12 aprile 1996 prescrive che eventuali riduttori di pressione siano collocati all'esterno dell'edificio.

GB.4. Calcolo della portata di emissione

Per il calcolo della portata di emissione dalle SE si possono adottare formule reperibili nella letteratura tecnica.

Nei paragrafi seguenti si riportano alcune formule di calcolo che forniscono dati cautelativi adatti allo scopo della classificazione dei luoghi pericolosi.

Per l'interpretazione dei simboli vedere la legenda in GB.1.

GB.4.1. Portata di emissione di gas in singola fase

Un gas può fuoriuscire dal sistema di contenimento all'interno del quale è allo stato gassoso, cioè non cambia stato nell'emissione (singola fase), in regime di flusso subsonico o di flusso sonico.

Per definire il regime di flusso si applica la formula [f.GB.4.1-1] seguente. [7]

$$\frac{P_a}{P_0} \leq \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \quad [\text{f.GB.4.1-1}] \quad (\text{ex GB.4.1.1})$$

Quando essa è rispettata si ha flusso sonico (> 343 m/s), quando non è rispettata si ha flusso subsonico.

La velocità di uscita del gas può essere definita con :

$$u_0 = \left(\gamma \frac{R \cdot T}{M} \right)^{0,5}$$

Per definire la portata di emissione si applica la Formula [f.GB.4.1-2] seguente. [7]

$$Q_g = \varphi \cdot c \cdot A \left[\gamma \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\beta} \right]^{0,5} \frac{P_0}{\left(\frac{R T}{M} \right)^{0,5}} \quad [\text{f.GB.4.1-2}] \quad (\text{ex GB.4.1.2})$$

Caso tipico di sua applicazione è la fuoriuscita di gas da un sistema di contenimento nel quale la pressione non cali sensibilmente per effetto dell'emissione considerata.

Per definire il rapporto critico φ si applica le formule [f.GB.4.1-3] e [f.GB.4.1-4] seguenti. [7]

- per emissioni in regime subsonico:

$$\varphi = \left(\frac{P_a}{P_0} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot \left[1 - \left(\frac{P_a}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{0,5} \cdot \left[\left(\frac{2}{\gamma-1} \right) \cdot \left(\frac{\gamma+1}{2} \right)^{\beta} \right]^{0,5} \quad [\text{f.GB.4.1-3}]$$

dove:

$$\beta = \frac{\gamma+1}{\gamma-1}$$

- per emissioni in regime sonico $\varphi = 1$ [f.GB.4.1-4]

La portata Q_g sopra può essere utilizzata per definire il V_z , la concentrazione $X_m\%$ e la distanza pericolosa d_z nelle formule del par. GB.5.1.

GB.4.2. Portata di liquido che evapora nell'emissione

Esempi tipici sono: l'emissione di un liquido che, all'interno del sistema di contenimento, si trova ad una temperatura superiore alla sua temperatura di ebollizione (surriscaldato), l'emissione di un gas liquefatto perché compresso (es. GPL), l'emissione di un gas liquido perché refrigerato (GNL).

Quando si ha la certezza che il liquido evapori tutto nell'emissione (come può avvenire nelle emissioni dirette da un orifizio o un foro), la portata Q_g può essere considerata uguale alla Q_l calcolata con la formula [f.GB.4.2-1]. [5]

Quando non si ha la certezza che il liquido evapori tutto nel punto di emissione (come può avvenire nelle emissioni tramite una tubazione), nell'emissione si ha la formazione di un flusso bifase la cui portata totale (liquido + vapore + nebbia) Q_t può essere calcolata con la formula [f.GB.4.2-1]; la frazione che evapora nell'emissione (φ_f) può essere calcolata con la

formula [f.GB.4.2-2] [5] e la frazione di nebbia (φ_s), approssimativamente uguale alla frazione di vapore, può essere calcolata con la formula [f.GB.4.2-3] [5].

La Norma CEI EN 60079-10 al § 1.1 nota 5 indica che «Sebbene sia difficile decidere sul tipo ed estensione delle zone dovute a nebbie, i criteri applicabili ai gas e vapori danno, nella maggior parte dei casi, risultati sicuri»; pertanto, per definire l'estensione delle zone in questo caso, è possibile sommare la frazione di vapore con quella di nebbia, quindi la portata Q_g può essere definita con la formula [f.GB.4.2-4].

Quando Q_g non è uguale a Q_t si presume che rimanga una frazione liquida Q_l , che può cadere al suolo e formare una pozza; la portata Q_l può essere definita con la formula [f.GB.4.2-5] [5].

$$Q_t = c \cdot A \cdot [2 \rho_{liq} \cdot f(l) \cdot (P_0 - P_a)]^{0,5} \quad \text{[f.GB.4.2-1] (ex GB.4.3.1 corretta)}$$

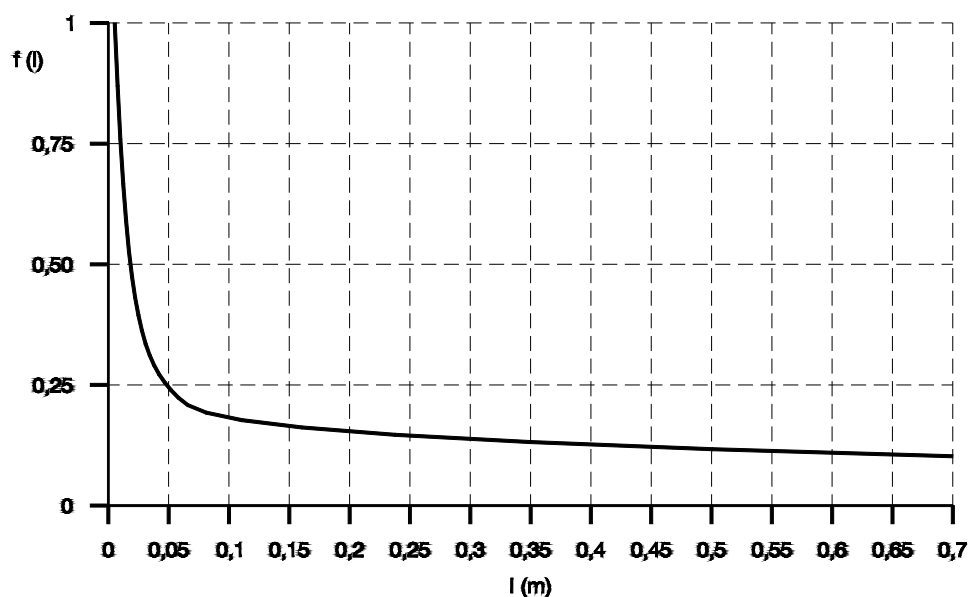
dove:

P_0 è la pressione assoluta all'interno del sistema di contenimento nel punto di emissione e si calcola con le Formule [f.GB.3.2.1-2] e [f.GB.3.2.1-3].

$f(l)$ è una funzione della lunghezza del percorso di fuoriuscita, cioè dall'interno, dove la sostanza è allo stato liquido, all'esterno, dove la sostanza può essere allo stato di vapore + nebbia + liquido, ricavato dal diagramma seguente.

Per una corretta applicazione della formula è importante definire attentamente $f(l)$ in quanto anche lunghezze del percorso di fuoriuscita di pochi centimetri incidono significativamente sul valore di Q_t .

Ad esempio, considerando un percorso di uscita dalla tenuta dello stelo di una valvola di 0,1 m $f(l)$ è uguale a circa 0,2.



$$\varphi_f = \frac{c_{sl}}{c_{lv}} (T - T_b) \quad [\text{f.GB.4.2-2}] \text{ (ex GB.4.3.2)}$$

$$\varphi_s = \varphi_f \quad \text{quando } \varphi_f \leq 0,5 \quad [\text{f.GB.4.2-3}] \text{ (ex GB.4.3.3)}$$

$$\varphi_s = 1 - \varphi_f \quad \text{quando } \varphi_f > 0,5$$

Il resto è liquido e può formare una pozza.

$$Q_g = Q_t (\varphi_f + \varphi_s) \quad [\text{f.GB.4.2-4}] \text{ (ex GB.4.3.4)}$$

$$Q_l = Q_t - Q_g \quad [\text{f.GB.4.2-5}] \text{ (ex GB.4.3.5)}$$

La portata Q_g può essere utilizzata per definire il V_z e per definire la distanza pericolosa d_z nella formula [f.GB.5.1-1].

La frazione liquida (portata Q_l) può evaporare tutta durante la caduta o in parte cadere al suolo e formare una pozza. Nel caso di gas liquefatti perché compressi (es. *GPL*) e di gas liquidi perché refrigerati (es. *GNL*), il liquido evapora molto rapidamente, per cui la pozza avrà una superficie di piccola estensione, tale da determinare una zona pericolosa che rientra nel volume indicato in 5.11.2.7.

Negli altri casi, la pozza può avere una superficie grande e creare zone più estese che devono essere considerate.

GB.4.3. Portata di evaporazione dalla superficie di un liquido refrigerato (criogenico)

La portata di evaporazione da una pozza di sostanza infiammabile che si trova allo stato liquido perché all'interno del sistema di contenimento era refrigerata (criogenica) e che, a temperatura ambiente e pressione atmosferica, diviene un gas o un vapore infiammabile, può essere calcolata con la formula [f.GB.4.3-1] seguente a condizione che la temperatura T_b (temperatura normale di ebollizione) sia inferiore alla temperatura T_g (temperatura del suolo o del pavimento).

La portata di evaporazione Q_g tende a diminuire nel tempo, con la formula [f.GB.4.3-1] [7] è possibile calcolare la portata a tempi diversi dall'inizio dell'evaporazione; per calcolare la portata iniziale di evaporazione assumere $t_e = 1$.

La formula considera l'evaporazione immediatamente successiva all'emissione.

$$Q_g = \left[A \frac{2 \cdot X_g \cdot k_t}{c_{lv}} \left(\frac{1}{\pi \cdot \alpha} \right)^{0,5} \cdot (T_g - T_b) 10^3 \right] / t_e^{0,5} \quad [\text{f.GB.4.3-1}] \text{ (ex GB.4.4.1)}$$

dove:

$X_g = 1$ con pavimento non poroso (es. in calcestruzzo);

$X_g = 3$ con pavimento poroso (es. con ghiaia);

$k_t = 0,3 \cdot 10^{-3}$ per la sabbia asciutta;

$0,6 \cdot 10^{-3}$ per la sabbia umida;

$0,2 \cdot 10^{-3}$ per il legno;

$1,3 \cdot 10^{-3}$ per il calcestruzzo armato;

$0,4 \cdot 10^{-3}$ per il calcestruzzo non armato;

$2,5 \cdot 10^{-3}$ per la ghiaia;

$46 \cdot 10^{-3}$ per l'acciaio.

$\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$ per la sabbia asciutta;
 $3,3 \cdot 10^{-7}$ per la sabbia umida;
 $1,6 \cdot 10^{-7}$ per il legno;
 $2,5 \cdot 10^{-7}$ per il calcestruzzo;
 $11 \cdot 10^{-7}$ per la ghiaia;
 $128 \cdot 10^{-7}$ per l'acciaio.

La portata Q_g può essere utilizzata per definire il V_z , la concentrazione $X_m\%$ e la distanza pericolosa d_z nella formula [f.GB.5.1-4].

GB.4.4. Portata di evaporazione dalla superficie di un liquido non refrigerato e non in ebollizione, esposto all'atmosfera

I parametri che influiscono sull'evaporazione di un liquido infiammabile non refrigerato e non in ebollizione, esposto all'atmosfera, oltre alle caratteristiche della sostanza, sono numerosi, compreso il fatto che la superficie del liquido sia o meno lambita dall'aria di ventilazione dell'ambiente.

Caso tipico del liquido lambito dall'aria di ventilazione dell'ambiente è la pozza che può accidentalmente formarsi sul suolo a seguito di un guasto.

Caso tipico del liquido non lambito dall'aria di ventilazione dell'ambiente è quello di contenitori aperti dove il liquido non raggiunge il bordo superiore.

GB.4.4.1 Portata di evaporazione Q_g dalla superficie lambita dall'aria di ventilazione di un liquido non refrigerato e non in ebollizione,

Per definire la portata di vapore dalla superficie di un liquido non refrigerato e non in ebollizione, lambita dall'aria di ventilazione, si possono applicare le formule sotto riportate.

L'area A della superficie del liquido è definita in modi diversi in relazione alla situazione locale, vedere al riguardo il par. GB.3.2.

La portata di evaporazione da una pozza lambita dall'aria di ventilazione, di cui sia nota l'area A può essere calcolata con la formula [f.GB.4.4-1] [7].

La portata di evaporazione da una pozza lambita dall'aria di ventilazione, di cui non sia nota l'area A può essere calcolata con le formule [f.GB.3.2.3-2] per la portata specifica, [f.GB.3.2.2-1] oppure [f.GB.3.2.3-1] per l'area della pozza e [f.GB.4.4-1] per la portata di evaporazione Q_g .

$$Q_g = 2 \cdot 10^{-3} \cdot A \cdot \frac{w_a}{f_{SE}} \cdot r_{eq}^{-0,11} \frac{M \cdot P_a}{R \cdot T} \ln \left(\frac{P_a}{P_a - P_v} \right) \quad [\text{f.GB.4.4-1}] \text{ (ex GB.4.5.2)}$$

L'area A da utilizzare nella formula deve essere scelta tra l'area A_1 definita con la formula [f.GB.3.2.2-1] e l'area A_2 definita con la formula [f.GB.3.2.2-2] con il seguente criterio:

- quando $A_1 < A_2$, assumere $A = A_1$, calcolare Q_g con la formula [f.GB.4.4-1] e verificare che Q_g sia inferiore o uguale a Q_l , definita ad esempio con la formula [f.GB.3.2.1-1]; quando Q_g risulta maggiore di Q_l si deve assumere $Q_g = Q_l$ [f.GB.4.4-2] (ex GB.4.5.5);
- quando $A_1 \geq A_2$, assumere $A = A_2$ e la portata $Q_g = Q_l$ [f.GB.4.4-2];

La portata Q_g può essere utilizzata per definire il V_z e per definire la distanza pericolosa d_z nella formula [f.GB.5.1-5].

GB.4.4.2 Portata di evaporazione Q_g dalla superficie non lambita dall'aria di ventilazione di un liquido non refrigerato e non in ebollizione

Per il calcolo della portata di evaporazione Q_g di un liquido non refrigerato e non in ebollizione, in contenitore aperto dove il liquido non è lambito dall'aria di ventilazione dell'ambiente (rimane sempre al di sotto del bordo superiore del contenitore di una distanza h_d), può essere calcolata con la formula [f.GB.4.4-3] [12] quando l'area della superficie del liquido A è uguale all'area dell'apertura verso l'ambiente B e la sezione (forma) del contenitore nel tragitto h_d da A a B costante.

$$Q_g = 28 \cdot 10^{-5} \frac{A}{h_d} c_d \frac{M \cdot P_a}{R \cdot T} \ln \left(\frac{P_a}{P_a - P_v} \right) \quad [\text{f.GB.4.4-3}] (\text{ex GB.4.5.6})$$

Per il calcolo della portata di evaporazione Q_g di un liquido non refrigerato e non in ebollizione, in contenitore aperto dove il liquido non è lambito dall'aria di ventilazione dell'ambiente (rimane sempre al di sotto del bordo superiore del contenitore di una distanza h_d), può essere calcolata con la formula [f.GB.4.4-4] [12] quando l'area dell'apertura verso l'ambiente B è minore dell'area della superficie del liquido A e la sezione (forma) del contenitore nel tragitto h_d da A a B che diminuisce costantemente.

$$Q_g = 28 \cdot 10^{-5} c_d \cdot k_F \cdot \frac{M \cdot P_a}{R \cdot T} \ln \left(\frac{P_a}{P_a - P_v} \right) \quad [\text{f.GB.4.4-4}] (\text{ex GB.4.5.7})$$

dove, il fattore di forma del contenitore k_F si può ottenere come segue:

a) quando $h_d < (D_a - D_b) / 4$:

$$k_F = \frac{6,28}{(0,5 \cdot D_b)^{-1} - [(0,5 \cdot D_b) + (2 \cdot h_d)]^{-1}}$$

b) quando $h_d \geq (D_a - D_b) / 4$:

$$k_F = \frac{1}{0,16 \cdot [(0,5 \cdot D_b)^{-1} - (0,5 \cdot D_a)^{-1}] + \left[\frac{h_d - 0,25(D_a - D_b)}{A} \right]}$$

Le formule sono applicabili solo nel caso in cui la superficie del liquido non sia effettivamente lambita dall'aria, in relazione al rapporto A/h_d .

La massima portata di emissione in questo caso non può essere superiore a quella relativa alla pozza lambita dall'aria di ventilazione: nel caso in cui risultasse maggiore, deve essere assunta la portata di cui in GB.4.4.1.

Quando il contenitore ha forme diverse da quelle indicate, l'utente può fare riferimento alla formula [f.GB.4.4-4], oppure valutare l'applicabilità delle due formule al caso specifico, rammentando che la [f.GB.4.4-3] (con A uguale a B) è la più conservativa tra le due. Nei casi non riconducibili a quelli sopra descritti, volendo calcolare la portata di evaporazione occorre eseguire l'integrale sul tragitto di diffusione all'interno del contenitore.

La portata Q_g può essere utilizzata per definire il V_z e per definire la distanza pericolosa d_z nella formula [f.GB.5.1-2].

GB.4.5. Portata di evaporazione dalla superficie di un liquido in ebollizione perché riscaldato

Esempio tipico è l'emissione di vapore dalla superficie di un liquido in un contenitore aperto riscaldato.

$$Q_g = \left(\frac{\Phi}{c_{hv}} \right) \cdot 1000 \quad \text{[f.GB.4.5-1]}$$

Nella formula [f.GB.4.5-1] si suppone uno scambio termico perfetto tra la sorgente di calore e il liquido, per cui Φ è il flusso termico netto. In realtà è opportuno applicare dei coefficienti correttivi diversi da caso a caso, per tener conto del calore perso (es. per irraggiamento o perché il calore prodotto dalla sorgente non va a riscaldare direttamente il liquido).

GB.5. Distanza pericolosa d_z

Per distanza pericolosa d_z si intende la distanza dalla SE a partire dalla quale la concentrazione dei gas o vapori infiammabili nell'aria è inferiore al $k \cdot LEL$.

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z si possono adottare formule reperibili nella letteratura tecnica.

Nei paragrafi 5.1, 5.2 e 5.3 seguenti sono riportate alcune formule di calcolo che forniscono valori cautelativi della distanza pericolosa d_z adatti allo scopo della classificazione dei luoghi pericolosi.

Alle formule tratte dalla letteratura tecnica, a favore della sicurezza, in alcuni casi è stato applicato un fattore di moltiplicazione.

Per gli AMBIENTI CHIUSI, facendo riferimento a quanto indicato in 2.2.2, la distanza pericolosa d_z può essere utilizzata per definire l'estensione della zona pericolosa solo quando la concentrazione media $X_m\%$ nell'ambiente considerato avente volume V_a è significativamente inferiore al $k \cdot LEL$.

In generale, quando, per la concentrazione media $X_m\%$, non è rispettata la condizione della formula [f.5.10.3-16] riportata in 5.10.3.3, non si usa la distanza d_z per definire l'estensione della zona pericolosa, ma si considera che essa si estenda a tutto l'ambiente.

Per l'interpretazione dei simboli vedere la legenda in GB.1.

GB.5.1. Calcolo della distanza pericolosa d_z

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z (v. 5.9) nelle diverse condizioni di emissione di gas o vapori nell'atmosfera possono essere applicate le formule seguenti, sia per gli ambienti chiusi, sia per gli ambienti aperti.

La distanza pericolosa d_z risente della concentrazione del gas o vapore infiammabile dell'ambiente (campo lontano), situazione tipica degli ambienti chiusi, pertanto è stato necessario introdurre un coefficiente correttivo k_z [ricavato da 20], che aumenta con l'aumentare della concentrazione media $X_m\%$.

Nelle formule il coefficiente k_z assume pertanto i seguenti valori:

- per gli ambienti aperti: $k_z = 1$;
- per gli ambienti chiusi: $k_z = 0,9 \cdot e^{\frac{76 \cdot X_m\%}{M \cdot LEL_v}}$; qualora dal calcolo risultasse $k_z < 1$, si dovrà assumere $k_z = 1$.

Per una corretta applicazione delle formule è necessario conoscere se l'emissione del gas o vapore avviene a *bassa velocità* o ad *alta velocità*, la discriminante è la velocità di 10 m/s: $u_0 < 10$ m/s = *bassa velocità*, $u_0 \geq 10$ m/s = *alta velocità*.

Quando il flusso di emissione è sonico (> 343 m/s), stabilito nel rispetto della condizione della formula [f.GB.4.1-1], l'emissione avviene ad *alta velocità* in quanto u_0 è ovviamente maggiore di 10 m/s; quando dalla formula [f.GB.4.1-1] risulta che il flusso è subsonico, la velocità di emissione u_0 si determina con le formule seguenti [ricavate da 7] ed in base ad essa si stabilisce se si tratta di *bassa velocità* o *alta velocità*.

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z dovuta all'evaporazione dalla superficie non lambita dall'aria di ventilazione, di un liquido non refrigerato e non in ebollizione e dall'evaporazione di un liquido in ebollizione perché riscaldato, l'emissione è considerata sempre a *bassa velocità*.

- Si calcola la temperatura assoluta subito dopo l'uscita:

$$T_0 = \left(\frac{P_a}{P_0} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \cdot T \quad \text{[f.GB.5.1-1]}$$

- Quindi si calcola il volume specifico subito dopo l'uscita:

$$v_0 = \frac{R \cdot T_0}{M \cdot P_a} \quad \text{[f.GB.5.1-2]}$$

- Infine si calcola la velocità di emissione (subito dopo l'uscita):

$$u_0 = \frac{Q_g \cdot v_0}{c \cdot A} \quad \text{[f.GB.5.1-3]}$$

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z in metri di gas o vapori emessi a *bassa velocità* ($u_0 < 10$ m/s) si applica la formula [f.GB.5.1-4] (equazione di Fauske modificata) [ricavata da 13]. Per l'*idrogeno*, qualunque sia la velocità di emissione, si applica la formula [f.GB.5.1-4]. Il coefficiente k_z , valido per la generalità delle sostanze infiammabili, fornisce valori eccessivi per l'idrogeno (con $M = 2,016$ kg/kmol) e le altre sostanze con massa molare M molto piccola. Per dette sostanze è richiesta una valutazione caso per caso, considerando che k_z aumenta con l'aumentare della concentrazione media $X_m\%$ nell'ambiente e può essere ragionevole assumere un valore massimo di 2.

$$d_z = k_z \left(\frac{42300 \cdot Q_g \cdot f_{SE}}{M \cdot k \cdot LEL_v \cdot w_a} \right)^{0,55} \quad \text{[f.GB.5.1-4] (ex GB.5.1.1)}$$

NOTA La formula [f.GB.5.1-4] (equazione di Fauske modificata) è particolarmente valida per gas o vapori con densità relativa all'aria compresa tra 0,5 e 2, e portata di emissione inferiore a 1 kg/s. Per gas con densità relativa all'aria maggiore di 2 le formule forniscono risultati a favore della sicurezza.

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z in metri di gas o vapori emessi ad *alta velocità* sotto forma di getto libero ($u_0 \geq 10$ m/s) può essere utilizzata la formula [f.GB.5.1-5a], o la formula [f.GB.5.1-5b].

Quando sia nota la portata di emissione Q_g può essere applicata la formula [f.GB.5.1-5a].

$$d_z = 50 \frac{M^{-0,65}}{k \cdot LEL_v} \left(\frac{Q_g}{\varphi \cdot c} \right)^{0,5} \cdot \left(\gamma \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^\beta \right)^{-0,25} \cdot T^{0,25} \quad [\text{f.GB.5.1-5a}]$$

In alternativa alla formula [f.GB.5.1-5a], può essere applicata la formula [f.GB.5.1-5b].

Nella formula [f.GB.5.1-5b] [ricavata da 19], non compare la portata di emissione Q_g in quanto il suo calcolo è implicito nella formula stessa

$$d_z = 16,5 \cdot k_z (P_0 \cdot 10^{-5})^{0,5} \cdot M^{-0,4} \left(\frac{k \cdot LEL_v}{100} \right)^{-1} \cdot A^{0,5} \quad [\text{f.GB.5.1-5b}] \quad (\text{ex GB.5.3.1 modificata})$$

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z in metri dovuta all'evaporazione da una pozza di liquido lambita dall'aria di ventilazione dell'ambiente può essere utilizzata la formula [f.GB.5.1-6] [ricavata da 18].

La formula è valida per w_a assunte non maggiori di 2,5 m/s.

$$d_z = k_z (P_v \cdot 10^{-5})^a \cdot M^b \cdot (k \cdot LEL_v)^c \cdot A^d \left(4 - \frac{w_a}{f_{SE}} \right) \quad [\text{f.GB.5.1-6}] \quad (\text{ex GB.5.1.2})$$

Gli esponenti a , b , c , d della formula, per $\frac{w_a}{f_{SE}} = 0,5$ m/s sono riportati nella Tabella GB.5.1-1 seguente, suddivisi in due fasce a seconda che P_v sia maggiore o minore di $2 \cdot 10^4$ Pa (0,2 bar).

NOTA Al chiuso, la formula è applicabile solo a pozze piccole (pochi m^2) che possono formarsi in ambienti estesi, aventi l'area in pianta molto maggiore dell'area della pozza.

La quota "a" stabilita sulla base della distanza d_z calcolata come sotto indicato deve essere applicata in orizzontale a partire dai bordi della pozza ed anche nella direzione di moto dell'aria se diversa da quella orizzontale (Es. con ventilazione ottenuta per effetto camino).

Nella formula non figura la portata di emissione Q_g in quanto il suo calcolo è implicito nella formula stessa, derivata dagli altri parametri.

Tabella GB.5.1-1

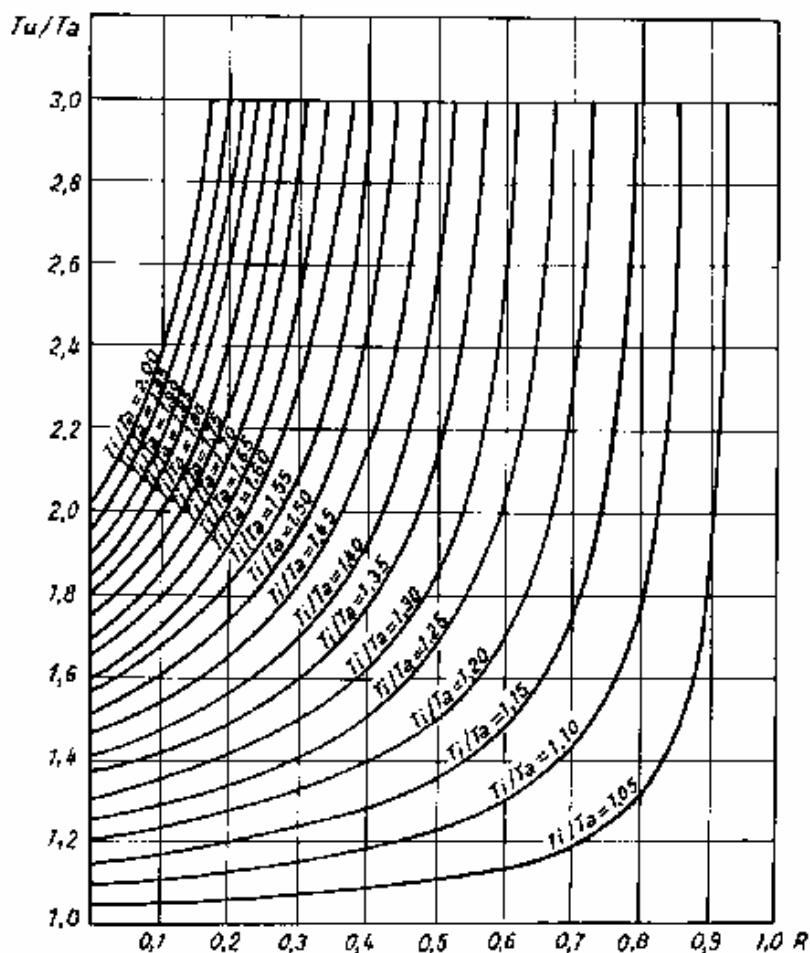
		valori degli esponenti			
		a	b	c	d
$P_v \leq 2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ($P_v \leq 0,2 \text{ bar}$)	$\frac{w_a}{f_{SE}} \leq 0,5 \text{ m/s}$	0,26	- 0,20	- 0,25	0,67
$P_v > 2 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ ($P_v > 0,2 \text{ bar}$)	$\frac{w_a}{f_{SE}} \leq 0,5 \text{ m/s}$	0,10	- 0,10	- 0,26	0,70

GB.5.2 Riduzione della distanza pericolosa d_z

Per sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i maggiore della massima temperatura ambiente T_a ed emesse a temperatura T_u maggiore della loro temperatura d'infiammabilità ma minore delle loro temperatura di ebollizione, può essere considerato il raffreddamento che esse subiscono quando fuoriescono nell'ambiente e, considerando tutti i fattori condizionanti, è possibile caso per caso valutare l'opportunità di assumere zone pericolose di estensione inferiore di quelle determinate con i procedimenti utilizzati per le sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i inferiore alla massima temperatura ambiente T_a . [Considerazioni analoghe, ma non uguali, possono essere fatte in presenza di sostanze refrigerate (ved. GB.4.4).]

Per i casi sopra indicati, la distanza d_z calcolata può essere ridotta mediante il coefficiente R ricavabile dal grafico di Fig. GB.5.2-1.

Fig. GB.5.2-1 Coefficiente di riduzione R della distanza pericolosa d_z calcolata, per sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i maggiore della massima temperatura ambiente T_a ed emesse a temperatura T_u maggiore della loro temperatura d'infiammabilità



T_u = Temperatura massima delle sostanze pericolose a contatto con l'aria ambiente (gradi Kelvin)
 T_i = Temperatura di infiammabilità delle sostanze pericolose (gradi Kelvin)
 T_a = Temperatura ambiente (gradi Kelvin)

GB.6. Riepilogo per l'uso delle formule

Nella tabella GB.6-1 seguente è riportato il riepilogo per l'uso delle formule relative alle portate di emissione Q_g di cui in GB.4 e delle distanze pericolose d_z di cui in GB.5.

Tabella GB.6-1 Tabella riepilogativa per l'uso delle formule della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z

EMISSIONE		2 PORTATA DI EMISSIONE Q_g	DISTANZA PERICOLOSA d_z
Modalità di emissione	Sorgente di emissione (SE)		
Emissioni strutturali	Componente del sistema di contenimento	3 Vedere 4.2.1, 5.7.3.2, GB.3.3 e, se del caso, [f.GB.4.1-2].	4 Se del caso [f.GB.5.1-4] 5
Gas in singola fase emesso a bassa velocità ($u_0 < 10$ m/s)	Componente del sistema di contenimento	[f.GB.4.1-1], [f.GB.4.1-3].	[f.GB.5.1-1], [f.GB.5.1-2], [f.GB.5.1-3], [f.GB.5.1-4].
Gas in singola fase emesso ad alta velocità ($u_0 \geq 10$ m/s)	Componente del sistema di contenimento	[f.GB.4.1-1], [f.GB.4.1-3] o [f.GB.4.1-4]	[f.GB.5.1-1], [f.GB.5.1-2], [f.GB.5.1-3], [f.GB.5.1-5].
Liquido che non evapora nell'emissione.	Componente del sistema di contenimento	[f.GB.3.2.1-1], [f.GB.3.2.1-2], [f.GB.3.2.1-3], [f.GB.3.2.1-4]	-
Liquido che evapora nell'emissione (gas liquefatto o liquido surriscaldato).		[f.GB.4.2-1], [f.GB.4.2-3], [f.GB.4.2-5].	6 [f.GB.5.1-4]
Evaporazione dalla superficie di un liquido refrigerato	Superficie del liquido (es. pozza).	[f.GB.4.3-1]	7 [f.GB.5.1-4]
Evaporazione dalla superficie lambita dall'aria di ventilazione, di un liquido non refrigerato e non in ebollizione	Superficie del liquido (es. pozza).	[f.GB.4.4-1] o [f.GB.4.4-2]	[f.GB.5.1-6]
Evaporazione dalla superficie non lambita dall'aria di ventilazione, di un liquido non refrigerato e non in ebollizione.	Contenitore aperto avente l'area della superficie del liquido A uguale a quella dell'apertura B verso l'ambiente	[f.GB.4.4-3]	[f.GB.5.1-4]
	Contenitore aperto avente l'area della superficie del liquido A maggiore di quella dell'apertura B verso l'ambiente	[f.GB.4.4-4]	[f.GB.5.1-4]
Evaporazione dalla superficie di un liquido in ebollizione perché riscaldato	Contenitore aperto riscaldato	[f.GB.4.5-1]	[f.GB.5.1-4]
Liquido che nebulizza nell'emissione, v. 3.22.5.	Componente del sistema di contenimento	[f.GB.4.2-1], [f.GB.4.2-2], [f.GB.4.2-3].	[f.GB.5.1-5].
Aperture di ambienti verso altri ambienti aperti o chiusi	Apertura	[f.GB.4.1-1], [f.GB.4.1-3] (ved. la nota 1)	[f.GB.5.1-4] (ved. le note)

- NOTA (1) Quando l'apertura è considerata una SE (vedere 2.3.2) la portata di emissione (Q_g) deve essere definita caso per caso, considerando la concentrazione nel punto di emissione. La sua modalità di emissione è generalmente: *gas in singola fase con velocità di emissione < 10m/s*.
- (2) Quando si considera una SE interna all'ambiente a monte come se fosse nell'apertura, l'apertura stessa deve essere considerata una SE ubicata nell'ambiente a valle, con tutte le caratteristiche della SE vera e propria, es. modalità di emissione e portata (Q_g) e, per i calcoli, devono essere utilizzate le formule relative alla modalità di emissione della SE vera e propria.

APPENDICE GC

ELEMENTI PER LA DEFINIZIONE DEI DATI AMBIENTALI

GC.1. Premessa

La presente Appendice fornisce elementi per la definizione dei dati ambientali per ambienti aperti e ambienti chiusi.

Per gli ambienti chiusi sono fornite formule per il calcolo delle portate di aria di ventilazione Q_a . Queste formule si riferiscono a configurazioni semplici degli ambienti (edifici), per cui, con la dovuta cautela, esse consentono di ottenere valori sufficientemente validi come aiuto per il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione.

Alle formule è stato attribuito un codice, racchiuso tra parentesi quadra [...], costituito dalla lettera "f" per indicare che si tratta di una formula, seguita dal numero del paragrafo e, separato ad un trattino "-", dal numero progressivo nell'ambito del paragrafo.

I contenuti della presente Appendice non devono essere applicati in modo acritico, ma correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso.

GC.2 Ambienti aperti - Dati statistici ambientali nel territorio italiano

GC.2.1 Dati generali

I dati riportati nella Tabella GC.2-2 sono ricavati dalle seguenti fonti:

- -ANAV (Azienda Nazionale Assistenza al Volo) - file su elaboratore: CLINOiii e VentoSTA, dati statistici del trentennio 1961- 1990;
- -ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica) - Statistiche meteorologiche anni 1984 - 1996.

Dalle statistiche ISTAT sono ricavate le *temperature assolute* (massima e minima) e la *media delle temperature assolute* (massima e minima); tutti gli altri dati sono ricavati dai documenti ANAV.

Nella Tabella GC.2-2 seguente sono elencate le informazioni relative a 32 stazioni distribuite uniformemente sul territorio italiano.

Tutte le località sono contraddistinte da un numero di stazione (es. Bolzano, stazione n. 020).

La Tabella GC.2-2, pur essendo un valido riferimento nella generalità dei casi, non è esauriente; nella realtà impiantistica possono esistere condizioni locali particolari per le quali potrà risultare necessario e utile ricorrere a misure delle temperature e delle caratteristiche della ventilazione.

Per località non comprese nell'elenco della Tabella GC.2-2 è possibile fare riferimento alla località più vicina compresa nella Tabella.

GC.2.1.1 Temperature

Le temperature indicate nella Tabella GC.2-2 si riferiscono ad ambienti aperti senza edifici od ostacoli al movimento dell'aria; per condizioni ambientali diverse i valori possono essere modificati come di seguito indicato.

- a) Per tener conto della diversa altitudine sul livello del mare, la temperatura ambiente può essere calcolata con la formula [f.GC.2.1-1] seguente:

$$T_a = T_{ar} + (0,0065 \cdot \Delta z) \quad [\text{f.GC.2.1-1}] \text{ (ex G:.1.1)}$$

dove:

T_a = temperatura ambiente della località considerata, K;

T_{ar} = temperatura ambiente della località di riferimento, K;

Δz = differenza di altitudine s.l.m. tra la località di riferimento e la località considerata.

oppure, più semplicemente, ma con una certa approssimazione, come segue:

- temperatura invariata fino a 200 m di differenza di quota;
- diminuzione o aumento di 1,3 °C ogni 200 m di quota maggiore o minore oltre i 200 m di cui sopra.

- b) Per tener conto della diversa situazione ambientale:

- aumento da 0,5 °C a 1 °C in presenza di piccoli agglomerati urbani o industriali;
- aumento da 1°C a 2 °C in presenza di complessi urbani o industriali.

GC.2.1.2 Pressione atmosferica e Massa volumica dell'aria

La pressione atmosferica diminuisce col crescere dell'altitudine sul livello del mare; tale diminuzione non è proporzionale all'altitudine in quanto gli strati bassi dell'atmosfera sono più densi degli strati più elevati.

La massa volumica dell'aria varia in relazione all'altitudine sul livello del mare e può essere calcolata con la formula [f.GC.2.1-2] seguente:

$$\rho_{aria} = \frac{P_a \cdot M_{aria}}{8314 \cdot T_a} \quad [\text{f.GC.2.1-2}] \text{ (ex GC.1.2)}$$

Nella Tabella GC.2-1 seguente sono riportati alcuni dati ambientali in relazione con l'altitudine s.l.m.

Tabella GC.2-1
Dati ambientali in relazione con l'altitudine s.l.m.

Altitudine s.l.m m	Pressione atmosferica media P_a		Massa volumica dell'aria ρ_{aria}		
	Pa	relativa	a 0 °C kg/ m ³	a 20 °C kg/ m ³	a 40 °C kg/m ³
0	101 325	1	1,2929	1,2047	1,1277
100	100 127	0,9884	1,2776	1,1904	1,1143
200	98 954	0,9768	1,2626	1,1765	1,1013
300	97 781	0,9653	1,2477	1,1625	1,0882
400	96 608	0,9537	1,2327	1,1486	1,0752
500	95 435	0,9421	1,2177	1,1346	1,0621
600	94 318	0,9311	1,2035	1,1213	1,0497
700	93 201	0,9200	1,1892	1,1080	1,0373
800	92 084	0,9090	1,1750	1,0948	1,0248
900	90 967	0,8980	1,1607	1,0815	1,0124
1 000	89 850	0,8869	1,1465	1,0682	1,0000
1 500	84 532	0,8344	1,0786	1,0050	0,9408
2 000	79 467	0,7845	1,0140	0,9448	0,8844
2 500	74 655	0,7369	0,9526	0,8876	0,8308

La Massa molare dell'aria è stata considerata: $M_{aria} = 28,962 \text{ kg/kmol}$

Per altre informazioni ved. la Norma ISO 6976:1995.

Tabella GC.2-2

RIASSUNTO DEI DATI AMBIENTALI

NOTA ESPLICATIVA

Temperatura massima assoluta, è il massimo valore registrato nel periodo considerato dalla statistica ISTAT.

Temperatura media delle massime assolute, è la media delle massime assolute annuali nel periodo considerato dalla statistica ISTAT.

Temperatura media delle massime del mese più caldo, è la media delle massime giornaliere del mese più caldo nel periodo considerato dalla statistica ANAV

Temperatura minima assoluta, è il minimo valore registrato nel periodo considerato dalla statistica ISTAT.

Temperatura media delle minime assolute, è la media delle minime assolute annuali nel periodo considerato dalla statistica ISTAT.

Temperatura media delle minime del mese più freddo, è la media delle minime giornaliere del mese più freddo nel periodo considerato dalla statistica ANAV

Per *Calma di vento* si intendono tutte le velocità inferiori ad un nodo; per la valutazione della ventilazione di ambienti all'aperto la calma di vento è convenzionalmente assunta nella generalità dei casi pari a 0,5 m/s.

Frequenza della calma di vento, è la frequenza con la quale essa si è presentata nel periodo considerato dalla statistica ANAV.

Velocità presente con la massima frequenza, è la velocità del vento che, ad esclusione della calma di vento, si è presentata con la massima frequenza nel periodo considerato dall'indagine statistica; essa è espressa in NODI (un nodo è equivalente a 1852 m/h e 0,51 m/s). La velocità è indicata come intervallo(es. 4-6 nodi significa velocità compresa tra 4 e 6 nodi).

Sotto l'indicazione della velocità dei venti (es. 4-6 nodi) è riportata la *frequenza relativa*, espressa nella percentuale di presenza rispetto al tempo totale di indagine statistica (es. STAZIONE DI BOLZANO - la velocità presente con la massima frequenza, esclusa la calma di vento, è quella compresa tra 4 e 6 nodi, presente per il 7,43 % del tempo).

La *direzione e il verso sono quelli di provenienza del vento*, espresse in gradi rispetto alla direzione Nord (es. 80° - 100° significa che la direzione e il verso di provenienza del vento è da Est, che si trova a 90° rispetto alla direzione Nord).

Sotto la direzione prevalente dei venti è riportata la percentuale di presenza di quella direzione rispetto al tempo totale di indagine statistica (es. STAZIONE DI BOLZANO - direzione prevalente dei venti 170°-190°, statisticamente presente per l'8,81 % del tempo).

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

LOCALITA'	Latitudine	Longitudine	Altitudine s.l.m. m	Temperatura t. massima assoluta °C	Temperatura t. media delle massime assolute °C	Temperatura t. media massime mese più caldo °C	Temperatura t. minima assoluta °C	Temperatura media delle minime assolute °C	Temperatura t. media minime mese più freddo °C	Temperatura t. media generale °C	Frequenza della calma di vento	Velocità presente con la massima frequenza esclusa la calma di vento		Frequenza della velocità 1-3 nodi	Direzione prevalente di provenienza del vento	
												nodi	frequenza		direzione	frequenza
Bolzano	46°28'	11°20'	241	36,3	35,0	29,2	-15,7	-11,1	-4,8	12,0	76,68%	4-6	7,43%	5,67%	170-190°	8,81%
Udine	45°59'	13°02'	53	36,8	34,9	28,8	-14,6	-8,8	-1,1	13,6	50,88%	4-6	18,87%	13,61%	20-40°	10,50%
Trieste	45°39'	13°45'	20	36,0	34,3	26,0	-7,5	-3,5	3,3	14,7	46,09%	1-3	15,48%	15,48%	50-70°	18,20%
Milano Malpensa	45°37'	08°44'	211	36,4	34,8	28,9	-18,6	-10,4	-3,7	12,0	67,11%	4-6	13,99%	12,71%	230-250°	7,04%
Vicenza	45°34'	11°31'	53	36,6	34,9	29,1	-20,0	-9,1	-1,8	13,0	69,80%	4-6	11,06%	10,76%	80-100°	5,89%
Venezia Tessera	45°30'	12°20'	6	34,6	33,2	27,8	-12,0	-6,9	-0,6	13,1	40,22%	4-6	20,51%	18,77%	50-70°	13,00%
Brescia	45°25'	10°17'	97	36,1	34,2	29,2	-19,4	-10,0	-2,8	12,7	63,89%	4-6	14,29%	8,97%	80-100°	7,03%
Torino Caselle	45°13'	07°39'	287	34,6	31,8	27,1	-13,4	-8,1	-1,8	11,8	78,33%	1-3	9,18%	9,18%	Varie	---
Piacenza	44°55'	09°44'	138	35,2	34,1	29,3	-22,0	-9,0	-2,7	12,0	63,89%	4-6	15,89%	7,79%	230-280°	11,41%
Bologna B. Panigale	44°32'	11°18'	49	38,3	36,6	30,7	-16,4	-7,6	-0,8	13,8	52,5%	4-6	18,31%	14,48%	200-220°	7,36%
Genova Sestri	44°25'	08°51'	3	35,4	33,1	27,5	-6,8	-1,2	5,3	16,0	21,90%	7-10	19,32%	12,51%	50-70°	26,73%
Rimini	44°02'	12°37'	13	38,4	35,4	28,6	-17,2	-7,6	-0,2	13,5	40,97%	4-6	18,90%	11,39%	290-310°	10,59%
Firenze Peretola	43°48'	11°12'	38	40,0	37,1	31,4	-23,0	-7,8	1,1	14,9	66,72%	4-6	10,97%	6,80%	Varie	----
Falconara (AN)	43°37'	13°22'	10	37,6	35,3	28,4	-13,2	-5,7	1,2	13,9	46,71%	4-6	24,42%	3,51%	Varie	----
Perugia	43°05'	12°30'	213	37,5	35,4	30,0	-17,0	-8,1	0,1	13,3	50,90%	1-3	15,90%	15,90%	20-40°	14,33%
Grosseto	42°45'	11°04'	7	38,0	35,9	30,4	-13,0	-6,3	2,0	14,9	37,28%	4-6	18,15%	15,84%	20-40°	12,91%
Pescara	42°26'	14°12'	11	40,0	36,9	29,5	-11,6	-4,8	1,6	14,4	54,02%	4-6	17,95%	9,21%	200-220°	8,78%
Roma Urbe	41°57'	12°30'	24	39,3	37,3	32,4	-9,8	-5,0	2,0	15,5	66,96%	4-6	10,61%	6,39%	Varie	----
Frosinone	41°38'	13°18'	181	39,2	36,6	31,0	-9,0	-6,0	0,5	14,3	56,35%	1-3	14,13%	14,13%	Varie	----
Foggia	41°32'	15°43'	81	43,0	39,1	32,2	-10,4	-4,4	2,8	15,7	26,09%	4-6	23,65%	9,62%	290-310°	22,96%
Bari	41°08'	16°47'	49	44,8	38,6	29,5	-8,2	-2,9	4,2	15,9	22,16%	4-6	29,77%	7,30%	260-280°	12,61%
Napoli Capodichino	40°51'	14°18'	72	38,8	36,3	30,9	-6,8	-2,8	4,2	16,1	42,39%	4-6	18,43%	13,48%	200-220°	10,99%
Brindisi	40°39'	17°57'	10	43,8	38,0	29,1	-3,2	-0,4	6,1	16,8	18,86%	7-10	24,08%	4,11%	320-340°	17,03%
Potenza	40°38'	15°48'	843	36,8	33,2	26,5	-10,0	-6,3	1,0	12,1	41,66%	4-6	15,61%	2,88%	230-250°	16,92%
Alghero	40°38'	08°17'	40	40,1	37,2	30,3	-3,7	-2,0	4,9	15,9	30,31%	7-10	21,53%	7,25%	290-310°	13,06%

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

S.M.di Leuca	39°49'	18°21'	112	39,6	34,3	28,7	-2,2	0,8	7,3	16,8	12,82%	7-10	24,61%	8,76%	350-10°	18,59%
Cagliari	39°15'	09°03'	18	40,8	37,4	31,0	-4,0	-1,8	5,1	16,9	23,99%	7-10	21,44%	9,81%	320-340°	23,66%
Crotone	39°00'	17°04'	161	42,2	37,2	31,2	-2,4	-0,1	5,5	16,6	27,24%	4-7	20,79%	6,25%	200-220°	14,91%
Palermo	38°11'	13°06'	21	40,8	37,6	29,7	0,9	4,3	9,8	18,9	25,11%	7-10	20,13%	6,28%	50-70°	12,55%
Reggio Calabria	38°04'	15°39'	21	42,4	37,7	31,2	0,0	2,7	8,0	18,7	19,98%	7-10	23,03%	6,67%	20-40°	21,89%
Catania	37°28'	15°03'	17	44,4	40,1	32,1	-3,0	-0,3	5,2	17,5	31,58%	4-6	26,81%	7,91%	260-280°	14,93%
Gela (CL)	37°05'	14°13'	33	36,0	33,9	27,2	0,8	3,6	8,9	17,7	33,49%	4-6	20,01%	11,53%	50-70°	10,64%

GC.3 Ambienti chiusi - Calcolo della portata d'aria di ventilazione

GC.3.1 Generalità

Nel presente paragrafo sono riportati metodi di calcolo della portata di ventilazione naturale di alcuni casi semplici di *ambienti chiusi*, dovuta alla spinta del vento Q_{aw} ed alla differenza di temperatura tra interno ed esterno Q_{at} , che forniscono dati cautelativi per la definizione dei tipi e delle estensioni delle zone.

I numeri tra parentesi quadra in corrispondenza delle formule indicano la posizione nell'elenco dei riferimenti bibliografici riportati nell'Appendice GZ.

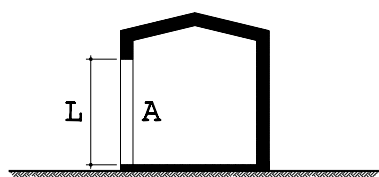


Fig. GC.3.1-1

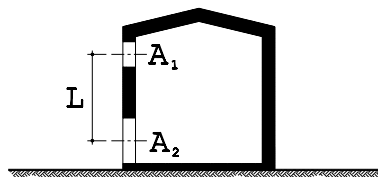


Fig. GC.3.1-2

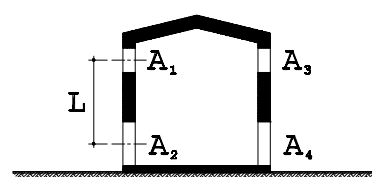


Fig. GC.3.1-3

NOTA Quando si avessero aperture di ventilazione nelle posizioni $A_1 + A_3$, oppure $A_2 + A_4$, oppure $A_1 + A_4$, oppure $A_2 + A_3$, con riferimento alla Fig. GC.3.1-3, si potrebbe attribuire alle due aperture non esistenti un valore molto piccolo (es. $0,0001 \text{ m}^2$), considerando però che le formule seguenti si riferiscono ad ambienti ventilati omogeneamente in tutti i punti, senza sacche di ristagno dell'aria, quindi si dovrà fare molta attenzione all'attribuzione del fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} .

La portata complessiva di ventilazione si ricava dalla maggiore delle due Q_{aw} e Q_{at} definite secondo le formule seguenti.

NOTA La composizione dell'aria secca all'aperto è: 20,94 % O_2 , 0,03% CO_2 , 79,03% N e gas inerti; la concentrazione di CO_2 può essere minore in aperta campagna e maggiore nelle aree urbane (es. 0,04%); l'aria contiene anche umidità che può variare indicativamente tra l'80% e il 95% in inverno e tra il 55% e il 75% in estate.

Le aree delle aperture (A , A_1 , A_2 , A_3 , A_4) possono essere ottenute da una sola apertura o da un insieme di aperture, comprese quelle non volute (interstizi), ved. GC.4.

Per l'interpretazione dei simboli riportati nella presente appendice GC vedere la legenda seguente (in ordine alfabetico).

- A = sezione libera di ingresso o di uscita dell'aria, [m^2];
- A_1 e A_3 = reale sezione libera totale delle aperture poste in alto, [m^2];
- A_2 e A_4 = reale sezione libera totale delle aperture poste in basso, [m^2];
- c_p = coefficiente di pressione dell'aria d'ingresso;
- c_s = coefficiente di scarico di un'apertura;
- g = accelerazione di gravità, [$9,81 \text{ m/s}^2$];
- L = distanza verticale tra la mezzeria delle aperture di ventilazione poste in alto e quelle poste in basso, [m]; quando l'apertura è una sola L è l'altezza dell'apertura stessa, [m];

Q_a	=	effettiva portata d'aria, [m ³ /s];
Q_{aw}	=	quantità di aria dovuta alla spinta del vento, [m ³ /s];
Q_{at}	=	quantità di aria dovuta alla differenza di temperatura, [m ³ /s];
Q_g	=	portata di emissione totale di gas infiammabile all'interno di un ambiente chiuso, [kg/s];
T_e	=	temperatura media dell'aria all'esterno dell'ambiente considerato, [K];
T_i	=	temperatura media dell'aria all'interno dell'ambiente considerato al «livello neutro» (ved. GB.6.3), [K];
T_{ie}	=	media tra le temperature dell'aria interna ed esterna all'ambiente considerato, [K];
w_a	=	velocità dell'aria all'esterno, in prossimità delle aperture di ventilazione, [m/s].

NOTA Negli ambienti chiusi dove sono presi provvedimenti per il benessere delle persone, le velocità dell'aria sono generalmente comprese tra 0,05 m/s e 0,15 m/s (UNI 10339: giugno 95).

GC.3.2. Ventilazione naturale per effetto della spinta del vento

Quando nell'ambiente chiuso esistono aperture di ventilazione o interstizi anche non appositamente predisposti, l'aria entra per l'azione del vento.

Per il calcolo della ventilazione naturale per effetto della spinta del vento Q_{aw} , le aperture A_3 e A_4 devono trovarsi sul lato opposto a quello con le aperture A_1 e A_2 ; le eventuali aperture sugli altri lati devono essere trascurate; si consiglia di scegliere quelle del lato esposto alla direzione prevalente del vento che può essere ricavata dalle informazioni contenute in GC.2.

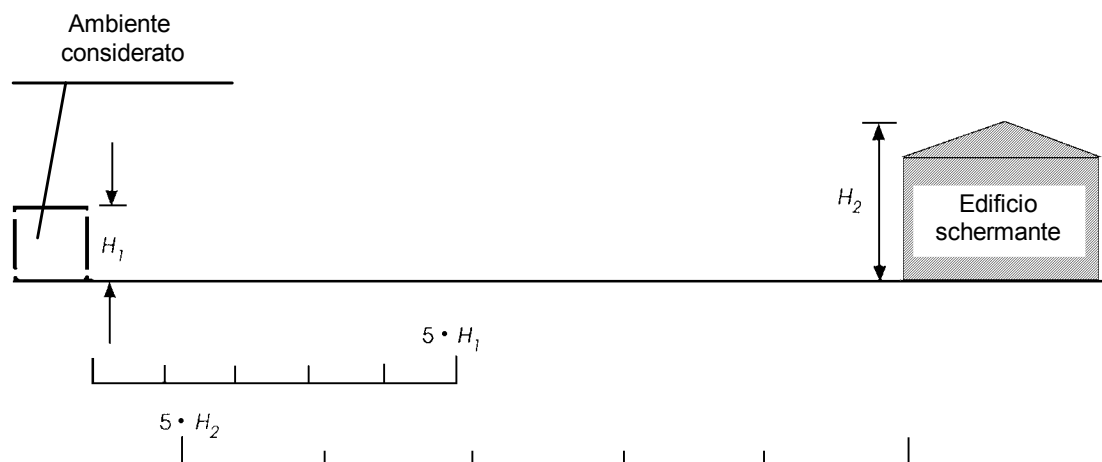
Quando esistono aperture su tre o quattro lati, è possibile effettuare il calcolo della portata d'aria nelle due direzioni, considerando sempre e solo i lati opposti, quindi scegliere la portata maggiore.

Come si può rilevare dalle formule di calcolo, per effetto della spinta del vento, le aperture poste su un solo lato sia in alto, sia in basso, (es. A_1 e A_2) possono essere considerate tutte assieme come se fossero un'unica apertura.

La spinta del vento può essere ostacolata o limitata da edifici o strutture vicine all'ambiente chiuso considerato: è pertanto necessario valutare l'entità di tale effetto schermante.

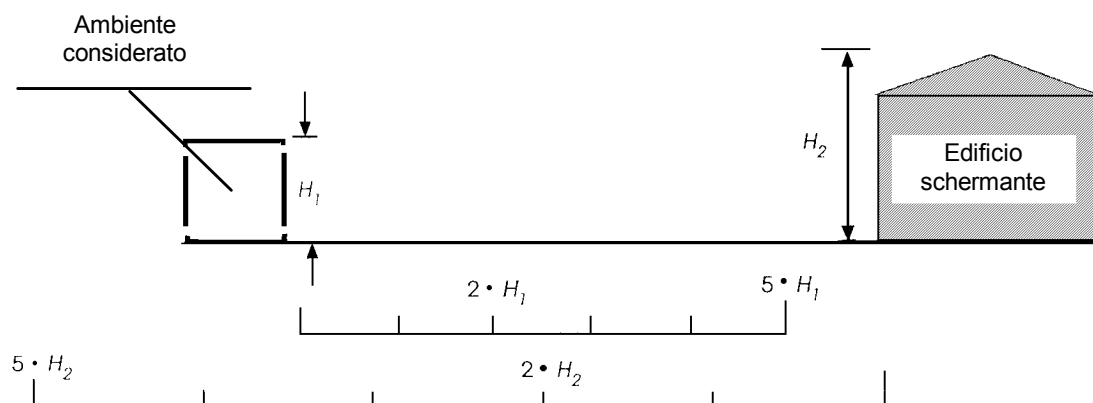
Un ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc) non è schermato quando risulta separato da un altro edificio da una distanza maggiore di 5 volte l'altezza maggiore tra quella dell'edificio considerato H_1 e quella dell'edificio schermante H_2 , Fig.GC.3.2-1.

Fig.GC.3.2-1 Ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc.) non schermato da altro edificio o struttura



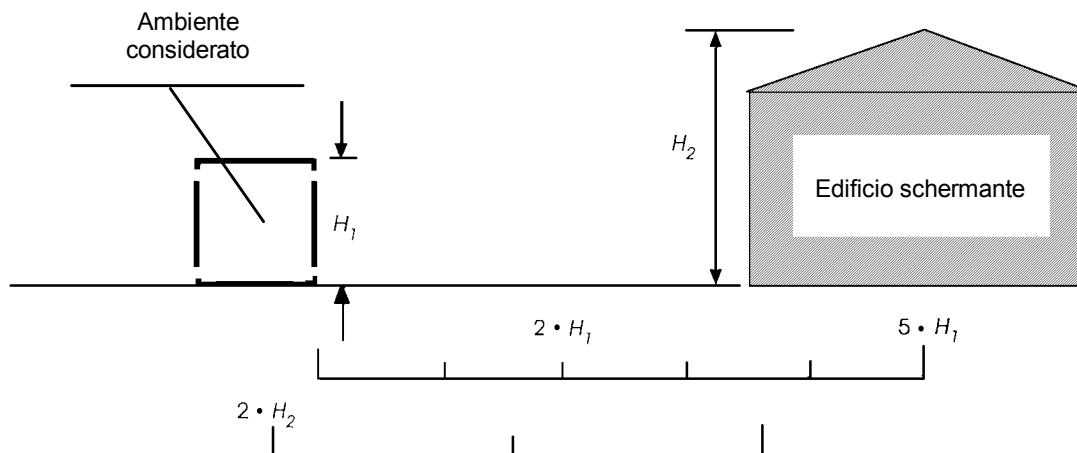
Un ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc) è parzialmente schermato quando risulta separato da un altro edificio da una distanza compresa tra 5 volte e 2 volte l'altezza maggiore tra quella dell'ambiente considerato H_1 e quella dell'edificio schermante H_2 , Fig.GC.3.2-2.

Fig.GC.3.2-2 Ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc.) parzialmente schermato da altro edificio o struttura



Un ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc) è schermato quando risulta separato da un altro edificio da una distanza inferiore a 2 volte l'altezza maggiore tra quella dell'ambiente considerato H_1 e quella dell'edificio schermante H_2 , Fig.GC.3.2-3.

Fig.GC.3.2-3 Ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc.) schermato da altro edificio o struttura



Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{aw} dovuta alla spinta del vento, di un ambiente con una sola apertura di ventilazione A (v. la Fig. GC.3.1-1), non schermato o solo parzialmente schermato (v. la Fig. GC.3.2-1), si può applicare la formula [f.GC.3.2-1] [14]

$$Q_{aw} = 0,025 \cdot A \cdot \frac{w_a}{f_a} \quad [\text{f.GC.3.2-1}] \text{ (ex GC.3.2.1)}$$

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{aw} dovuta alla spinta del vento, di un ambiente con aperture di ventilazione in alto A_1 e in basso A_2 poste su un solo lato (v. la Fig. GC.3.1-2), non schermato o solo parzialmente schermato (v. la Fig. GC.3.2-2), si può applicare la formula [f.GC.3.2-2] [14]

$$Q_{aw} = 0,025 \cdot (A_1 + A_2) \cdot \frac{w_a}{f_a} \quad [\text{f.GC.3.2-2}] \text{ (ex GC.3.2.2)}$$

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{aw} dovuta alla spinta del vento, di un ambiente con aperture di ventilazione in alto A_1 e A_3 e in basso A_2 e A_4 poste su due lati opposti dell'edificio, A_1 e A_2 su un lato, A_3 e A_4 sul lato opposto (v. la Fig. GC.3.1-3), non schermato o solo parzialmente schermato (v. la Fig. GC.3.2-3), si può applicare la formula [f.GC.3.2-3] [14]

$$Q_{aw} = c_s \cdot A_{aw} \cdot \frac{w_a}{f_a} (\Delta c_p)^{0,5} \quad [\text{f.GC.3.2-3}] \text{ (ex GC.3.2.3)}$$

dove:

$$c_s = 0,65$$

$$\Delta c_p = 0,9 \text{ quando la direzione prevalente del vento è perpendicolare al piano delle aperture di entrata dell'aria e l'ambiente non è schermato da altri edifici o strutture;}$$

- 0,4 quando la direzione prevalente del vento è a 45° rispetto al piano delle aperture di entrata dell'aria e *l'ambiente non è schermato* da altri edifici o strutture; oppure, quando la direzione prevalente del vento è perpendicolare al piano delle aperture di entrata dell'aria ma *l'ambiente è parzialmente schermato* da altri edifici o strutture;
- 0,2 quando la direzione prevalente del vento è minore di 45° rispetto al piano delle aperture di entrata dell'aria, e *l'ambiente non è schermato* o è solo *parzialmente schermato*.
- 0,1 quando *l'ambiente è schermato* da altri edifici o strutture.

$$\frac{1}{A_{av}^2} = \frac{1}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{1}{(A_3 + A_4)^2}$$

Quando l'altezza delle aperture, tutte o anche solo in parte è inferiore a 5 m dal suolo occorre considerare f_a almeno uguale a 2. Quando si assume $w_a = 0,5$ m/s si può generalmente considerare che detta velocità sia presente in tutte le direzioni, qualunque sia l'esposizione rispetto alla direzione prevalente del vento, quindi può essere considerata sempre perpendicolare al piano delle aperture di entrata dell'aria. (ved. GC.2).

GC.3.3. Ventilazione naturale per effetto camino in un ambiente chiuso

Quando esistono differenze di temperatura tra ambiente chiuso e luogo all'aperto, si generano delle differenze di densità dell'aria che determinano moti dell'aria più pesante verso il basso e di quella più leggera verso l'alto; al centro esiste un *livello neutro*.

Un'apertura si intende *in alto* quando si trova al di sopra del *livello neutro*, si intende *in basso* quando si trova al di sotto di detto livello. Per stabilire l'altezza del livello neutro in modo puntuale occorre fare riferimento alla letteratura specialistica; tuttavia, indicativamente si può considerare che, in presenza di aperture poste in alto ed in basso di uguali dimensioni, il livello neutro si trova sulla mezzeria dell'altezza dell'ambiente chiuso e che, in presenza di aperture poste in alto ed in basso di diverse dimensioni, il livello neutro si sposta, in proporzione al rapporto tra le aree delle aperture in alto e quelle in basso, verso l'area maggiore.

Per la valutazione della portata di ventilazione per effetto camino Q_{at} , le aperture possono trovarsi su uno qualunque dei lati dell'ambiente, anche sul tetto; l'unica distinzione è tra aperture poste in alto A_1 e A_3 e aperture poste in basso A_2 e A_4 (v. le Figure GC.3.1-1, GC.3.1-2, GC.3.1-3). Come si può rilevare dalle formule sotto riportate, le aperture poste in alto A_1 e A_3 possono essere considerate tutte assieme come se fossero un'unica apertura; lo stesso dicasi per le aperture poste in basso A_2 e A_4 .

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{at} dovuta all'effetto camino, di un ambiente (edificio, locale, ecc.) con una sola apertura di ventilazione A (v. la Fig. GC.3.1-1), si può applicare la formula [f.GC.3.3-1] [14]

$$Q_{at} = c_s \cdot \frac{A}{3} \left(\frac{(T_i - T_e) \cdot g \cdot L}{T_{ie}} \right)^{0,5} \quad \text{[f.GC.3.3-1] (ex GC.3.3.1)}$$

dove:

$$c_s = 0,65$$

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{at} dovuta all'effetto camino, di un ambiente con aperture di ventilazione in alto A_1 e in basso A_2 poste su un solo lato (v. la Fig. GC.3.1-2), si può applicare la formula [f.GC.3.3-2] [14]

$$Q_{at} = c_s (A_1 + A_2) \left\{ \frac{\frac{A_1 \cdot 2^{0,5}}{A_2}}{\left[1 + \frac{A_1}{A_2} \right] \left[1 + \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right]^{0,5}} \right\} \left[\frac{(T_i - T_e) g \cdot L}{T_{ie}} \right]^{0,5} \quad [\text{f.GC.3.3-2}] \text{ (ex GC.3.3.2)}$$

dove:

$$c_s = 0,65$$

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{aw} dovuta all'effetto camino, di un ambiente con aperture di ventilazione in alto A_1 e A_3 e in basso A_2 e A_4 si può applicare la formula [f.GC.3.3-3] [14]

Le aperture possono trovarsi anche su lati contigui per cui, con $A_1 + A_3$ si intende la sommatoria di tutte le aperture poste in alto, in qualunque lato si trovino e con $A_2 + A_4$ si intende la sommatoria di tutte le aperture poste in basso, in qualunque lato si trovino, ved. la Fig. GC.3.1-3.

$$Q_{at} = c_s \cdot A_{at} \left[\frac{2(T_i - T_e) g \cdot L}{T_{ie}} \right]^{0,5} \quad [\text{f.GC.3.3-3}] \text{ (ex GC.3.3.3)}$$

dove:

$$c_s = 0,65$$

A_{at} si ricava risolvendo la seguente equazione:

$$\frac{1}{A_{at}^2} = \frac{1}{(A_1 + A_3)^2} + \frac{1}{(A_2 + A_4)^2}$$

La portata di aria di ventilazione Q_a è:

- $Q_a = Q_{aw}$ quando la ventilazione è dovuta all'effetto del vento;
- $Q_a = Q_{at}$ quando la ventilazione è dovuta alla differenza di temperatura (effetto camino);

Quando sono presenti entrambi gli effetti combinati, la portata di aria di ventilazione Q_a è data dal valore più alto tra Q_{aw} e Q_{at} .

Si ricorda che Q_{at} può essere utilizzata solo quando si è certi di avere continuamente la differenza di temperatura $(T_i - T_e)$ assunta nel calcolo durante l'attività dell'impianto; sono ammesse brevi interruzioni poco frequenti, valutate considerando il grado delle emissioni nell'ambiente (es. nelle centrali termiche si può generalmente considerare Q_{at} in quanto le sorgenti di emissione sono attive solo con i generatori di calore in servizio).

In generale una ventilazione per effetto camino può essere significativa quando la differenza di temperatura $(T_i - T_e)$ è almeno di 2 K.

Quando non si è certi di avere continuamente la differenza di temperatura $(T_i - T_e)$, assumere $Q_a = Q_{aw}$.

Conosciuta la portata di aria Q_a , il numero di ricambi dell'intero ambiente C_a sarà ottenuto dalla formula [f.5.6.3-1] in 5.6.3 ed il numero di ricambi nel volume interessato dalla zona pericolosa C_0 sarà ottenuto dalla formula [f.5.10.3-7] in 5.10.3.1.

GC.4 Ambienti chiusi – Valori indicativi dei ricambi d'aria per infiltrazioni

Tabella GC.4-1 **Valori indicativi delle infiltrazioni naturali entro gli edifici (unico ambiente senza pareti interne)**

Caratteristiche degli edifici	Ricambi d'aria all'ora
<i>Costruzioni con pareti esterne in mattoni o calcestruzzo:</i>	
fino a 300 m ²	1,0
da 300 m ² a 3000 m ²	0,75
da 300 m ² a 10 000 m ²	0,50
oltre 10 000 m ²	0,25
ultimo piano di un edificio a più piani con tetto in lastre o simili	1,25
<i>Costruzioni con tamponamenti delle pareti esterne a pannelli:</i>	
fino a 300 m ²	2,25 - 1,75
da 300 m ² a 3000 m ²	1,5 - 1,0
da 300 m ² a 10 000 m ²	1,0 - 0,75
oltre 10 000 m ²	0,75 - 0,50

APPENDICE GD

ESEMPIO DI DOCUMENTAZIONE TECNICA DI CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI

GD.1. Premessa

La presente Appendice fornisce un esempio di Relazione tecnica e di Planimetria di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili.

I contenuti della presente Appendice non devono essere applicati in modo acritico, ma correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso.

GD.2 Esempio di relazione tecnica

[Dati del proprietario
o
esecutore del documento]

.... [Nome o ragione sociale del proprietario dell'opera]
[Denominazione dell'opera]
[Località]

RELAZIONE TECNICA DI CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI CON PERICOLO D'ESPLOSIONE PER LA PRESENZA DI GAS, VAPORI O NEBBIE INFIAMMABILI

[documento N. - Rev. - Data]

[Livello di progetto: Preliminare, Definitiva, Esecutiva]

File:doc

INDICE

1. Oggetto e scopo della classificazione dei luoghi
2. Dati del committente
3. Dati del datore di lavoro (eventuali)
4. Presupposti della classificazione dei luoghi
5. Vincoli contrattuali
6. Descrizione schematica dello stabilimento (opera) e del reparto oggetto della classificazione dei luoghi e limiti di competenza
7. Procedimento di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione
8. Sostanze presenti in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito
9. Definizione del tipo di pericolo
10. Sostanze infiammabili e loro caratteristiche
11. Ambienti e dati ambientali
12. Sorgenti di emissione dell'ambiente AA – (Fig. ?? Casella 16)
13. Tipo di zona pericolosa determinato dalla SE02
14. Estensione della zona pericolosa determinato dalla SE02 (Casella 29)
15. Documentazione di classificazione dei luoghi

1. Oggetto e scopo della classificazione

La presente relazione tecnica e i documenti allegati (par. 15) hanno per oggetto la classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas o vapori infiammabili relativa al reparto AA dello stabilimento industriale denominato - Sito in località - Destinato alla produzione di

La classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione ha lo scopo di delimitare le zone entro le quali sono richiesti particolari misure di protezione contro le esplosioni e provvedimenti organizzativi per la tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori ai sensi del Decreto Legislativo 19 settembre 1994, n° 626 *"Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE, 2001/45/CE e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro"*.

La documentazione di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione fa parte del documento sulla protezione contro le esplosioni di cui D.Lgs. 626/94.

2. Dati del committente

L'incarico per la classificazione dei luoghi di cui al par. 1. è stato conferito da (nome o ragione sociale), con sede legale in ... (indirizzo).

3. Dati del datore di lavoro (eventuali)

Lo stabilimento di cui al par. 1. è di proprietà di..... (nome o ragione sociale), con sede legale in (indirizzo). Il proprietario è anche il datore di lavoro.

4. Presupposti della classificazione dei luoghi

La classificazione dei luoghi in oggetto è basata sul presupposto che:

- -gli impianti siano eserciti entro le grandezze caratteristiche di progetto (funzionamento normale e/o esercizio ordinario); essa considera gli eventi anormali "ragionevolmente prevedibili", compresi quelli eventuali dovuti alle attività di manutenzione ordinaria;
- -il reparto AA non sia interessato da zone pericolose provenienti da SE di altri reparti circostanti;
- -il personale addetto all'esercizio e alla manutenzione sia informato dei pericoli presenti nel reparto, sia addestrato e fornito di mezzi adeguati per le attività di competenza.

La presente classificazione dei luoghi, non considera:

- -i punti e le parti d'impianto (sorgenti di emissione) da cui possono essere emesse nell'atmosfera sostanze infiammabili con modalità tali da originare atmosfere esplosive solo a causa di "guasti catastrofici" non compresi nel concetto di anomalità considerato nella norma (anomalità ragionevolmente prevedibili in sede di progetto);
- -le attività di manutenzione che possono influire sulle caratteristiche delle sorgenti di emissione e delle estensioni delle zone pericolose stabilite per l'esercizio ordinario.

Al fine di non invalidare la classificazione dei luoghi eseguita, si richiama l'attenzione sulla necessità di non effettuare modifiche ai dati ed alle informazioni utilizzati. Eventuali modifiche dovranno comportare la valutazione della necessità di aggiornamento della documentazione prodotta.

5. Vincoli contrattuali

Il committente dispone della Procedura Interna n.riguardante la classificazione dei luoghi, che deve essere rispettata compatibilmente con le esigenze di rispetto delle disposizioni legislative e delle norme di riferimento.

Il committente ha richiesto che, al completamento del lavoro, sia tenuto sull'argomento un breve corso di aggiornamento del personale operativo del reparto AA.

6. Descrizione schematica dello stabilimento (opera) e del reparto oggetto della classificazione dei luoghi e limiti di competenza

Nello stabilimento in oggetto sono presenti il lavorazione, convogliamento, manipolazione e deposito le sostanze elencate al par. 8.

Le sostanze utilizzate nelle lavorazioni entrano nello stabilimento trasportate dae depositate in

In particolare, la benzina ed il gasolio entrano nello stabilimento trasportate con autocisterne che le scaricano, tramite pensiline di carico, ed inviata a mezzo linee in tubo ai serbatoi di stoccaggio del reparto AA.

La capacità di stoccaggio per le singole sostanze è la seguente:

- benzina: serbatoio S-121 di capacità 100 m³ e serbatoio S-122 di capacità 300 m³;
- gasolio: serbatoio S-215 di capacità 15 m³ e serbatoio S-216 di capacità 25 m³;
-:

La benzina viene pompata dai serbatoi per essere inviata al reparto BB dove è utilizzata per

Il gasolio viene pompato dai serbatoi per essere inviato alla centrale termica per alimentare le caldaie di produzione acqua calda.

.....

Gli impianti ed i serbatoi del reparto AA sono all'aperto, dove la temperatura massima è $T_a = 310 \text{ K}$ (37 °C) [Altre informazioni utili].

Il reparto AA è presidiato in modo permanente e genericamente sorvegliato durante l'attività da personale sul posto.

Lo stabilimento in oggetto rientra nel campo di applicazione della norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) e della guida CEI 31-35 per la presenza della benzina, vedere al riguardo la *Premessa nazionale* e l'*art. 1.1* della norma nonché l'*art. 1.2* della guida CEI 31-35.

7. Procedimento di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione

La classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione è stata eseguita in conformità alle disposizioni legislative vigenti (DPR 547/55, DM 22-12-1958, Circolare n. 538 del 4-3-1959, D.Lgs. 626/94 e successivi aggiornamenti ed integrazioni) e alle norme e guide tecniche seguenti:

- -UNI EN 1127-1, del 28-2-2001;
- -CEI EN 60079-10 (31-30) – Fascicolo: 2895 – Seconda edizione .
- Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi;
- -Guida CEI 31-35 - Terza edizione
- Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) seconda edizione - Classificazione dei luoghi pericolosi.

La documentazione di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione è costituita dalla presente relazione tecnica e dai disegni richiamati in allegato.

La documentazione di riferimento, fornita dal committente, utilizzata per la classificazione dei luoghi in oggetto è la seguente:

- a) documento n....., rev., data
- b) documento n....., rev., data
- c) documento n....., rev., data

Per la classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione si è proceduto come di seguito indicato:

- 1 è stata fatta una descrizione schematica dello stabilimento (opera) e del reparto oggetto della classificazione dei luoghi e sono stati definiti i limiti di competenza;
- 2 sono state individuate ed elencate tutte le sostanze, in qualunque stato fisico, presenti in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito ed è stato definito il tipo di pericolo;
- 3 sono state individuate le sostanze infiammabili presenti e le loro caratteristiche significative;
- 4 sono stati individuati gli ambienti interessati dalle zone pericolose e sono state definite le loro caratteristiche (temperatura, pressione, dati della ventilazione);
- 5 per ciascun ambiente sono state individuate ed elencate le sorgenti di emissione (SE) con i dati significativi (codice di individuazione, descrizione, ubicazione);
- 6 per ciascuna sorgente di emissione (SE) sono stati individuati il grado o i gradi di emissione e le condizioni di emissione della sostanza (temperatura, pressione, modalità di emissione); quindi è stata valutata la possibilità di modificare il grado o i gradi di emissione;
- 7 sono state individuate e selezionate le sorgenti di emissione (SE) rappresentative di altre e quelle da considerare individualmente;
- 8 per ciascun grado di emissione sono stati definiti:
 - la portata Q_g di emissione di sostanze infiammabili, la distanza pericolosa d_z e la quota "a";
 - il tipo o i tipi di zone pericolose;
 - le estensioni (forma e dimensioni) della zona o zone pericolose;
- 9 è stato eseguito l'inviluppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione;
- 10 è stata preparata la documentazione tecnica di classificazione dei luoghi.

8. Sostanze presenti in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito

8.1 Benzina

- denominazione della sostanza: benzina per autotrazione
- stato: liquido
- temperatura d'infiammabilità: < 0 °C
- dalla scheda di sicurezza: R11 sostanza facilmente infiammabile
- quantità presente in deposito: 400 m³ (312 000 kg)
- quantità presente in lavorazione: 40 m³ (31 200 kg)

8.2 Gasolio

- denominazione della sostanza: gasolio per autotrazione
- stato: liquido
- temperatura d'infiammabilità: > 55 °C
- dalla scheda di sicurezza: R7 sostanza combustibile
- quantità presente in deposito: 40 m³ (32 000 kg)
- quantità presente in lavorazione: 4 m³ (3 200 kg)

9. Definizione del tipo di pericolo

La benzina, il gasolio e[elencare eventuali altre sostanze] sono sostanze liquide per le quali si considera la temperatura d'infiammabilità e che, sotto forma di vapore possono formare con l'aria atmosfere esplosive.

La benzina è una sostanza liquida con temperatura d'infiammabilità minore della massima temperatura ambiente, quindi gli ambienti dov'è lavorata, convogliata, manipolata o depositata presentano pericoli d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili.

Il gasolio è una sostanza liquida con temperatura d'infiammabilità maggiore della massima temperatura ambiente, non è riscaldato, non esistono nell'ambiente superfici calde che possano riscaldarlo al di sopra della sua temperatura d'infiammabilità, il compartimento antincendio relativo al reparto AA ha classe inferiore a 30, quindi, per quanto si riferisce al gasolio, il reparto AA è un ambiente ordinario; nel reparto sono presenti zone con pericolo d'esplosione per la presenza di benzina.

Le sostanze infiammabili possono presentare altre tipologie di pericolo, non considerate nella presente documentazione, per le quali si rimanda alle "schede di sicurezza e ambiente".

10. Sostanze infiammabili e loro caratteristiche

Nota di redazione : Da questo punto in poi si considera solo la benzina; quando nella realtà le sostanze sono tante è opportuno preparare una tabella.

10.1 Benzina

- denominazione della sostanza: benzina per autotrazione
- temperatura d'infiammabilità: $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- dalla scheda di sicurezza: R11 sostanza facilmente infiammabile
- densità relativa all'aria dei vapori: 3,8
- massa molare massima: $M = 110\text{ kg/kmol}$
- limite inferiore di esplosibilità: kg/m^3 LEL % = 1,4 % = 0,064
- tensione di vapore a $37\text{ }^{\circ}\text{C}$: $P_v = 67\ 815\text{ Pa}$
- densità (massa volumica) della massa liquida: $\rho_{\text{liq}} = 780\text{ kg/m}^3$
- volume specifico: $1,28 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3/\text{kg}$
- densità (massa volumica) dei vapori a 37°C e 211 m: $\rho_{\text{gas}} = 4,22\text{ kg/m}^3$
- temperatura di ebollizione: $T_b = 318\text{ K } (45\text{ }^{\circ}\text{C})$
- gruppo delle costruzioni elettriche: IIA
- temperatura di accensione: $280\text{ }^{\circ}\text{C}$
- classe di temperatura: T3

11. **Ambienti e dati ambientali**

Per ambiente si intende la parte di un luogo nella quale esistono condizioni di ventilazione e ambientali univoche (es. ambiente APERTO, ambiente CHIUSO). Tra le caratteristiche della ventilazione, il fattore di efficacia f esprime la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva; esso è variabile da 1 a 5 ed è stato stabilito analizzando la situazione specifica dell'ambiente e/o delle singole SE. Per l'ambiente all'aperto comprendente il reparto AA è stato definito un fattore di efficacia della ventilazione f_a ed è stato attribuito a tutte le SE ubicate nelle parti dell'ambiente in cui la ventilazione è conforme al fattore di efficacia assunto; lo stesso è stato invece considerato diverso per singole SE che si trovano in parti dell'ambiente con diversa efficacia della ventilazione f_0 .

11.1 Ambiente AA - Dati ambientali

- temperatura massima: $T_a = 308\text{ K } (35\text{ }^{\circ}\text{C})$
- pressione atmosferica: 98 954 Pa
- altitudine: 215 m s.l.m.
- densità (massa volumica) dell'aria a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ 1,119 kg/m^3
- situazione ambientale: complesso industriale
- velocità minima dell'aria: $w_a = 0,5\text{ m/s}$
- disponibilità della ventilazione: buona

12. **Sorgenti di emissione**

Per sorgente di emissione si intende un punto o parte dell'impianto da cui può essere emesso nell'atmosfera un gas, un vapore o un liquido infiammabile con modalità tali da originare atmosfere esplosive.

I gradi delle emissioni dalle singole SE sono stati stabiliti sulla base delle definizioni della norma CEI EN 60079-10 e qui di seguito elencati in ordine decrescente di probabilità di emissione nell'ambiente di sostanza infiammabile (frequenza e durata):

Emissione di grado CONTINUO

Emissione continua o che può avvenire per lunghi periodi.

Emissione di grado PRIMO

Emissione che può avvenire periodicamente od occasionalmente durante il funzionamento normale.

Emissione di grado SECONDO

Emissione che non è prevista durante il funzionamento normale e che se avviene è possibile solo poco frequentemente e per brevi periodi.

12.1. Sorgenti di emissione dell'ambiente AA

Le sorgenti di emissione (SE), sono state tutte considerate e riportate nella Tabella 1-A.

Ove applicabile, alcune SE sono state considerate rappresentative di altre.

In questo esempio è stata considerata solo la SE02, rappresentativa di tutte le flangie delle linee (tubazioni) della benzina.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

TABELLA 1-A

ELENCO E CARATTERISTICHE SIGNIFICATIVE DELLE SORGENTI DI EMISSIONE (Esempio)																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	11	12	13	14	15	
Cod. [1]	Descrizione	Esempio [2]	Ubicazione [3]	Grado/i di emis- sione [4]	Rif. ta- bella sostanz e [5]	Temper. T_o a monte del punto di emis- sione (°C)	Pressione P_o a monte del punto di emissione (Pa)	Modalità di emissione [6]	Ventilazione			Tipo	Zona pericolosa				
									Tipo [7]	Grado [8]	Dispo- nibilità [9]		Estensione				
													"a" (m)	"b" (m)	"c" (m)	Figura di rif.	Note
SE01	Valvola d'intercettazione manuale	n. 8	In prossimità della pompa P-101	S	-	37	105 248	G	N	VM	Buona	Zona 2 IIA T1	???	???	???	Fig. 1-A	[10]
SE02	Dispositivo di connessione – Flangia con guarnizione in fibra compressa	n. 11	Sulla linea di adduzione al miscelatore MIX-201	C	benzina	37	348 954	G	N	VH	Buona	Zona 0 NE	-	-	-	Fig.1-B	[11]
				S		37	348 954	G	N	VM	Buona	Zona 2 IIA T1	23	6,2	-		
SE03	Dispositivi di connessione di piccola dimensione (es. strumentazione di processo)	...															
SE04	Pompe centrifughe con tenute meccaniche Dispositivo di tenuta sull'albero	...															
SE05	Serbatoi a tetto fisso – Sfiato libero all'atmosfera																
SE06	Valvole per uso generale di diametro ≤ 150 mm ($\leq 6"$) Dispositivo di tenuta sullo stelo	...															
SE..		...															

NOTA [1] - Numero progressivo utilizzato nei disegni per contrassegnare la sorgente di emissione. [2] - Eventuale riferimento ad un elenco di sorgenti di emissione tipiche
[3] – Posizione nell'impianto (informazioni che consentano l'individuazione nei disegni). [4] – C = continuo, P = primo grado, S = secondo grado.
[5] - Numero di posizione nell'elenco delle sostanze infiammabili (quando prevista) . [6] - G = gas in singola fase, GL = liquido che evapora nell'emissione, PL = evaporazione da una pozza di liquido lambita dall'aria di ventilazione, CL = evaporazione dalla superficie di un liquido non lambita dall'aria (in contenitore aperto).
[7] - N = ventilazione naturale, AG = ventilaz. artificiale generale, AL = ventilaz. artificiale locale [8] - VH = alto, VM = medio, VL = basso
[9] – B = buona, A = adeguata, S = scarsa [10] – Le emissioni strutturali sono trascurabili.
[11] – Le emissioni strutturali non sono trascurabili.

a) Dati della sorgente di emissione SE02 (Casella 17)

La sorgente di emissione SE02 è costituita da una flangia di connessione nel sistema di convogliamento, provvista di guarnizione in fibra compressa, per la quale non sono escluse significative «emissioni strutturali» di sostanza infiammabile e che può emettere anche in occasione di guasti ragionevolmente prevedibili alla guarnizione, formando al suolo una pozza.

Gradi di emissione considerati: continuo e secondo.

Il grado continuo è costituito dalle emissioni strutturali; essendo l'ambiente aperto senza particolarità, le emissioni strutturali sono state considerate trascurabili al fine della formazione e accumulo di atmosfere esplosive (zona 0NE).

Per l'emissione di secondo grado, trattandosi di guasti della guarnizione, la pozza che si viene a formare al suolo non può essere presente durante il funzionamento normale e può formarsi solo poco frequentemente e per brevi periodi.

Insieme ai progettisti del sistema di convogliamento della benzina è stata valutata, senza risultato, la possibilità di eliminare la SE.

b). SE02 - Portata Q_g di emissione di benzina

La portata di benzina emessa dalla SE02 (flangia) in caso di guasto è stata definita applicando la formula GB.4.2.1. della guida CEI 31-35 dove sono stati assunti i seguenti dati:

- temperatura di efflusso: $T_0 = 310 \text{ K (37}^\circ\text{C)}$
- coefficiente di efflusso: $c = 0,8$
- area del foro di emissione: $A = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ (2,5 mm}^2\text{)}$
- pressione assoluta all'interno del sistema di contenimento nel punto di emissione: $P_0 = 348 \ 954 \text{ Pa (2,5 bar relativi)}$
- portata di emissione (perdita) dalla flangia: $Q_t = 3,95 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$
- portata volumetrica di emissione (perdita) dalla flangia: $V = 5,06 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ (calcolata)

L'impianto è sottoposto ad una generica sorveglianza durante l'attività, per cui è previsto l'intervento per far cessare la perdita di benzina dalla flangia entro 7 200 s (2 h).

La pozza si forma in una zona senza delimitazioni, pavimentata con ghiaia e lambita dall'aria di ventilazione; essa si allarga fino ad avere un'area A determinata dall'equilibrio tra la portata di benzina che alimenta la pozza e la portata di evaporazione dalla pozza. Al cessare della perdita è previsto che la pozza venga neutralizzata entro il tempo $t_n = 900 \text{ s (15 min)}$.

Gli altri dati assunti sono i seguenti:

- fattore di efficacia della ventilazione: $f = 3$
- modalità di emissione: evaporazione da pozza
- coefficiente di sicurezza: $k = 0,5$
- quantità di emissioni previste in 365 d (un anno): 1

- concentrazione iniziale di emissione: $X_0 = \left[\frac{P_v}{(P_a \cdot 2)} \cdot 100 \right] = 34,27\%$
- tempo di emissione (perdita): $t_p = 7\,200 \text{ s (2 h)}$
- profondità della pozza: $h_m = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m (10 mm)}$

Per definire l'area A della pozza si è proceduto come segue:

- con la formula [f.GB.3.2.3-2] è stata calcolata la portata specifica Q_{gs} di evaporazione dalla pozza:

$$Q_{gs} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,5}{3} \cdot \frac{110 \cdot 98945}{8314 \cdot 310} \ln \left(1 + \frac{67815}{98945 - 67815} \right) = 1,63 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

- con la formula [f.GB.3.2.2-1] è stata calcolata l'area A_1 definita considerando il tempo d'intervento per sopprimere la perdita:

$$A_1 = \frac{V \cdot t_p}{h_m} = \frac{5,06 \cdot 10^{-5} \cdot 7200}{10 \cdot 10^{-3}} = 36,46 \text{ m}^2$$

- con la formula [f.GB.3.2.3-1] è stata calcolata l'area A_2 definita considerando la pozza non confinata in regime di equilibrio:

$$\frac{Q_t}{Q_{gs}} = \frac{3,95 \cdot 10^{-2}}{1,63 \cdot 10^{-3}} = 24,23 > 4 \text{ quindi } k_A = 1,4$$

$$A_2 = \frac{Q_t}{Q_{gs}} k_A = \frac{3,95 \cdot 10^{-2}}{1,63 \cdot 10^{-3}} \cdot 1,4 = 33,97 \text{ m}^2$$

L'area A da utilizzare nella formula [f.GB.4.4-1] è stata scelta uguale all'area A_2 in quanto minore dell'area A_1 .

La forma della pozza è stata considerata circolare; il suo raggio è risultato $r_{eq} = 3,29 \text{ m}$.

La portata di evaporazione dalla pozza Q_g è stata calcolata con la formula [f-GB.4.4-2]:

$$Q_g = Q_t = 395 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

c) SE02 - Distanza pericolosa "d_z" e quota "a" (Casella 22)

La distanza d_z a partire dalla quale la concentrazione dei vapori di benzina nell'aria è inferiore al LEL è stata calcolata con la formula GB.5.2.1 della guida CEI 31-35:

$$d_z = (67815 \cdot 10^{-5})^{0,1} \cdot 110^{-0,1} \cdot 1,4^{-0,26} \cdot 33,97^{0,7} (4 - 0,5) = 22,74 \text{ m}$$

Sulla base di d_z è stata assunta la quota $a = 23 \text{ m}$

13. Tipo di zona pericolosa determinato dalla SE02

Il luogo pericoloso è un luogo in cui è o può essere presente un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas, in quantità tale da richiedere provvedimenti particolari per la realizzazione, l'installazione e l'impiego delle costruzioni (apparecchi).

Sulla base delle definizioni della norma CEI EN 60079-10 (31-30), i luoghi pericolosi sono stati suddivisi considerando i seguenti tipi di zone, stabilite in relazione alla frequenza di formazione ed alla permanenza di un'atmosfera esplosiva:

Zona 0 Luogo dove è presente continuamente o per lunghi periodi un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

Zona 1 Luogo dove è possibile sia presente durante il funzionamento normale un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

Zona 2 Luogo dove non è possibile sia presente un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas durante il funzionamento normale o, se ciò avviene, è possibile sia presente solo poco frequentemente e per brevi periodi.

Il tipo di zona è strettamente correlato al grado dell'emissione e all'efficacia della ventilazione espressa dal suo grado e dalla sua disponibilità.

a) Valutazione del grado della ventilazione

Per definire il grado della ventilazione è stata calcolata prima la minima portata di ventilazione con la formula [2.2.a] della guida CEI 31-35:

$$(dV/dt)_{min} = Q_{amin} = \frac{39,5 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 0,064} \cdot \frac{310}{293} = 1,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

poi è stata calcolata la lunghezza del percorso dell'aria nel volume da ventilare con la formula [f.5.10.3-14]:

$$L_0 = (2 \cdot a) + D_{SE} = (2 \cdot 23) + (2 \cdot r_{eq}) = 46 + (2 \cdot 3,29) = 52,58 \text{ m}$$

Conosciuta la lunghezza L_0 , è stato calcolato il numero di ricambi d'aria C_0 con la formula [f.5.10.3-15]:

$$C_0 = \frac{w}{L_0} = \frac{0,5}{52,58} = 0,01 \text{ s}^{-1}$$

quindi sono stati calcolati il volume V_z ed il tempo t con le formule [f.5.10.3-13] e [f.5.10.3-16]:

$$V_z = \frac{f \cdot (dV/dt)_{min}}{C_0} = \frac{3 \cdot 1,3}{0,01} = 411 \text{ m}^3$$

$$t = \frac{-f}{C_0} \ln \frac{k \cdot LEL\%}{X_0\%} = \frac{-3}{0,01} \ln \frac{0,5 \cdot 1,4}{34,27} = 1227 \text{ s}$$

Il volume V_z è risultato di estensione non trascurabile.

L'emissione è di secondo grado, quindi, la zona dovrebbe essere zona 2; per una conferma, è stata verificata la durata complessiva ogni 365 d (un anno), la quale non dovrebbe essere maggiore di 10 h. La durata del singolo evento, calcolata considerando il tempo di emissione (perdita) t_p , più il tempo di neutralizzazione della pozza t_n , più il tempo t di persistenza al cessare dell'emissione, è risultata $= (7200 + 900 + 1227) = 9327 \text{ s}$. Considerando che l'emissione possa verificarsi una volta ogni 365 d (un anno), la durata complessiva risulta di 9327 s pari a 2,59 h ogni 365 d, per cui è rispettata la condizione di zona 2.

Sulla base di quanto sopra, il grado della ventilazione in relazione all'emissione è MEDIO.

b) Definizione della disponibilità della ventilazione

L'ambiente è aperto, nei calcoli è stata assunta una velocità $w_a = 0,5$ m/s, quindi, sulla base di quanto indicato nella guida CEI 31-35 è stata assunta una disponibilità BUONA.

c) Definizione del tipo di zona

Facendo riferimento alla Tabella B.1 della Norma CEI EN 60079-10, si ha:

- l'emissione è di secondo grado;
- il grado della ventilazione è medio;
- la disponibilità della ventilazione è buona;

il luogo pericoloso è interamente zona 2.

14. Estensione della zona pericolosa determinato dalla SE02

Noti la distanza d_z e il volume V_z , per definire l'estensione della zona pericolosa è stato necessario considerare anche che il gas è decisamente più pesante dell'aria (densità relativa = 3,8), che l'emissione avviene dalla superficie della pozza in ambiente aperto dove esistono impedimenti alla libera circolazione dell'aria che sono stati considerati nel fattore di efficacia della ventilazione.

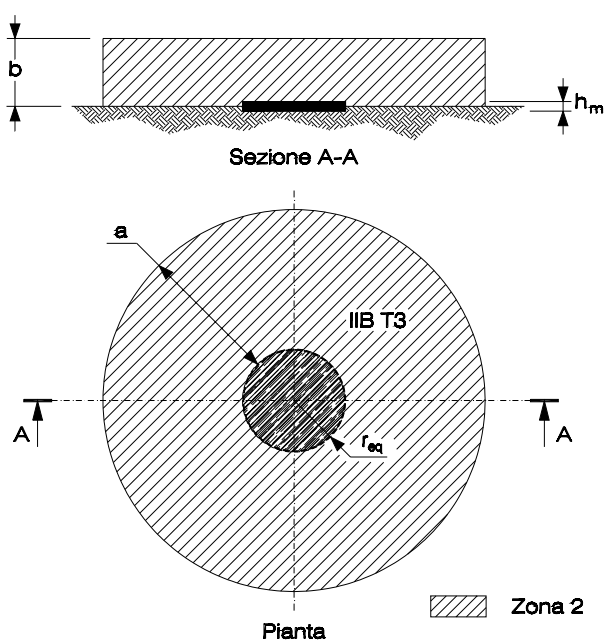
Per la forma e le proporzioni è stato fatto riferimento all'Esempio GD-5 della guida CEI 31-35. Ne è risultata una zona 2 di estensione in orizzontale, a partire dai bordi della pozza, $a = 23$ m ed una estensione in verticale $b = 6,2$ m, ottenuta considerando tra l'altro la densità relativa all'aria dei vapori di benzina.

Ne è risultata una zona 2 di volume = 13460 m^3 maggiore del volume $V_z = 411 \text{ m}^3$, quindi è rispettata la condizione non vincolante secondo la quale il volume della zona V deve essere maggiore del volume V_z .

$a = 23$ m

$b = 6,2$ m

Fig. 1-B Zona pericolosa determinata dalla pozza originata dalla SE02



15. Documentazione di classificazione dei luoghi

La documentazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in oggetto è costituita dalla presente relazione e dai seguenti documenti:

- -Dis. N., rev., data
- Classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione – Planimetria.

La documentazione di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in oggetto costituisce un insieme organico; l'uso separato dei singoli documenti potrebbero indurre in errori o non corrette interpretazioni.

GD.3 **Esempio di Planimetria**

—
Dis. N., rev., data

Classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione – Planimetria

.....

[Vedere l'esempio in 5.16.3]

APPENDICE GZ

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Norma CEI 64-2 quarta edizione.
- [2] Technical Report IEC 60079-20 prima edizione ottobre 1996.
- [3] NFPA National Fire Code 1980 vol. 12 & NFPA 325, 1994
- [4] Nabert - Schoene «*Sicherheits technische brennbarer Gase und Dämpfe*» edizione 1968.
- [5] «*Classification of hazardous locations*» - Institution of Chemical Engineers - Davis Building 165-171 Railways Terrace - Rugby, Warwickshire, CV21 3HQ - England.
- [6] Guidance on the Seveso Directive and its application to polyurethane manufacturers - ISOPA.
- [7] TNO (Nederland Organization of Applied Scientific Research) yellow book «*Method for the calculation of the physical effects of the escapes*» Report of the Committee for the prevention of disasters, published by the Directorate general of Labour Ministry of Social Affairs - Vooburg, Nederland, november 1988.
- [8] «*Loss prevention in the process industries - Hazard identification, assessment and control*» Second edition - Butterworths Heinemann.
- [9] API (American Petroleum Institute) - Publication number 4589: 1993 - «*Fugitive Hydrocarbon Emissions from Oil and Gas Production Operations*»
- [10] API (American Petroleum Institute) - Publication number 4628.
- [11] API (American Petroleum Institute) - Standard 527 - third edition, July 1991 «*Seat Tightness of Pressure Relief Valves*»
- [12] «*Corso di ingegneria chimica*» del Prof. Tredici, e
Volume «*Le operazioni fondamentali dell'industria chimica*» G.G. Brown - Ed. Hoepli.
- [13] ICI Safety Bulletin 74/8.
- [14] BS 5925:1980 «*Code of practice for design of buildings: Ventilation principles and designing for natural ventilation*».
- [15] British Gas Transco SHA1 «*Procedures for hazardous area classification of natural gas installations*»: May 1996.
- [16] Norme UNI-CIG 7129: 01-1992; 7271: 04-1988; 7430: 11-1975; 8042: 04-1988; 8125: 12-1982; 8275: 12-1981; 8917: 04-1987; 8978: 11-1985.
- [17] «*CRC Handbook of Chemistry and Physics*» 78th edition: 1997-1998.
- [18] A. Abate, R. Pomè, R. Tommasini: «*Zone con pericolo di esplosione determinato da una pozza di sostanza infiammabile*». N.T. Tecnica e tecnologia n. 11/98 ISSN 0392-4521: novembre 1998.
- [19] A. Abate, R. Pomè, R. Tommasini: «*Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione: comportamento dei gas nella formazione di atmosfere esplodibili*». Automazione Energia Informazione (AEI) Volume 85 - Numero 12: dicembre 1998.
- [20] R. Tommasini: «*Electrical apparatus for explosive gas atmosphere: a contribution to the evaluation of hazardous areas in indoor places*». Proceeding of ESREL 2000 SARS and SRA Europe Annual Conference - Foresight and Precaution - 15th -17th May 2000 – Edinburgh (Scotland/UK).

La presente Norma è stata compilata dal Comitato Elettrotecnico Italiano e beneficia del riconoscimento di cui alla legge 1° Marzo 1968, n. 186.
Editore CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano – Stampa in proprio
Autorizzazione del Tribunale di Milano N. 4093 del 24 Luglio 1956
Responsabile: Ing. A. Alberici

Comitato Tecnico Elaboratore
CT 31 – Materiali antideflagranti

Altre norme di possibile interesse sull'argomento

PROGETTO

€ —

