
**NORMA
EUROPEA**

Determinazione dei limiti di esplosione di gas e vapori

UNI EN 1839

DICEMBRE 2012

Versione italiana
del gennaio 2014

Determination of explosion limits of gases and vapours

La norma specifica due metodi di prova (metodo T e metodo B) per determinare i limiti di esplosione di gas, vapori e delle loro miscele con aria.

TESTO ITALIANO

La presente norma è la versione ufficiale in lingua italiana della norma europea EN 1839 (edizione settembre 2012).

La presente norma sostituisce la UNI EN 1839:2004.

ICS 13.230

UNI
Ente Nazionale Italiano
di Unificazione
Via Sannio, 2
20137 Milano, Italia

© UNI
Riproduzione vietata. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopie, microfilm o altro, senza il consenso scritto dell'UNI.

www.uni.com



UNI EN 1839:2012

Pagina I

PREMESSA NAZIONALE

La presente norma costituisce il recepimento, in lingua italiana, della norma europea EN 1839 (edizione settembre 2012), che assume così lo status di norma nazionale italiana.

La presente norma è stata elaborata sotto la competenza della Commissione Tecnica UNI

Sicurezza

La presente norma è stata ratificata dal Presidente dell'UNI ed è entrata a far parte del corpo normativo nazionale il 4 dicembre 2012.

Le norme UNI sono elaborate cercando di tenere conto dei punti di vista di tutte le parti interessate e di conciliare ogni aspetto conflittuale, per rappresentare il reale stato dell'arte della materia ed il necessario grado di consenso.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione di questa norma, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento o per un suo adeguamento ad uno stato dell'arte in evoluzione è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione per l'eventuale revisione della norma stessa.

Le norme UNI sono revisionate, quando necessario, con la pubblicazione di nuove edizioni o di aggiornamenti.

È importante pertanto che gli utilizzatori delle stesse si accertino di essere in possesso dell'ultima edizione e degli eventuali aggiornamenti.

Si invitano inoltre gli utilizzatori a verificare l'esistenza di norme UNI corrispondenti alle norme EN o ISO ove citate nei riferimenti normativi.

English version

Determination of explosion limits of gases and vapours

Détermination des limites d'exposivité des gaz et vapeurs

Bestimmung der Explosionsgrenzen von Gasen und
Dämpfen

This European Standard was approved by CEN on 27 July 2012.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and United Kingdom.



EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

INDICE

	PREMESSA	1
	INTRODUZIONE	2
1	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	2
3	TERMINI E DEFINIZIONI	2
4	METODI DI PROVA	3
4.1	Metodo T (metodo del "tubo")	3
4.1.1	Principio	3
4.1.2	Reagenti e materiali	3
4.1.3	Apparecchiatura	4
prospetto 1	Incertezza massima ammissibile per la misurazione della quantità di sostanza di prova nella miscela di prova	5
figura 1	Schema dell'apparecchiatura del "tubo" per la determinazione dei limiti di esplosione	6
4.1.4	Preparazione della miscela di prova	6
4.1.5	Procedimento	7
4.2	Metodo B (metodo "della bomba")	7
4.2.1	Principio	7
4.2.2	Reagenti e materiali	7
4.2.3	Apparecchiatura	8
4.2.4	Preparazione della miscela di prova	9
4.2.5	Procedimento	10
4.3	Registrazione dei risultati	11
4.4	Resoconto di prova	12
APPENDICE (normativa)	A METODO PER LA DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ESPLOSIONE DELLE SOSTANZE DIFFICILI DA ACCENDERE	13
A.1	Informazioni generali	13
A.2	Spiegazione	13
A.3	Apparecchiatura	13
A.4	Attrezzatura di sicurezza	14
A.5	Preparazione della miscela di prova	14
A.6	Procedimento	14
APPENDICE (informativa)	B ESEMPI PER DESCRIVERE IL DISTACCO DELLA FIAMMA	15
figura B.1	Distacco della fiamma	15
figura B.2	Alone (mancato distacco della fiamma)	15
APPENDICE (informativa)	C ESEMPIO DI EVAPORATORE RACCOMANDATO	16
figura C.1	Evaporatore per la produzione di miscele di prova da sostanze liquide infiammabili	16
APPENDICE (normativa)	D MISURE DI SICUREZZA	18
D.1	Generalità	18
D.2	Misure di sicurezza generali	18
D.3	Ulteriori misure di sicurezza riguardanti il metodo del tubo	18
APPENDICE (informativa)	E ESEMPIO DI MODULO PER L'ESPRESSIONE DEI RISULTATI) RAPPORTO DI PROVA	19

APPENDICE (normativa)	F	VERIFICA	20
prospetto	F.1	Dati per la verifica dell'apparecchiatura con riferimento al limite inferiore di esplosione .	20
prospetto	F.2	Dati per la verifica dell'apparecchiatura con riferimento al limite superiore di esplosione	20
APPENDICE (informativa)	G	CONVERSIONE DEI VALORI PER I LIMITI DI ESPLOSIONE	21
G.1		Abbreviazioni e simboli.....	21
G.2		Caratteristiche dell'aria.....	21
G.3		Definizioni	21
G.4		Preparazione della miscela.....	22
G.5		Conversione	22
prospetto	G.1	Formule per la conversione	24
APPENDICE (informativa)	H	MODIFICHE SIGNIFICATIVE TRA LA PRESENTE NORMA EUROPEA E LA EN 1839:2003	25
prospetto	H.1	Le modifiche significative in relazione alla 1839:2003	25
APPENDICE (informativa)	ZA	RAPPORTO TRA LA PRESENTE NORMA EUROPEA E I REQUISITI ESSENZIALI DELLA DIRETTIVA UE 94/9/CE	26
prospetto	ZA.1	Corrispondenza tra la presente norma europea e la Direttiva 94/9/CE	26
		BIBLIOGRAFIA	27

PREMESSA

Il presente documento (EN 1839:2012) è stato elaborato dal Comitato Tecnico CEN/TC 305 "Atmosfere potenzialmente esplosive – Prevenzione e protezione delle esplosioni" la cui segreteria è affidata al DIN.

Alla presente norma europea deve essere attribuito lo status di norma nazionale, o mediante pubblicazione di un testo identico o mediante notifica di adozione, al più tardi entro marzo 2013, e le norme nazionali in contrasto devono essere ritirate al più tardi entro marzo 2013.

Si richiama l'attenzione alla possibilità che alcuni degli elementi del presente documento, possano essere oggetto di brevetti. Il CEN (e/o CENELEC) non può essere ritenuto responsabile di aver identificato tali brevetti.

Il presente documento sostituisce la EN 1839:2003.

Le modifiche significative tra la presente norma europea e la EN 1839:2003 sono fornite nel prospetto H.1.

Il presente documento è stato elaborato nell'ambito di un mandato conferito al CEN dalla Commissione Europea e dall'Associazione Europea di Libero Scambio ed è di supporto ai Requisiti Essenziali della Direttiva UE 94/9/CE.

Per quanto riguarda il rapporto con la(e) Direttiva(e) UE, si rimanda all'appendice informativa ZA che costituisce parte integrante della presente norma europea.

In conformità alle Regole Comuni CEN/CENELEC, gli enti nazionali di normazione dei seguenti Paesi sono tenuti a recepire la presente norma europea: Austria, Belgio, Bulgaria, Cipro, Croazia, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Irlanda, Islanda, Italia, Lettonia, Lituania, Lussemburgo, Malta, Norvegia, Paesi Bassi, Polonia, Portogallo, Regno Unito, Repubblica Ceca, Repubblica Ex Jugoslava di Macedonia, Romania, Slovacchia, Slovenia, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia e Ungheria.

INTRODUZIONE

Il pericolo di esplosione può essere evitato prevenendo la formazione di miscele esplosive di gas e/o vapori. Per fare ciò, devono essere noti i limiti di esplosione (noti anche come "limiti di infiammabilità") della sostanza infiammabile. Tali limiti dipendono principalmente:

- dalle caratteristiche della sostanza infiammabile;
- da temperatura e pressione;
- da dimensione e forma del recipiente di prova;
- dalla sorgente di accensione (tipo, energia);
- dal criterio utilizzato per caratterizzare la combustione auto-propagante.

Per ottenere risultati affidabili e comparabili, è quindi necessario uniformare le condizioni per determinare i limiti di esplosione (apparecchiatura e procedimento). Non è tuttavia possibile fornire un singolo metodo che sia utilizzabile per tutti i tipi di sostanze. Per motivi di ordine pratico, è preferibile l'utilizzo di un'apparecchiatura che possa anche essere utilizzata per la determinazione di altre caratteristiche di esplosione. Pertanto, la presente norma europea descrive due metodi, cioè il metodo del tubo (metodo T) e il metodo della bomba (metodo B). In genere, il metodo del tubo fornisce un campo di esplosione più ampio. Le differenze nei limiti di esplosione determinati dai due metodi possono variare fino al 10% relativo.

Per sostanze difficili da accendere con grandi distanze di spegnimento, è adatto solo un metodo del tubo modificato. Questo è descritto nell'appendice A.

1

SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente norma europea specifica due metodi di prova (metodo T e metodo B) per determinare i limiti di esplosione di gas, vapori e delle loro miscele, miscelate con aria. Una miscela di aria/gas inerte (frazione di volume dell'ossigeno <21%) può essere utilizzata come ossidante al posto dell'aria. Nella presente norma europea il termine "aria" comprende tali miscele di aria/inerte.

La presente norma europea si applica a gas, vapori e alle loro miscele a pressione atmosferica per temperature fino a 200 °C.

2

RIFERIMENTI NORMATIVI

Non applicabile.

3

TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento, si applicano i termini e le definizioni seguenti:

3.1

campo di esplosione: Campo della concentrazione di una sostanza o miscela di sostanze infiammabili in aria, all'interno del quale può verificarsi un'esplosione, o campo della concentrazione di una sostanza o miscela di sostanze infiammabili in miscela con aria/gas inerte, all'interno del quale può verificarsi un'esplosione, determinato in condizioni di prova specifiche.

[FONTE: EN 13237:2012, punto 3.22]

3.2

limite inferiore di esplosione, LEL: Concentrazione minima del campo di esplosione al quale può verificarsi un'esplosione.

Nota 1 Sono indicate quelle concentrazioni alle quali le prove hanno dimostrato la mancata riuscita di un'esplosione.
[FONTE: EN 13237:2012, punto 3.19.1]

3.3

limite superiore di esplosione, UEL: Concentrazione massima del campo di esplosione al quale può verificarsi un'esplosione.

Nota 1 Sono indicate quelle concentrazioni alle quali le prove hanno dimostrato la mancata riuscita di un'esplosione.
[FONTE: EN 13237:2012, punto 3.19.2]

- 3.4** **criterio di esplosione - distacco della fiamma:** Nel metodo T, il criterio di un'esplosione (combustione auto-propagante) è il movimento verso l'alto della fiamma dal luogo della scintilla per almeno 100 mm o la formazione di un alone che raggiunge la sommità del tubo oppure ha un'altezza di almeno 240 mm.
- Nota 1 Per tutta la durata dell'accensione, le miscele di prova della scintilla, il cui contenuto di sostanza di prova è leggermente al di fuori del campo di esplosione, possono mostrare un fenomeno luminoso (definito come "alone") al di sopra del luogo della scintilla che non è, tuttavia, staccato da quest'ultimo (vedere appendice B). Per certe sostanze di prova (per esempio idrocarburi alogenati) tale fenomeno luminoso può occupare un'ampia parte del recipiente di prova. La formazione di un alone non è tuttavia considerata di per sé come un'accensione della miscela di prova a meno che raggiunga la sommità del tubo oppure un'altezza minima di 240 mm.
- 3.5** **criterio di esplosione - aumento di pressione:** Nel metodo B, il criterio di un'esplosione (combustione auto-propagante) è la generazione di una sovrappressione dell'esplosione, la quale è pari o maggiore alla sovrappressione creata dalla sola sorgente di accensione nell'aria, più $(5 \pm 0,1)\%$ della pressione iniziale.
- 3.6** **vapore:** Fase gassosa emessa da un liquido.
- Nota 1 Se non diversamente citato, il termine "gas" nella presente norma comprende anche tali vapori ma non le nebbie.
- 3.7** **ossidante:** Aria oppure una miscela aria/gas inerte (frazione di volume dell'ossigeno $<21\%$).
- 3.8** **campione:** Una sostanza oppure una miscela di sostanze per la quale devono essere determinati i limiti di esplosione.
- 3.9** **sostanza di prova:** Il campione allo stato gassoso; nel caso di campioni liquidi, dopo la completa evaporazione.
- 3.10** **miscela di prova:** La miscela di sostanza di prova e aria.

4 METODI DI PROVA

4.1 Metodo T (metodo del "tubo")

4.1.1 Principio

La miscela di prova fluisce nel recipiente di prova cilindrico dal basso verso l'alto fino alla completa sostituzione del contenuto precedentemente presente nel recipiente di prova. Poi, in condizioni inattive, si avvia un'accensione utilizzando una serie di scintille ad induzione. Si osserva se si verifica o meno un distacco della fiamma. Il contenuto della sostanza di prova della miscela di prova è variato per gradi, fino alla determinazione del *LEL* o del *UEL* (criterio di esplosione - distacco della fiamma) oppure fino a quando sia determinato che non vi sia alcun campo di esplosione.

4.1.2 Reagenti e materiali

4.1.2.1 Aria, che deve essere priva di acqua ($\leq 0,1$ mol% vapore acqueo assoluto) e olio ($\leq 0,1$ g/m³ olio). Se si utilizza aria sintetica, ciò deve essere dichiarato nel resoconto di prova.

4.1.2.2 Gas inerti, la purezza dell'inerte, o della miscela di inerti, deve essere 99,8% mol o migliore. Se si utilizza una miscela di inerti, la composizione della miscela deve essere dichiarata nel resoconto di prova.

4.1.2.3 Sostanze infiammabili, che possono essere una singola sostanza oppure una miscela definita di sostanze o un campione di processo (di composizione nota o ignota).

Quando si utilizza una singola sostanza oppure una miscela definita di sostanze, la purezza di ogni sostanza deve essere 99,8% mol o migliore. Nel caso di una miscela di sostanze oppure di un campione di processo di composizione nota, la precisione della composizione deve essere dichiarata nel resoconto di prova. Nel caso di un campione di processo di composizione ignota, il campione deve essere definito come meglio possibile in termini di condizioni di processo.

Se il gas infiammabile è derivato da un liquido contenente più di un componente, la composizione della fase gassosa può differire dalla composizione della fase liquida. Quando si prelevano grandi quantità di gas, la composizione sia della fase liquida sia della fase gassosa può variare nel tempo. Per tali ragioni, il campione di prova deve essere prelevato dalla fase liquida.

4.1.2.4

Materiale chimicamente inerte, resistente al calore, per guarnizioni e supporti adesivi

I contenitori dei campioni devono essere mantenuti chiusi prima e dopo il campionamento per evitare cambiamenti della composizione del campione all'interno del contenitore (per esempio la fuga di costituenti volatili dalle miscele). Se il contenitore del campione contiene una miscela con presenza di fase sia gassosa sia liquida, la composizione della miscela delle due fasi è differente. In queste condizioni, si raccomanda di prelevare il campione della sostanza di prova dalla fase liquida. Se il campione è prelevato dalla fase gassosa, si deve tenere conto della differenza di composizione.

4.1.3

Apparecchiatura

4.1.3.1

Recipiente di prova

Il recipiente di prova è un recipiente cilindrico verticale di vetro o altro materiale trasparente (per esempio policarbonato) con diametro interno di (80 ± 2) mm e lunghezza minima di 300 mm.

Il recipiente è dotato di un tubo di entrata per la miscela di prova con una valvola a tre vie, posizionato sul fondo e un tubo di uscita e lo sfiato della pressione nella parte superiore.

La parte inferiore e la parte superiore possono essere di altro materiale. Tuttavia, il materiale deve essere privo di qualsiasi effetto catalitico e resistente alla corrosione derivante dalla miscela di prova e dai prodotti di reazione.

4.1.3.2

Sorgente di accensione

Come sorgente di accensione è utilizzata una serie di scintille ad induzione tra due elettrodi.

Gli elettrodi devono terminare a (60 ± 1) mm al di sopra della parte inferiore del recipiente di prova.

L'acciaio inossidabile è un materiale idoneo per gli elettrodi. Gli elettrodi devono essere astine a punta con diametro massimo di 4 mm. L'angolo delle punte deve essere di $(60 \pm 3)^\circ$. La distanza tra le punte deve essere di $(5 \pm 0,1)$ mm. Gli elettrodi devono essere montati nel recipiente in modo tale che siano a tenuta di gas alle pressioni massime prodotte durante la prova. Il supporto deve essere resistente al calore e alla miscela di prova, e fornire resistenza elettrica adeguata al corpo del recipiente di prova.

Per produrre la scintilla di accensione deve essere utilizzato un trasformatore ad alta tensione, con uno scarto quadratico medio da 13 kV a 16 kV e una corrente di corto circuito da 20 mA a 30 mA. L'avvolgimento primario del trasformatore ad alta tensione deve essere collegato alla rete elettrica mediante un temporizzatore regolato sul tempo di scarica richiesto.

Il tempo di scarica della scintilla deve essere regolato a 0,2 s. Se un tempo di scarica della scintilla di 0,2 s non ha come risultato l'accensione della miscela di prova, la prova può essere ripetuta con un tempo di scarica della scintilla fino a 0,5 s.

La potenza delle scintille ad induzione è dipendente dalla miscela di gas e dalla relativa pressione. Secondo misurazioni calorimetriche ed elettriche in aria, in condizioni atmosferiche, una sorgente simile fornisce una scintilla con una potenza di circa 10 W.

4.1.3.3

Attrezzatura per la preparazione della miscela di prova.

La miscela di prova è preparata miscelando flussi di componenti gassosi. Questo richiede la seguente attrezzatura:

- dispositivo di misura per aria, campioni gassosi o gas inerti aggiuntivi (per esempio regolatore della portata massica, regolatore della portata volumica, pompa dosatrice per gas);
- dispositivo di misura per campioni liquidi (per esempio pompa dosatrice volumetrica);
- evaporatore in caso di campione liquido (per esempio vedere appendice C);
- recipiente di miscelazione per rendere omogenea la miscela di prova.

I dispositivi di misura e l'attrezzatura per la preparazione della miscela di prova devono essere progettati in modo tale che l'incertezza di misurazione del contenuto della sostanza di prova nella miscela di prova non sia maggiore dei dati indicati nel prospetto 1.

prospetto 1

Incertezza massima ammissibile per la misurazione della quantità di sostanza di prova nella miscela di prova

Quantità molare di sostanza di prova %	Massima incertezza di misurazione %	
	Relativa	Assoluta
≤ 2	± 10	
> 2		$\pm 0,2$

4.1.3.4

Sistema di regolazione della temperatura.

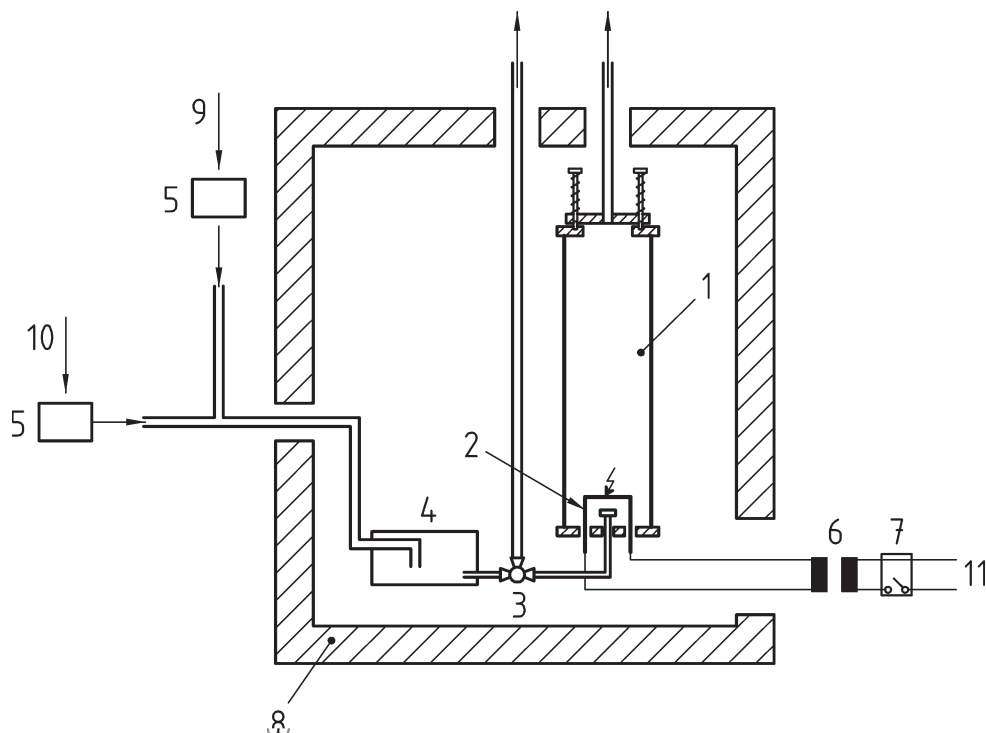
Per misurazioni a temperature più alte della temperatura ambiente, l'apparecchiatura richiede un dispositivo per la regolazione della temperatura. Quando lo si utilizza, si deve assicurare che la differenza di temperatura all'interno del recipiente di prova non sia maggiore di 10 K. Ciò deve essere controllato al momento della messa in funzione iniziale dell'apparecchiatura, ogniqualvolta si sostituiscono parti e ad ogni verifica.

figura

1

Schema dell'apparecchiatura del "tubo" per la determinazione dei limiti di esplosione**Legenda**

1	Recipiente di prova	7	Temporizzatore
2	Elettrodi	8	Dispositivo per il mantenimento della temperatura
3	Valvola a tre vie	9	Sostanza infiammabile
4	Recipiente di miscelazione	10	Aria
5	Dispositivi di misura	11	Alimentazione elettrica
6	Trasformatore ad alta tensione		

**4.1.3.5**

Apparecchio di sicurezza.

Si devono seguire le misure di sicurezza specificate nell'appendice D.

4.1.4**Preparazione della miscela di prova**

Al momento dell'evaporazione dei campioni liquidi, è importante ricordare che la composizione della miscela di una fase gassosa in equilibrio con una fase liquida ("vapore") differisce generalmente dalla composizione della miscela della fase liquida. Inoltre, la composizione della miscela delle fasi liquide e vapore può variare quando si rimuove materiale dalla fase vapore. Ciò deve essere tenuto in considerazione quando si determinano i limiti di esplosione per liquidi infiammabili, quando si movimentano campioni liquidi e quando si preparano le miscele di prova mediante evaporazione di campioni liquidi. Per evitare errori, deve essere utilizzato il metodo dell'evaporazione dinamica totale. Un esempio di attrezzatura di evaporazione adeguata è descritto nell'appendice C. Al momento del dosaggio dei liquidi, si deve assicurare che non si formino bolle in alcun componente che contiene il liquido (per esempio nei tubi). Per ottenere la completa omogeneizzazione, la miscela di prova fluisce attraverso un recipiente di miscelazione, preferibilmente di vetro. Per un recipiente di miscelazione senza elementi incorporati, si raccomanda un volume di almeno 600 ml. È opportuno introdurre la miscela di prova tangenzialmente. Il recipiente di miscelazione non è necessario se l'omogeneizzazione è effettivamente ottenuta dal dispositivo di misura. La temperatura del recipiente di miscelazione e di tutte le parti che contengono la miscela di prova è mantenuta costante per impedire che la sostanza di prova possa condensare. Si raccomanda che i componenti che contengono la miscela di prova siano scaldati unitamente al recipiente di prova.

4.1.5**Procedimento**

Se i limiti di esplosione devono essere determinati ad una temperatura elevata, preriscaldare il recipiente di prova e tutte le parti che contengono la miscela di prova alla temperatura richiesta. Per i campioni liquidi la temperatura della miscela di prova deve essere almeno 25 K più elevata della temperatura di condensazione. Prima di ogni tentativo di accensione, si deve assicurare che la temperatura nel recipiente di prova differisca di non più di 5 K dal valore richiesto.

La determinazione dei limiti di esplosione consiste in una serie di prove di accensione eseguite con miscele di prova il cui contenuto di sostanza di prova sia diverso.

Per motivi di sicurezza, le prove di accensione iniziale sono effettuate con un contenuto di sostanza di prova nella miscela di prova che sia, se possibile, al di fuori del campo di esplosione previsto.

Per le sostanze organiche che consistono esclusivamente di carbonio, idrogeno e ossigeno (ad eccezione dei perossidi), il *LEL* può essere stimato in modo approssimativo. A 20 °C, il *LEL* è in molti casi approssimativamente a metà del contenuto della sostanza di prova in composizione stechiometrica. La dipendenza dalla temperatura del *LEL* deve essere tenuta in considerazione. Sino a 200 °C, il *LEL* diminuisce in modo più o meno lineare fra il 30% e il 50% del valore stimato per 20 °C.

Non esiste al momento alcun metodo che sia di facile applicazione per il calcolo dell'*UEL*.

Prima di ogni tentativo di accensione, il recipiente di prova è spurgato con la miscela di prova. Il volume di spurgo deve essere almeno dieci volte il volume del recipiente di prova. Quando lo spurgo è completo, l'entrata al recipiente di prova è sigillata. La miscela di prova quindi devia dal recipiente di prova e si riversa direttamente nel sistema di scarico. Si tenta quindi un'accensione con la scintilla ad induzione in condizioni inattive (cioè dopo un ritardo compreso fra 6 s e 10 s). Si osserva se una fiamma si distacca dalla sorgente di accensione (vedere appendice B).

Si raccomanda di non interrompere la produzione di miscela di prova durante la prova di accensione. Se si riavvia, occorre un certo lasso di tempo per produrre una miscela di prova di composizione costante, anche se la regolazione non è stata variata.

Se si rileva un'accensione, il contenuto di sostanza di prova nella miscela di prova è modificato iterativamente fino a quando non ne derivi alcun ulteriore distacco della fiamma. Vicino ai limiti di esplosione, la variazione incrementale del contenuto della sostanza di prova è scelto in modo tale da essere il più possibile uguale allo scostamento relativo indicato nel prospetto 1. Ripetere quattro volte la prova con la miscela di prova con la quale non riesce un ulteriore distacco della fiamma. La determinazione termina quando tutte e cinque le prove hanno avuto luogo con nessun distacco della fiamma osservato. Se il distacco della fiamma si verifica, il contenuto di sostanza di prova deve essere variato ulteriormente, cioè per la determinazione del *LEL* il contenuto di sostanza di prova deve essere ridotto di un passo; per l'*UEL*, deve essere aumentato di un passo. Cinque prove sono effettuate sul nuovo contenuto della sostanza di prova. Quando si stabilisce che una determinata miscela di prova non si accende, si raccomanda di verificare che la composizione della miscela di prova non accesa che fuoriesce dal recipiente di prova sia misurata allo scopo di determinare se siano insorti eventuali errori con i dispositivi di misura o dovuti a perdite.

4.2**Metodo B (metodo "della bomba")****4.2.1****Principio**

La miscela di prova inattiva in un recipiente chiuso (la bomba) è sottoposta a una sorgente di accensione. La sovrappressione data dall'accensione è misurata e caratterizza l'esplosività della miscela di prova. La quantità di sostanza di prova nella miscela di prova è variata in modo incrementale fino a determinare *LEL* o *UEL*, o sino a che è certo che non esiste alcun campo di esplosione.

4.2.2**Reagenti e materiali**

Vedere punto 4.1.2.

4.2.3**Apparecchiatura****4.2.3.1****Recipiente di prova**

Il recipiente di prova deve essere cilindrico o sferico. Il volume interno del recipiente di prova deve essere maggiore o uguale a 0,005 m³. Se si utilizza un recipiente cilindrico, il rapporto tra la lunghezza e il diametro deve essere compreso tra 1 e 1,5.

Il recipiente di prova e ogni attrezzatura (valvole, sorgente di accensione, trasduttore, ecc.) montati sul recipiente devono essere progettati per resistere a una sovrappressione massima di almeno 15 bar.

Il recipiente deve essere di acciaio inossidabile o di altro materiale privo di qualsiasi effetto catalitico e resistente alla corrosione derivante dalla miscela di gas iniziale e dai prodotti della combustione.

Il recipiente di prova deve essere dotato di fori sufficienti per permettere il riempimento, l'evacuazione e lo spurgo.

Se la miscela di prova è preparata all'interno del recipiente di prova mediante pressioni parziali, si raccomanda di scollegare il sistema di misurazione della pressione utilizzato per preparare la miscela di prova mediante una valvola per proteggerlo durante le prove di accensione.

I componenti del sistema di misurazione della temperatura all'interno del recipiente di prova (per esempio termocoppia) devono essere montati in modo tale che la propagazione della fiamma non sia ostacolata.

4.2.3.2**Sorgente di accensione**

La sorgente di accensione deve essere collocata al centro del recipiente di prova. I tipi di sorgente di accensione adatti sono una serie di scintille ad induzione oppure un filo fusibile. Nel resoconto di prova, deve essere dichiarato il tipo di sorgente di accensione utilizzato.

4.2.3.2.1**Scintilla ad induzione.**

Vedere punto 4.1.3.2.

4.2.3.2.2**Filo fusibile.**

Un arco elettrico è generato facendo passare una carica elettrica lungo un filo fusibile rettilineo che collega due astine metalliche.

La potenza elettrica richiesta per fondere il filo e generare l'arco è fornita da un trasformatore d'isolamento. L'energia di accensione prodotta dall'arco dipende dalla sua durata e dalla potenza nominale del trasformatore d'isolamento. L'energia prodotta deve essere compresa nel campo da 10 J a 20 J, poiché entro tale campo di energie non vi è alcuna variazione significativa nei limiti di esplosione. Ciò si ottiene limitando la potenza nominale del trasformatore d'isolamento tra 0,7 kW e 3,5 kW e utilizzando una tecnica per la regolazione di fase. Questa è una tecnica di commutazione che consente solo a una parte delle forme d'onda in corrente alternata dagli avvolgimenti secondari del trasformatore di mettere sotto tensione il filo.

I materiali idonei per le astine sono l'ottone e l'acciaio inossidabile. Le astine devono essere parallele l'una all'altra, con una distanza di separazione di (5 ± 1) mm. Per il filo fusibile un tratto rettilineo di filo NiCr (con diametro compreso tra 0,05 mm e 0,2 mm) deve essere saldato alle punte delle astine di metallo. Le astine devono essere collocate nel recipiente di prova in modo tale che il filo fusibile sia al centro del recipiente. Gli elettrodi devono essere montati nel recipiente in modo tale che siano a tenuta di gas alle pressioni massime prodotte durante la prova. Il supporto deve essere resistente al calore, resistente alla corrosione dalla miscela di prova e dai prodotti della combustione e deve fornire resistenza elettrica adeguata al corpo del recipiente di prova.

Per ridurre il tempo necessario per la sostituzione del filo fusibile dopo ciascuna prova, le astine possono essere montate in un supporto filettato che possa essere avvitato alla parete del recipiente di prova.

La sezione trasversale dei fili che collegano il trasformatore alle astine deve essere compresa tra 2,5 mm² e 7 mm². La lunghezza dei fili deve essere minore di 5 m. Il diametro delle astine deve essere compreso tra 1,5 mm e 5 mm.

Se, per ragioni pratiche, il diametro delle astine deve essere minore di 3 mm, può essere necessario un supporto meccanico aggiuntivo.

4.2.3.3

Sistema di misurazione della sovrappressione dell'esplosione.

Il sistema per la misurazione della pressione consiste in:

- un trasduttore di pressione;
- un amplificatore;
- un'attrezzatura di registrazione.

I trasduttori di pressione devono avere una frequenza di risonanza maggiore di 10 kHz.

Il sistema di misurazione della pressione deve avere un'accuratezza che consenta la misurazione della sovrappressione dell'esplosione in conformità al criterio di esplosione definito nel punto 3.6 e deve avere una risoluzione temporale di almeno 1 ms.

Il trasduttore di pressione deve essere montato nel recipiente di prova, con la testa a livello con la parete interna.

4.2.3.4

Attrezzatura per la preparazione della miscela di prova.

La miscela di prova può essere preparata mediante pressioni parziali oppure miscelando flussi di sostanze componenti. Ciò può essere fatto all'interno o all'esterno del recipiente di prova.

Se la miscela di prova è preparata mediante pressioni parziali, il recipiente utilizzato per la preparazione della miscela deve essere dotato di:

- una pompa a vuoto e un vacuometro;
- indicatori di pressione o manometri;
- mezzi per rendere omogenea la miscela di prova (per esempio un agitatore).

L'attrezzatura utilizzata per la misurazione e la preparazione della miscela di prova deve essere progettata in modo tale che l'incertezza di misurazione del contenuto della sostanza di prova nella miscela di prova non sia più alta dei dati indicati nel prospetto 1.

Se la miscela di prova è preparata miscelando flussi, si applicano il punto 4.1.3.3 e il prospetto 1.

4.2.3.5

Sistema di regolazione della temperatura

Vedere punto 4.1.3.4.

4.2.3.6

Apparecchio di sicurezza

Si devono seguire le misure di sicurezza specificate nell'appendice D.

4.2.4

Preparazione della miscela di prova

4.2.4.1

Generalità

Se si utilizzano gas liquefatti oppure liquidi, è necessario assicurarsi che non ci sia condensazione.

Si deve prestare particolare attenzione alla preparazione delle miscele di prova da campioni di miscele liquide (punti 4.1.2 e 4.2.2).

Nota La condensazione può essere evitata controllando la pressione di vapore delle sostanze e riscaldando localmente per impedire il raffreddamento di alcune parti dell'apparecchiatura (per esempio le valvole).

La miscela di prova può essere preparata mediante pressioni parziali oppure miscelando flussi di sostanze componenti. Ciò può essere fatto all'interno o all'esterno del recipiente di prova.

Si raccomanda anche, dove possibile, di:

- misurare la composizione della miscela di prova;
- verificare i dispositivi di misurazione;
- assicurare che non vi siano perdite nel sistema di miscelazione.

4.2.4.2

Preparazione della miscela di prova mediante pressioni parziali

Se la preparazione della miscela di prova richiede lo svuotamento del recipiente, la quantità di aria residua all'interno del recipiente deve essere tenuta in considerazione nel momento in cui si calcolano le quantità necessarie di materiale infiammabile e di aria.

I componenti della miscela sono introdotti in successione nel recipiente per fornire la pressione parziale richiesta. Il sistema di misurazione della pressione parziale deve avere uno scostamento limite di $\pm 0,005$ bar o migliore. È necessario assicurare che la miscela nel recipiente sia miscelata accuratamente durante l'introduzione di ogni componente. Se il volume delle linee di alimentazione non è trascurabile in confronto al volume del recipiente, è necessario procedere anche al loro svuotamento o spurgo.

Nota Per motivi pratici, l'aria è spesso introdotta come ultimo componente, specialmente nel caso in cui si utilizzi aria atmosferica.

4.2.4.3

Preparazione della miscela di prova mediante miscelazione dei flussi

La miscela di prova è preparata mediante la miscelazione accurata dei flussi misurati delle sostanze gassose.

Quando sono sottoposti a prova i liquidi, essi devono essere vaporizzati completamente prima della miscelazione.

Si raccomanda anche, dove possibile, di:

- misurare la composizione della miscela di prova;
- verificare i dispositivi di misurazione;
- assicurare che non vi siano perdite nel sistema di miscelazione.

4.2.5

Procedimento

La caratterizzazione dei limiti di esplosione consiste nel determinare la quantità di sostanza di prova nella miscela con la quale la miscela di prova non si accende più (secondo il criterio di esplosione nel punto 3.6). Vicino ai limiti di esplosione, il passo per la variazione del contenuto della sostanza di prova deve essere scelto in modo tale da essere il più possibile uguale alla incertezza di misura relativa indicata nel prospetto 1.

Il limite superiore o inferiore di esplosione deve essere verificato eseguendo quattro prove aggiuntive usando lo stesso contenuto di sostanza di prova.

Se i limiti di esplosione sono determinati ad una temperatura elevata, preriscaldare il recipiente di prova e tutti i componenti che conducono la miscela di prova alla temperatura richiesta. Per i campioni liquidi la temperatura della miscela di prova deve essere almeno 25 K più elevata della temperatura di condensazione. Prima di ogni tentativo di accensione, si deve assicurare che la temperatura nel recipiente di prova differisca di non più di 5 K dal valore richiesto.

Se la miscela di prova è preparata all'interno del recipiente di prova con il metodo delle pressioni parziali, il procedimento è il seguente:

- a) preriscaldare il recipiente di prova e i componenti associati alla temperatura richiesta;
- b) spurgare il recipiente con il gas inerte (o una pre-miscela inerte);
- c) evacuare il recipiente e misurare la pressione residua;
- d) introduzione nel recipiente di prova di ogni sostanza alla rispettiva pressione parziale (è necessario tenere in considerazione la pressione residua misurata preventivamente);
- e) omogeneizzare (per esempio agitare) la miscela per un periodo idoneo (da 3 min a 5 min);

- f) spegnere il dispositivo di omogeneizzazione, attendere da 1 min a 2 min fino a quando la miscela è inattiva;
- g) chiudere la valvola che protegge il trasduttore della pressione parziale;
- h) accendere il sistema di registrazione della sovrappressione dell'esplosione;
- i) attivare la sorgente di accensione e registrare la curva pressione-tempo;
- j) riportare il recipiente alla pressione atmosferica;
- k) ripetere i punti da a) a j) secondo necessità, cambiando volta per volta la composizione della miscela (con cinque prove in totale alle concentrazioni limite).

È necessario garantire che, durante le operazioni d) ed e), non si verifichino reazioni da decomposizione chimica oppure ossidazione lenta della miscela di prova. Questo è particolarmente pertinente per le prove eseguite a temperature elevate. Tali reazioni possono generalmente essere rilevate da un aumento di pressione e/o temperatura e possono falsare i risultati di prova.

Se la miscela di prova è preparata con il metodo della miscelazione dei flussi, oppure con il metodo della pressione parziale in un recipiente separato dal recipiente di prova, il procedimento è riepilogato come segue:

- 1) preriscaldare il recipiente di prova e i componenti associati alla temperatura richiesta;
- 2) se la miscela di prova è preparata miscelando i flussi, spurgare il recipiente di prova con la miscela di prova (il volume per lo spurgo deve essere almeno dieci volte il volume del recipiente);
oppure
se la miscela di prova è preparata mediante il metodo della pressione parziale usando un recipiente separato, evacuare il recipiente di prova a una pressione < 5 mbar e riempire con la miscela di prova;
- 3) chiudere le valvole di isolamento del recipiente di prova;
- 4) accendere il sistema di registrazione della sovrappressione dell'esplosione;
- 5) attivare la sorgente di accensione e registrare la curva pressione-tempo;
- 6) riportare il recipiente a pressione atmosferica;
- 7) ripetere i punti da 1) a 6) secondo necessità, cambiando volta per volta la composizione della miscela (con cinque prove in totale alle concentrazioni limite).

Per prove su miscele con contenuti elevati di sostanza di prova, la combustione può produrre una quantità significativa di fuliggine. In tali casi, l'interno del recipiente deve essere ispezionato e pulito per rimuovere l'accumulo di fuliggine prima delle prove successive.

4.3

Registrazione dei risultati

Secondo la presente norma europea, devono essere forniti tutti i dettagli specificati nel punto 4.4. Il risultato deve essere espresso come frazione molare.

La valutazione della prova si basa sulla miscela di prova con la quale cinque prove hanno dimostrato la mancata riuscita di un'esplosione. Per l'incertezza di misurazione, deve essere dichiarato il valore massimo di $\pm 10\%$ relativo o $\pm 0,2\%$ assoluto ammissibile secondo la presente norma europea (vedere i punti 4.1.3.3 e 4.2.3.4). Un'incertezza di misurazione minore deve essere dichiarata se può derivare da accuratezza nella produzione della miscela di prova. L'incertezza assoluta di misurazione è calcolata dall'incertezza relativa di misurazione e dal valore confermato delle cinque prove.

Dato che le misurazioni sono eseguite per generare dati di sicurezza, i risultati sono registrati come segue:

LEL: valore confermato da cinque prove – scarto assoluto.

UEL: valore confermato da cinque prove + scarto assoluto.

Inoltre, deve essere dichiarato il valore dell'ultima accensione dato che ciò consente il calcolo del passo applicato.

Nota 1 Dato che i valori sono ottenuti a fini di sicurezza, al posto dei valori medi è utilizzato il valore più basso per il *LEL* e quello più alto per l' *UEL*.

Nota 2 Le condizioni specifiche e l'obiettivo del metodo descritto nella presente norma non consentono la valutazione dei risultati con metodi statistici convenzionali. Tali metodi non sono applicabili qui dal momento che non sono rispettate le condizioni riguardanti le distribuzioni di scarti casuali e gli scarti sistematici — causati dall'influenza delle condizioni di misurazione — non possono essere separati dagli scarti casuali. Di conseguenza, si richiede di annotare nel resoconto di prova i dettagli dell'apparecchiatura e del procedimento utilizzati (vedere punto 4.4).

L'incertezza di misurazione per il *LEL* e l' *UEL* è determinata essenzialmente dall'errata quantità di sostanza di prova nella miscela di prova (vedere prospetto 1) e dalla dimensione del valore incrementale nel contenuto della sostanza di prova.

La verifica dell'apparecchiatura e del procedimento deve essere eseguita secondo l'appendice F.

4.4

Resoconto di prova

Il resoconto di prova deve fornire le informazioni seguenti:

- a) riferimento alla presente norma europea;
- b) nome del laboratorio, operatore e data;
- c) condizioni di prova: temperatura di prova e pressione ambiente;
- d) identificazione del campione: composizione, purezza e origine;
- e) identificazione dell'ossidante:
 - 1) aria atmosferica o sintetica;
 - 2) composizione, purezza e quantità dell'inerte aggiunto.
- f) di prova:
 - 1) nel caso del metodo T:
 - i) preparazione della miscela di prova.
 - 2) nel caso del metodo B:
 - i) forma e volume del recipiente;
 - ii) sistema di accensione;
 - iii) preparazione della miscela di prova.
- g) cosa si è determinato (*UEL*, *LEL*):
 - 1) i valori di *LEL* e/o *UEL* secondo il rispettivo criterio di esplosione;
 - 2) l'incertezza di misurazione del contenuto di sostanza di prova nella miscela di prova;
 - 3) il contenuto di sostanza di prova nella miscela di prova più vicina al *LEL* e/o all' *UEL* nella quale si è osservata l'accensione.

Una miscela di prova è considerata non esplosiva se, per cinque prove eseguite nelle stesse condizioni, il criterio di esplosione non è raggiunto.

Un esempio di un modulo appropriato che può essere utilizzato per un resoconto di prova è fornito nell'appendice E.

APPENDICE
(normativa)**A****METODO PER LA DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI ESPLOSIONE DELLE SOSTANZE DIFFICILI DA ACCENDERE****A.1****Informazioni generali**

La presente appendice specifica le modifiche al metodo del tubo che risultano necessarie quando si determinano i limiti di esplosione in aria o in miscele aria/inerti a pressione atmosferica e a temperature che variano dalla temperatura ambiente a 200°C per sostanze difficili da accendere.

Queste sostanze difficili da accendere hanno grandi distanze di spegnimento. Esse comprendono, per esempio, ammoniaca, ammine e composti parzialmente alogenati, nonché miscele contenenti elevate proporzioni di tali sostanze.

Si è riscontrato che il metodo della bomba è inadatto per queste sostanze.

A.2**Spiegazione****A.2.1****Criterio di esplosione - distacco della fiamma**

Dal momento che le sostanze difficili da accendere spesso non mostrano alcuno netto distacco della fiamma si raccomanda di usare una videocamera per registrare e rivedere le prove per il metodo "T". Può essere necessaria un'analisi fotogramma per fotogramma per prendere una decisione definitiva.

Il criterio di un'esplosione (combustione auto-propagante) è il movimento verso l'alto della fiamma dal luogo della scintilla per almeno 100 mm. (per gli esempi, vedere appendice B).

In alternativa, se si forma un alone questo deve raggiungere una distanza compresa entro 20 mm dalla sommità di un tubo da 500 mm; anche questo deve contare come un'accensione.

A.2.2**Grado di alogenazione**

Il grado di alogenazione è il numero di atomi alogeni nella struttura molecolare diviso per il numero di atomi di H nella struttura molecolare.

A.3**Apparecchiatura****A.3.1****Recipiente di prova**

Il recipiente di prova è un recipiente cilindrico verticale di vetro o altro materiale trasparente (per esempio policarbonato) con diametro interno di (80 ± 2) mm e lunghezza di 500 mm. Nella parte inferiore del tubo deve essere collocato un tubo di entrata per la miscela di prova con una valvola a tre vie, mentre nella parte superiore devono essere collocati un tubo di uscita e lo sfiato di pressione.

La parte inferiore e la parte superiore del recipiente possono essere di altro materiale. Qualsiasi materiale utilizzato, tuttavia, deve essere privo di effetti catalitici, e si deve prestare particolare attenzione per assicurare che sia resistente alla corrosione da parte della sostanza di prova e dei prodotti di reazione che possono essere HF o HCl.

A.3.2**Reagenti e materiali**

Si deve prestare particolare attenzione al fatto che i materiali chimicamente inerti utilizzati per le guarnizioni e i montaggi siano resistenti ai prodotti di reazione.

L'umidità dell'aria può avere un'influenza sulla reazione della combustione. Pertanto, l'umidità dell'aria dovrebbe essere annotata e riferita.

A.3.3**Sorgente di accensione**

I requisiti della sorgente di accensione sono più stringenti di quelli per i materiali normalmente infiammabili.

Come sorgente di accensione è utilizzata una serie di scintille ad induzione tra due elettrodi.

Gli elettrodi devono terminare a (60 ± 1) mm al di sopra della parte inferiore del recipiente di prova.

L'acciaio inossidabile è un materiale idoneo per gli elettrodi. Gli elettrodi devono essere astine a punta con diametro massimo di 3 mm. L'angolo delle punte deve essere di $(60 \pm 3)^\circ$. La distanza tra le punte deve essere di $(5 \pm 0,1)$ mm. Se gli elettrodi sono montati attraverso il fondo del tubo, la distanza tra gli elementi di fissaggio deve essere di almeno 40 mm. Gli elettrodi devono essere montati nel recipiente in modo tale da renderli a tenuta di gas alle massime pressioni generate durante la prova. Il montaggio deve essere resistente al calore e alla miscela di prova, e fornire resistenza elettrica adeguata al corpo del recipiente di prova.

Per produrre la scintilla di accensione deve essere utilizzato un trasformatore ad alta tensione, con uno scarto quadratico medio da 15 kV e una corrente di corto circuito da 30 mA. L'avvolgimento primario del trasformatore ad alta tensione deve essere collegato alla rete elettrica mediante un temporizzatore regolato sul tempo di scarica richiesto.

Il tempo di scarica della scintilla deve essere regolato a 0,2 s.

La potenza delle scintille ad induzione dipende dalla miscela di gas e dalla sua pressione in aria a condizioni atmosferiche. Secondo misurazioni calorimetriche ed elettriche, una sorgente simile fornisce una scintilla con una potenza di circa 10 W.

Si deve prestare particolare attenzione al fatto che le punte degli elettrodi non siano corrose con un conseguente ampliamento della distanza tra le punte degli elettrodi.

A.3.4

Attrezzatura per la preparazione della miscela di prova.

Vedere punto 4.1.3.3.

I dispositivi di misurazione e l'attrezzatura per la preparazione della miscela di prova devono essere progettati in modo tale che l'incertezza di misurazione del contenuto della sostanza di prova nella miscela di prova non sia più alta di $\pm 0,2\%$ assoluto.

A.4

Attrezzatura di sicurezza

Si devono seguire le misure di sicurezza descritte nell'appendice D. Si deve prestare particolare attenzione alla conformità ai punti D.2 b) e D.2 f).

A.5

Preparazione della miscela di prova

Vedere punto 4.1.4. Oltre agli idrocarburi alogenati con un grado di alogenazione maggiore di 0,8, è necessario stabilire un'umidità dell'aria relativa del 50% (come determinato a temperatura ambiente).

A.6

Procedimento

Vedere punto 4.1.5. Oltre agli idrocarburi alogenati con un grado di alogenazione maggiore di 0,8, si devono determinare i limiti di esplosione con aria umida (Umidità relativa del 50%).

Non c'è alcuna regola empirica per stimare i limiti di esplosione.

Tuttavia, se il grado di alogenazione è maggiore di 1,5, è probabile che il composto non abbia campo di esplosione a pressione e temperatura ambiente. A temperature e/o pressioni elevate, può tuttavia esistere un campo di esplosione. In tali casi, si potrebbe utilizzare un'ampiezza dell'intervallo maggiore per verificare che non esista alcun campo di esplosione. Questo può non essere valido per gli eteri alogenati per esempio gli anestetici e gli idrocarburi alogenati con legami doppi o multipli. Sebbene il loro grado di alogenazione sia maggiore di 1,5, questi possono avere un campo di esplosione a condizione ambiente.

APPENDICE B ESEMPI PER DESCRIVERE IL DISTACCO DELLA FIAMMA (informativa)

figura B.1

Distacco della fiamma Dimensioni in millimetri

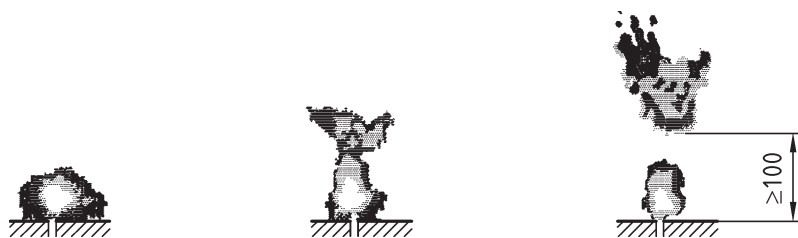
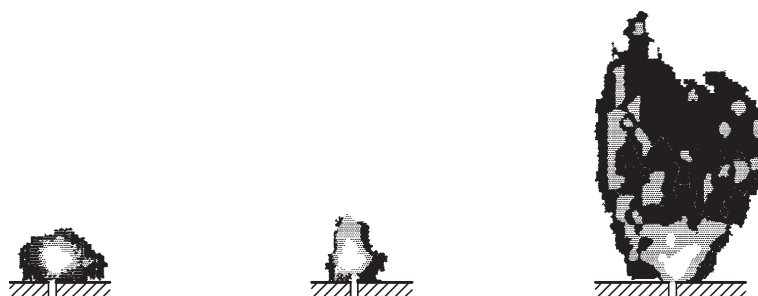


figura B.2

Alone (mancato distacco della fiamma)



APPENDICE C ESEMPIO DI EVAPORATORE RACCOMANDATO

(informativa)

figura

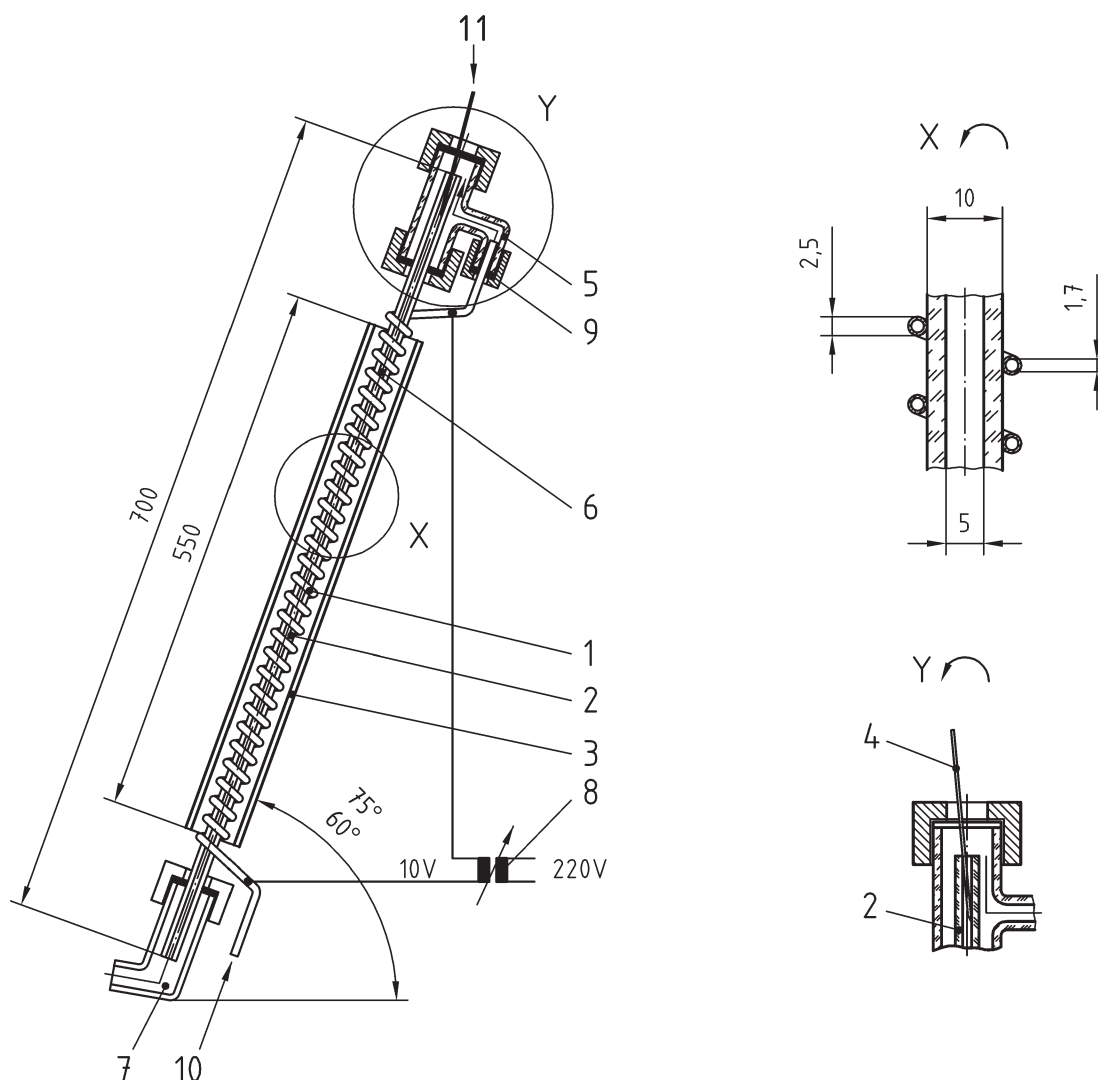
C.1

Evaporatore per la produzione di miscele di prova da sostanze liquide infiammabili

Legenda

- 1 Tubo evaporatore di vetro
- 2 Tubo elicoidale di acciaio (da inserire a tenuta quando riscaldato)
- 3 Schermo termico (tubo di vetro)
- 4 Ago del dispositivo di misura per la sostanza liquida infiammabile
- 5 Tappo a tenuta di vetro con setto
- 6 Termocoppia
- 7 Uscita della miscela di prova
- 8 Alimentazione in bassa tensione
- 9 Guarnizione
- 10 Aria
- 11 Liquido

Dimensioni in millimetri



Il tubo di vetro dell'evaporatore (1) dotato del tubo elicoidale di acciaio inserito a tenuta (2) è collocato in uno schermo termico in tubo di vetro (3) di lunghezza sufficiente. Il tubo dell'evaporatore è scaldato applicando una bassa tensione al tubo elicoidale. La temperatura nel tubo dell'evaporatore è controllata e misurata da una termocoppia collocata all'interno del tubo (6). L'aria è preriscaldata in quanto circola attraverso il tubo elicoidale caldo. Di conseguenza, l'aria preriscaldata entra dalla sommità del tubo dell'evaporatore, unitamente al liquido dall'ago del dispositivo di misura (4). L'ago è sistemato in modo tale che il liquido che scorre dalla punta dell'ago entri subito a contatto con la parete del tubo dell'evaporatore. Necessita di essere evitata la formazione di gocce di liquido mentre il campione scorre dalla punta dell'ago. Per rendere l'evaporazione più efficace, l'evaporatore è inclinato a un angolo da 60° a 75° rispetto all'orizzontale e la temperatura è mantenuta in modo tale che tutto il liquido evapori nella metà superiore del tubo.

APPENDICE D MISURE DI SICUREZZA (normativa)

D.1 Generalità

Le misure seguenti devono essere seguite, come appropriato per il metodo utilizzato:

D.2 Misure di sicurezza generali

- a) Verificare la tenuta al gas dell'apparecchiatura.
- b) Assicurare che le miscele di prova o i gas di combustione siano sfiatati senza rischio.
- c) Assicurare che il dispositivo di riscaldamento, se utilizzato, sia adeguatamente ventilato in modo tale che non si formi alcuna atmosfera esplosiva nelle vicinanze del riscaldatore (per esempio come conseguenza di eventuali perdite dall'apparecchiatura di prova).
- d) Quando si producono le miscele, controllare per assicurarsi che esse non reagiscano fra loro prima dell'accensione e che, se necessario, possano essere conservate senza alcuna modifica.
- e) Se le miscele esplosive sono preparate in un recipiente separato a pressioni più alte di 1 bar, si deve assicurare che, in caso di accensione accidentale, il recipiente e le linee possano resistere alla pressione massima di esplosione.
- f) Valutare le proprietà potenzialmente tossiche dei campioni, delle miscele di prova e dei prodotti di scarto e assicurare l'adozione di misure di protezione adeguate.
- g) Proteggere le connessioni in alta tensione del trasformatore, le linee di alimentazione e gli elettrodi nel recipiente di prova in modo tale da assicurare protezione dal pericolo di scosse elettriche.

D.3 Ulteriori misure di sicurezza riguardanti il metodo del tubo

- a) Idealmente, le prove di accensione iniziali dovrebbero essere effettuate con una miscela di prova il cui contenuto di sostanza di prova sia al di fuori del campo di esplosione previsto.
- b) Assicurare che sia fornita protezione adeguata nell'eventualità di uno scoppio del recipiente di prova, eseguire il lavoro dietro un dispositivo di protezione dagli scoppi (per esempio il pannello infrangibile della camera di riscaldamento).
- c) Nell'eventualità di uno scoppio del recipiente di prova, il flusso di sostanza di prova dovrebbe essere interrotto immediatamente.
- d) Assicurare che il dispositivo per lo sfiato della pressione del recipiente di prova sia adeguato e funzionante. Assicurare che sia fornito un contenimento adeguato qualora si verificasse uno sfiato di pressione.
- e) Assicurare che il sistema di scarico non generi alcuna depressione all'interno del recipiente di prova, per evitare che sia aspirata aria in eccesso.

APPENDICE
(informativa)**E ESEMPIO DI MODULO PER L'ESPRESSIONE DEI RISULTATI¹⁾)**
RAPPORTO DI PROVA

Nome del laboratorio di prova: _____

Determinazione di **LEL** [], **UEL** [] secondo la EN 1839

Metodo T [] B []

Campione: _____

Purezza: _____

Origine: _____

Ossidante: aria/miscela di: _____

Condizioni di prova

Temperatura nel recipiente di prova: _____ °C

Pressione ambiente: _____

Umidità dell'aria (nel caso di sostanze di cui all'appendice A) _____ mol%

Apparecchiatura di prova

Metodo T

Cilindro: l: _____ mm

Metodo B

Forma: cilindrica [] rapporto lunghezza/diametro: _____

sferica [] volume: _____

Sorgente di accensione: _____

Produzione della miscela di prova:

Miscelazione dei flussi (regolatori della portata massica oppure pompe dosatrici volumetriche per gas) []

Pressione parziale []

Miscelazione dei flussi di pompe dosatrici per liquidi e regolatori della portata massica []

Scarto della frazione molare della sostanza di prova nella miscela di prova _____ % relativo/assoluto

Risultati dei tentativi di accensione

	Frazione molare %
Ultima accensione	
5 prove senza accensione	
Scarto assoluto della produzione della miscela di prova nelle prove	
Risultato della determinazione	

Alla temperatura dichiarata, il campione non ha alcun campo di esplosione con questo ossidante []

Commenti: _____

Data _____

Operatore: _____

Firma _____

1) Solo l'utilizzatore della presente norma europea può copiare questo modulo per l'espressione dei risultati delle determinazioni.

APPENDICE F VERIFICA (normativa)

Il presente procedimento di verifica deve essere utilizzato per un'apparecchiatura nuova così come per la verifica dell'efficienza dell'apparecchiatura esistente. Le apparecchiature esistenti devono essere verificate ogni 12 mesi, oppure quando qualsiasi parte dell'apparecchiatura sia stata modificata o rinnovata. La verifica deve essere eseguita secondo i procedimenti indicati nei punti 4.1.5 e 4.2.5 rispettivamente con almeno una delle sostanze elencate nei prospetti F.1 ed F.2. Se l'apparecchiatura è utilizzata principalmente per determinare i limiti di esplosione dei gas, si raccomanda di utilizzare per la verifica etilene o metano. Nel caso in cui l'apparecchiatura sia utilizzata principalmente per determinare i limiti di esplosione dei liquidi infiammabili, si raccomanda di utilizzare n-esano oppure 1,3,5-trimetilbenzene. La verifica è confermata se il valore di *LEL* e il valore di *UEL* ottenuti da tali esperimenti rientrano nei campi indicati rispettivamente nel prospetto F.1 e nel prospetto F.2. I dati indicati nei prospetti F.1 ed F.2 non sono rettificati secondo quanto riportato nel punto 4.3.

La purezza dell'etilene o del metano utilizzati rispettivamente come sostanza di riferimento deve essere almeno del 99,8%. La purezza dell'n-esano deve essere del 99,0% o migliore e quella del 1,3,5-trimetilbenzene del 98,0% o migliore.

Se l'apparecchiatura deve essere utilizzata a temperature elevate, si deve verificare che la differenza di temperatura all'interno del recipiente di prova non sia maggiore di 10 K.

prospetto F.1

Dati per la verifica dell'apparecchiatura con riferimento al limite inferiore di esplosione

Sostanza	T °C	<i>LEL</i> Metodo T frazione molare %	<i>LEL</i> Metodo B frazione molare %
Etilene	RT ¹⁾	2,5 ± 0,10	2,5 ± 0,10
Metano	RT ¹⁾	4,4 ± 0,20	4,6 ± 0,20
n-esano	RT ¹⁾	1,0 ± 0,10	1,0 ± 0,10
1,3,5-trimetilbenzene	70	0,8 ± 0,08	0,8 ± 0,08
¹⁾ RT = temperatura ambiente			
Nota I dati sono stati ottenuti a 1 bar e con aria come ossidante.			

prospetto F.2

Dati per la verifica dell'apparecchiatura con riferimento al limite superiore di esplosione

Sostanza	T °C	<i>UEL</i> Metodo T frazione molare %	<i>UEL</i> Metodo B frazione molare %
Etilene	RT ¹⁾	32,3 ± 0,40	30,8 ± 0,70
Metano	RT ¹⁾	16,6 ± 0,20	16,8 ± 0,20
n-esano	40	8,3 ± 0,10	7,7 ± 0,25
1,3,5-trimetilbenzene	130	7,1 ± 0,20	6,6 ± 0,10
¹⁾ RT = temperatura ambiente			
Nota I dati sono stati ottenuti a 1 bar e con aria come ossidante.			

Nota 1 I valori indicati nei prospetti F.1 ed F.2 mostrano la dispersione delle determinazioni da parte di laboratori diversi, che hanno preso parte allo sviluppo del metodo. Per i motivi indicati nel punto 4.3 i risultati di tali determinazioni non possono, tuttavia, essere valutati secondo le regole per le prove interlaboratorio.

Nota 2 I valori indicati nei prospetti F.1 ed F.2 possono essere convertiti in altre unità utilizzando le formule indicate nell'appendice G.

Nota 3 Serie di particolari dati aggiuntivi, ottenuti con un'apparecchiatura la cui verifica sia stata confermata, possono essere utili per verificare le prestazioni dell'apparecchiatura in campi di esplosione speciali o particolari tipi di sostanza infiammabile.

APPENDICE G CONVERSIONE DEI VALORI PER I LIMITI DI ESPLOSIONE (informativa)

G.1

Abbreviazioni e simboli

D	Rapporto di densità
F	Rapporto di massa molare (rapporto delle masse molari)
M	Massa molare
m	Massa
\dot{m}	Portata massica
n	Numero molare (quantità di sostanza)
Q	Rapporto coefficiente di comprimibilità
V	Volume
V_{mol}	Volume molare
\dot{V}	Portata in volume
β	Concentrazione di massa
w	Frazione in massa
x	Frazione molare
Z	Coefficiente di comprimibilità
φ	Frazione di volume
ρ	Densità reale
(A)	Aria
at	In condizioni atmosferiche, ossia circa 1 bar e 20 °C
liq	Stato liquido
(G)	Gas, ossia campione o aria
N	Condizioni normali, ossia a 1,013 bar e 0 °C
id	Per (miscele di prova come) gas ideale
mol	Per caratterizzare il volume molare
(S)	Campione
(TM)	Miscela di prova

G.2

Caratteristiche dell'aria

ρ_{at}	$1,2 \times 10^3 \text{ g/m}^3$
$M(A)$	29,0 g/mole

G.3

Definizioni

$$\text{Frazione di volume in \% : } \varphi(S) = \frac{\dot{V}(S)}{\dot{V}(S) + \dot{V}(A)} \times 100 \quad (\text{G.1})$$

Quando i contenuti sono indicati come frazione di volume, le portate volumiche devono essere correlate alla stessa pressione e alla stessa temperatura e tutti i componenti devono essere gassosi in tali condizioni.

$$\text{Frazione molare in \% : } x(S) = \frac{n(S)}{n(S) + n(A)} \times 100 \quad (\text{G.2})$$

La frazione molare è indipendente da pressione e temperatura.

$$\text{Frazione massica in \% : } w(S) = \frac{\dot{m}(S)}{\dot{m}(S) + \dot{m}(A)} \times 100 \quad (\text{G.3})$$

La frazione massica è indipendente da pressione e temperatura.

Concentrazione massica a condizioni atmosferiche in g/m³:

$$\text{effettiva: } \beta_{\text{at}}(S) = \frac{m(S)}{V_{\text{at}}(\text{TM})} \quad (\text{G.4})$$

oppure

$$\text{ideale: } \beta_{\text{at}}^{\text{id}}(S) = \frac{m(S)}{V_{\text{at}}^{\text{id}}(\text{TM})} \quad (\text{G.5})$$

G.4

Preparazione della miscela

Secondo quanto riportato nei punti 4.1.4 e 4.2.4, è possibile produrre la miscela di prova in modi diversi:

- dosaggio di aria e campioni gassosi utilizzando pompe dosatrici volumetriche per gas:
la frazione di volume del campione può essere regolata direttamente sulla pompa dosatrice per gas. In tal caso, la frazione di volume della sostanza di prova è uguale alla frazione di volume del campione. Le portate volumiche dosate con pompe dosatrici per gas sono portate alle condizioni atmosferiche per formare la miscela di prova;
- dosaggio di aria e campioni gassosi utilizzando regolatori della portata massica:
se i regolatori della portata massica sono tarati nella portata volumica in condizioni normali $\dot{V}_{\text{liq}}(\text{G})$, la portata massica si ottiene moltiplicando tale portata volumica per la densità del gas in condizioni normali $\rho_{\text{N}}(\text{G})$ come segue:

$$\dot{m}(\text{G}) = \rho_{\text{N}}(\text{G}) \times \dot{V}_{\text{N}}(\text{G}) \quad (\text{G.6})$$

La portata massica della sostanza di prova è uguale alla portata massica del campione. Le portate massiche dosate con regolatori della portata massica sono uniformate in condizioni atmosferiche per formare la miscela di prova;

- dosaggio di aria con un regolatore della portata massica e di campioni liquidi con una pompa dosatrice volumetrica.

Per la portata massica dell'aria è valida la formula indicata in b).

La portata massica del campione liquido è ottenuta dalla portata volumica del liquido $\dot{V}_{\text{liq}}(\text{S})$, che può essere regolata sulla pompa dosatrice, e dalla densità del liquido $\rho_{\text{liq}}(\text{S})$:

$$\dot{m}(\text{S}) = \rho_{\text{liq}}(\text{S}) \times \dot{V}_{\text{liq}}(\text{S}) \quad (\text{G.7})$$

La portata massica della sostanza di prova è uguale alla portata massica del campione. Generalmente, con tale metodo, la miscela di prova è prodotta a temperatura maggiore (cioè temperatura nel tubo dell'evaporatore). Solo lavorando è possibile produrre la concentrazione massica richiesta della sostanza di prova nella miscela di prova. Una volta miscelati, entrambi i flussi dovrebbero avere tale temperatura. La pressione parziale della sostanza di prova nella miscela di prova può approssimarsi alla pressione di vapore del campione a questa temperatura. Dato che l'aria e la sostanza di prova non sono alla stessa pressione al momento della miscelazione, le condizioni per la conversione in frazioni di volume non sono soddisfatte;

- Mediante pressioni parziali:
in questo caso, moli di gas, aria e gas inerte sono miscelate insieme.

G.5

Conversione

Dato che, in genere, il volume reale della miscela di prova è ignoto, si assume, per le conversioni, che la miscela di prova sia un gas ideale.

La concentrazione massica calcolata in tal modo è una quantità che può essere utilizzata solo a fini comparativi. In molti casi, è impossibile produrre una miscela con tale concentrazione massica di campione in condizioni atmosferiche. Di conseguenza, è necessario verificare se la conversione è possibile e ragionevole, tenendo in considerazione le condizioni di pressione e temperatura alle quali sono state eseguite le misurazioni.

Per la conversione sono richieste le seguenti caratteristiche della sostanza:

- il rapporto di densità D delle densità del campione gassoso $\rho(S)$ e dell'aria $\rho(A)$:

$$D = \frac{\rho(S)}{\rho(A)} \quad (G.8)$$

- il rapporto di massa molare F delle masse molari del campione $M(S)$ e dell'aria $M(A)$:

$$F = \frac{M(S)}{M(A)} \quad (G.9)$$

- il rapporto del coefficiente di comprimibilità Q dei coefficienti di comprimibilità del campione $Z(S)$ e dell'aria $Z(A)$:

$$Q = \frac{Z(S)}{Z(A)} \quad (G.10)$$

Per di più, $\frac{D \times Q}{F} = 1$ (G.11)

Se le densità non sono note, ma sono noti i volumi molari reali per il campione gassoso $V_{\text{mol}}(S)$ e per l'aria $V_{\text{mol}}(A)$, è valido quanto segue:

$$D = F \times \frac{V_{\text{mol}}(A)}{V_{\text{mol}}(S)} \quad (G.12)$$

Per la conversione, le caratteristiche della sostanza devono essere selezionate per le condizioni di pressione e temperatura alle quali i flussi dei componenti sono stati portati durante la determinazione. Se il campione è una miscela o se è utilizzata come comburente una miscela di aria/gas inerte al posto dell'aria, le caratteristiche della sostanza devono essere calcolate secondo le ben note formule di chimica fisica o determinate mediante misurazioni sulle miscele. Se le caratteristiche della sostanza non sono note o non possono essere calcolate, una conversione dei valori non è possibile.

prospetto G.1

Formule per la conversione

Da calcolare:	Miscela di prova preparata come		
	Frazione di volume della sostanza infiammabile nella miscela di prova $\varphi(S)$ %	Frazione di massa della sostanza infiammabile nella miscela di prova $w(S)$ %	Frazione molare della sostanza infiammabile nella miscela di prova $x(S)$ %
Frazione di volume della sostanza infiammabile nella miscela di prova $\varphi(S)$ in %	–	$\varphi(S) = \frac{w(S)/D \times 100}{w(S)/D + [100 - w(S)]}$	$\varphi(S) = \frac{Q \times x(S) \times 100}{Q \times x(S) + [100 - x(S)]}$
Frazione di massa della sostanza infiammabile nella miscela di prova $w(S)$ in %	$w(S) = \frac{\varphi(S)/D \times 100}{\varphi(S)/D + [100 - \varphi(S)]}$	–	$w(S) = \frac{x(S) \times F \times 100}{x(S) \times F + [100 - x(S)]}$
Frazione molare della sostanza infiammabile nella miscela di prova $x(S)$ in %	$x(S) = \frac{\varphi(S) \times 100}{\varphi(S) + [100 - \varphi(S)] \times Q}$	$x(S) = \frac{w(S)/Q \times 100}{w(S)/Q + [100 - w(S)]}$	–
Concentrazione in massa ideale della sostanza infiammabile nella miscela di prova in condizioni atmosferiche $\beta_{at}^{id}(S)$ in g/m ³	$\beta_{at}^{id}(S) \approx \rho_{at}(A) \times D \times \frac{\varphi(S)}{100}$	$\beta_{at}^{id}(S) \approx \frac{\rho_{at}(A) \times F \times w(S)}{w(S) + [100 - w(S)]F}$	$\beta_{at}^{id}(S) \approx \rho_{at}(A) \times \frac{D \times Q \times x(S)}{Q \times x(S) + [100 - x(S)]}$

APPENDICE H MODIFICHE SIGNIFICATIVE TRA LA PRESENTE NORMA EUROPEA E LA EN 1839:2003 (informativa)

Le modifiche significative in relazione alla EN 1839:2003 sono elencate nel prospetto H.1.

prospetto H.1

Le modifiche significative in relazione alla 1839:2003

Modifiche significative	Appendice/Punto	Tipo		
		Modifiche minori ed editoriali	Estensione	Modifiche tecniche di rilievo
Aggiunta dell'appendice A normativa "Metodo per la determinazione dei limiti di esplosione delle sostanze difficili da accendere"	Appendice A		X	

Nota Le modifiche tecniche menzionate rappresentano le modifiche tecniche significative della EN riveduta, ma non esauriscono tutte le modifiche apportate rispetto alla versione precedente.

Spiegazioni:

Modifiche minori ed editoriali: chiarimento
riduzione dei requisiti tecnici
modifica tecnica minore
correzioni editoriali

Le modifiche a una norma classificate come "modifiche minori ed editoriali" fanno riferimento a modifiche rispetto alla norma precedente, che alterano i requisiti in modo editoriale o tecnico ma di entità minore. Inoltre, le modifiche del testo per chiarire i requisiti tecnici senza alcuna modifica tecnica sono classificate come "modifiche minori ed editoriali".

Una riduzione di livello di un requisito esistente è anch'essa classificata come 'modifica minore ed editoriale'.

Estensione: aggiunta di opzioni tecniche

Le modifiche a una norma classificate come "estensione" fanno riferimento a modifiche rispetto alla norma precedente, che aggiungono requisiti tecnici nuovi o modificano quelli esistenti, in modo da fornire nuove opzioni, ma senza aumentare i requisiti per attrezzature che erano già pienamente conformi alla norma precedente. Queste "estensioni" quindi non devono essere prese in considerazione per i prodotti in conformità all'edizione precedente.

Modifiche tecniche di rilievo: aggiunta di requisiti tecnici
aumento dei requisiti tecnici

Le modifiche a una norma classificate come "modifica tecnica di rilievo" fanno riferimento a modifiche rispetto alla norma precedente, che aggiungono o aumentano il livello dei requisiti tecnici esistenti, in modo tale che un prodotto in conformità alla norma precedente non è sempre in grado di soddisfare i requisiti indicati nella norma. Le "modifiche tecniche di rilievo" devono essere considerate per prodotti in conformità all'edizione precedente.

APPENDICE ZA
 (informativa)

RAPPORTO TRA LA PRESENTE NORMA EUROPEA E I REQUISITI ESSENZIALI DELLA DIRETTIVA UE 94/9/CE

La presente norma europea è stata elaborata nell'ambito di un mandato conferito al CEN dalla Commissione Europea e dall'Associazione Europea di Libero Scambio, per fornire un mezzo per soddisfare i requisiti essenziali della Direttiva del Nuovo Approccio 94/9/CE

Una volta che la presente norma è stata citata nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea come rientrante in quella Direttiva e che è stata adottata come norma nazionale in almeno uno Stato membro, la conformità ai punti della presente norma elencati nel prospetto ZA.1 conferisce, entro i limiti dello scopo e campo di applicazione della presente norma, una presunzione di conformità con i corrispondenti requisiti essenziali di quella Direttiva e regolamenti EFTA associati.

prospetto ZA.1

Corrispondenza tra la presente norma europea e la Direttiva 94/9/CE

Punto(i)/sottopunto(i) della presente norma europea	Requisiti essenziali (RE) della Direttiva 94/9/CE	Commenti/Note
4, appendici A, F e G	Allegato II, punti 1.01; 1.0.6a; 1.0.6c; 1.2.1 e 1.5.7	

AVVERTENZA - Altri requisiti e altre Direttive UE possono essere applicabili al(ai) prodotto(i) che rientra(rientrano) nello scopo e campo di applicazione della presente norma.

BIBLIOGRAFIA

- [1] EN 13237:2012 Potentially explosive atmospheres - Terms and definitions for equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres

