



GUIDA PER LA RILEVAZIONE DI GAS INDUSTRIALI

- Z sieger**
- Z mda scientific**
- Z neotronics**
- Z lumidor**



Una pubblicazione tecnica della

Z zellweger analytics



La divisione Analytics della Zellweger Luwa AG è uno dei membri principali di un gruppo internazionale di società con sede vicino a Zurigo in Svizzera.

Sostenuta da una rete mondiale di vendita e di servizi, la divisione è composta da quattro gruppi principali, conosciuti a livello internazionale sotto il nome di Sieger, MDA Scientific, Neutronics e Lumidor. Le società del gruppo sono tutte coinvolte nella produzione di apparecchiature di alta qualità per il monitoraggio ambientale e della sicurezza. Ogni gruppo è un leader mondiale nel proprio campo di attività, ma nel loro insieme rappresentano più di un secolo di esperienza nel rilevamento e nel monitoraggio di gas tossici ed infiammabili sia per installazioni fisse che portatili a livello industriale.

Il gruppo concentra i suoi sforzi per produrre il meglio della tecnologia disponibile al fine di migliorare l'efficienza industriale e di ottenere un ambiente di lavoro più sano e sicuro. Nessun altro gruppo di società a livello internazionale offre una gamma così grande di prodotti, competenza e servizio di assistenza alla clientela nel campo dell'igiene industriale e della sicurezza.



Z INDICE

1.	Introduzione	Pag: 3
2.	Gas Infiammabili	Pag: 3
2.1	Limiti di esplosività gas infiammabili	Pag: 5
2.2	Flash Point & densità relativa	Pag: 6
2.3	Zone di pericolo	Pag: 6
2.4	Standard costruttivi di sicurezza	Pag: 7
2.5	Classificazione degli apparecchi	Pag: 9
2.6	Protezione delle custodie	Pag: 10
2.7	Certificazione dei prodotti	Pag: 11
3.	Sensori per gas infiammabili	Pag: 13
3.1	Sensore catalitico	Pag: 13
3.2	Uscita del sensore	Pag: 14
3.3	Velocità di risposta	Pag: 14
3.4	Taratura	Pag: 14
3.5	Sensore a semiconduttore	Pag: 16
3.6	Sensori all'infrarosso	Pag: 16
3.7	Sensori all'infrarosso a percorso aperto	Pag: 18
4.	Gas tossici	Pag: 19
4.1	Limiti di esposizione	Pag: 20
5.	Sensori per gas tossici	Pag: 21
5.1	Sensore elettrochimico	Pag: 21
5.2	Sensore a Chemcassetta	Pag: 22
6.	Rilevatori di gas portatili	Pag: 23
7.	Sistemi di rilevazione gas fissi	Pag: 24
7.1	Posizionamento dei sensori	Pag: 27
8.	Abbreviazioni	Pag: 29
9.	Normative di Riferimento	Pag: 30
	Appendice 1 – Elenco sostanze infiammabili e limiti di esplosività	Pag: 32
	Appendice 2 – Elenco sostanze tossiche e limiti di esposizione	Pag: 34
	I prodotti Zellweger Analytics	Pag: 37

1. **INTRODUZIONE**

I Processi di produzione industriale implicano progressivamente un maggiore impiego e produzione di sostanze altamente pericolose, in particolare gas tossici ed infiammabili. Sfortunatamente si è riconosciuto che tutto questo si disperde frequentemente nell'ambiente ed espone a potenziale pericolo l'impianto industriale, il suo personale e la popolazione che vive nelle immediate vicinanze. Incidenti in tutto il mondo, implicanti casi di asfissia, esplosioni e decessi rammentano che il problema esiste.



Nella maggior parte delle industrie uno dei punti fondamentali di un piano di sicurezza per ridurre i rischi per il personale e per gli impianti è l'adozione di sistemi di allarme, come i sensori di gas. Questi permettono di intraprendere tempestivamente rimedi e azioni preventive da adottarsi come parti di un sistema globale ed integrato di controllo e sicurezza di un complesso industriale.

Questo manuale ha lo scopo di fornire una guida semplificata a tutti coloro che prendono in considerazione l'utilizzo di un tale strumento. Si danno spiegazioni sia sui principi che sulla strumentazione necessaria per una protezione soddisfacente del personale e dell'ambiente. Lo scopo è quello di rispondere a tutte le domande formulate più comunemente sulla scelta è l'impiego di strumentazione industriale per la rilevazione dei gas tossici ed esplosivi.

2. **GAS INFIAMMABILI**

(N.B.: "infiammabile", "esplosivo" "combustibile" sono termini intercambiabili per lo scopo di questo manuale).

La combustione è una semplice reazione chimica, in cui l'ossigeno si combina rapidamente con un'altra sostanza con sviluppo di energia. Questa energia è principalmente sotto forma di calore, a volte come fiamme. La sostanza che brucia è normalmente, ma non sempre, organica o un composto idrocarburo che può essere allo stato solido, liquido o gassoso. In questa pubblicazione vengono trattati solo gas o vapori. Il



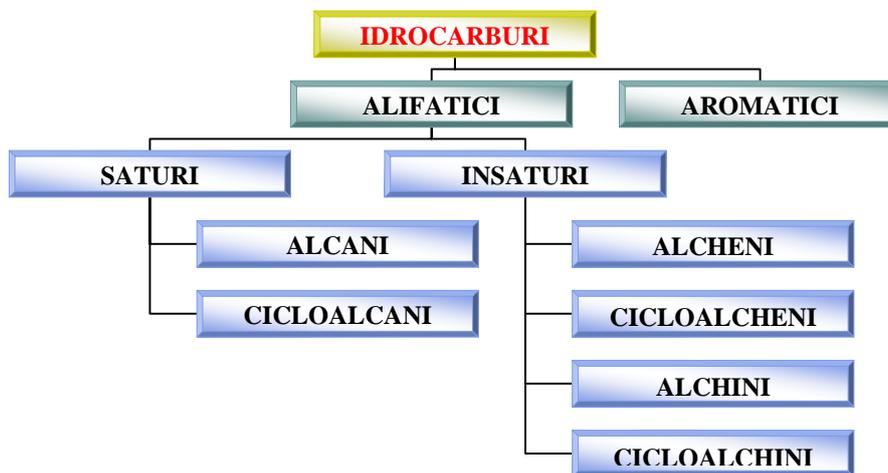
processo della combustione si può rappresentare con il ben noto triangolo del fuoco. Come si vede sono sempre necessari tre fattori: una fonte di accensione, ossigeno e combustibile, sia in forma gassosa che vapore. In ogni sistema di prevenzione incendio, lo scopo è quello di rimuovere almeno una delle tre potenziali cause di pericolo.

I più semplici composti di tipo organico sono gli idrocarburi (composti da Carbonio e Idrogeno). In base alla struttura si distinguono in Idrocarburi alifatici ed Idrocarburi aromatici.

I primi possono essere suddivisi in “saturi” ed “insaturi” a seconda che le catene contengano solo legami semplici oppure doppi o tripli.

Gli idrocarburi aromatici sono caratterizzati dalla presenza di un anello aromatico, cioè di un anello formato da 6 atomi di carbonio uniti da legami semplici e doppi alternati.

La classificazione generale degli idrocarburi è rappresentata nel seguente schema:



Gli *alcani* sono idrocarburi la cui struttura è formata da catene di atomi di carbonio legati tra di loro da legami covalenti in modo da formare catene aperte, rettilinee o ramificate. L'idrocarburo alcanico più semplice è il Metano. Tutti gli idrocarburi alcanici hanno un nome la cui desinenza è “-ano”.

Gli *alcheni* sono degli idrocarburi insaturi nella cui molecola è presente un doppio legame C=C che conferisce alla molecola una buona reattività. (es. Etilene, Propilene, ecc). Gli alcheni hanno un nome la cui desinenza è “-ene”.

Gli *alchini* sono sempre idrocarburi insaturi nella cui molecola è presente un triplo legame che conferisce una grande reattività. (es. Acetilene).

Gli alchini hanno un nome la cui desinenza è “-ino”.

Una curiosità riguarda appunto l'Acetilene che conserva il nome della vecchia nomenclatura; la vera nomenclatura dell'Acetilene è “etino”

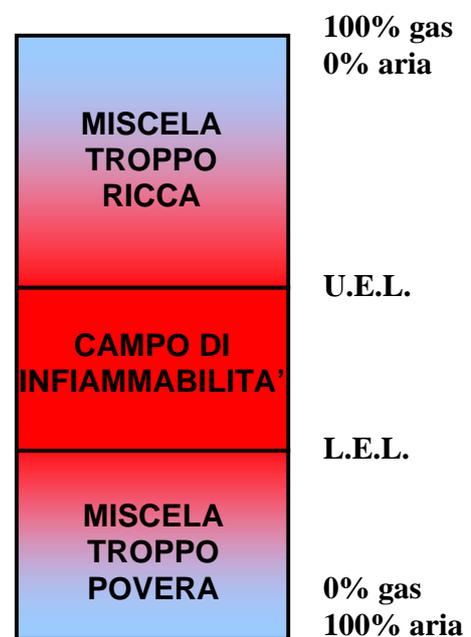
Le sostanze organiche non classificabili come idrocarburi si possono considerare derivate da essi per sostituzione di uno o più atomi di Idrogeno con particolari atomi o gruppi atomici detti in generale gruppi funzionali. Le principali classi di composti organici sono: Alogeno derivati, Alcoli, Fenoli, Eteri, Aldeidi, Chetoni, Acidi Carbossilici, Anidridi, Esteri, Ammine, Ammidi e Nitrili.

2.1 LIMITI D'ESPLOSIVITA'

Vi è soltanto un intervallo limitato di concentrazione gas/aria o combustibile/ossigeno che produce una miscela infiammabile. Questo intervallo è specifico per ogni gas o vapore ed è compreso tra un livello superiore, noto come Limite Superiore di Esplosività (LSE oppure UEL - Upper Explosion Limit) ed un livello inferiore, chiamato Limite Inferiore di Esplosività (LIE oppure LEL – Lower Explosion Limit). A livelli sotto il LEL il gas è insufficiente per provocare una esplosione (cioè la miscela è troppo “povera”), mentre al di sopra del UEL, la miscela di gas ha ossigeno insufficiente (cioè è troppo “ricca”). Il campo di infiammabilità ricade quindi tra il LEL e UEL per ciascun singolo gas o miscela di gas. Oltre tali limiti la miscela non può bruciare.

Nella “Appendice 1” sono riportati i valori limite per alcuni dei gas più conosciuti e vapori combustibili. I valori sono riferiti a gas e/o vapori in normali condizioni di pressione e temperatura. Un aumento di pressione, temperatura o contenuto di Ossigeno allarga generalmente l'intervallo di infiammabilità.

Generalmente in un impianto industriale, non ci sono fughe di gas nell'area circostante o al peggio se ne trova solo un basso livello di fondo. Perciò il sistema di monitoraggio e di preavviso è richiesto per rilevare livelli compresi tra lo 0% di gas ed il LEL. Ogni volta che viene raggiunta tale concentrazione sono attivate delle procedure di allertamento ed interruzione della produzione ed occorre operare una bonifica del luogo. Ciò avviene tipicamente a concentrazioni equivalenti al 50% del LEL, così da lasciare un adeguato margine di sicurezza.



Comunque si deve sempre ricordare che in ambienti chiusi o poco areati, può talvolta aversi un concentrazione superiore al UEL.

Al momento dell'ispezione in questi luoghi, perciò si deve sempre prestare particolare attenzione nell'apertura di portelli o porte, poiché l'ingresso di aria dall'esterno può diluire i gas fino ad ottenere una miscela pericolosa infiammabile.

Z 2.2 “FLASH POINT” & DENSITA' RELATIVA

Altri due parametri importanti che caratterizzano le sostanze chimiche e che vanno considerati nella scelta di un sistema di rilevazione gas e della sua corretta installazione sono il punto di infiammabilità e la densità relativa.

Punto di infiammabilità o “Flash Point” viene definita come la temperatura minima di un liquido alla quale, in determinate condizioni normalizzate, un liquido emana vapori in quantità sufficiente a originare una miscela di vapore/aria infiammabile.

La densità relativa è la misura della densità del gas o vapore relativa all'aria. Dato per assunto che l'aria ha densità relativa pari a 1, i gas o vapori con densità relativa inferiore a 1 sono più leggeri dell'aria e quindi tendono a salire e si possono facilmente disperdere; nel caso di valori superiori a 1 i gas o vapori sono più pesanti e quindi tendono verso il basso.

Z 2.3 ZONE DI PERICOLO

Non tutte le aree o luoghi di un impianto industriale sono da considerarsi uguali per quanto riguarda i rischi. Ad esempio una miniera di carbone deve sempre ritenersi un'area di massimo pericolo, perché una certa quantità di gas metano può sempre essere presente. D'altra parte una fabbrica in cui si tiene occasionalmente del metano in serbatoi di stoccaggio, potrebbe essere considerata solo potenzialmente pericolosa nella zona in prossimità dei serbatoi o della rete di condutture che li collegano. In questo caso bisogna prendere delle precauzioni solo in quelle zone in cui si potrebbe ragionevolmente attendere che ci siano delle fughe di gas.

Al fine di avere dei controlli regolamentati nelle industrie, determinate aree sono state classificate in base alla loro riconosciuta probabilità di pericolo. A tal scopo la norma europea EN 60079-10 definisce due importanti parametri che devono essere valutati in fase di definizione delle aree con pericolo di esplosione: le “Sorgenti di emissione” e le “Zone”,

La “Sorgente di emissione” è un punto o una parte di un impianto da cui può essere emessa nell'atmosfera una sostanza infiammabile con modalità tale da originare un'atmosfera esplosiva; la norma considera tre gradi di emissione, in relazione alla probabilità che essa avvenga, così definite:

- Emissioni di grado continuo :emissione continua o che può avvenire per lunghi periodi.
- Emissioni di primo grado :emissione che può avvenire periodicamente od occasionalmente durante il funzionamento normale.
- Emissioni di secondo grado :emissione che non è prevista durante il funzionamento normale e che se avviene è possibile solo per brevi periodi.

Come conseguenza della definizione delle Sorgenti di emissione, è la valutazione delle Zone che nella norma vengono così classificate:

- **ZONA 0** – In cui una miscela gas/aria infiammabile è continuamente, o almeno per un lungo periodo, presente.
- **ZONA 1** – In cui è probabile che una miscela gas/aria infiammabile sia presente durante la normale attività della fabbrica.
- **ZONA 2** – In cui è improbabile che si formi una miscela gas/aria infiammabile durante la normale attività.

In un impianto ci possono essere varie zone, per cui differenti sono le azioni di prevenzione da intraprendere in funzione del possibile pericolo che può sorgere.

In Nord America la classificazione è leggermente differente e vi sono solamente due classi, note come “divisioni”. Divisione 1 è equivalente alla Zona 0 e 1, mentre la Divisione 2 è equivalente alla Zona 2.

Tabella 1

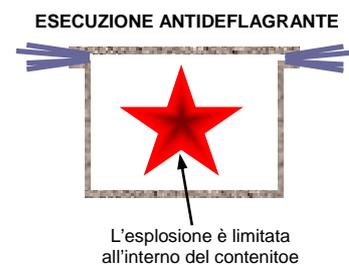
	Pericolo Continuo	Pericolo Occasionale	Pericolo Improbabile
Europa	Zona 0	Zona 1	Zona 2
Nord America (NEC 505)	Zona 0	Zona 1	Zona 2
Nord America (NEC 500)	Divisione 1		Divisione 2

Z 2.4 STANDARD COSTRUTTIVI DI SICUREZZA

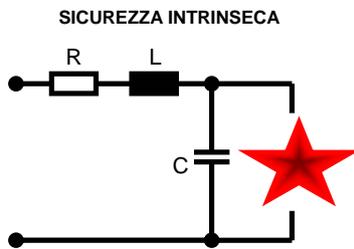
Per avere un funzionamento sicuro di apparecchi elettrici in un’atmosfera potenzialmente esplosiva, sono stati adottati diversi standard costruttivi. Questi devono essere seguiti dal costruttore di strumentazione per uso in aree pericolose e gli strumenti devono essere certificati in modo conforme allo standard consono al suo impiego. L’utente al contempo è responsabile di assicurarsi che lo strumento che sta utilizzando sia idoneo per uso in area pericolosa.

Per la strumentazione di rilevazione gas, le due classi di sicurezza elettrica più largamente adottate sono a “prova di esplosione” o “antideflagranti” (qualche volta denominate “ a prova d’incendio” e con simbolo di identificazione Ex d) ed a “Sicurezza Intrinseca” con simbolo identificativo Ex ia/ib.

Un apparecchio antideflagrante è progettato in modo tale che il suo contenitore sia sufficientemente robusto per sopportare un’esplosione interna di gas infiammabile senza riportare danni. Ciò può accadere per l’accensione accidentale di una



miscela esplosiva combustibile/aria all'interno dell'apparecchio. Le dimensioni di ogni fessura in un contenitore o scatola a prova di esplosione deve essere calcolata in modo tale che la fiamma non possa propagarsi all'ambiente esterno per il quale è stato progettato.



Un apparecchio a Sicurezza intrinseca è invece progettato in modo tale che l'energia interna massima dell'apparecchio e dei cavi di collegamento richiesti, sia mantenuta al di sotto di quella necessaria per generare archi o scintille od effetti termici in grado di innescare l'esplosione di una miscela pericolosa sia in condizioni di normale funzionamento sia in specificate condizioni di guasto. Sono previste due categorie di sicurezza

intrinseca (Ex ia – Ex ib) che differiscono principalmente per il numero di guasti da considerare e per il diverso coefficiente di sicurezza da applicare in fase di progetto e certificazione.

La Sicurezza Intrinseca è il grado più elevato dei livelli di classificazione e protezione e qualsiasi strumento progettato e certificato secondo tale principio può essere utilizzato in qualsiasi area di Zona 0, Zona 1 o Zona 2.

Esistono ulteriori tipologie di protezioni in base al tipo di sicurezza adottata e dello strumento certificato; nella tabella 2 sono indicati i tipi di protezione in base alle Zone di utilizzo.

Tabella 2

Zona (Europa)	Tipo di Protezione	Divisione (Nord America)
0	<p>“ia” Strumento o sistema a Sicurezza Intrinseca. Il circuito elettrico è progettato in modo che in nessuna sua parte vi sia abbastanza corrente da provocare una scintilla che può far incendiare il gas, anche con due guasti sul circuito.</p> <p>“s” Protezione speciale (costruito e certificato appositamente per l'utilizzo in Zona 0)</p>	1
1	<p>Tutte le protezioni adatte per Zona 0 ed inoltre:</p> <p>“d” Custodia antideflagrante</p> <p>“ib” Come “ia”, ma con un guasto sul circuito</p> <p>“p” Pressione. Lo strumento viene alloggiato in una custodia dove la pressione è maggiore di quella ambiente. Il gas potenzialmente esplosivi non possono entrare nella custodia.</p> <p>“e” A sicurezza aumentata</p> <p>“m” Ad incapsulamento.</p>	
2	<p>Tutte le protezioni adatte per Zona 0 e Zona 1 ed inoltre:</p> <p>“n” Non genera scintille. Generalmente non utilizzata nella rilevazione gas.</p> <p>“o” Immersione in olio. Generalmente non utilizzata nella rilevazione gas.</p> <p>“q” Riempimento in sabbia. Generalmente non utilizzata nella rilevazione gas.</p>	2

2.5 CLASSIFICAZIONE DEGLI APPARECCHI

Come sussidio per la scelta di un apparecchio per uso sicuro in differenti condizioni ambientali, oggi sono in uso due classificazioni per definire i limiti di impiego: il gruppo di apparecchiatura e la classe di temperatura. Come definito nelle normative di riferimento europee (EN 50014) esistono due gruppi così definiti.

Gruppo I	Per miniere che sono soggette a Grisù (Metano).
Gruppo II	Per luoghi con atmosfere potenzialmente esplosive, diversi dalle miniere di Gruppo I.

Il gruppo II comprende un'ampia gamma di atmosfere potenzialmente esplosive ed include molti gas e vapori che costituiscono gradi diversi di pericolo. Perciò al fine di distinguere più chiaramente le diverse caratteristiche di progettazione, i gas di Gruppo II sono divisi a loro volta come indicato nella Tabella 3. L'Acetilene si considera spesso così instabile che è elencata separatamente, anche se inclusa nel Gruppo II.

Tabella 3

Gruppo di Apparecchiatura	Gas di Riferimento
I	Metano
IIA	Propano
IIB	Etilene
IIC	Idrogeno
IIC	Acetilene

Il grado di Classe di Temperatura per la sicurezza di uno strumento è altrettanto importante nella scelta di un apparecchio per rilevare un particolare gas o miscela di gas. (In una miscela di gas è sempre consigliabile assumere il caso più sfavorevole di uno qualsiasi dei gas della miscela). La classificazione della temperatura è da correlarsi con la massima temperatura della superficie che può essere ammessa per un componente dell'apparecchio; questo perché non superi la temperatura di accensione dei gas o vapori con cui viene a contatto. La gamma varia da T1 (450°C) fino a T6 (85°C). L'apparecchio certificato viene testato col gas o vapore nella cui atmosfera deve essere impiegato. Sia il gruppo dell'apparecchiatura che la classe di temperatura sono quindi sempre indicate sul certificato di conformità e sull'apparecchio stesso.

Tabella 4

Classe	Temperatura Superficiale Massima°C
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Z 2.6 PROTEZIONE DELLE CUSTODIE

Classificazioni codificate sono ampiamente usate per indicare il grado di protezione dato alle custodie contro l'ingresso di liquidi e materiali solidi.

La designazione usata per indicare il grado di protezione è costituita da due lettere "IP" seguite da due numeri caratteristici che indicano il primo la protezione dalla penetrazione di corpi solidi, il secondo la protezione dall'acqua.

IP XY

X	PROTEZIONE PENETRAZIONE CORPI SOLIDI
0	Non protetta
1	Protetta contro corpi solidi > 50 mm
2	Protetta contro corpi solidi > 12 mm
3	Protetta contro corpi solidi > 2,5 mm
4	Protetta contro corpi solidi > 1 mm
5	Protetta contro la polvere
6	Totalmente protetta contro la polvere
Y	PROTEZIONE PENETRAZIONE DELL'ACQUA
0	Non protetta
1	Protetta contro la caduta verticale delle gocce d'acqua
2	Protetta contro la caduta di acqua inclinata a 15°
3	Protetta contro l'acqua a spruzzi fino a 60° dalla verticale
4	Protetta contro la presenza di acqua da tutte le direzioni
5	Protetta contro i getti d'acqua da tutte le direzioni
6	Protetta contro i getti d'acqua a pressione
7	Protetta contro l'immersione
8	Protetta contro l'immersione prolungata

2.7 CERTIFICAZIONE DEI PRODOTTI

Per regolamentare l'uso di apparecchi elettrici in aree pericolose sono state emanate una serie di norme e costituiti enti per testare e controllare che l'impiego degli strumenti sia conforme a tali norme. Nella comunità Europea l'emissione di direttive CEE rende obbligatorio per i costruttori di apparecchi elettrici, rispettare gli standard specifici di progettazione e prestazioni come richiesto nelle varie norme emesse per i settori di competenza.

Il marchio della Comunità Europea "CE" indica che un prodotto è conforme a tutte le direttive applicabili a tale prodotto. L'introduzione successiva di direttive aggiuntive, obbliga i produttori a comprovare la conformità del prodotto ad esse. Senza questo, il marchio CE non ha valore ed il prodotto deve essere ritirato dalla vendita all'interno della Comunità Europea.

Per quanto concerne i sistemi di rilevazione gas e comunque tutti gli strumenti che devono essere utilizzati in atmosfere potenzialmente esplosive, dal Luglio 2003 è entrata in vigore la Direttiva ATEX 94/9/CE che si applica agli strumenti ed ai sistemi di protezione realizzati per utilizzo in atmosfere potenzialmente esplosive, a causa di gas, vapori, miscele di fumi.

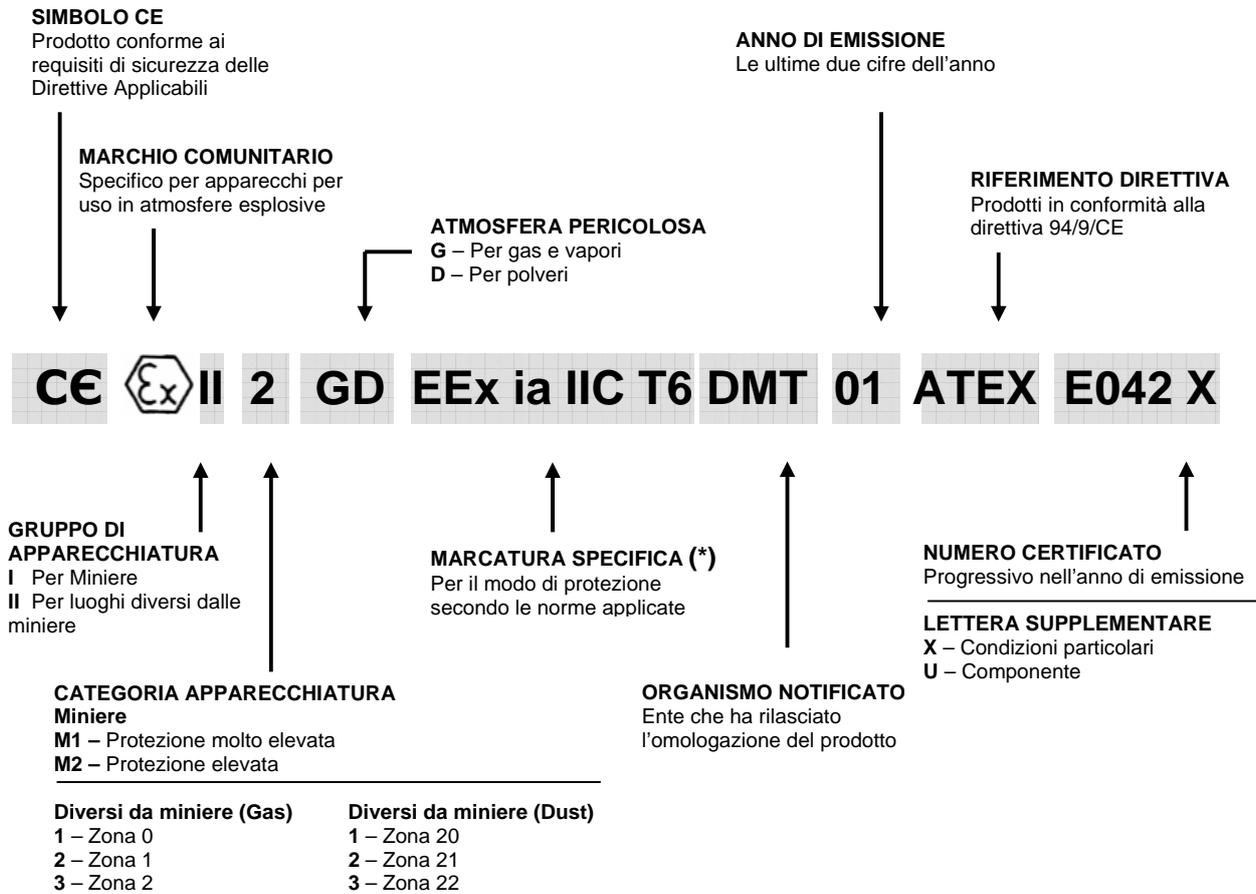
La direttiva copre strumenti elettrici e meccanici per installazioni sopra e sotto il suolo. Oltre alla sicurezza, essa si occupa di controllo dei requisiti del prodotto, gestione della qualità e controllo del tipo. La stessa direttiva richiede che un prodotto corrisponda ad una vasta serie di requisiti e norme per poter essere immesso sul mercato europeo.

Una spiegazione dettagliata ed una classificazione delle atmosfere potenzialmente esplosive è contenuta negli standards europei, EN 60079 part. 10. La EN 60079 part. 10 è virtualmente una copia diretta degli standards di classificazione aree sviluppata dalla commissione internazionale elettro-tecnica (IEC) IEC-79-10; tale norma sostituisce inoltre la CEI 64-2 per quanto si riferisce alla classificazione dei luoghi con presenza di sostanze potenzialmente esplosive (in particolare sostituisce i capitoli III e V).

Per quanto concerne gli standard di sicurezza per la progettazione del prodotto, questi sono inclusi nella direttiva EN50014 fino ad EN 50039 e forniscono dettagli sulla progettazione specifica di un particolare metodo di protezione, es. Ex ia, d, e, m ecc.

Gli standard relativi alle performance del prodotto, sono invece contenuti nella norma EN50054 fino ad EN50058. Dal Giugno 2001 le norme EN 50054/50058 sono state sostituite dalla norma EN 61779 nei capitoli da 1 a 5 e che si riferisce alle prescrizioni generali e ai metodi di prova delle apparecchiature elettriche per la rilevazione e la misura di gas combustibili. Per i gas tossici ed Ossigeno le normative di riferimento per le performance del prodotto sono rispettivamente la EN 45544 ed EN 50104.

Per quanto riguarda la marcatura del prodotto, rimane invariata la parte relativa alla classificazione del prodotto, come era nella precedente normativa comunitaria CENELEC, con l'introduzione di un nuovo contrassegno:



(*) Per quanto riguarda la **marcatura specifica** è bene ricordare quanto segue:

- EEX** : indica la protezione dalle esplosioni.
- ia** : indica il tipo di protezione del prodotto.
- IIC** : indica il gruppo (gas) di apparecchiatura.
- T6** : indica la classe di temperatura.

Con riferimento alle nuove marcature relative alla **Categoria Apparecchiatura** e alla **Atmosfera pericolosa** di seguito viene riportata una tabella di correlazione tra le Zone secondo la Norma EN 60079-10 e le categorie secondo la Normativa ATEX:

Gas EN 60079-10	Definizione Presenza Atmosfera esplosiva	ATEX	Adatto per zone
Zona 0	Continua, per lunghi periodi o spesso	1G	Apparecchiature adatte per Zona 0
Zona 1	Probabile durante le normali attività	2G	Apparecchiature adatte per Zona 1
Zona 2	Non probabile durante le normali attività; nel caso solo di breve durata	3G	Apparecchiature adatte per Zona 2

Nel Regno Unito, il gruppo autorizzato a certificare apparecchiature elettriche per impiego in atmosfere infiammabili è l'Electrical Certification Service (EECS) che comprende il Baseefa per le industrie di Superficie e il MECS per le miniere. In altri paesi europei, vi sono altri enti fra cui il PTB (Germania), INERIS e LCIE (Francia), CESI (Italia) e INIEX (Belgio). Questi enti hanno la facoltà di certificare i prodotti che poi avranno commercializzazione in Europa. In Nord America gli enti riconosciuti sono UL (Underwriter Laboratories), FM (Factory Mutual) e per il territorio canadese il CSA (Canadian Standard Association).

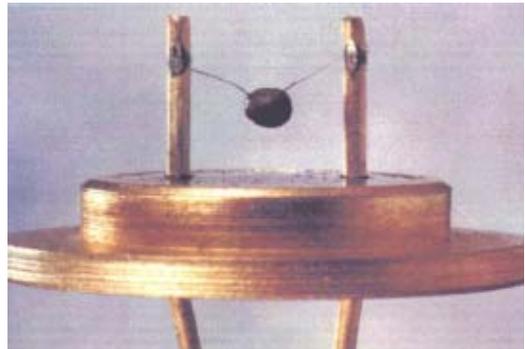
3. SENSORI PER GAS INFIAMMABILI

Molti di voi avranno probabilmente visto qualche volta lampade a prova di fiamma e sapranno qualche cosa circa il loro uso come primi tipi di rilevatori di grisù nelle miniere di carbone e nelle fognature. Sebbene originariamente fossero considerate come una fonte di luce, il sistema poteva essere utilizzato per stimare il livello di gas infiammabili, con una precisione del 20-50% circa, in funzione dell'esperienza, età e abilità nella percezione dei colori.

I moderni rilevatori di gas infiammabili devono essere più precisi, affidabili e ripetibili e soprattutto non devono dare adito ad una interpretazione della misura che in passato era del tutto soggettiva.

3.1 SENSORE CATALITICO

La maggior parte dei sensori per la rilevazione di gas infiammabili, sono del tipo elettro-catalitico. Essi consistono di un elemento sensibile molto piccolo chiamato "perla", "Pellistor" o "Siegestor" (gli ultimi due sono nomi depositati). Essi sono costituiti da una spirale di platino riscaldata, ricoperta prima da uno strato di ceramica, come allumina e rivestita alla fine più superficialmente di un catalizzatore al palladio o rodio disperso di un sottostrato di ossido di torio.

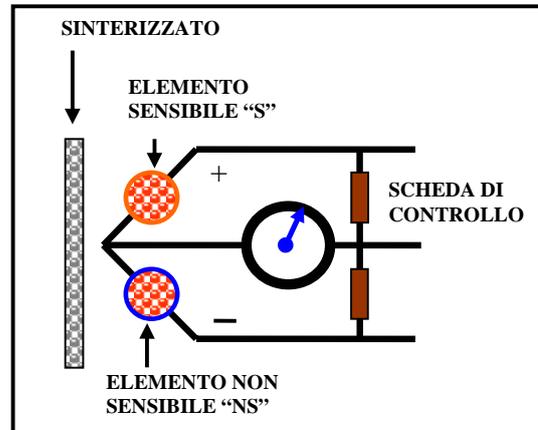


Questo tipo di sensore funziona sul principio che quando una miscela gas/aria passa sopra la superficie calda del catalizzatore, avviene una combustione ed il calore sviluppato aumenta la temperatura della perla. Questo a sua volta altera la resistenza della spirale di platino e può essere misurata usando la spirale come un termometro in un ponte elettrico standard. La variazione di resistenza è direttamente correlata alla concentrazione del gas nell'atmosfera circostante e può essere visualizzata su un indicatore o dispositivo simile.

Z 3.2 USCITA DEL SENSORE

Per assicurare la stabilità della temperatura in condizioni ambientali variabili, i sensori catalitici sono sempre fatti funzionare in coppia. Essi sono posizionati in rami opposti di un ponte di Wheatstone, dove il sensore attivo (chiamato di solito "s") reagisce alla presenza di ogni gas combustibile, mentre il sensore di compensazione (chiamato di solito inattivo o non sensibile "ns") non reagisce.

Il funzionamento inattivo si ottiene rivestendo la perla con un film di vetro o disattivando il catalizzatore in modo che agisca solo come



compensatore per qualsiasi variazione esterna causata dalla temperatura o dall'umidità. La maggior parte dei circuiti funziona a tensione costante. Punto critico, ma anche fondamentale per la bontà del sensore di tipo catalitico è la sua resistenza agli avvelenanti. La maggior parte dei sensori catalitici infatti è soggetta all'avvelenamento dell'elemento sensibile in presenza di sostanze come silicani, zolfo e composti clorurati, che portano il sensore ad una rapida e irreversibile insensibilità.

Z 3.3 VELOCITA' DI RISPOSTA

Per avere i necessari requisiti di sicurezza ed idoneità all'installazione in aree potenzialmente esplosive, il sensore di tipo catalitico deve essere montato in una custodia opportunamente resistente e dietro un disco di metallo sinterizzato. Il sinterizzato permette alla miscela gas/aria di diffondersi all'interno della custodia e sull'elemento del sensore caldo, ma impedisce la eventuale propagazione di una fiamma all'esterno. Il sinterizzato a causa delle sue caratteristiche costruttive riduce leggermente la velocità di risposta del sensore, ma rimanendo comunque in limiti accettabili.

Per definire la velocità di risposta dei sensori di gas si usa generalmente una terminologia standard utilizzata da tutti i costruttori di sensori di gas.

I termini T50 o T90 sono indicati come il tempo che il sensore impiega per raggiungere il 50% o il 90% del segnale. Per un buon sensore catalitico il T90 è compreso tra i 10 e i 15 sec.

Z 3.4 TARATURA

Tra le cause più frequenti di guasto dei sensori catalitici c'è sicuramente l'intasamento del sinterizzato da polvere, sale (nebbia salina) o anche da acqua. Le prestazioni possono anche essere inficiate dalla presenza di sostanze che come abbiamo già detto sono avvelenanti.

E' perciò essenziale che qualsiasi sistema di monitoraggio gas non debba essere solo tarato al momento dell'installazione, ma anche controllato regolarmente e ritarato se necessario dopo alcuni mesi. I controlli devono essere eseguiti usando miscele di gas standard, comunemente in commercio in modo da poter verificare con regolarità la corretta risposta del sensore al gas o alle miscele di gas per cui il suo utilizzo è stato richiesto.

Le attuali normative (CEI EN 60079-10 – CEI 31-30) possono fornire una guida sulla frequenza dei controlli di taratura e sulla regolazione dei livelli di allarme. La norma prevede dei controlli che possono essere trimestrali o semestrali a seconda della zona dove sono stati posizionati i sensori; tipicamente i controlli dovrebbero essere eseguiti inizialmente ad intervalli settimanali, aumentandone gli intervalli man mano che si acquisisce dimestichezza ed esperienza nella gestione dell'impianto.

Per quanto riguarda i livelli di allarme che tipicamente sono due, i valori indicativi sono il 15% LIE per la soglia di preallarme e il 30% LIE per quella di allarme.

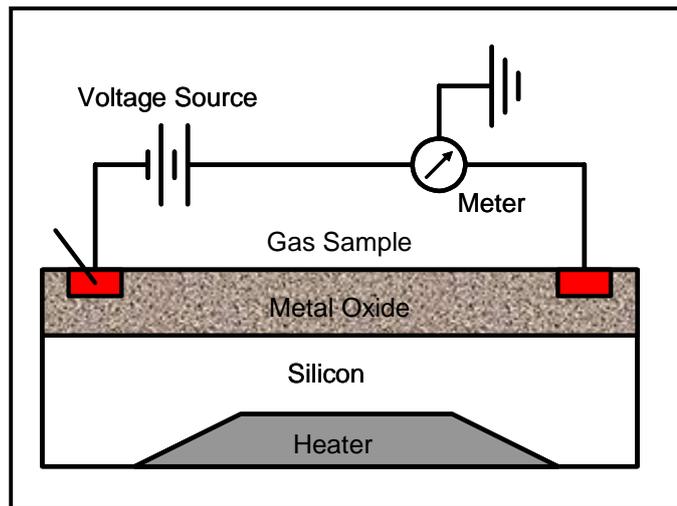


I sistemi classici di rilevazione gas sono costituiti da un sensore in campo ed da una elettronica in sala controllo o in zona sicura; questi sistemi richiedono per la calibrazione e/o verifica del sistema due persone, una sul sensore e una sull'elettronica per eseguire le regolazioni. Generalmente le verifiche per il controllo della corretta taratura di un sensore di gas prevedono due livelli di intervento; lo "zero" per il corretto allineamento di inizio scala, che va effettuato in area pulita e lo "Span" che permette la corretta taratura del sensore per il gas o le miscele di gas che dovrà analizzare.

Esistono da svariati anni, sistemi di rilevazione gas che permettono la taratura ed il controllo del sensore solo in campo con un uomo solo (comunemente conosciuti come "One man Calibration"). Questo riduce notevolmente i tempi e i costi di manutenzione, in modo particolare dove i sensori sono difficili da raggiungere, come sulle piattaforme di perforazione in mare. In alternativa, ci sono alcuni sensori progettati secondo norme di Sicurezza Intrinseca, ove è possibile tarare i sensori in un luogo adatto lontano dall'impianto. Poiché sono intrinsecamente sicuri, si può liberamente sostituirli con sensori precalibrati in laboratorio, senza dover fermare l'impianto. Inoltre i trasmettitori di ultima generazione permettono la sostituzione del sensore vecchio con uno totalmente nuovo e già precalibrato dotato di relativo certificato di taratura. Con questi sistemi la manutenzione può essere eseguita ad impianto in marcia con tempi di verifica molto più veloci e a costi più contenuti rispetto ai sistemi di controllo classici.

Z 3.5 SENSORE A SEMICONDUCTORE

I sensori a semiconduttore hanno acquistato notevole popolarità durante gli anni '80 in quanto sembrano dare la possibilità di avere un gas detector universale a basso costo. Essi funzionano allo stesso modo di un sensore di tipo catalitico, in virtù dell'assorbimento di un gas sulla superficie di un ossido riscaldato. Infatti il sensore a semiconduttore è composto da un sottile strato di ossido metallico (di solito ossidi di metallo di transizione come lo stagno) depositato su una porzione di silicio, con procedimento molto simile a quello usato per la produzione di microchip per computer. L'assorbimento del campione di gas sulla superficie dell'ossido, seguita dall'ossidazione catalitica, causa una variazione di resistenza dell'ossido che può essere messa in relazione alla concentrazione di gas. La superficie del sensore è riscaldata a temperatura costante di circa 200-250°C per accelerare la velocità di reazione e ridurre gli effetti di variazione della temperatura ambiente.



I sensori a semiconduttori sono semplici, abbastanza robusti e possono essere notevolmente sensibili. Sono stati usati con un certo successo nella rilevazione di Idrogeno solforato e sono anche largamente utilizzati nella produzione di gas detector poco costosi per uso domestico. Comunque questo tipo di sensore si è rilevato piuttosto inaffidabile per l'uso industriale, poiché non sono molto specifici per un tipologia di gas e possono essere influenzati da variazioni di temperatura e umidità atmosferica. Sono sensori che hanno la necessità di essere controllati con maggiore frequenza rispetto agli altri tipi di sensori perché perdono sensibilità e quindi devono essere verificati con gas; richiedono inoltre molto tempo di recupero in caso di esposizione a concentrazioni molto elevate di gas.

Z 3.6 SENSORI ALL'INFRAROSSO

Molti gas infiammabili hanno bande di assorbimento nello spettro infrarosso ed il principio dell'assorbimento infrarosso è stato usato come strumento analitico di laboratorio per anni. Più di recente, progressi nell'elettronica e nell'ottica hanno reso possibile la progettazione di strumenti a bassa potenza e dimensioni contenute, da rendere disponibile questa tecnologia anche nella rilevazione di gas industriali. La nuova generazione di sensori infrarossi ha diversi vantaggi rispetto al tipo catalitico, sebbene siano ancora più costosi. Ciò nonostante spesso i vantaggi superano, per importanza, i

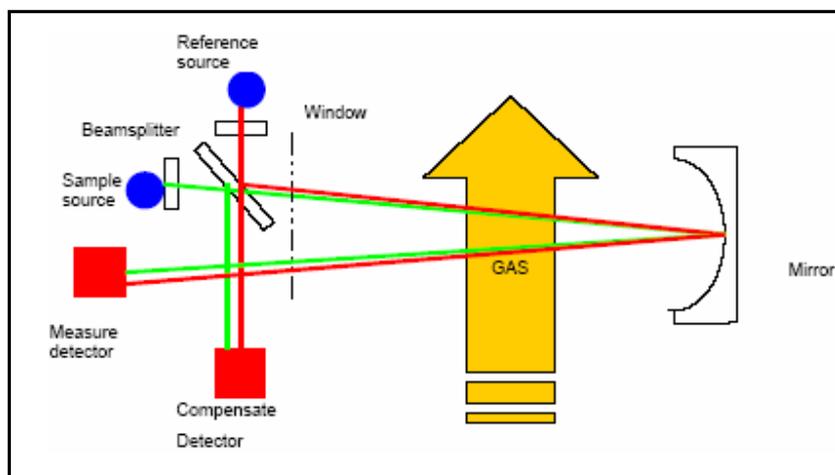
maggiori costi iniziali. Essi comprendono una velocità di risposta più celere, una ridotta manutenzione, un controllo molto semplificato e un costante controllo dello stato del sensore in qualsiasi momento del loro funzionamento, visto che sono sensori “Fail Safe” autodiagnostici. Proprio il fatto di conoscere in ogni istante il corretto funzionamento del sensore o essere informati di un guasto ad ogni componente elettronico o ottico, fanno spesso rivolgere la scelta, dei progettisti o degli utilizzatori dei sistemi di rilevazione gas, su questa tipologia di strumenti, soprattutto quando sono richiesti livelli di sicurezza ed integrità degli impianti particolarmente elevati. E' importante ricordare che invece i sensori catalitici non sono “Fail Safe”: l'unico modo per conoscere il loro stato e quindi il corretto funzionamento è quello della verifica e/o taratura periodica del sensore.



Altre caratteristiche non trascurabili del sensore infrarosso sono quelle di non essere “avvelenabile”, di segnalare un eventuale stato di guasto o anomalia di taratura e di funzionare con successo in condizioni di temperatura, umidità e pressione estreme.

La tecnica si basa sul principio della doppia lunghezza d'onda di assorbimento all'infrarosso, dove il raggio di luce passa attraverso la miscela di gas a due lunghezze d'onda diverse, una delle quali è regolata per il picco di assorbimento del gas da rilevare, mentre la seconda no. Le due sorgenti di luce sono fatte pulsare alternativamente e convogliate lungo un percorso ottico comune per uscire attraverso una finestra a prova di esplosione e poi attraversare il campione di gas. I raggi sono successivamente riflessi di nuovo indietro da un retro-riflettore, ritornando all'unità elettronica. A questo punto vi è il confronto da parte del detector dell'intensità dei segnali del raggio di misura e di riferimento; la differenza dei due raggi genererà una misura proporzionale alla concentrazione di gas presente.

Attualmente sono il metodo più pratico di rilevazione dell'Anidride carbonica.

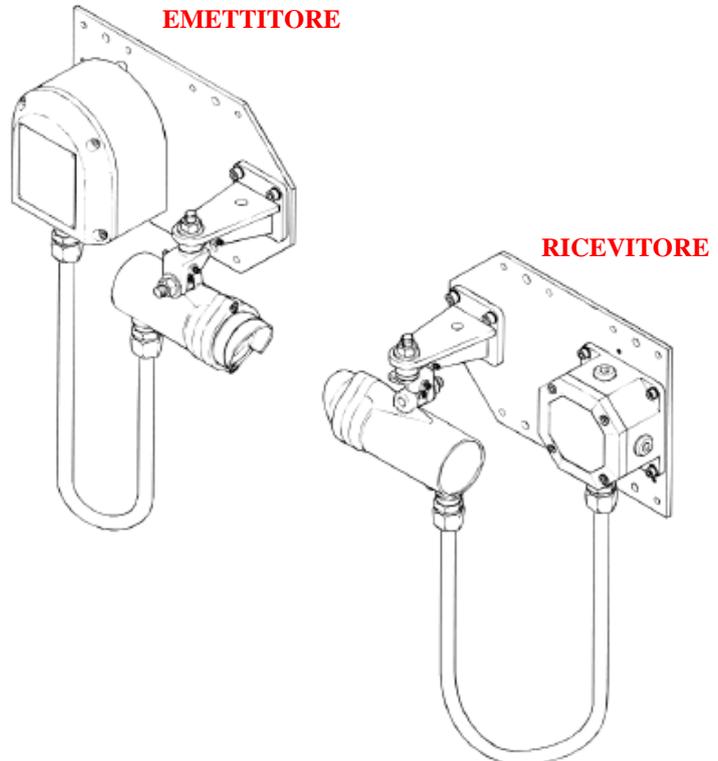


3.7 SENSORI IR A PERCORSO APERTO

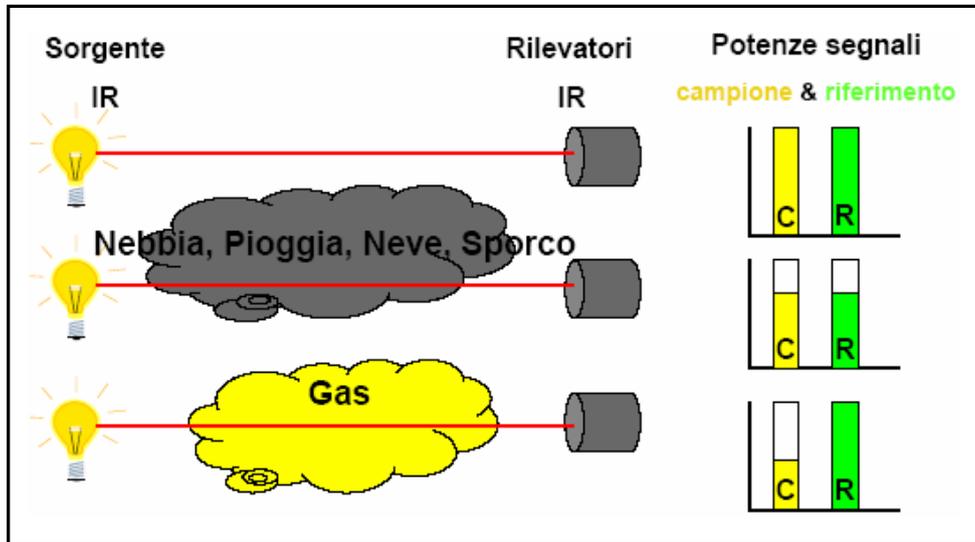
Fino ai primi anni '90 il metodo convenzionale per rilevare le fughe di gas era il metodo di rilevazione a punti, impiegando diversi sensori singoli per coprire un'area o un perimetro. Negli ultimi anni si sono resi disponibili strumenti che utilizzano la tecnologia infrarossa nella forma di un raggio ampio (o a percorso aperto – "Open Path") che può percorrere diverse decine o centinaia di metri. Il sistema a percorso aperto non viene considerato come un sostituto del sistema puntiforme, ma un sistema addizionale e/o complementare ed il suo utilizzo è destinato ad aumentare rapidamente in un prossimo futuro. Tipiche applicazioni di successo includono gallerie, oleodotti, controllo del perimetro delle piattaforme marine, aree di stoccaggio GPL, ecc. La

massima distanza utile al momento di questi strumenti è di circa 200 metri. Il sistema si basa sulla tecnica dell'assorbimento infrarosso ed ha trovato maggiore impiego per la rilevazione di gas infiammabili. Anche per il sistema di rilevazione IR a percorso aperto si sono usati raggi a doppia lunghezza d'onda, il primo coincidente con il picco della banda di assorbimento del gas da rilevare e il secondo raggio di riferimento che lavora in un'area della banda non assorbita. Lo strumento confronta continuamente i segnali ricevuti dai due raggi trasmessi attraverso l'atmosfera, utilizzando la riflessione di un retroriflettore a specchio o per mezzo di un ricevitore separato dal trasmettitore posto alla estremità opposta del raggio. Attualmente il sistema con ricevitore e trasmettitore separati è quello più in uso per ragioni di maggiore affidabilità.

Qualsiasi variazione della intensità relativa del segnale tra i due raggi può quindi essere attribuita ad un gas che passa attraverso il raggio ed indica il numero totale di molecole di gas presenti all'interno di questo raggio. Questo valore è differente rispetto alla concentrazione di gas in un punto qualsiasi ed è perciò generalmente espressa in termini di **LEL/metro**. Poiché le intensità di entrambe le lunghezze d'onda sono attenuate in eguale misura da ogni oggetto estraneo che si interpone tra il trasmettitore ed il ricevitore (polvere, pioggia, nebbia, neve) la precisione e le performance complessive della misura non sono sensibilmente influenzate da questi fattori esterni a meno che si abbia un oscuramento totale del raggio, condizione di anomalia che verrebbe segnalata in maniera diversa dalla presenza di gas (Raggio Interrotto).



Con i moderni strumenti è possibile compensare elettronicamente ogni variazione di pressione e temperatura atmosferica.



Z 4. GAS TOSSICI

Gas tossici e/o cancerogeni sono spesso di molto interesse per la sicurezza e la salute tanto quanto i gas infiammabili. E' importante puntualizzare che ci sono molti gas che possono essere sia tossici che infiammabili e quindi anche i rilevatori di gas tossici, data la possibilità di essere installati in zone a rischio di esplosione, devono essere costruiti ed approvati per uso in area pericolosa. La ragione principale per cui gas infiammabili e tossici sono trattati separatamente sono che i pericoli e le normative inerenti e i tipi di sensori utilizzati, non sono gli stessi per le due tipologie di rilevazione. Con le sostanze tossiche la preoccupazione principale è l'effetto sui lavoratori per esposizione anche a concentrazioni molto basse, che potrebbero essere inalate, ingerite o assorbite attraverso la pelle.

Poiché gli effetti negativi sull'uomo possono essere causati anche dalla prolungata esposizione, è importante conoscere non solo la concentrazione di gas, ma anche il tempo di esposizione. Esistono comunemente anche casi di sinergismo in cui le sostanze possono interagire tra di loro e produrre effetti ed emissioni peggiori rispetto a quando sono presenti singolarmente.

4.1 LIMITI DI ESPOSIZIONE

Per la classificazione e la definizione dei limiti di esposizione alle sostanze tossiche o cancerogene, esistono delle normative che vengono riconosciute valide a livello internazionale; tra queste ricordiamo le normative del COSHH (Control of Substances Hazardous to Health) o quelle delle agenzie di controllo americane OSHA (Occupational Safety and Health Administration) o NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health).

Nel caso dei gas tossici è adottata una particolare terminologia che viene utilizzata nella maggior parte dei paesi, anche se la nomenclatura e i valori citati possono variare in alcune parti del mondo. Negli USA e nella maggior parte degli altri paesi viene definito come **TLVs** (Valori limite di soglia – “Threshold Limit Values”) la concentrazione di sostanze inquinanti gli ambienti di lavoro, cui si ritiene che quasi tutti i lavoratori possano essere esposti ripetutamente, giorno dopo giorno, senza subire effetti dannosi. Di seguito vengono definiti tre categorie di TLVs:

a) **TLV-TWA** (Threshold Limit Values – Time Weighted Average): viene definita come la concentrazione media nel tempo relative ad una normale giornata di lavoro di 8 ore e 40 ore settimanali, alla quale si ritiene che tutti i lavoratori possano essere ripetutamente esposti, giorno dopo giorno, senza subire effetti dannosi.

b) **TLV-STEL** (Short Time Exposure Limit): è la concentrazione massima alla quale i lavoratori possono essere esposti per un periodo massimo di 15 minuti senza che insorgano irritazioni, alterazioni croniche o narcosi.

c) **TLV-C** (Ceiling): tetto di concentrazione, concentrazione limite o comunque valore che non deve mai essere superato, nemmeno per un istante.

Il monitoraggio per le sostanze tossiche deve essere continuo, usando strumenti che rispondono rapidamente alla presenza di gas e che possono anche integrare i livelli di gas misurati in un certo periodo di tempo per dare i valori di TLV.

Le concentrazioni di gas in aria sono generalmente espresse in “parti per milione” (ppm), che è una concentrazione di gas in volume. Quando le concentrazioni sono inferiori alle ppm si parla di “parti per miliardo” (ppb). Un’unità di misura alternativa è il “milligrammo per metro cubo” di aria (mg/m³) che è una misura in massa. E’ possibile convertire le due unità di misura usando una semplice formula matematica:

$$\text{Concentrazione in mg/m}^3 = \frac{(\text{Concentrazione in ppm}) (\text{Peso molecolare sostanza})}{24.45}$$

$$\text{Concentrazione in ppm} = \frac{(\text{Concentrazione in mg/m}^3) (24.45)}{(\text{Peso molecolare sostanza})}$$

dove il valore di 24.45 è considerato come il volume standard di un gas ideale espresso in m³/kmole o l/mole e assumendo la pressione di 760 mmHg ad una temperatura di 25°C.

In alcune parti d'Europa, soprattutto in Germania, si usa un sistema di unità conosciuto come "Maximale Arbeitsplatz Konzentration" (**MAK**). Questi valori sono basati sugli effetti sperimentali osservati di sostanze tossiche e cancerogene su persone e animali. Il valore di MAK è definito come la massima concentrazione tollerabile di un composto chimico presente nell'aria entro un'area di lavoro (come gas, vapori, particolati) che, secondo le conoscenze attuali, non danneggiano la salute del personale, ne causano malori inaspettati. In queste condizioni, l'esposizione per un periodo giornaliero di 8 ore ed una media di una settimana lavorativa di 40 ore, può essere ripetuta e vi può essere una lunga durata senza avere effetti dannosi per le persone esposte. Sebbene la definizione sia simile a quella dei valori di soglia americani, i valori di MAK pubblicati, differiscono in alcuni casi dai TLV.

Nel Regno Unito ci sono due differenti definizioni per esposizione sul posto di lavoro, che vengono usate dal COSHH (Control of Substances Hazardous to Health Regulations). Queste sono il **MEL** (Maximum Exposure Limit), che riguarda le sostanze più pericolose e l'esposizione dovrebbe essere il più breve possibile e sicuramente non sopra i limiti definiti ed il **OES** (Occupational Exposure Standards) dove viene definito che l'esposizione può essere ritenuta sicura se rimane al di sotto dei due seguenti limiti:

- **LTEL** (Long Term Exposure Limit) esposizione durante le 8 ore di lavoro giornaliero.
- **STEL** (Short Term Exposure Limit) esposizione occasionale entro i 15 minuti.

Comunque l'esposizione del personale alle sostanze tossiche deve essere calcolata sulla base del TWA (Time Weighted Average) che è la media ponderata del tempo di esposizione nelle 8 ore.

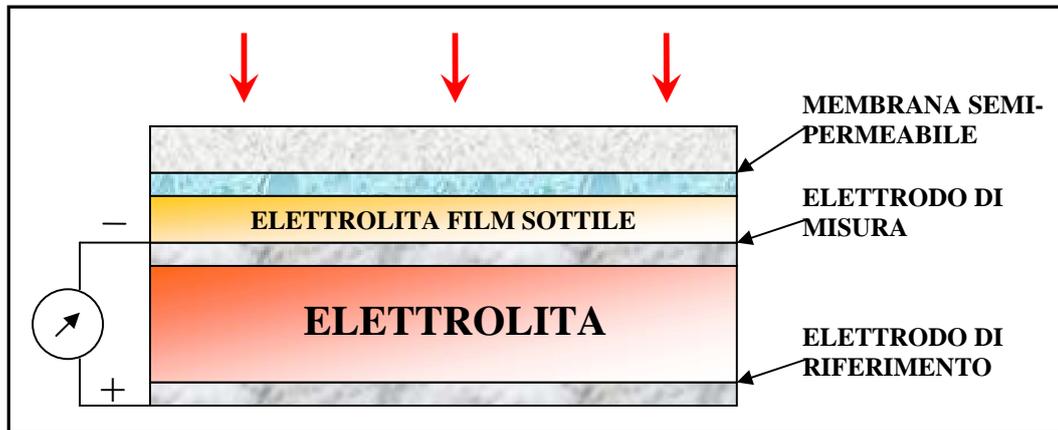
5. SENSORI PER GAS TOSSICI

In genere i gas tossici devono essere rilevati e misurati a concentrazioni molto basse. Sebbene molti gas tossici siano anche infiammabili (per esempio l'Ammoniaca, L'Ossido di Carbonio o il Metanolo), non è possibile usare i sensori per gas combustibili per la misura di gas tossici, in quanto la sensibilità necessaria è ben al di sotto del limite di rilevabilità possibile con un sensore per gas infiammabili. Di seguito vengono descritte due metodologie di rilevazione per gas tossici molto diffuse che permettono di avere una notevole sensibilità e affidabilità per il tipo di gas che dovrà essere rilevato a livello di ppm o ppb.

5.1 SENSORE ELETTROCHIMICO

Questo tipo di sensore può essere usato per la rilevazione della maggior parte dei gas tossici comunemente utilizzati nei vari processi industriali, quali CO, H₂S, Cl₂, SO₂, ecc. Il sensore è costituito da una cella elettrochimica che consiste di due elettrodi immersi in un elettrolita. Questo può essere in forma sia di liquido che di gel o di un solido poroso impregnato. L'elettrolita è isolato da influenze esterne a mezzo di barriere gas permeabili. La cella di misura è studiata per offrire la massima sensibilità unita alla minima interferenza da ogni altro gas presente.

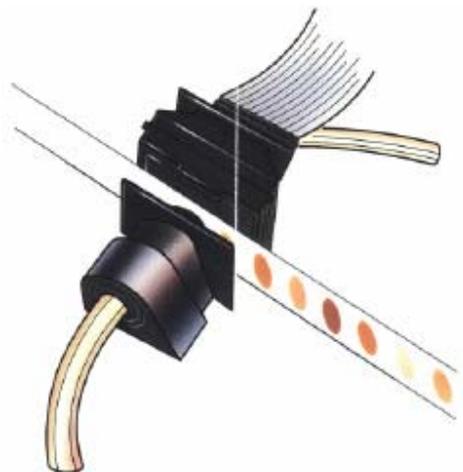
Durante il funzionamento si applica un tensione di polarizzazione agli elettrodi e quando il gas permea attraverso la membrana nel sensore, si ha una reazione di ossido riduzione che genera una corrente elettrica linearmente proporzionale alla concentrazione di gas.



Gli aspetti tecnici delle celle elettrochimiche sono numerosi, alcune sono dotate di un terzo elettrodo per ridurre gli effetti della polarizzazione o per eseguire una misura più specifica di un particolare tipo di gas. I sensori a cella elettrochimica sono di disegno particolarmente semplice, hanno bisogno di poca potenza e sono generalmente molto sensibili e precisi. I livelli di rilevazione possono essere molto bassi come 0,5 o 1 ppm, come anche il campo di misura, mentre i tempi di risposta, che variano molto da un gas all'altro, possono essere compresi tra i 30 e i 60 secondi (T90). La vita tipica dei sensori a cella elettrochimica è di circa 2 anni, con l'eccezione del sensore di Ossigeno che ha una vita più breve dovuta ad un più rapido e costante consumo dell'elettrolita.

z 5.2 SENSORE A CHEMCASSETTE®

Il sensore a Chemcassette si basa sul principio di una striscia assorbente di carta che agisce come un substrato per una reazione chimica a secco. Questo ha una doppia funzione: fissare ed accumulare la sostanza da analizzare, in modo da avere una evidenza oggettiva del gas presente e come reagente di analisi per la quantificazione precisa della concentrazione di gas. Il sistema si basa sulla tecnica colorimetrica classica ed è in grado di rilevare limiti molto bassi di uno specifico gas. Può essere usato con successo per un'ampia gamma di sostanze altamente tossiche, compreso gli isocianati, fosgene, cloro, fluoro e diversi idruri gassosi, usati anche nella produzione di semiconduttori. La specificità e la sensibilità di



rilevazione si ottengono con l'uso di reagenti chimici formulati specificatamente, che reagiscono solo con il campione di gas da analizzare.

Come le molecole del campione di gas sono aspirate attraverso la chemcassetta con una pompa da vuoto, esse reagiscono con i reagenti chimici grazie all'umidità dell'aria e formano una macchia colorata specifica solamente per quei gas. L'intensità della macchia colorata è proporzionale alla concentrazione del gas che reagisce; cioè più alta è la concentrazione di gas, più intensa è la macchia. E' importante regolare accuratamente sia l'intervallo di campionamento che la portata con cui il campione è inviato alla chemcassetta: si possono così raggiungere livelli di rilevazione molto bassi come parti per miliardo (10^{-9}).

L'intensità della macchia è misurata con un sistema elettro-ottico che riflette la luce della superficie ad una fotocellula posizionata con una certa angolatura con la sorgente di luce. Come si sviluppa la macchia, la luce riflessa è attenuata e la luce captata dal foto rilevatore in forma di segnale analogico. Questo segnale è a sua volta convertito in formato digitale e poi rappresentato come una concentrazione di gas, usando una curva di taratura generata internamente a livello software.

Le formulazioni delle chemcassette danno un mezzo di rilevazione unico, che non solo è veloce, sensibile e specifico, ma è anche il solo sistema disponibile che lascia una evidenza fisica della avvenuta rilevazione (cioè il colore sul nastro della chemcassetta).

Z 6. RILEVATORI DI GAS PORTATILI

Gli strumenti per gas infiammabili e tossici sono generalmente disponibili in due formati: "portatili", cioè rilevatori per uso personale di tipo trasportabile e "fissi", ossia installati in modo permanente sull'impianto. L'utilizzo del rilevatore portatile ha come scopo principale quello di proteggere l'utilizzatore dalla presenza di sostanze pericolose tossiche o esplosive o di verificare delle aree di lavoro circostanti prima o durante l'esecuzione di opere manutentive, di esplorazione o verifica di impianti, cavidotti o luoghi in generale confinati.

Il mercato di rilevatori portatili è circa un terzo del totale dei rilevatori di gas elettronici in uso oggi. Essi sono largamente diffusi e utilizzati nelle miniere di carbone, per fognature, condotte sotterranee di linee elettriche e telefoniche e in diverse aziende di acquedotti e servizi pubblici cittadini. Vista la loro facilità di utilizzo e le ridotte dimensioni, sono estremamente utili per controlli sul posto o per localizzare il punto esatto di una fuga che prima era stata rilevata da un sistema fisso di monitoraggio.



Con il termine di “esplosivometro” o “esplosimetro”, si identificano rilevatori di gas esplosivi di tipo portatile.

In un rilevatore portatile la maggior parte delle caratteristiche di un sistema di rilevazione fisso (...sensore, elettronica di controllo, indicazioni...), sono tutti contenuti in una piccola unità alimentata a batterie. I portatili hanno spesso differenti sensori per gas diversi o hanno la possibilità di cambiarli rapidamente con altri alternativi. Sono pertanto largamente impiegati per controllo sul posto, di passaggi stretti ed indagini da parte di addetti alla sicurezza, ispettori di fabbrica, Vigili del Fuoco e comunque per attività in genere di rilevazione gas.

I rilevatori di gas più recenti hanno un software molto sofisticato e completo per la memorizzazione e registrazione delle letture effettuate nelle diverse zone dell'impianto, e per la successiva stampa dei valori di esposizione dei lavoratori ad un particolare gas tossico. Altre caratteristiche comprendono spesso una procedura di taratura guidata e di controllo, intercambiabilità dei sensori precalibrati anche per gas diversi. I rilevatori di gas portatili sono certificati “intrinsecamente Sicuri” per l'utilizzo in aree considerate come pericolose in un impianto e in miniera.

7. SISTEMI DI RILEVAZIONE GAS FISSI

Il sistema più comunemente utilizzato per il monitoraggio industriale in continuo contro le fughe di gas pericolosi, è quello di posizionare un certo numero di sensori in punti strategici nell'impianto ed intorno ad esso, in luoghi dove è più probabile che avvengano le fughe. Questi poi vengono collegati elettricamente ad unità di controllo dedicate, poste a distanza in area sicura, o a sistemi di gestione PLC, SCADA, DCS con indicatori, sistemi di gestione grafica, segnalatori ottico/acustici, registratori di eventi, ecc.

Questo è quello che generalmente viene definito un “**Sistema di rilevazione fisso puntiforme**”. Come implica il significato della definizione stessa, i sensori sono posizionati in modo permanente sull'impianto e localizzati in zone dove la possibilità che una fuga di gas si generi è maggiore rispetto alle altre parti dell'impianto (Piattaforma marina, Raffineria, Impianto Chimico, Serbatoi di stoccaggio). Un sistema complementare ma spesso non alternativo a quello puntiforme è quello composto da sistemi di monitoraggio a raggio aperto (vedi paragrafo 3.7) composto da sensori lineari infrarosso che vanno a coprire i perimetri di impianto per contenere le eventuali fughe all'interno di un'area ben definita. L'uso di questi sistemi è descritto più in dettaglio nel capitolo 8 del seguente manuale.

Il classico sistema di monitoraggio gas è quello composto da un sensore collegato alla relativa scheda di controllo; la scheda gestisce il segnale proveniente dal sensore in campo e oltre a fornire una visualizzazione del valore letto fornisce delle uscite digitali (per l'indicazione dei livelli di allarme gas, guasto, inibizione, ecc.) o analogiche per l'interfacciamento con sistemi di blocco o di allertamento; i sistemi di gestione più complessi ed articolati utilizzano anche comunicazioni seriali RS 485/422 con protocolli standard.

Da diversi anni il mercato offre anche la possibilità di interfacciare il sensore direttamente a sistemi di gestione già presenti sull'impianto, come sistemi PLC o DCS;

in questo caso la scheda di controllo può essere eliminata utilizzando in campo un sensore collegato ad un trasmettitore dotato di display per la visualizzazione di tutte le informazioni relative allo stato del sensore, direttamente connesso al sistema di gestione PLC/DCS; in questo caso vengono generalmente utilizzati sensori definiti “One man calibration” in quanto permettono la calibrazione e verifica del sistema da parte di un solo manutentore che opererà direttamente sul sensore/trasmettitore.

La scelta di un tipo di installazione e la complessità del sistema di rilevazione dipende molto dall’uso per il quale è destinato, dalla tipologia di impianto e dagli eventuali sistemi di gestione presenti, nonché dal budget di spesa disponibile.

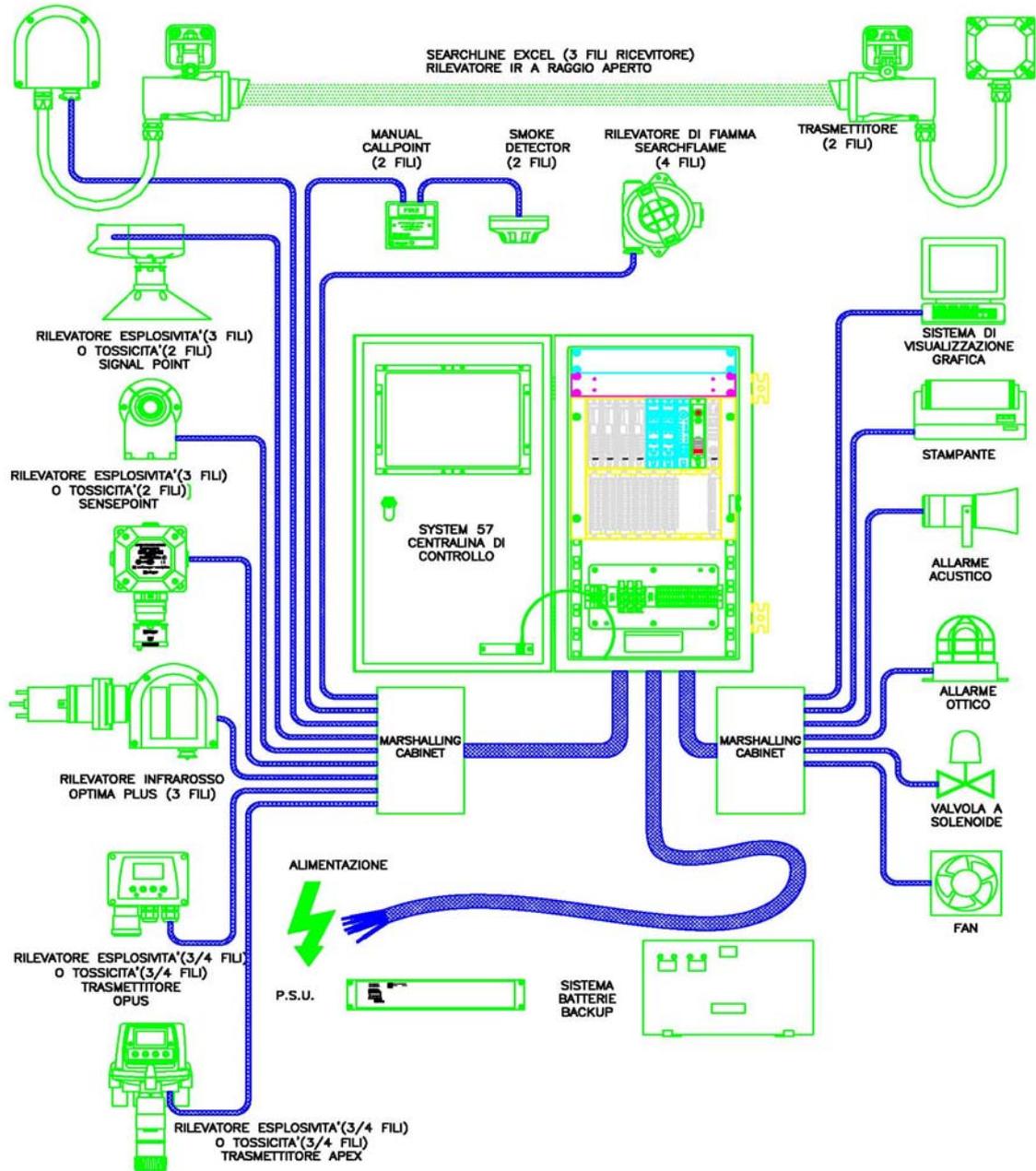
Nella valutazione di un sistema di monitoraggio per aree pericolose, notevole importanza riveste anche la parte installativa; nella maggior parte dei casi i sensori vengono posizionati in aree classificate e quindi il collegamento elettrico dovrà essere eseguito a norma ed utilizzando cavi e connessioni di tipo certificato.

I sistemi di monitoraggio, viste le ormai elevate prestazioni e qualità, sono spesso utilizzati per applicazioni abbastanza spinte quali le regolazioni di processo o il monitoraggio all’interno di aree o condotte con condizioni critiche. In queste particolari applicazioni fondamentale è la valutazione delle condizioni a cui il sensore dovrà lavorare (Temperatura, Umidità, Pressione, Polveri) in quanto sarà necessario il trattamento del campione prima dell’analisi da parte del sensore.

In queste particolari applicazioni vengono generalmente utilizzati sistemi di campionamento che prelevano l’aria mediante pompe in esecuzione sia per area sicura che antideflagrante, o tramite sistemi ad eiettore. L’aria prelevata viene trattata mediante filtrazione e/o separatori di condensa per preservare il sensore e rendere la misura veloce e precisa.



E’ importante comunque ricordare che lo scopo principale di ogni sistema di monitoraggio, sia per gas tossici che esplosivi, è quello di rilevare casi di emergenza, allertare il personale e preparare alle procedure di blocco; nella logica rientra anche la registrazione degli eventi ed il monitoraggio della esposizione ai gas tossici da parte del personale dell’impianto.



Z 7.1 POSIZIONAMENTO DEI SENSORI

Quanti sensori è necessario montare sull'impianto? Dove si devono montare in modo da essere sicuri che la perdita venga rilevata?

Queste sono due delle domande più frequenti quando si deve dare corso all'installazione di un sistema di monitoraggio gas e sono probabilmente anche le risposte più difficili da soddisfare, in quanto non esistono regole precise da seguire. Infatti se per le installazioni dei sistemi di rilevazione incendio, esiste una specifica normativa che regola con precisione il quantitativo in base a specifici parametri, lo stesso non succede per i sistemi di rilevazione gas.

Esistono comunque delle indicazioni fornite dalla Normativa CEI 31-35:2001-01, che aiutano il progettista o l'installatore a seguire la scelta più corretta. Spesso l'esperienza pratica sul campo è sempre molto utile, ma è molto importante ricordare che un certo grado di sovrabbondanza assicura una adeguata ridondanza al sistema ed una continuità nel monitoraggio.

Ci sono sostanzialmente due metodi alternativi o complementari di posizionare i sensori che possono essere utilizzati: La rilevazione per punto, dove i sensori sono posizionati il più vicino possibile alle fonti di probabile fuga; La rilevazione perimetrale, dove i sensori circondano completamente l'area di potenziale pericolo. La dimensione del sito e la tipologia del luogo da monitorare aiutano spesso a decidere quale di questi metodi sia il più adatto allo scopo, ma anche altri fattori vanno tenuti in considerazione:

- 1) I sensori da utilizzare per rilevare gas che abbiano una densità relativa superiore a 1 e quindi sono più pesanti dell'aria, dovrebbero essere posti ad una altezza inferiore ai 50 cm dal suolo. Alcuni esempi di gas più pesanti dell'aria sono il Butano, il Propano e lo Xilene.
- 2) Al contrario per ogni gas più leggero dell'aria, come l'Idrogeno, il Metano o l'Ammoniaca, il sensore deve essere posto in alto; nell'installazione al chiuso sotto il tetto. (N.B. a temperature molto basse, come in un magazzino refrigerato, l'ammoniaca diventa più pesante dell'aria).
- 3) Quando una miscela di gas o vapore ha una densità relativa compresa tra 0,8 e 1,2, vanno considerate entrambe le possibilità, cioè l'installazione dei sensori sia in alto che in basso.
- 4) In installazione all'aperto le condizioni ambientali vanno attentamente valutate. I sensori devono essere posti sotto vento e posti sotto una copertura per proteggerli dalle intemperie. E' importante ricordare che nelle installazioni in zone tropicali la pioggia può avere un rimbalzo fino a 30 cm dal suolo e quindi l'installazione del sensore dovrà essere valutata di conseguenza. Vanno inoltre valutati gli effetti del vento sugli edifici, i serbatoi e le costruzioni in genere ed è bene ricordarsi che il gas si può raccogliere negli spazi vuoti, nei sottotetti, cunicoli, ecc.
- 5) I classici sensori del tipo a diffusione vengono normalmente montati in modo che la testina di rilevazione sia rivolta verso il basso.
- 6) Per quanto concerne il quantitativo di sensori da installare è comunque bene ricordare che la CEI 31-35 prevede che per i luoghi con emissioni di primo grado, i

sistemi di controllo devono essere in numero non inferiore a due ed indipendenti, mentre nei luoghi con emissioni di secondo grado il sistema può essere singolo.

- 7) Quando la rilevazione effettuata con sensori all'infrarossi a raggio aperto è fondamentale assicurarsi che non siano presenti oscuramenti o ostacoli permanenti che blocchino il raggio IR. Interruzioni del raggio di breve durata causati da veicoli e personale in transito sull'impianto non inficiano in nessun modo il corretto funzionamento degli strumenti; interruzioni del raggio prolungate vengono segnalate come una situazione di anomalie.
- 8) I luoghi che generalmente richiedono maggiore protezione in un impianto sono nei pressi delle caldaie a gas, compressori, serbatoi di stoccaggio pressurizzati, depositi bombole od oleodotti. I punti sicuramente più vulnerabili sono accoppiamenti flangiati, valvole, manometri e raccordi; i sensori devono essere posizionati ad una distanza ragionevole dai componenti ad alta pressione per permettere la formazione di una nube di gas altrimenti si rischierebbe che la fuga oltrepassi il sensore senza dare adito ad una rilevazione.

Probabilmente il punto fondamentale è quello di non cercare di economizzare usando il minimo dei sensori di gas possibile; pochi sensori in più possono fare la differenza sia in termini di ridondanza in caso di eventuali guasti, sia nei casi di una probabile fuga.

Z 8. ABBREVIAZIONI

ANSI	American National Standard Institution
BAM	Bundesanstalt für Materialprüfung
BASEEFA	British Approvals Service for Electrical Equipment in Flammable Atmospheres
BSI	British Standard Institute
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
CESI	Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano
CSA	Canadian Standard Association
EMR	Energy Mining and Resources (Canada)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
FM	Factory Mutual (USA)
FTIR	Fourier Transform Infrared
HSE	Health and Safety Executive (UK)
IEC	International Electrotechnical Committee
INERIS	Institut Nationale de L'Environnement Industriel et des Riscues
INIEX	Institut Nationale des Industries Extractives
IS	Intrinsically Safe
ISO	International Standard Organisation
LCIE	Laboratoire Central de Industries Electriques
LEL	Lower Explosion Limit
LIE	Limite Inferiore di Esplosività
LNG	Liquid Natural Gas
LPG	Liquid Petroleum Gas
LSE	Limite Superiore di Esplosività
LTEL	Long Term Exposure Limit
MIC	Minimum Ignition Current
MSHA	Mine Safety and Health Administration (USA)
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health
NDIR	Non Dispersive Infrared
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
PFG	Prüfstelle für Grubenbewetterung
PPB	Parti per Billione
PPM	Parti per Milione
PTB	Physikalisch – Technische Bundesanstalt
STEL	Short Term Exposure Limit
SI	Système International
TLV	Threshold Limit Value
TWA	Time Weighted Average
UEL	Upper Exposure Limit
UL	Underwriter Laboratories (USA)

Z 9. NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- 94/9/EC Apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva.
Equipment and protective system intended for use in potentially explosive atmospheres.
- EN 50014 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Principi generali.
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. General requirements.
- EN 50015 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Immersione in olio "o".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Oil immersion "o".
- EN 50016 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Apparecchi pressurizzati "p".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Pressurized apparatus "p".
- EN 50018 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Custodie antideflagranti "d".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Flameproof enclosure "d".
- EN 50019 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Sicurezza aumentata "e".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Increased safety "e".
- EN 50028 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Incapsulamento "m".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Encapsulation "m".
- EN 50039 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Sistemi a Sicurezza intrinseca "i".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Intrinsically safe electrical system "i".
- EN 60079-10 Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive. Guida alla classificazione delle aree pericolose.
Electrical apparatus for explosive atmospheres. Guide for classification of hazardous areas.
- EN 60079-2 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Apparecchi pressurizzati "p".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Pressurized apparatus "p".
- IEC 60079-6 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Immersione in olio "o".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Oil immersion "o".
- IEC 60079-7 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Sicurezza aumentata "e".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Increased safety "e".
- IEC 60079-18 Apparecchi elettrici per uso in atmosfere potenzialmente esplosive. Incapsulamento "m".
Electrical apparatus for potentially explosive atmospheres. Encapsulation "m".

- EN 61779-1 Apparecchiature elettriche per la rilevazione e la misura di gas combustibili. Parte 1 – prescrizioni generali e metodi di prova.
(Sostituisce la norma EN 50054:1998).
Electrical apparatus for the detection and measurement of flammable gases. Part 1 – General requirements and test methods.
- EN 61779-2 Apparecchiature elettriche per la rilevazione e la misura di gas combustibili. Parte 2 –prescrizioni relative alle prestazioni di apparecchiature di gruppo I che indicano una percentuale in volume di metano nell'aria fino al 5%.
(Sostituisce la norma EN 50055).
Performance requirements for group I apparatus indicating up to a volume fraction of 5% Methane in air
- EN 61779-3 Apparecchiature elettriche per la rilevazione e la misura di gas combustibili. Parte 3 –prescrizioni relative alle prestazioni di apparecchiature di gruppo I che indicano una percentuale in volume di metano nell'aria fino al 100%.
(Sostituisce la norma EN 50056).
Performance requirements for group I apparatus indicating up to a volume fraction of 100% Methane in air
- EN 61779-4 Apparecchiature elettriche per la rilevazione e la misura di gas combustibili. Parte 4 –prescrizioni relative alle prestazioni di apparecchiature di gruppo II che indicano una percentuale in volume del limite inferiore di infiammabilità fino al 100%.
(Sostituisce la norma EN 50057).
Performance requirements for group II apparatus indicating up to a volume fraction of 100% lower explosive limit.
- EN 61779-5 Apparecchiature elettriche per la rilevazione e la misura di gas combustibili. Parte 5 –prescrizioni relative alle prestazioni di apparecchiature di gruppo II che indicano una percentuale in volume di gas fino al 100%.
(Sostituisce la norma EN 50058).
Performance requirements for group II apparatus indicating up to a volume fraction of 100% Gas
- CEI 31-35 Costruzioni elettriche per atmosfere potenzialmente esplosive per la presenza di gas. Guida alla applicazione della norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30)
- 89/336/EEC Direttiva compatibilità elettromagnetica.
Electromagnetic Compatibility Directive.

Appendice 1 – Elenco sostanze infiammabili e limiti di esplosività

Composto Chimico	CAS Number	Formula	Peso Molec.	B.P. °C	Dens. Vap. Rel.	F.P. °C	Limiti di Esplosività IEC 61779				I.T. °C
							LEL %v/v	UEL %v/v	LEL mg/L	UEL mg/L	
Acido acetico	64-19-7	CH ₃ COOH	60.0	118	2.07	40	5.4	16	100	430	485
Acido cianidrico	74-90-8	HCN	27.0	26	0.90	-18	5.6	40	-	-	538
Acido solfidrico	7783-06-4	H ₂ S	34.1	-60	1.19	-	4.3	45.5	60	650	270
Acetato di butile-n	123-86-4	CH ₃ COOC ₄ H ₉	116.2	127	4.01	22	1.7	7.6	-	-	425
Acetato di etile	141-78-6	CH ₃ COOCH ₂ CH ₃	88.1	77	3.04	-4	2.1	11.5	75	420	460
Acrilato di etile	140-88-5	CH ₂ =CHCOOC ₂ H ₅	100.1	100	3.45	9	1.8	-	74	-	-
Acetato di metile	79-20-9	CH ₃ COOC H ₃	74.1	57	2.56	-10	3.1	16	95	500	475
Acrilato di metile	96-33-3	CH ₂ =CHCOOCH ₃	86.1	80	3.0	-3	2.8	25	100	895	-
Acetato di pentile		CH ₃ COOC ₅ H ₁₁	-	147	4.48	25	1.0	7.1	60	550	375
Acetone	67-64-1	(CH ₃) ₂ CO	58.1	56	2.0	-19	2.15	13	60	310	535
Acetonitrile	75-05-8	CH ₃ CN	41.3	82	1.42	5	-	4.4	16	-	523
Acetil acetone	123-54-6	CH ₃ COCH ₂ COCH ₃	100.1	140	3.5	34	1.7	-	-	-	340
Acetilene	74-86-2	CH=CH	26.0	-84	0.9	-	1.5	100	-	-	305
Acrilonitrile	107-13-1	CH ₂ =CHCN	53.1	77	1.83	-5	3	17	65	380	480
Alcool Etilico	64-17-5						Vedi Etanolo				
Alcool Isopropilico	67-63-0						Vedi Propanolo				
Aldeide Butirrica	123-72-8	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CHO	72.1	75	2.48	<-5	1.4	12.5	42	380	230
Aldeide acetica	75-07-0	CH ₃ CHO	44.1	20	1.52	-38	4	57	73	1040	140
Aldeide formica	50-00-0	HCHO	30.0	-19	1.03	-	7	73	87	910	424
Ammoniaca	7664-41-7	NH ₃	17.0	-33	0.59	-	15	28	105	200	630
Anidride acetica	108-24-7	(CH ₃ CO) ₂ O	102.1	140	3.52	54	2.7	10	-	-	334
Anilina	65-53-3	C ₆ H ₅ NH ₂	93.1	184	3.22	75	1.2	8.3	-	-	617
Benzene	71-43-2	C ₆ H ₆	78.1	80	2.7	-11	1.2	8	39	270	560
1-Bromobutano		CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ Br	-	102	4.72	<21	2.5	-	230	-	265
Bromoetano		C ₂ H ₅ Br	-	38	3.75	<-20	6.7	11.3	300	510	510
Butano	106-97-8	C ₄ H ₁₀	58.1	-1	2.05	-60	1.5	8.5	37	210	365
Butanone		C ₂ H ₅ COCH ₃	72.1	80	2.48	-1	1.8	11.5	50	350	505
Cloruro di Allile	107-05-1	CH ₂ =CHCH ₂ Cl	-	45	2.64	-20	3.2	11.2	105	360	485
Cloruro di Acetile	75-36-5	CH ₃ COCl	-	51	2.7	4	5.0	-	-	-	390
Clorobenzene	108-90-7	C ₆ H ₅ Cl	112.6	132	3.88	28	1.3	7.1	60	520	637
1-Clorobutano		CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ Cl	-	78	3.2	<0	1.8	10	65	390	460
Cloroetano		C ₂ H ₅ Cl	64.5	12	2.22	-	3.6	15.4	95	400	510
2-Cloroetano		CH ₂ ClCH ₂ OH	-	129	2.78	55	5.0	16	160	5.40	425
Cloroetilene		CH ₂ =CHCl	62.3	-14	2.15	-	3.8	29.3	95	770	470
Cloruro di Metile	74-87-3	CH ₃ Cl	50.5	-24	1.78	-	10.7	13.4	50	400	625
Cloro Metano							Vedi Cloruro di Metile				
Cloro Toluene							Vedi Cloruro di Benzile				
1-Cloropropano		C ₃ H ₇ Cl	-	37	2.7	-18	2.8	10.7	70	300	592
2-Cloropropano		(CH ₃) ₂ CHCl	-	47	2.7	-32	2.6	11.1	-	-	520
Cloruro di Benzile	100-44-7	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	-	179	4.36	60	1.2	-	55	-	585
Cloruro di Vinile	75-01-4						Vedi Cloroetilene				
Ciclobutano	287-23-0	CH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₂	56.1	13	1.93	-	1.8	-	42	-	-
Cicloesano	110-82-7	CH ₂ (CH ₂) ₄ CH ₂	84.2	81	2.9	-18	1.2	7.8	40	290	259
Cicloesano	108-93-0	CH ₂ (CH ₂) ₄ CHOH	100.2	161	3.45	68	1.2	-	-	-	300
Cicloesano	108-94-1	CH ₂ (CH ₂) ₄ CO	98.1	156	3.38	43	1.4	9.4	53	380	419
Ciclopropano	75-19-4	CH ₂ CH ₂ CH ₂	42.1	-33	1.45	-	2.4	10.4	40	185	495
Creosolo	95-48-7	CH ₃ C ₆ H ₄ OH	-	191	3.73	81	1.1	-	45	-	555
Crotonaldeide		CH ₃ CH=CHCHO	-	102	2.41	13	2.1	15.5	-	-	230
Rumene	92-82-8	C ₆ H ₅ CH(CH ₃) ₂	-	152	4.13	36	0.88	6.5	-	-	420
Decano	124-18-5	C ₁₀ H ₂₂	-	173	4.9	96	0.8	5.4	-	-	205
1,1-Diclorobenzene-orto	95-50-1	C ₆ H ₄ Cl ₂	147.0	179	5.07	66	2.2	9.2	130	750	640
1,1-Dicloroetano	107-06-2	CH ₃ CHCl ₂	99.0	57	3.42	-10	5.6	16	225	660	440
1,2-Dicloroetano		CH ₂ ClCH ₂ Cl	99.0	84	3.42	5	6.2	15.9	-	-	413
1,1-Dicloroetilene	75-35-4	CH ₂ =CCl ₂	97.0	37	3.4	-18	7.3	16	-	-	570
1,2-Dicloroetilene	540-59-0	ClCH=CHCl	97.0	33	3.55	-10	9.7	12.8	220	650	440
1,2-Dicloropropano		CH ₃ CHClCH ₂ Cl	113.0	96	3.9	15	3.4	14.5	160	690	555
Diethylammina	109-89-7	(C ₂ H ₅) ₂ NH	45.1	56	2.53	<-20	1.7	10.1	50	305	310
Dimetilammina	124-40-3	(CH ₃) ₂ NH	45.1	7	1.55	-	2.8	14.4	52	270	400

Peso molec. : Peso Molecolare
B.P. : Boiling Point/ Temperatura di ebollizione
Dens.Vap.Rel. : Densità vapore relativa (aria = 1)

I.T. : Ignition Temperature/ Temperatura di Infiammabilità
F.P. : Flash Point

Appendice 1 – Elenco sostanze infiammabili e limiti di esplosività

Composto Chimico	CAS Number	Formula	Peso Molec.	B.P. °C	Dens. Vap. Rel.	F.P. °C	Limiti di Esplosività IEC 61779				I.T. °C
							LEL %v/v	UEL %v/v	LEL mg/L	UEL mg/L	
Dimetilalanilina	121-69-7	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₂ NH ₂	121.2	194	4.17	63	1.2	7.0	60	350	370
Dimetilformammide	68-12-2	HCON(CH ₃) ₂	73.1	152	2.51	58	2.2	15.2	-	-	440
1,2-Dicloroetilene	540-59-0	ClCH=CHCl	97.0	33	3.55	-10	9.7	12.8	220	650	440
1,2-Dicloropropano		CH ₃ CHClCH ₂ Cl	113.0	96	3.9	15	3.4	14.5	160	690	555
Dietilammina	109-89-7	(C ₂ H ₅) ₂ NH	45.1	56	2.53	<-20	1.7	10.1	50	305	310
Dimetilammina	124-40-3	(CH ₃) ₂ NH	45.1	7	1.55	-	2.8	14.4	52	270	400
Dimetilalanilina	121-69-7	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₂ NH ₂	121.2	194	4.17	63	1.2	7.0	60	350	370
Dimetilformammide	68-12-2	HCON(CH ₃) ₂	73.1	152	2.51	58	2.2	15.2	-	-	440
1,4-Diossano	123-91-1	OCH ₂ CH ₂ OCH ₂ CH ₂	88.1	101	3.03	11	1.9	22.5	70	820	379
Eptano	142-82-5	C ₇ H ₁₆	100.2	98	3.46	-4	1.1	6.7	46	280	215
Esano	110-54-3	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH ₃	86.2	69	2.97	-21	1.2	7.4	42	265	233
Etano	74-84-0	CH ₃ CH ₃	30.1	-87	1.04	-	3.0	15.5	37	195	515
Etanolo		C ₂ H ₅ OH	46.1	78	1.59	12	3.3	19	67	290	425
Etere Butilico	142-96-1	(C ₄ H ₉) ₂ O	130.2	141	4.48	25	1.5	7.6	48	460	185
Etere Etilico	60-29-7	(C ₂ H ₅) ₂ O	74.1	34	2.55	<-20	1.7	36	50	1100	170
Etere Isopropilico	108-20-3	(CH ₃) ₂ CH ₂ O	-	69	3.52	-28	1.4	21	-	-	416
Etere metilico	115-10-6	(CH ₃) ₂ O	46.1	-25	1.59	-	3.7	27.0	38	520	-
Etioletano		C ₂ H ₅ SH	62.1	35	2.11	-20	2.8	18	70	460	295
Etil Benzene	100-41-4	C ₂ H ₅ C ₆ H ₅	106.2	135	3.66	15	1.0	6.7	44	-	431
Etil Ciclobutano		C ₂ H ₅ CHCH ₂ CH ₂ CH ₂	84.2	-	2.0	<-16	1.2	7.7	-	-	210
Etil Cicloesano		C ₂ H ₅ CH(CH ₂) ₄ CH ₂	112.2	131	3.87	14	0.9	6.6	-	-	262
Etil Ciclopentano	640-89-7	C ₂ H ₅ CH(CH ₂) ₃ CH ₂	98.2	103	3.4	1	1.1	6.7	-	-	260
Etilene	74-85-1	CH ₂ =CH ₂	28.1	-104	0.97	-	2.7	34	31	390	425
Etil Metil Etere		CH ₃ OC ₂ H ₅	-	8	2.09	-	2.0	10.1	49	255	190
Idrogeno	1333-74-0	H ₂	2.0	-253	0.07	-	4.0	75.6	3.3	64	560
Iso-cloropropano							Vedi 2-Cloropropano				
Kerosene	8008-20-6	Miscela	-	150	-	38	0.7	5	-	-	210
Metano	74-82-8	CH ₄	16	-161	0.55	-	5	15	-	-	595
Metanolo		CH ₃ OH	32.0	65	1.11	11	6.7	36	73	350	455
2-Metossietanolo		CH ₃ OCH ₂ CH ₂ OH	76.1	124	2.63	39	2.5	14	80	630	285
Metil Acetilene		CH ₃ C=CH	40.1	-23	1.4	-	1.7	-	-	-	-
Metil Cicloesano	108-87-2	CH ₃ CH(CH ₂) ₄ CH ₂	98.2	101	3.38	-4	1.15	6.7	45	-	260
Metilammina	74-89-5	CH ₃ NH ₂	31.1	-6	1.07	-	5	20.7	60	2.70	430
2-Metil Pentano	107-83-5	C ₃ H ₇ CH(CH ₃)C ₂ H ₅	86.2	-	2.97	<-20	1.2	-	-	-	-
Nafta		Miscela	-	35	2.5	-6	0.9	6	-	-	290
Naftalina	91-20-3	C ₁₀ H ₈	-	218	4.42	77	0.9	5.9	45	320	528
Nitrato di Isopropile		(CH ₃) ₂ CHONO ₂	-	105	-	20	2	100	-	-	175
Nitrobenzene	98-95-3	C ₂ H ₅ NO ₂	123.1	211	4.25	88	1.8	-	90	-	480
Nonano	111-84-2	C ₉ H ₂₀	128.3	151	4.43	30	0.8	5.6	37	300	205
Ossido di Carbonio	630-08-0	CO	28.0	-191	0.97	-	12.5	74.2	145	870	605
Ossido di etilene	75-21-8	CH ₂ CH ₂ O	44.0	11	1.52	-	3.7	100	55	1820	440
Ottano	111-65-9	CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	114.2	126	3.93	13	1.0	3.2	-	-	210
Pentano	109-66-0	C ₅ H ₁₂	72.2	36	2.48	<-20	1.4	8.0	41	240	285
Pentacolo		C ₅ H ₁₁ OH	-	138	3.04	34	1.2	10.5	44	380	300
Piridina	110-86-1	Miscela	79.1	115	2.73	17	1.8	12.0	56	350	550
Propano	74-98-6	C ₃ H ₈	44.1	-42	1.56	-	2.0	9.5	39	180	4.70
Propanolo		(CH ₃) ₂ CHOH	60.1	83	2.07	12	2.0	12	-	-	425
Propene		CH ₂ =CHCH ₃	42.1	-48	1.5	-	2.0	11.7	35	210	455
Solfuro di carbonio	75-15-0	CS ₂	76.1	46	2.64	-20	1.0	60	30	1900	102
Stirene	100-42-5	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	104.2	145	3.6	30	1.1	8.0	45	350	490
Tetraidrofurano	109-99-9	CH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₂ O	72.1	64	2.49	-17	2.0	11.8	46	360	224
Toluene	108-88-3	C ₆ H ₅ CH ₃	92.1	111	3.18	6	1.2	7	46	270	535
Trementina	8006-64-2	Miscela	-	149	-	35	0.8	-	-	-	254
Trietilammina	121-44-8	(C ₂ H ₅) ₃ N	101.2	89	3.5	-	1.2	8	50	340	-
Trimetilammina		(CH ₃) ₃ N	59.1	3	2.04	-	2.0	11.6	49	285	190
1, 3, 5 – triossano		OCH ₂ OCH ₂ OCH ₂	90.1	115	3.11	45	3.6	29	135	1110	410
Cilene	95-47-6	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106.2	144	3.66	30	1.0	6.7	44	335	464

Peso molec. : Peso Molecolare
B.P. : Boiling Point/Temperatura di ebollizione
Dens.Vap.Rel. : Densità vapore relativa (aria = 1)

I.T. : Ignition Temperature/Temperatura di Infiammabilità
F.P. : Flash Point

Appendice 2 – Elenco sostanze tossiche e limiti di esposizione

No.	Composto Chimico	CAS Number	Formula	Peso Molec.	TLV TWA	1 ppm = 1 mg/m ³	1 mg/m ³ = 1 ppm
1	Acetaldeide	75-07-0	CH ₃ CHO	44,1	25	1,84	0,54
2	Acido Acetico	64-19-7	CH ₃ COOH	60,1	10	2,50	0,40
3	Acetato di etile	141-78-6	CH ₃ COOC ₂ H ₅	88,1	400	3,67	0,27
4	Acetato di Metile	79-20-9	CH ₃ COOCH ₃	74,1	200	3,09	0,32
5	Acetato di Vinile	108-05-4	CH ₃ COOCH=CH ₂	86,1	10	3,59	0,28
6	Acetone	67-64-1	CH ₃ COCH ₃	58,1	500	2,42	0,41
7	Acetonitrile	75-05-8	CH ₃ CN	41,1	40	1,71	0,58
8	Acetilene	74-86-2	C ₂ H ₂	26,0	2500	1,08	0,92
9	Acroleina	107-02-8	CH ₂ =CHCHO	56,1	0,1	2,34	0,43
10	Acido Acrilico	79-10-7	CH ₂ =CHCOOH	72,1	2	3,00	0,33
11	Acido Bromidrico	10035-10-6	HBr	80,9	3	3,37	0,30
12	Acido Cloridrico	7647-01-0	HCl	36,5	5	1,52	0,66
13	Acido Cianidrico	74-90-8	HCN	27,0	4,7	1,13	0,89
14	Acido Fluoridrico	7664-39-3	HF	20,0	3	0,83	1,20
15	Acido Formico	64-18-6	HCOOH	46,0	5	1,92	0,52
16	Acido Metacrilico	79-41-4	CH ₂ =C(CH ₃)COOH	86,1	20	3,59	0,28
17	Acido Nitrico	7697-37-2	HNO ₃	63,0	2	2,63	0,38
18	Acido Selenidrico	05-07-7783	H ₂ Se	81,0	0,05	3,38	0,30
19	Acqua Ossigenata	7722-84-1	H ₂ O ₂	34,0	1	1,42	0,71
20	Acrilato di Etile	140-88-5	CH ₂ =CHCOOC ₂ H ₅	100,1	5	4,17	0,24
21	Acrilato di metile	96-33-3	CH ₂ =CHCOOCH ₃	86,1	2	3,59	0,28
22	Acrilonitrile	107-13-1	CH ₂ =CHCN	53,1	2	2,21	0,45
23	Alcool Allilico	107-18-6	CH ₂ =CHCH ₂ OH	58,1	2	2,42	0,41
25	Ammoniaca	7664-41-7	NH ₃	17,0	25	0,71	1,41
26	Anidride carbonica	124-38-9	CO ₂	44,0	5000	1,83	0,55
27	Anidride solforosa	05-09-7446	SO ₂	64,1	2	2,67	0,37
28	Arsina	7784-42-1	AsH ₃	77,9	0,05	3,25	0,31
29	Benzene	71-43-2	C ₆ H ₆	78,1	1	3,25	0,31
30	Boron tribromide	10294-33-4	BBr ₃	250,5	1	10,44	0,10
31	Bromo	7726-95-6	Br ₂	159,8	0,1	6,66	0,15
32	Bromometano	74-83-9	CH ₃ Br	94,9	5	3,95	0,25
33	Biossido di Azoto	10102-44-0	NO ₂	46,0	3	1,92	0,52
34	Biossido di Cloro	10049-04-4	ClO ₂	67,5	0,1	2,81	0,36
35	1.3-Butadiene	106-99-0	CH ₂ =CH-CH=CH ₂	54,1	2	2,25	0,44
36	i-Butano	75-28-5	(CH ₃) ₃ CH	58,1	800	2,42	0,41
37	n-Butano	106-97-8	C ₄ H ₁₀	58,1	800	2,42	0,41
38	2-Butanolo	78-92-2	C ₂ H ₅ CH(OH)CH ₃	74,1	100	3,09	0,32
39	i-Butanolo	78-83-1	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	74,1	50	3,09	0,32
40	n-Butanolo	71-36-3	C ₄ H ₉ OH	74,1	50	3,09	0,32
41	tert-Butanolo	75-65-0	(CH ₃) ₃ COH	74,1	100	3,09	0,32
42	2-Butil acetato	105-46-4	CH ₃ COOCH(CH ₃)C ₂ H ₅	116,2	200	4,84	0,21
43	i-Butil acetato	110-19-0	CH ₃ COOCH ₂ CH(CH ₃) ₂	116,2	150	4,84	0,21
44	n-Butil acetato	123-86-4	CH ₃ COOC ₄ H ₉	116,2	150	4,84	0,21
45	tert-Butil acetato	540-88-5	CH ₃ COOC(CH ₃) ₃	116,2	200	4,84	0,21
46	n-Butil acrilato	141-32-2	CH ₂ =CHCOOC ₄ H ₉	128,2	10	5,34	0,19
47	n-Butilammina	109-73-9	C ₄ H ₉ NH ₂	73,1	5	3,05	0,33
48	n-Butil mercaptane	109-79-5	C ₄ H ₉ SH	90,2	0,5	3,76	0,27
49	Cloro	7782-50-5	Cl ₂	70,9	0,5	2,95	0,34
50	Cloroacetaldeide	107-20-0	CH ₂ ClCHO	78,5	1	3,27	0,31
51	Clorobenzene	108-90-7	C ₆ H ₅ Cl	112,6	10	4,69	0,21

Appendice 2 – Elenco sostanze tossiche e limiti di esposizione

No.	Composto Chimico	CAS Number	Formula	Peso Molec.	TLV TWA	1 ppm = 1 mg/m ³	1 mg/m ³ = 1 ppm
52	Clorometano	74-87-3	CH ₃ Cl	50,5	50	2,10	0,48
53	Rumene	98-82-8	C ₆ H ₅ CH(CH ₃) ₂	120,2	50	5,01	0,20
54	Cicloesano	110-82-7	(CH ₂) ₆	84,2	300	3,51	0,29
55	Cicloesanololo	108-93-0	(CH ₂) ₅ CHOH	100,2	50	4,18	0,24
56	Cicloesanone	108-94-1	(CH ₂) ₅ CO	98,1	25	4,09	0,24
57	Cicloesene	110-83-8	C ₆ H ₁₀	82,1	300	3,42	0,29
58	Cicloesilammina	108-91-8	(CH ₂) ₅ CHNH ₂	99,2	10	4,13	0,24
59	Ciclopentano	287-92-3	(CH ₂) ₅	70,1	600	2,92	0,34
60	Cloruro di Allile	107-05-1	CH ₂ =CHCH ₂ Cl	76,5	1	3,19	0,31
61	Cloruro di tionile	07-09-7719	SOCl ₂	119,0	1	4,96	0,20
62	Cloruro di Vinile	75-01-4	CH ₂ =CHCl	62,5	5	2,60	0,38
63	Diborano	19287-45-7	B ₂ H ₆	27,7	0,1	1,15	0,87
64	1.1-Dicloroetano	75-34-3	CH ₃ CHCl ₂	99,0	100	4,13	0,24
65	1.2-Dicloroetano	107-06-2	ClCH ₂ CH ₂ Cl	99,0	10	4,13	0,24
66	1.1-Dicloroetilene	75-35-4	CH ₂ =CCl ₂	96,9	5	4,04	0,25
67	1.2-Dicloroetilene	540-59-0	CHCl=CHCl	96,9	200	4,04	0,25
68	Diclorometano	75-09-2	CH ₂ Cl ₂	84,9	50	3,54	0,28
69	1.2-Dicloropropano	78-87-5	CH ₂ ClCHClCH ₃	113,0	75	4,71	0,21
70	Dietilammina	109-89-7	(C ₂ H ₅) ₂ NH	73,1	5	3,05	0,33
71	N.N-Dietiletanolammina	100-37-8	(C ₂ H ₅) ₂ NC ₂ H ₄ OH	117,2	2	4,88	0,20
72	Dietil etere	60-29-7	(C ₂ H ₅) ₂ O	74,1	400	3,09	0,32
73	Dietil ketone	96-22-0	(C ₂ H ₅) ₂ CO	86,1	200	3,59	0,28
74	1.1-Dimetossimetano	109-87-5	CH ₂ (OCH ₃) ₂	76,1	1000	3,17	0,32
75	N.N-Dimetil acetamide	127-19-5	(CH ₃) ₂ NCOCH ₃	87,1	10	3,63	0,28
76	Dimetil ammina	124-40-3	(CH ₃) ₂ NH	45,1	5	1,88	0,53
77	Dimetil formammide	68-12-2	HCON(CH ₃) ₂	73,1	10	3,05	0,33
78	1.4-Diossano	123-91-1	(CH ₂) ₄ O ₂	88,1	25	3,67	0,27
79	Di-i-propilammina	108-18-9	((CH ₃) ₂ CH) ₂ NH	101,2	5	4,22	0,24
80	Di-i-propil etere	108-20-3	(CH ₃) ₂ CHOCH(CH ₃) ₂	102,2	250	4,26	0,23
81	Epicloridrina	106-89-8	CH ₂ ClCHCH ₂ O	92,5	2	3,85	0,26
82	n-Esano	110-54-3	C ₆ H ₁₄	86,2	50	3,59	0,28
83	2-Esanone		CH ₃ COC ₄ H ₉	100,2	5	4,18	0,24
84	n-Etano	142-82-5	C ₇ H ₁₆	100,2	400	4,18	0,24
85	Etanolo	64-17-5	C ₂ H ₅ OH	46,1	1000	1,92	0,52
86	Etilammina	75-04-7	C ₂ H ₅ NH ₂	45,1	5	1,88	0,53
87	Etil benzene	100-41-4	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	106,2	100	4,43	0,23
88	Etil cloruro	75-00-3	C ₂ H ₅ Cl	64,5	100	2,69	0,37
89	Etilene diammina	107-15-3	NH ₂ -C ₂ H ₄ -NH ₂	60,1	10	2,50	0,40
90	Etil glicole	110-80-5	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₄ OH	90,1	5	3,75	0,27
91	Etil glicole acetato	111-15-9	CH ₃ COOC ₂ H ₄ OC ₂ H ₅	132,2	5	5,51	0,18
92	Etil mercaptano	75-08-1	C ₂ H ₅ SH	62,1	0,5	2,59	0,39
93	Fluoro	7782-41-4	F ₂	38,0	0,1	1,58	0,63
94	Formaldeide	50-00-0	HCHO	30,0	0,3	1,25	0,80
95	Fosgene	75-44-5	COCl ₂	98,9	0,1	4,12	0,24
96	Fosfina	7803-51-2	PH ₃	34,0	0,3	1,42	0,71
97	Formiato di Metile	107-31-3	HCOOCH ₃	60,1	100	2,50	0,40
98	Idrazina	302-01-2	H ₂ N-NH ₂	32,0	0,01	1,33	0,75
99	Idrogeno Solfurato	04-06-7783	H ₂ S	34,1	10	1,42	0,70
100	Metanolo	67-56-1	CH ₃ OH	32,0	200	1,33	0,75
101	1-Metossi-2-propanolo	107-98-2	CH ₃ OCH ₂ CH(OH)CH ₃	90,1	100	3,75	0,27

Appendice 2 – Elenco sostanze tossiche e limiti di esposizione

No.	Composto Chimico	CAS Number	Formula	Peso Molec.	TLV TWA	1 ppm = 1 mg/m ³	1 mg/m ³ = 1 ppm
102	Metil Ammina	74-89-5	CH ₃ NH ₂	31,1	5	1,30	0,77
103	Metil-tert-butil etere	1634-04-4	CH ₃ OC(CH ₃) ₃	88,2	40	3,68	0,27
104	Metil-i-butilketone	108-10-1	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ COCH ₃	100,2	50	4,18	0,24
105	Metil cicloesano	108-87-2	(CH ₂) ₅ CHCH ₃	98,2	400	4,09	0,24
106	Metil etil ketone	78-93-3	CH ₃ COC ₂ H ₅	72,1	200	3,00	0,33
107	Metil Glicole	109-86-4	CH ₃ OC ₂ H ₄ OH	76,1	5	3,17	0,32
108	5-Metil-2-esanone	110-12-3	CH ₃ COCH ₂ CH ₂ CH(CH ₃) ₂	114,2	50	4,76	0,21
109	Metilmercaptano	74-93-1	CH ₃ SH	48,1	0,5	2,00	0,50
110	Metil Metacrilato	80-62-6	CH ₂ =C(CH ₃)COOCH ₃	100,1	100	4,17	0,24
111	2-Metil pentano	107-83-5	CH ₃ CH(CH ₃)C ₃ H ₇	86,2	100	3,59	0,28
112	Metil propil ketone	107-87-9	CH ₃ COC ₃ H ₇	86,1	200	3,59	0,28
113	Metil silano	992-94-9	SiH ₃ CH ₃	46,1	5	1,92	0,52
114	a-Metil stirene	98-83-9	C ₆ H ₅ C(CH ₃)=CH ₂	118,2	50	4,93	0,20
115	Morfolina	110-91-8	(CH ₂) ₄ ONH	87,1	20	3,63	0,28
116	2-Nitro propano	79-46-9	(CH ₃) ₂ CHNO ₂	89,1	10	3,71	0,27
117	n-Nonano	111-84-2	C ₉ H ₂₀	128,3	200	5,35	0,19
118	n-Ottano	111-65-9	C ₈ H ₁₈	114,2	300	4,76	0,21
119	Ozono	10028-15-6	O ₃	48,0	0,1	2,00	0,50
120	Ossido di Azoto	10102-43-9	NO	30,0	25	1,25	0,80
121	Ossido di Carbonio	630-08-0	CO	28,0	25	1,17	0,86
122	Ossido di etilene	75-21-8	C ₂ H ₄ O	44,1	1	1,84	0,54
123	Ossido di Propilene	75-56-9	CH ₃ CHCH ₂ O	58,1	20*	2,42	0,41
124	n-Pentano	109-66-0	C ₅ H ₁₂	72,2	600	3,01	0,33
125	i-Propanolo	67-63-0	(CH ₃) ₂ CHOH	60,1	400	2,50	0,40
126	n-Propanolo	71-23-8	C ₃ H ₇ OH	60,1	200	2,50	0,40
127	i-Propoxy ethanol	109-59-1	(CH ₃) ₂ CHOC ₂ H ₄ OH	104,2	25	4,34	0,23
128	i-Propilacetato	108-21-4	CH ₃ COOCH(CH ₃) ₂	102,1	250	4,25	0,24
129	n-Propilacetato	109-60-4	CH ₃ COOC ₃ H ₇	102,1	200	4,25	0,24
130	i-Propil ammina	75-31-0	(CH ₃) ₂ CHNH ₂	59,1	5	2,46	0,41
131	i-Propilmetilketone	563-80-4	CH ₃ COCH(CH ₃) ₂	86,1	200	3,59	0,28
132	Piridina	110-86-1	C ₅ H ₅ N	79,1	5	3,30	0,30
133	Silano	7803-62-5	SiH ₄	32,1	5	1,34	0,75
134	Stibina	7803-52-3	SbH ₃	124,8	0,1	5,20	0,19
135	Stirene	100-42-5	C ₆ H ₅ CH=CH ₂	104,2	20	4,34	0,23
136	Tetraetil ortosilicato	78-10-4	(C ₂ H ₅ O) ₄ Si	208,3	10	8,68	0,12
137	Tetracloruro di fosforile	10025-87-3	POCl ₃	153,3	0,1	6,39	0,16
138	Tetracloruro di fosforo	02-12-7719	PCl ₃	137,3	0,2	5,72	0,17
139	Tetrafluoruro di Azoto	7783-54-2	NF ₃	71,0	10	2,96	0,34
140	Tetraidrofurano	109-99-9	(CH ₂) ₄ O	72,1	200	3,00	0,33
141	Toluene	108-88-3	C ₆ H ₅ CH ₃	92,1	50	3,84	0,26
142	1.1.1-Tricloro etano	71-55-6	CH ₃ CCl ₃	133,4	350	5,56	0,18
143	Trietil ammina	121-44-8	(C ₂ H ₅) ₃ N	101,2	1	4,22	0,24
144	Trifluoruro di Boro	02-07-7637	BF ₃	67,8	1	2,83	0,35
145	Trifluoruro di Cloro	7790-91-2	ClF ₃	92,5	0,1	3,85	0,26
146	Trimetil ammina	75-50-3	(CH ₃) ₃ N	59,1	5	2,46	0,41
147	1.3.5-Trimetilbenzene	108-67-8	C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	120,2	25	5,01	0,20
148	Trimetil silano	993-07-7	SiH(CH ₃) ₃	74,2	5	3,09	0,32
149	Vinilfluoruro	75-02-5	CH ₂ =CHF	46,0	1	1,92	0,52
150	m-Xylene	108-38-3	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106,2	100	4,43	0,23
151	o-Xylene	95-47-6	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106,2	100	4,43	0,23
152	p-Xylene	106-42-3	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106,2	100	4,43	0,23

 **I PRODOTTI ZELLWEGER ANALYTICS****SENSEPOINT** **sieger**

Sensori modello **Sensepoint** per la rilevazione di gas esplosivi e tossici, studiati per rendere l'installazione e la manutenzione semplici. Costruiti in materiale plastico ed in acciaio sono particolarmente idonei per installazioni in aree industriali particolarmente gravose.

- * Rilevatori a cella catalitica ed elettrochimica
- * Certificati per area pericolosa ATEX, UL e CSA
- * Temperature di funzionamento da -40°C a +150°C

**SIGNALPOINT** **sieger**

Sensori modello **Signalpoint** per la rilevazione di gas esplosivi e tossici, costruiti per rendere l'installazione e la manutenzione estremamente semplici. Costruiti in materiale plastico sono particolarmente idonei per installazioni all'interno.

- * Rilevatori a cella catalitica ed elettrochimica
- * Facile manutenzione
- * Idonei per area sicura

**APEX** **sieger**

Tipicamente utilizzato per installazioni in impianti chimici e petrolchimici e sulle piattaforme, il trasmettitore modello **APEX** è idoneo alla rilevazione di un vasto numero di sostanze esplosive e tossiche. Costruito in acciaio inossidabile è particolarmente idoneo per installazioni particolarmente critiche associando caratteristiche tecniche e performance di primo ordine ad un prezzo competitivo.

- * Oltre 40 gas tossici rilevabili
- * Corpo in AISI 316 con ampio display per la visualizzazione delle informazioni
- * Sostituzione delle celle di misura con strumento in tensione
- * Certificati per area pericolosa ATEX, UL e CSA

**OPUS** **sieger**

Costruito in robusto materiale termoplastico, il rilevatore modello **OPUS** è idoneo per applicazioni in aree sicure in tutti i settori industriali. Dotato di un grande display LCD, è idoneo per la rilevazione di gas esplosivi e di oltre 40 gas tossici.

- * Semplice installazione con staffe incorporate.
- * Grado di protezione IP65
- * Facile sostituzione delle celle di misura con nuove celle preparate.

**SENSEPOINT PLUS** **zareba**

Costruito in alluminio, il rilevatore modello **Sensepoint Plus** è particolarmente adatto per installazioni in aree pericolose per la rilevazione di sostanze tossiche ed esplosive. L'uscita analogica 4-20 mA permette il collegamento ad un vasta gamma di dispositivi di controllo.

- * Semplice da installare, usare e manutenzionare
- * Basso costo di acquisto e di gestione
- * Completo di tutti gli accessori per montaggio ed utilizzo
- * Certificati per area pericolosa ATEX, UL e CSA

**SENSEPOINT PRO****Z zareba**

Costruito in alluminio, il rilevatore modello **Sensepoint Pro** è particolarmente adatto per installazioni in aree pericolose per la rilevazione di sostanze tossiche ed esplosive. Dotato di uscita 4-20 mA e di display sul fronte del trasmettitore, consente la verifica del sensore con un uomo solo senza permessi a fuoco.

- * Trasmettitore "One man calibration"
- * Ampio display frontale
- * Certificati per area pericolosa ATEX, UL e CSA

**SEARCHPOINT OPTIMA PLUS****Z sieger**

Costruito per l'utilizzo in atmosfere potenzialmente esplosive in ambienti particolarmente aggressivi, il rilevatore **Searchpoint Optima Plus** è l'ideale dove velocità di risposta, ridotta manutenzione e prestazioni "fail safe" (segnala quando non sta funzionando correttamente) sono essenziali. Applicazioni tipiche del rilevatore sono le piattaforme, gli impianti chimici e petrolchimici e i terminali petroliferi.

- * Semplice da installare, usare e manutenzionare
- * Autocalibrante
- * Completo di tutti gli accessori per montaggio ed utilizzo
- * Certificati per area pericolosa ATEX, UL e CSA

**SEARCHLINE EXCEL****Z sieger**

Sensore con tecnologia all'infrarosso a raggio aperto modello **Searchline Excel** adatto al monitoraggio di ampie aree quali parchi serbatoi, piattaforme e condotte, dove si rende necessario confinare le aree con un monitoraggio di gas. Costruito anche per monitorare aree quali HVAC e condotte di ventilazione, dove sono richiesti tempi di risposta estremamente veloci.

- * Ottime prestazioni anche in caso di condizioni meteo avverse (nebbia, pioggia, neve)
- * Non risente degli effetti della luce solare
- * Tempo di risposta estremamente rapido
- * Funzionamento "Fail Safe"
- * Può operare fino a distanze di 200 metri

**SEARCHFLAME 16****Z sieger**

Searchflame 16 è una linea di rilevatori di fiamma idonei all'utilizzo in aree particolarmente aggressive e certificate. Il rilevatore è in grado di rilevare fiamme generate da idrocarburi e non-idrocarburi.

- * Principi di misura: UV & UV/IR
- * Cono di visuale: 120°
- * Controllo della funzionalità dell'ottica integrato

**TOUCHPOINT 1****Z zareba**

Disegnata per l'utilizzo in ambienti industriali, la centralina di **Touchpoint 1** permette il collegamento di sensori per la rilevazione di gas tossici o esplosivi.

- * Centralina Stand-alone monocanale.
- * Massima flessibilità di configurazione
- * Uscita analogica e relè configurabili.
- * facile da installare, usare e manutenzionare



TOUCHPOINT 4

Z zareba

Disegnata per l'utilizzo in ambienti industriali, la centralina di **Touchpoint 4** permette il collegamento di sensori per la rilevazione di gas tossici o esplosivi. La centralina è configurabile per accettare fino ad un massimo di 4 sensori catalitici e/o elettrochimici.

- * Centralina Stand-alone a 4 canali
- * Massima flessibilità di configurazione
- * Uscita analogica e relè configurabili.
- * Registrazione degli eventi integrata



SYSTEM 57

Z sieger

La centralina di controllo modello **System 57** è un sistema modulare che permette il controllo e la gestione di sensori di gas e fire. Disponibile in versioni a rack e all'interno di armadi, permette la massima versatilità di utilizzo in sistemi integrati anche di elevata complessità.

- * Schede di controllo monocanale o multicanali
- * Schede con display alfanumerico per la visualizzazione dei dati rilevati
- * Uscite relè e analogiche configurabili, RS 485/422/232
- * Sensori Fire & Gas collegabili



SPM

Z mda scientific

Il rilevatore modello **SPM**, assicura la rilevazione di gas altamente tossici a livello di ppm e ppb con elevati standard di precisione e accuratezza, evitando noiosi e spiacevoli fenomeni di interferenze esterne causate da altre sostanze e/o condizioni ambientali sfavorevoli.

- * Tecnologia a chemcassette™
- * Elevato numero di sostanze tossiche rilevabili
- * In esecuzione fissa e portatile



MIDAS

Z mda scientific

Il trasmettitore **MIDAS** è idealmente in grado di misurare tutti i gas tossici ed esplosivi presenti in impianti di produzione e di stoccaggio. Lo strumento è un trasmettitore universale utilizzabile nei più avanzati sistemi di controllo.

- * Basso costo di acquisto
- * Diagnostica del sensore avanzata
- * Di facile installazione e con minima manutenzione
- * Protocollo di comunicazione Ethernet



CM4

Z mda scientific

Il gas monitor modello **CM4** permette il monitoraggio di gas tossici a livello di ppb e ppm su 4 linee di prelievo separate. I punti di misura sono monitorati in continuo con tempi di risposta a livello di secondi.

- * Non necessita di calibrazione con gas
- * Disponibile per oltre 25 gas tra i quali Ammoniaca, Idruri, Acidi minerali, Fosgene.
- * Tecnologia a chemcassette™



VERTEX

 **mda scientific**

Il gas monitor modello **Vertex** è un sistema estremamente flessibile e adattabile alle varie esigenze di monitoraggio. Utilizzando la ormai famosa tecnologia a chemcassette™ associata ad un ottica di comprovata affidabilità, il Vertex può monitorare da 8 a 72 punti di misura e più di 40 gas.

- * Punto di prelievo fino a 120 metri dal gas monitor
- * Fino a 72 punti di rilevazione
- * Più di 40 gas rilevabili
- * Tecnologia a chemcassette™



IMPULSE XT

 **neotronics**

Rilevatore di gas portatile monogas modello **Impulse XT**.

- * Massima affidabilità e semplicità di utilizzo
- * Due anni di funzionamento in continuo; non necessita calibrazioni e manutenzione
- * Display con retroilluminazione
- * Indicazione di cella in esaurimento e stato di carica batteria
- * Disponibile per H₂S, CO e O₂



IMPULSE XP

 **neotronics**

Rilevatore di gas portatile monogas modello **Impulse XP**.

- * Disponibile per H₂S, CO, O₂, SO₂, Cl₂, HCN, NO₂, NH₃ e H₂
- * Due anni di funzionamento in continuo; non necessita calibrazioni e manutenzione
- * Display con retroilluminazione e ampia visualizzazione dei dati rilevati
- * Indicazione di cella in esaurimento e stato di carica batteria
- * Settaggio livelli di allarme configurabile



IMPULSE X4

 **neotronics**

Rilevatore di gas portatile multigas modello **Impulse X4**.

- * Massima affidabilità e semplicità di utilizzo
- * Rilevatore portatile, può monitorare da 1 a 4 gas simultaneamente tossici ed esplosivi
- * Display con retroilluminazione
- * Data logger interno di tipo Memory card
- * Piccolo e leggero, semplice e conveniente da trasportare o indossare
- * Fornito completo di tutti gli accessori per un immediato utilizzo
- * Disponibile per H₂S, CO, O₂ e Infiammabili



IMPACT - IMPACT PRO

 **neotronics**

Rilevatore di gas portatile multigas modello **Impact e Impact Pro**

- * Massima affidabilità e semplicità di utilizzo
- * Costruito per monitorare fino a 4 gas simultaneamente sia tossici che esplosivi
- * Display con retroilluminazione
- * Fornito con celle precalibrate, può essere tarato in due minuti usando L'Enforcer
- * Vasto assortimento di accessori quali pompa manuale/elettrica, sonde di prolunga
- * Vasta gamma di gas tossici rilevabili



ZENTER EUROPE

Willstrasse 11
CH-8610 Uster
Switzerland
Tel : +41 1 943 4300
Fax : +41 1 943 4396
sales@zelana.co.uk



ZENTER AMERICAS

Zellweger Analytics Distribution Inc.
400 Sawgrass Corporate Pkwy
Suite 100- Sunrise, FL 33325
Tel : +1 954 514 2700
Fax : +1 954 514 2784
Sales@zelana.com



SWITZERLAND-HEADQUARTERS

Tel : +41 1 943 2211
Email : info@zelana.com



ITALY

Tel : +39 02 9959199
Email : zaitaly@zelana.com



ASIA PACIFIC

Tel : +65 6862 7701
Email : zalasia@singnet.com.sg



MIDDLE EAST

Tel : +971 4 3458 338
Email : zelana@emirates.net.ae



BELGIUM

Tel : +32 (0)70 22 30 24
Email : za.be@zelana.com



NETHERLANDS

Tel : +31 (0)355 435646
email : zabl@zelana.com



FRANCE

Tel : +33 1 60 95 45 46



SPAIN

Tel : +34 93 379 9611
Email : zelana@jet.es



GERMANY

Tel : +49 89 791 920
Email : vertriebscenter@zelana.com



UK

Tel : +44 (0) 1202 676161
Email : sales@zelana.co.uk

Versione: V2-032005
Preparato da: Massimo Cavazza