

Titolo XI

PROTEZIONE DALLA ATMOSFERE ESPLOSIVE





Un'**atmosfera esplosiva** è una miscela di aria con sostanze infiammabili, quali gas, vapori, nebbie o polveri, in cui, in presenza di una sorgente di innesco, si può verificare una combustione propagandosi rapidamente e coinvolgendo tutta la miscela disponibile.

Componenti essenziali di un'atmosfera esplosiva

Perché si possa formare un'atmosfera esplosiva, sono necessari tre elementi fondamentali:

1. Sostanza combustibile:

- Si tratta di materiali che possono bruciare rapidamente. Può essere un gas (ad esempio idrogeno, metano), un vapore (ad esempio solventi come acetone), una polvere (ad esempio polveri di metalli, zucchero, farine) o una nebbia di liquidi infiammabili.

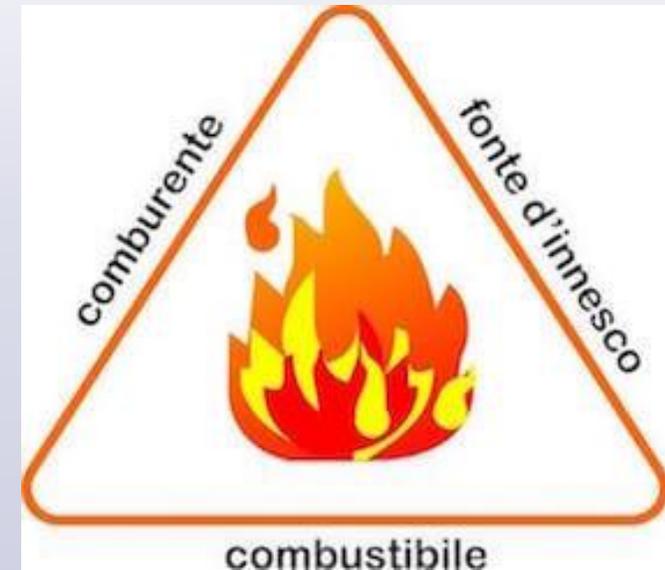
2. Ossigeno (solitamente presente nell'aria):

- È indispensabile per sostenere la combustione. Una concentrazione d'ossigeno al di sotto del 10-12% in volume spesso impedisce l'esplosione.

3. Sorgente di innesco:

- Qualsiasi forma di energia capace di accendere la miscela. Le principali fonti di innesco includono scintille (elettriche o meccaniche), superfici calde, fiamme libere, scariche elettrostatiche e onde elettromagnetiche ad alta energia.

Questi tre elementi compongono il cosiddetto **Triangolo del Fuoco**.



Schema dei fattori necessari alla combustione.

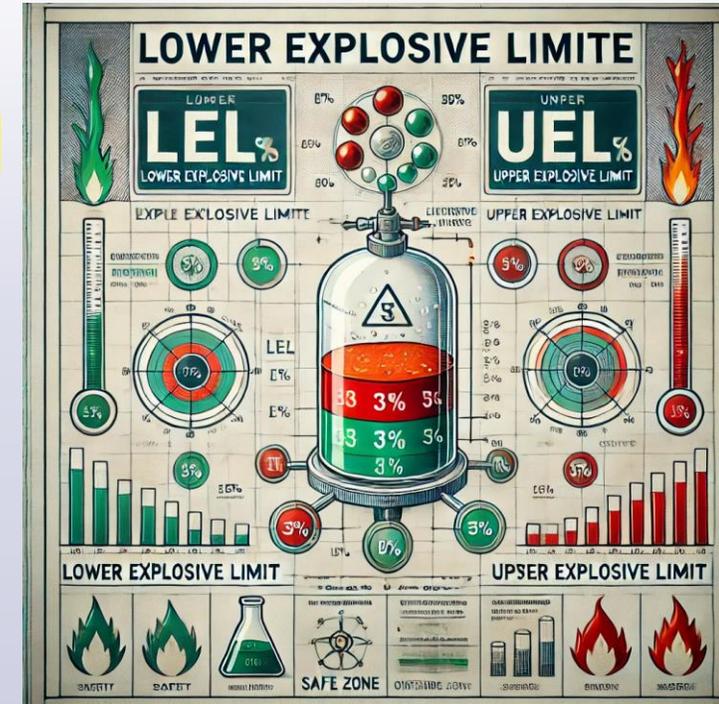
I **limiti di esplosività** (LEL e UEL, dall'inglese *Lower Explosive Limit* e *Upper Explosive Limit*) rappresentano le concentrazioni limite di una sostanza infiammabile o combustibile in aria, entro le quali si verifica la possibilità di un'esplosione o una combustione in caso di innesco. Tali limiti sono espressi generalmente in percentuale di volume della sostanza nell'aria.

1. Definizioni

- **Limite Inferiore di Esplosività (LEL):** È la concentrazione minima di una sostanza combustibile nell'aria al di sotto della quale non si forma una miscela esplosiva, perché la quantità di combustibile è insufficiente per propagare una fiamma.
- **Limite Superiore di Esplosività (UEL):** È la concentrazione massima di una sostanza combustibile nell'aria al di sopra della quale non si forma una miscela esplosiva, perché l'ossigeno disponibile è insufficiente per supportare la combustione.

2. Fattori che influenzano i limiti di esplosività

- **Tipo di sostanza:** Ogni sostanza ha limiti di esplosività specifici, che dipendono dalla sua struttura chimica.
- **Temperatura e pressione:** L'aumento della temperatura e della pressione può espandere i limiti di esplosività, aumentando il rischio.
- **Composizione dell'aria:** La presenza di ossigeno in concentrazione maggiore del normale (21%) o di altri gas inerti può alterare i limiti.
- **Umidità:** Una maggiore umidità tende a ridurre la probabilità di esplosione, spostando i limiti.

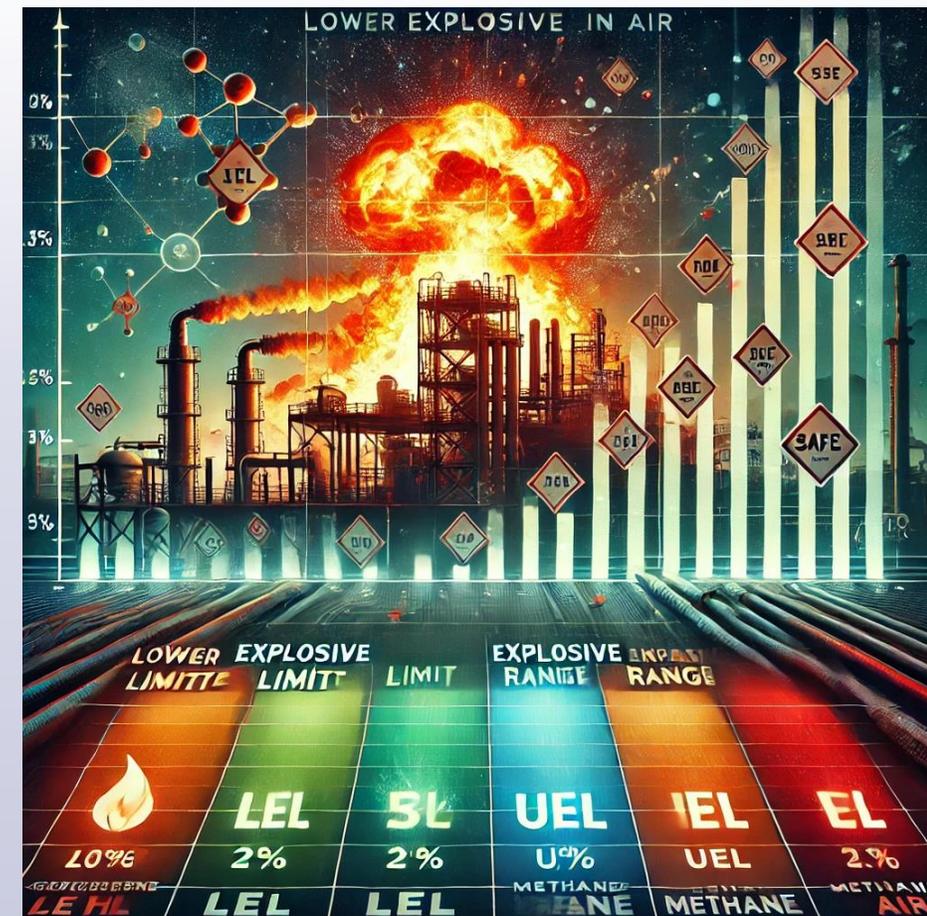


3. Importanza dei limiti di esplosività

- **Sicurezza industriale:** La conoscenza dei limiti di esplosività è cruciale per prevenire incidenti in ambienti industriali dove si manipolano gas, vapori o polveri combustibili.
- **Progettazione di impianti:** Gli impianti industriali devono essere progettati per mantenere le concentrazioni di sostanze infiammabili fuori dall'intervallo esplosivo.
- **Rilevazione e controllo:** Sistemi di monitoraggio e rilevatori di gas sono utilizzati per intervenire qualora si avvicinino ai limiti critici.

4. Esempi pratici

- **Metano (CH₄):** LEL = 5%, UEL = 15%
 - Ciò significa che una miscela di metano e aria è esplosiva solo se la concentrazione di metano è compresa tra il 5% e il 15%.
- **Benzina (vapori):** LEL = 1.4%, UEL = 7.6%
 - La benzina ha limiti più bassi rispetto al metano, rendendola più facilmente esplosiva in concentrazioni ridotte.



5. Applicazioni pratiche

- **In ambienti confinati:** Come serbatoi o silos, i limiti di esplosività aiutano a identificare condizioni pericolose.
- **Nel trasporto e stoccaggio:** Di gas o liquidi infiammabili, è essenziale mantenere le condizioni fuori dall'intervallo esplosivo.
- **Nell'industria chimica:** Dove si lavora con reazioni potenzialmente pericolose, conoscere questi limiti è fondamentale per evitare incidenti.

6. Metodi di prevenzione

- **Ventilazione:** Riduce la concentrazione di sostanze infiammabili.
- **Uso di gas inerti:** Come azoto, per spostare le miscele fuori dai limiti di esplosività.
- **Rilevatori di gas:** Per un monitoraggio continuo.
- **Progettazione antiesplorione:** di apparecchiature e ambienti = conoscere e rispettare i limiti di esplosività è una delle chiavi fondamentali per garantire la sicurezza nei processi industriali e nell'ambiente lavorativo.





Le atmosfere esplosive si verificano quando vi è una miscela di aria con sostanze infiammabili (gas, vapori, nebbie o polveri) che, in determinate condizioni, può esplodere in presenza di una fonte di innesco. Ecco alcuni esempi di ambienti industriali in cui possono crearsi atmosfere esplosive:

1. Industria Chimica e Petrolchimica

- **Processi di raffinazione:** Miscele di idrocarburi e vapori combustibili.
- **Produzione e stoccaggio di solventi:** Vapori di solventi come acetone, benzene, o toluene.
- **Impianti di cracking:** Atmosfere con presenza di gas infiammabili come etilene o propilene.

2. Industria Alimentare

- **Mulini per cereali:** Polveri di farina, zucchero o amido possono creare atmosfere esplosive.
- **Processi di essiccazione:** Polveri derivanti dalla lavorazione di latte in polvere, cacao o spezie.
- **Silos di stoccaggio:** Accumulo di polveri organiche sospese nell'aria.

3. Industria Energetica

- **Centrali a carbone:** Polveri di carbone nei sistemi di trasporto e stoccaggio.
- **Impianti di biogas:** Miscele di metano e altri gas combustibili.
- **Stazioni di compressione del gas:** Perdite di gas naturale durante il trasporto.

4. Industria Metallurgica

- **Fonderie:** Nebbie d'olio e polveri metalliche.
- **Produzione di alluminio o magnesio:** Polveri di metalli combustibili.
- **Taglio e saldatura:** Gas combustibili come acetilene o idrogeno.





5. Industria Farmaceutica

- **Produzione di farmaci in polvere:** Polveri di ingredienti attivi possono formare miscele esplosive.
- **Stoccaggio di solventi:** Vapori di solventi utilizzati nella sintesi chimica.

6. Industria del Legno

- **Segherie:** Polveri di segatura e trucioli.
- **Impianti di produzione di pannelli:** Polveri generate durante la lavorazione.

7. Industria Tessile

- **Filatura e tessitura:** Polveri di cotone o fibre sintetiche sospese nell'aria.
- **Tintorie:** Vapori di solventi usati nei processi di colorazione o finitura.

8. Industria Mineraria

- **Miniere di carbone:** Gas di grisou (metano) e polveri di carbone.
- **Miniere metallifere:** Polveri e vapori di sostanze infiammabili.

9. Rifiuti e Riciclaggio

- **Impianti di trattamento dei rifiuti:** Gas combustibili prodotti dalla decomposizione organica (biogas).
- **Impianti di triturazione:** Polveri derivanti dalla lavorazione di materiali.

10. Depositi e Stoccaggi

- **Serbatoi di carburante:** Vapori di benzina o gasolio.
- **Magazzini chimici:** Atmosfere con vapori di sostanze volatili.



11. Industria Chimica e Petrolchimica

- **Processi di raffinazione:** Miscele di idrocarburi e vapori combustibili.
- **Produzione e stoccaggio di solventi:** Vapori di solventi come acetone, benzene, o toluene.
- **Impianti di cracking:** Atmosfere con presenza di gas infiammabili come etilene o propilene.

12. Industria Alimentare

- **Mulini per cereali:** Polveri di farina, zucchero o amido possono creare atmosfere esplosive.
- **Processi di essiccazione:** Polveri derivanti dalla lavorazione di latte in polvere, cacao o spezie.
- **Silos di stoccaggio:** Accumulo di polveri organiche sospese nell'aria.

13. Industria Energetica

- **Centrali a carbone:** Polveri di carbone nei sistemi di trasporto e stoccaggio.
- **Impianti di biogas:** Miscele di metano e altri gas combustibili.
- **Stazioni di compressione del gas:** Perdite di gas naturale durante il trasporto.

14. Industria Metallurgica

- **Fonderie:** Nebbie d'olio e polveri metalliche.
- **Produzione di alluminio o magnesio:** Polveri di metalli combustibili.
- **Taglio e saldatura:** Gas combustibili come acetilene o idrogeno.

15. Industria Farmaceutica

- **Produzione di farmaci in polvere:** Polveri di ingredienti attivi possono formare miscele esplosive.
- **Stoccaggio di solventi:** Vapori di solventi utilizzati nella sintesi chimica.



16. Industria del Legno

- **Segherie:** Polveri di segatura e trucioli.
- **Impianti di produzione di pannelli:** Polveri generate durante la lavorazione.

17. Industria Tessile

- **Filatura e tessitura:** Polveri di cotone o fibre sintetiche sospese nell'aria.
- **Tintorie:** Vapori di solventi usati nei processi di colorazione o finitura.

8. Industria Mineraria

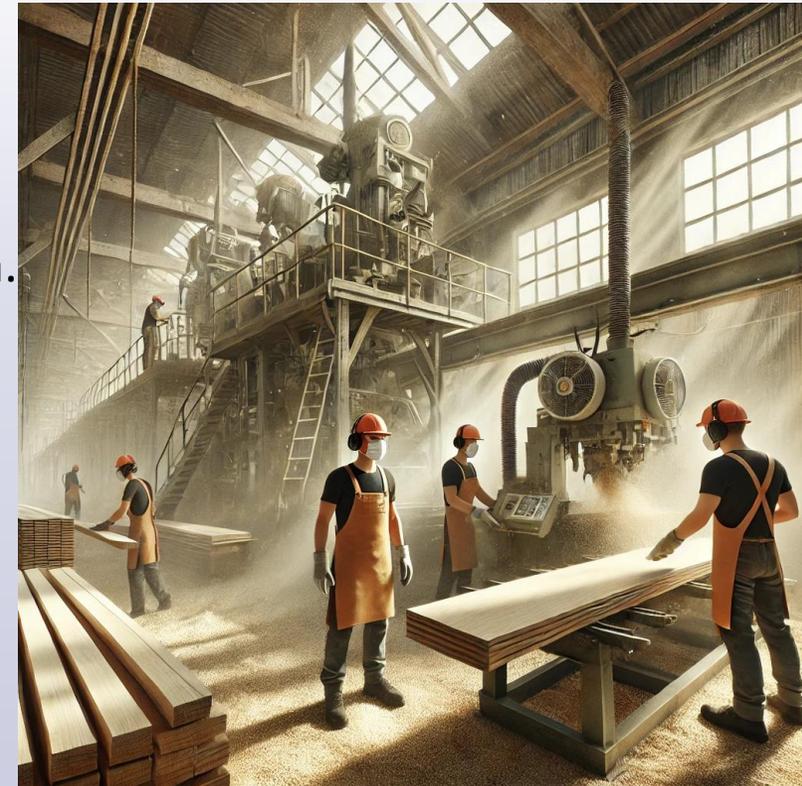
- **Miniere di carbone:** Gas di grisou (metano) e polveri di carbone.
- **Miniere metallifere:** Polveri e vapori di sostanze infiammabili.

19. Rifiuti e Riciclaggio

- **Impianti di trattamento dei rifiuti:** Gas combustibili prodotti dalla decomposizione organica (biogas).
- **Impianti di triturazione:** Polveri derivanti dalla lavorazione di materiali.

20. Depositi e Stoccaggi

- **Serbatoi di carburante:** Vapori di benzina o gasolio.
- **Magazzini chimici:** Atmosfere con vapori di sostanze volatili.



Raramente si pensa che la farina presente nelle nostre dispense, possa esplodere! Così come il caffè o lo zucchero? ALT! Per generare un'esplosione delle polveri sono necessari cinque, decisivi, fattori che, comunemente, non sono presenti nelle nostre case.

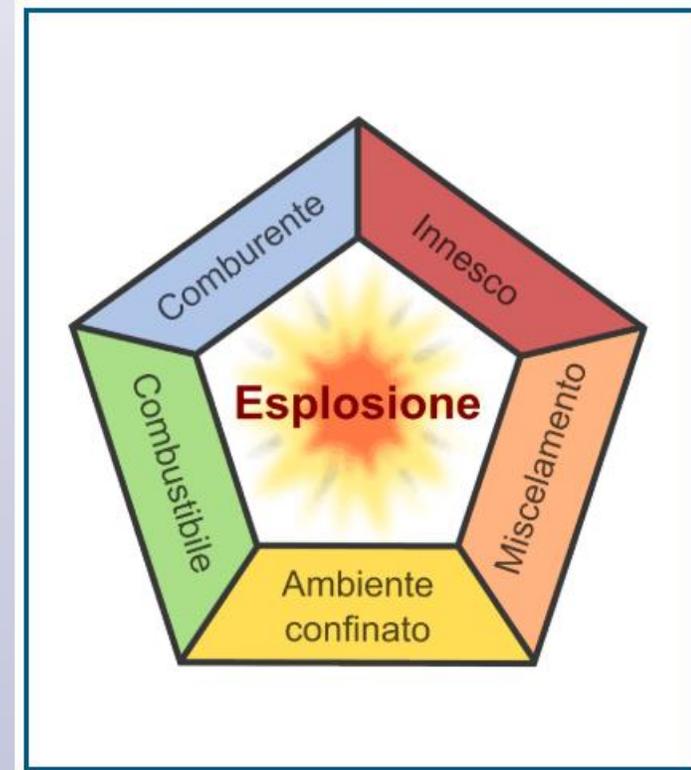
L'esplosione delle polveri è, infatti, un po' diversa da quella dei combustibili liquidi o gassosi. Per questi ultimi, si parla di triangolo del fuoco. Per le polveri, bisogna aggiungere qualche fattore in più.

In questo caso, le cose si fanno più specifiche, tanto che si parla di un **pentagono dell'esplosione**.

Ecco i 5 fattori:

- 1.un combustibile, ovvero le polveri,
- 2.un comburente, ovvero il solito ossigeno (anche se, in realtà, esistono altri comburenti oltre l'O₂),
- 1.una fonte di innesco, che apporti il calore necessario,
- 2.un ambiente confinato, chiuso,
- 3.una miscela di combustibile e comburente.

Se tutti questi fattori sono presenti contemporaneamente... BOOM!
L'esplosione è garantita. I danni possono essere gravissimi:
sia in termini di strutture che, soprattutto, di vite umane.



LE POLVERI

Le particelle di polvere devono essere davvero piccole. Siamo nell'ordine di 0.1 mm o meno. Anzi, più sono piccole e più il rischio aumenta. Perché? Come si può vedere dalla figura, bruciare un pezzo di legno causa una fiamma che arde con lentezza. Ma, se si riduce il pezzo di legno in tanti pezzetti più piccoli, questi bruceranno molto più velocemente. Ciò succede perché aumenta la superficie di contatto totale tra legno (combustibile) e aria (comburente). È intuitivo immaginare l'effetto con particelle dal diametro piccolissimo.

Praticamente tutti i tipi di polveri sono potenziali combustibili: farina, grano, zucchero, caffè, alluminio, segatura, polline, polvere di carbone e persino la polvere dei nostri pavimenti o quella che si poggia sui libri che dobbiamo ancora leggere.

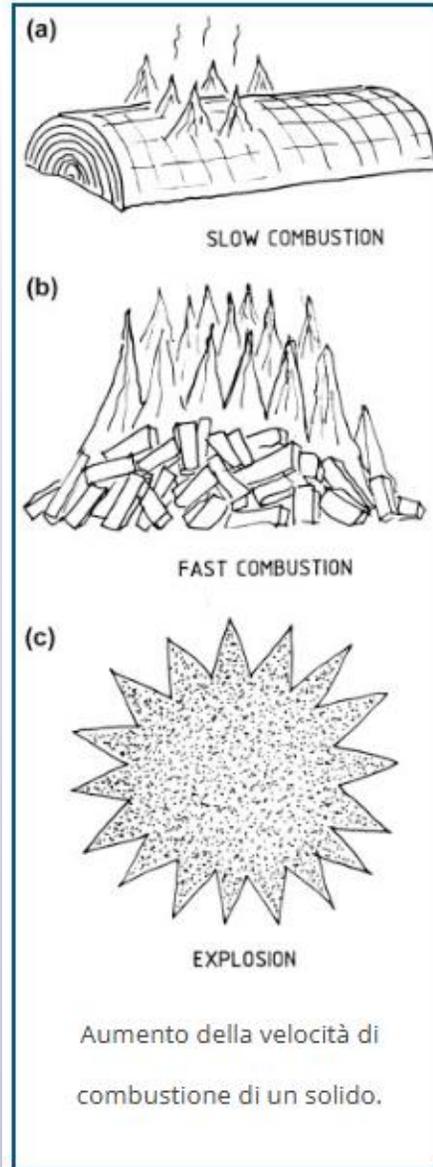
Le polveri, per dare luogo ad un'esplosione, devono miscelarsi con l'aria. Ciò avviene se la loro concentrazione è elevata. In inglese è definito "LEL" : il limite inferiore di esplosività. Se il LEL è pari o inferiore al 25%, allora possiamo stare tranquilli. Il limite inferiore di esplosività, però, da solo non è sufficiente a indicare un livello di pericolosità. Perché esiste anche il limite superiore di esplosività "UEL", che riguarda la concentrazione di ossidante. Sfortunatamente, la normale concentrazione dell'aria, è sufficiente a garantire le condizioni per un'esplosione.

Ovviamente, LEL e UEL, da soli, non sono indicatori di un'imminente deflagrazione. Basta davvero poco: una scintilla, una carica elettrostatica, un piccolo incendio, superfici molto calde. Specialmente negli impianti industriali, è molto facile che si verifichi uno o più di questi eventi accidentali.

Influenza della dispersione delle polveri

L'esplosione di una polvere miscelata intimamente con il comburente come è solito essere in una nube in sospensione, può esistere se la concentrazione della sospensione rientra entro certi limiti. Se la densità è troppo elevata il calore è assorbito totalmente dalle particelle senza che l'ambiente ne tragga profitto, al contrario se la particelle sono troppo lontane, l'accensione locale non sviluppa un calore sufficiente a coprire la distanza.

Determinare i limiti di infiammabilità (o esplosività) delle polveri presenta dei problemi in quanto, mentre il gas è costituito da particelle di dimensioni molecolari, all'interno di un campione di polvere ci possono essere porzioni a **granulometria** differente che a causa dell'azione della **forza di gravità** possono formare zone a concentrazione differente in una stessa nube. Ciò rende difficoltosa la determinazione dei limiti di infiammabilità, soprattutto della concentrazione massima esplodibile. **L'intervallo di infiammabilità di una polvere (le concentrazioni si esprimono in genere in g/L o mg/cm³) è molto più esteso rispetto a quello di un gas e approssimativamente è compreso fra 10 mg/L e 6 g/L.**





Entrando più nel dettaglio, l'esplosività di una polvere è funzione di molti fattori:

- **natura del combustibile:** la composizione chimica e il potere calorifico della polvere; in particolare le polveri metalliche producono le esplosioni più violente;
- **concentrazione del comburente:** concentrazioni di ossigeno superiori al 21% aumentano la velocità dell'esplosione; invece al disotto del 10% la combustione non si sostiene;
- **granulometria:** la riduzione della dimensione delle particelle aumenta la superficie di contatto combustibile comburente, provocando pressioni più elevate, e richiedendo energie di innesco minori;
- **umidità:** diminuisce la tendenza esplosiva, sia per la coesione delle particelle sia a causa della presenza dell'acqua che sottrae calore durante la sua vaporizzazione;
- **turbolenza:** facilita il mescolamento dei reagenti, sviluppando una combustione più veloce ed un fronte di fiamma più frastagliato;
- **temperatura:** all'aumentare della temperatura diminuisce l'umidità, aumentando quindi la velocità di reazione;
- **pressione:** un ambiente precompresso creerà un'esplosione più violenta, in quanto la pressione massima di esplosione si andrà ad aggiungere alla pressione che aveva l'ambiente di reazione prima dell'esplosione;
- **inerti:** gas o solidi (carbonati, cloruri di metalli alcalini o alcalino-terrosi) in sospensione non reagenti, sottraggono calore alla reazione nella misura del loro calore specifico; risulta una pressione massima di esplosione minore, e si necessita di un'energia di innesco maggiore; l'effetto inertizzante è tanto maggiore quanto più alto è il calore specifico del gas inerte; per le polveri metalliche, che ad alte temperature possono reagire con azoto e anidride carbonica, i gas inerti più efficaci sono [argon](#) ed [elio](#);
- **presenza di gas infiammabili:** quando al sistema combustibile-comburente sono aggiunti dei gas o vapori infiammabili, si parla di "miscele ibride"; è il caso dell'essiccamento di un prodotto di sintesi esplosibile da un solvente infiammabile; la presenza di tale componente abbassa il limite inferiore di infiammabilità della miscela anche quando le concentrazioni dei singoli componenti si trovano al di sotto dei singoli limiti di infiammabilità; in tali miscele è accentuata la violenza dell'esplosione; oltre al limite di infiammabilità subiscono un abbassamento anche la temperatura di accensione e l'energia minima di innesco.

Date per assunte tutte le condizioni precedenti, è molto probabile che si verifichi una terribile esplosione, suddivisa in **esplosione primaria** ed **esplosione secondaria**.

L'esplosione primaria, generalmente, inizia in un'**unità di processo** in cui le polveri sono miscelate all'aria, in elevata concentrazione. L'unità di processo è spesso un macchinario, all'interno di un silos, di una segheria, di una miniera eccetera. Quest'ultimo potrebbe subire un malfunzionamento e fungere da innesco.

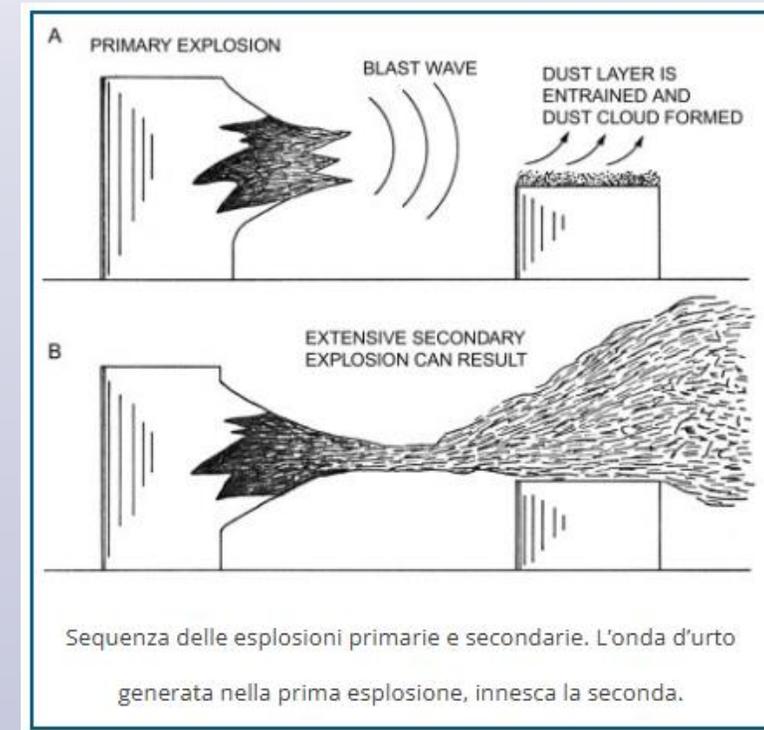
L'**esplosione primaria** e l'**esplosione secondaria** sono concetti strettamente legati agli eventi esplosivi, specialmente in contesti industriali o nei casi di esplosioni di polveri. Ecco una spiegazione dettagliata:

Esplosione primaria

- **Definizione:** È la prima esplosione che si verifica in un sistema. Di solito, è localizzata e avviene in un'area specifica dove una miscela di combustibile e comburente (ad esempio, gas o polveri) raggiunge una concentrazione critica e viene innescata da una sorgente di accensione (scintilla, fiamma, superfici calde, ecc.).
- **Caratteristiche principali:**
 - Coinvolge un volume relativamente piccolo di materiale.
 - Produce un'onda d'urto che si propaga nell'ambiente circostante.
 - Può essere l'innesco per una successiva esplosione di dimensioni maggiori.

Esplosione secondaria

- **Definizione:** È un'esplosione più ampia e distruttiva che avviene come conseguenza dell'esplosione primaria. Può verificarsi quando l'onda d'urto o il calore della prima esplosione sollevano polveri o miscele combustibili presenti in altre aree, creando una nuvola esplosiva che si incendia e si propaga.
- **Caratteristiche principali:**
 - Solitamente è molto più violenta e devastante rispetto all'esplosione primaria.
 - Coinvolge una quantità maggiore di materiale combustibile, spesso distribuito in spazi più ampi.
 - È un fenomeno comune negli ambienti industriali dove sono presenti polveri combustibili, come silos di cereali, impianti chimici o ambienti con gas infiammabili.





Spesso è l'esplosione secondaria, la causa di morte e distruzione. Si tratta poi di un terribile effetto domino: gli edifici circostanti possono subire gli effetti dell'esplosione e generare una catena distruttiva.

L'esplosione è una rapida combustione in uno spazio confinato, in cui la reazione chimica non ha il tempo di liberare tutta l'energia prodotta sotto forma di calore, per cui una parte consistente di energia si libera sotto forma di energia di pressione, che genera a sua volta lo spostamento dell'aria circostante a velocità elevatissime, con conseguenti rischi per le cose e le persone presenti nelle vicinanze. La violenza di un'esplosione in genere si misura attraverso i seguenti parametri:

- pressione massima sviluppata;
- velocità di incremento della pressione.

Prevenzione

➤ Per l'esplosione primaria:

- Evitare fonti di accensione.
- Mantenere basse le concentrazioni di materiali combustibili.
- Monitorare la presenza di gas o polveri infiammabili.

➤ Per l'esplosione secondaria:

- Prevedere sistemi di contenimento delle polveri.
- Utilizzare dispositivi di sicurezza (venting, valvole antideflagranti).
- Implementare procedure di manutenzione e pulizia per ridurre l'accumulo di materiali combustibili.



Gli obblighi del datore di lavoro per la prevenzione delle atmosfere esplosive (ATEX) derivano principalmente dalla **Direttiva ATEX 99/92/CE**, recepita in Italia dal **D.Lgs. 81/2008**, in particolare dagli articoli 287-297. Tali obblighi mirano a garantire la sicurezza dei lavoratori e a ridurre i rischi di esplosioni in ambienti di lavoro. Ecco i principali obblighi:

1. Valutazione del rischio di esplosione

➤ Redazione del Documento sulla Protezione contro le Esplosioni (DPCE):

- Deve identificare e valutare i rischi derivanti da atmosfere esplosive.
 - Include una classificazione delle aree a rischio (zone 0, 1, 2 per gas e vapori; zone 20, 21, 22 per polveri).
 - Specifica le misure adottate per prevenire o ridurre i rischi.
- Identificare le sorgenti di innesco (scintille, superfici calde, scariche elettrostatiche, ecc.).

2. Classificazione delle aree a rischio

➤ Zonizzazione ATEX:

- Identificare e classificare le aree dove possono formarsi atmosfere esplosive.
- Apporre segnaletica specifica per indicare i pericoli.

3. Misure di prevenzione e protezione

➤ Prevenire la formazione di atmosfere esplosive:

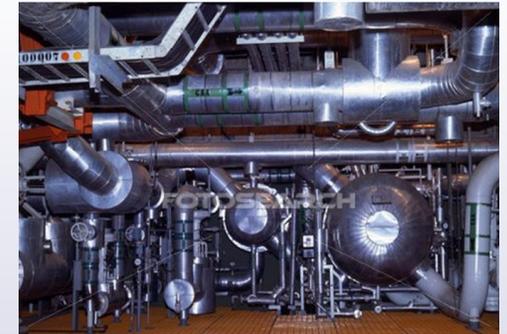
- Controllare e limitare le concentrazioni di sostanze infiammabili.
- Adottare ventilazione adeguata.

➤ Evitare le sorgenti di accensione:

- Utilizzare attrezzature conformi alla **Direttiva ATEX 2014/34/UE**.
- Assicurare la protezione contro scariche elettrostatiche.
- Impedire l'uso di dispositivi non certificati nelle zone classificate.

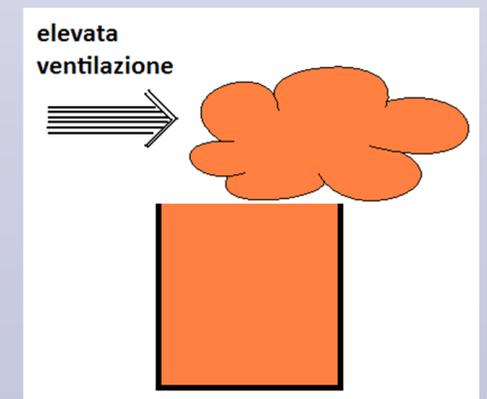
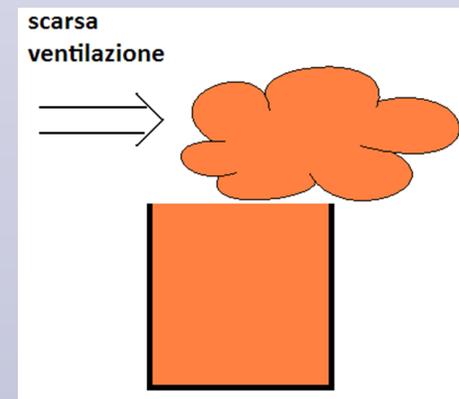
➤ Ridurre gli effetti delle esplosioni:

- Installare sistemi di protezione (valvole di sfogo, barriere antideflagranti).
- Progettare impianti resistenti agli effetti di un'esplosione.



SE NON E' POSSIBILE

- Impedire o ridurre al minimo le possibilità di innesco;
- Attrezzarsi per ridurre al minimo i danneggiamenti dovuti alle esplosioni;



1. Zone per gas e vapori infiammabili

Le atmosfere esplosive possono formarsi in presenza di gas o vapori infiammabili miscelati con l'aria. La classificazione per gas e vapori include:

Zona 0

Definizione: Area in cui un'atmosfera esplosiva è presente continuamente, per lunghi periodi o frequentemente.

Esempi tipici:

- Interno di serbatoi di stoccaggio di solventi infiammabili.
- Spazi confinati con evaporazione continua di combustibili.

Caratteristiche principali:

- Maggiore rischio.
- Necessità di dispositivi elettrici certificati ATEX per Zona 0.

Zona 1

Definizione: Area in cui un'atmosfera esplosiva è probabile durante il normale funzionamento.

Esempi tipici:

- Vicinanze di valvole o raccordi su tubazioni di gas.
- Ambienti in cui si effettuano travasi di carburanti o solventi.

Caratteristiche principali:

- Rischio significativo, ma non costante.
- Richiede attrezzature con certificazione ATEX adeguata.

Zona 2

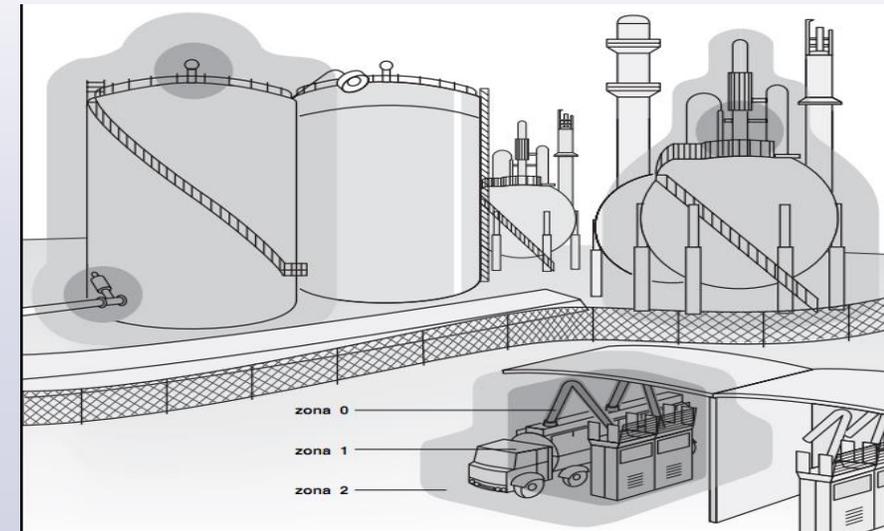
Definizione: Area in cui un'atmosfera esplosiva è improbabile durante il normale funzionamento e, se si forma, persiste solo per brevi periodi.

Esempi tipici:

- Aree circostanti ai serbatoi di stoccaggio.
- Zone con possibile fuoriuscita accidentale di gas o vapori.

Caratteristiche principali:

- Rischio inferiore.
- Possono essere utilizzate attrezzature meno rigorose rispetto a Zona 1.



2. Zone per polveri combustibili

Le atmosfere esplosive con polveri si formano quando particelle combustibili si disperdono nell'aria e si trovano in concentrazione sufficiente per esplodere.

Zona 20

Definizione: Area in cui un'atmosfera esplosiva di polvere è presente continuamente, per lunghi periodi o frequentemente.

•Esempi tipici:

- Interno di silos di stoccaggio di farine, zucchero o polveri metalliche.
- Condotti di trasporto pneumatico di polveri combustibili.

•Caratteristiche principali:

- Maggiore rischio.
- Necessità di attrezzature con elevata protezione contro l'innescio.

Zona 21

Definizione: Area in cui un'atmosfera esplosiva di polvere è probabile durante il normale funzionamento.

•Esempi tipici:

- Zone di riempimento o svuotamento dei silos.
- Aree adiacenti alle macchine di lavorazione della polvere.

•Caratteristiche principali:

- Rischio significativo.
- Richiede attrezzature certificate ATEX per Zona 21.

Zona 22

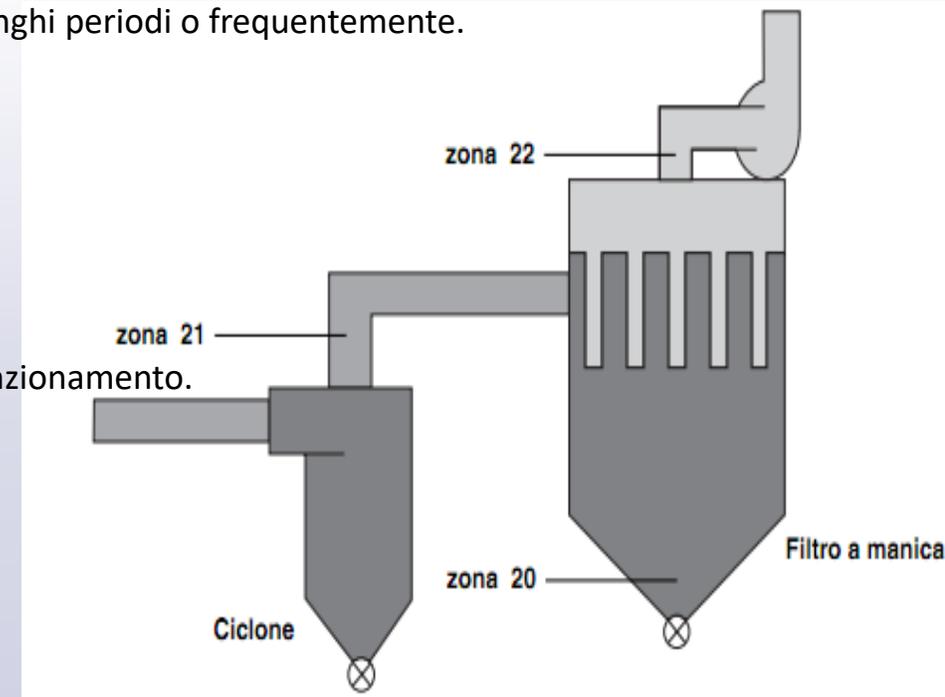
Definizione: Area in cui un'atmosfera esplosiva di polvere è improbabile durante il normale funzionamento e, se si forma, persiste solo per brevi periodi.

•Esempi tipici:

- Pavimenti o superfici in cui può accumularsi polvere dispersa occasionalmente.
- Ambienti vicini a zone di lavorazione, ma non direttamente coinvolti.

•Caratteristiche principali:

- Rischio inferiore.
- Richiede attrezzature meno rigorose rispetto a Zona 21.



Principali Differenze

| Caratteristica | Gas | Vapori | Polveri |
|----------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Stato fisico | Gassoso | Transizione da liquido | Solido |
| Diffusione | Elevata | Moderata | Limitata, dipende dal flusso d'aria |
| Innesco | EMI bassa | EMI bassa-moderata | EMI più alta |
| Esplosività | Facilmente miscibili con l'aria | Dipende dalla saturazione | Richiede sospensione |
| Zone ATEX principali | 0, 1, 2 | 0, 1, 2 | 20, 21, 22 |

Considerazioni

- **Monitoraggio e prevenzione:** Ogni ambiente deve essere valutato per identificare i tipi di sostanze presenti e il loro comportamento in relazione ai rischi di esplosione.
- **Scelta delle attrezzature:** Le apparecchiature utilizzate devono essere certificate ATEX e idonee al tipo di sostanza (gas/vapori o polveri) e alla zona di classificazione.
- **Pulizia e manutenzione:** Per le polveri, è fondamentale evitare accumuli che possano diventare pericolosi, anche al di fuori delle nubi esplosive.



Le **categorie ATEX** e i **gruppi di apparecchi** sono classificazioni definite dalla direttiva europea ATEX (2014/34/UE) per garantire la sicurezza delle apparecchiature utilizzate in atmosfere potenzialmente esplosive. Ecco un riepilogo:

GRUPPI ATEX

Gli apparecchi sono suddivisi in due gruppi principali:

Gruppo I

Apparecchi destinati a miniere sotterranee e ai loro impianti di superficie, dove possono essere presenti gas grisou (metano) e polveri combustibili.

Esempi:

- Ventilatori per miniere.
- Sistemi di illuminazione per gallerie.

Gruppo II

Apparecchi destinati ad altri luoghi con atmosfere esplosive (industrie chimiche, raffinerie, silos, ecc.). Diviso in tre sottogruppi:

- **IIA:** Atmosfere con gas meno pericolosi (es. propano).
- **IIB:** Atmosfere con gas mediamente pericolosi (es. etilene).
- **IIC:** Atmosfere con gas altamente pericolosi (es. idrogeno, acetilene).



2. CATEGORIE ATEX

Indicano il livello di protezione richiesto e il tipo di atmosfera esplosiva in cui il dispositivo può essere usato.

Per il Gruppo I (Miniere):

Categoria M1:

- Protezione molto elevata.
- Funzionamento continuo anche in presenza di gas esplosivi.
- Apparecchi restano sicuri anche in caso di guasti.

Categoria M2:

- Protezione elevata.
- Funzionamento solo quando non sono presenti gas esplosivi.
- Richiede che l'energia sia disattivata in condizioni pericolose.

Per il Gruppo II (Industria):

Categoria 1:

- Protezione molto elevata.
- Apparecchi adatti a zone 0 (gas), 20 (polveri): presenza continua o frequente di atmosfera esplosiva.
- Sicurezza garantita anche in caso di guasto.

Categoria 2:

- Protezione elevata.
- Adatti a zone 1 (gas), 21 (polveri): presenza occasionale di atmosfera esplosiva.
- Progettati per evitare l'innesco in condizioni normali e in caso di guasti prevedibili.

Categoria 3:

- Protezione normale.
- Adatti a zone 2 (gas), 22 (polveri): presenza rara e di breve durata di atmosfera esplosiva.
- Progettati per evitare l'innesco in condizioni normali.

| Gruppo | Categoria | Zone associate | Applicazione |
|--------|-----------|---------------------------------|--|
| I | M1 | Miniere, presenza continua | Sicurezza elevata per funzionamento continuo. |
| I | M2 | Miniere, atmosfera non continua | Sicurezza con spegnimento in caso di pericolo. |
| II | 1 | Zone 0 (gas), 20 (polveri) | Protezione molto elevata. |
| II | 2 | Zone 1 (gas), 21 (polveri) | Protezione elevata. |
| II | 3 | Zone 2 (gas), 22 (polveri) | Protezione normale. |



Il **Gruppo II** è una classificazione utilizzata nella normativa ATEX per indicare apparecchiature destinate a essere utilizzate in atmosfere potenzialmente esplosive **diverse dalle miniere** (che appartengono al **Gruppo I**). Questo gruppo si riferisce quindi a impianti e ambienti industriali dove possono formarsi atmosfere esplosive a causa della presenza di **gas, vapori o polveri**.

Caratteristiche del Gruppo II:

Applicazione: Ambienti industriali non sotterranei, come raffinerie, impianti chimici, magazzini di stoccaggio di materiali infiammabili, silos, impianti di verniciatura, ecc.

Sostanze pericolose coinvolte:

- **Gas e vapori infiammabili.**
- **Polveri combustibili.**

Esempi di settori industriali: petrolchimico, chimico, farmaceutico, alimentare, tessile, logistica (es. silos per cereali).

Sottogruppi del Gruppo II:

Per migliorare la sicurezza, il Gruppo II è ulteriormente suddiviso in **categorie di protezione** (IIA, IIB e IIC), che indicano il livello di rischio e il tipo di sostanza esplosiva.

1.IIA:

1. Per gas o vapori con un rischio di esplosione inferiore.
2. Es: propano.

2.IIB:

1. Per gas o vapori con un rischio medio.
2. Es: etilene.

3.IIC:

1. Per gas o vapori altamente esplosivi o più pericolosi.
2. Es: idrogeno, acetilene.

Questi sottogruppi guidano la progettazione di apparecchiature per resistere a specifici scenari esplosivi.



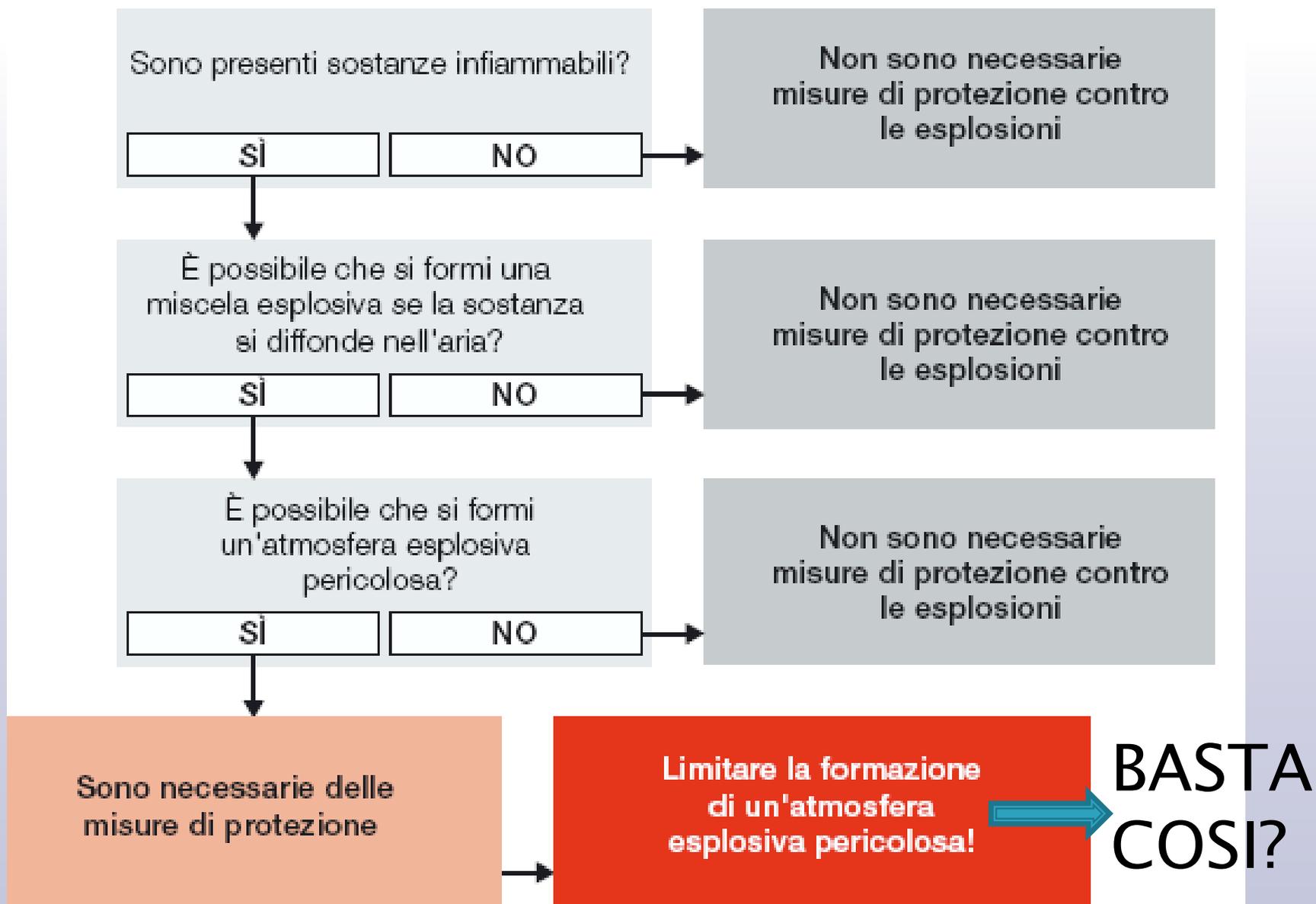
La certificazione delle apparecchiature

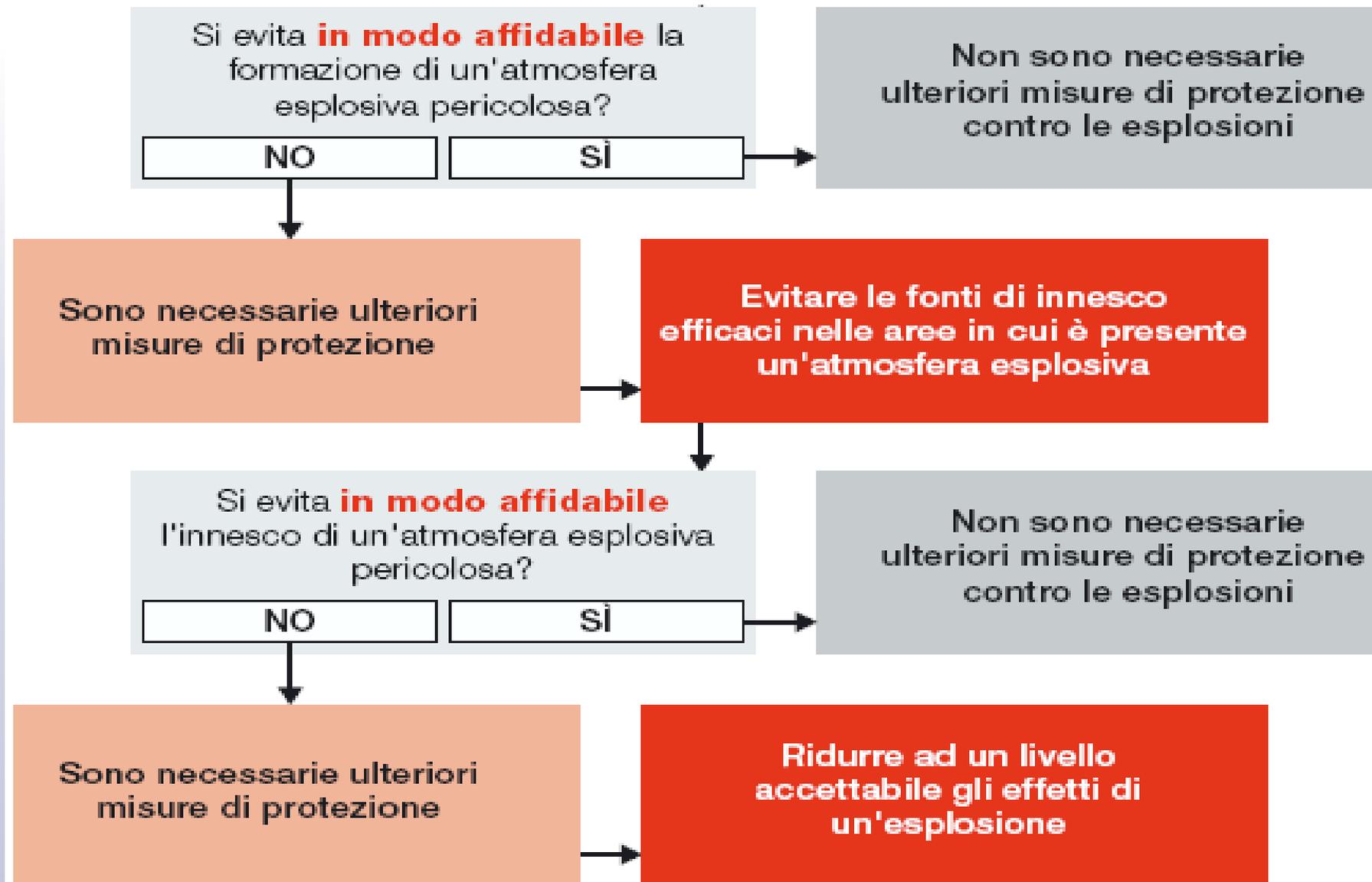


| Paesi | ATEX | | IECEX | Logo | Enti abilitati | |
|-----------------|------|------|-------|------|----------------|---|
| | N° | | | | | |
| Germania | • | 32 | • | | TÜV | Technischer Überwachungs-Verein Nord CERT - Hannover |
| | • | 35 | • | | TÜV | TÜV Anlagentechnik Unternehmensgruppe TÜV Rheinland/Berlin-Brandenburg - Köln |
| | • | 102 | • | | PTB | Physikalisch-Technische Bundesanstalt - Braunschweig |
| | • | 123 | • | | TÜV | Technischer Überwachungs-Verein Product Service - München |
| | • | 158 | | | DMT | Deutsche Montan Technologie - Essen |
| | | | • | | EXAM | Dekra EXAM |
| | • | 589 | | | BAM | Bundesanstalt für Materialforschung und Prüfung - Berlin |
| | • | 637 | • | | IBExU | Institut für Sicherheitstechnik - Institut an der Technischen Universität - Bergakademie - Freiberg |
| | • | 820 | | | ZELM EX | Prüf- und Zertifizierungsstelle - Braunschweig |
| Belgio | • | 26 | | | AIB | Vinçotte International S.A. - Bruxelles |
| Danimarca | • | 539 | • | | UL/DEMKO | Danmarks Elektriske Materielkontrol - Herlev |
| Spagna | • | 163 | | | LOM | Laboratorio Oficial Jose Maria de Madariaga - Madrid |
| Finlandia | • | 537 | • | | VTT | VTT Industrial Systems (VTT Tuotteet ja Tuotanto) - VTT |
| Francia | • | 80 | • | | INERIS | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques - Verneuil-en-Halatte |
| | • | 81 | • | | LCIE | Laboratoire Central des Industries Electriques - Fontenay-aux-Roses |
| Ungheria | • | | • | | BKI | Hungarian Approval Service for Ex-proof Electrical Equipment - Miskolc |
| Italia | • | 722 | • | | CESI | Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano - Milano |
| Lussemburgo | • | 499 | | | SNCH | Société Nationale de Certification et d'Homologation - Sandweiler |
| Norvegia | • | 470 | • | | NEMKO | NEMKO AS - Oslo |
| | • | 575 | | | DNV | DET Norsk Veritas Certification - Hovik |
| Olanda | • | 344 | • | | KEMA | KEMA Quality B.V. - Et Amhem |
| Repubblica Ceca | • | 1026 | • | | FTZU | Fyzikální technický zkušební ústav (Physical Technical Testing Institute) - Radvanice |
| Regno Unito | • | 359 | • | | ITS | Testing and Certification LTD - Leatherhead |
| | • | 518 | • | | SIRA | Certification Service Sira Test & Certification Limited - Kent |
| | • | 600 | | | EECS | Electrical Equipment Certification Servicehealth and Safety Executive - Buxton |
| | • | 891 | | | TRL | Compliance Services LTD - Up Holland |
| | • | 1180 | • | | BASEEFA 2001 | British Approval Service for Electrical Equipment in Flammable Atmospheres - Buxton |



Schema logico di procedura di analisi ATEX





Articolo 294

E' fatto obbligo per il datore di lavoro di tenere un documento denominato "documento sulla protezione contro le esplosioni".

Il documento deve contenere:

1. Elenco rischi di esplosioni elencati e valutati
2. Misure adeguate per ridurre/eliminare il rischio
3. Elenco e specifica delle zone pericolose a norma dell'allegato XLIX
4. Quali sono le zone in cui si applica l'allegato L
5. Certificazione che attrezzature e dispositivi sono a norma
6. Certificazione che i processi produttivi sono a norma



- ▶ **Valutazione dei rischi di esplosione:** metodi e criteri di valutazione.
- ▶ **Misure tecniche per la protezione contro le esplosioni:** evitare le atmosfere esplosive pericolose; evitare le fonti di ignizione; limitazione degli effetti delle esplosioni (misure di protezione costruttive contro le esplosioni); applicazione delle tecniche di controllo dei processi (sistemi di misurazione e di comando) e requisiti per le attrezzature di lavoro.
- ▶ **Misure organizzative di protezione contro le esplosioni:** istruzioni operative; qualificazione dei lavoratori; formazione dei lavoratori; supervisione dei lavoratori; sistema di autorizzazione del lavoro; realizzazione dei lavori di manutenzione; ispezione e controllo e segnaletica di avvertimento.
- ▶ **Obblighi di coordinamento:** modalità di coordinamento e misure protettive per garantire una collaborazione sicura.
- ▶ **Documento sulla protezione contro le esplosioni :** requisiti imposti dalla direttiva 1999/92/CE; attuazione della direttiva e struttura di un documento tipo sulla protezione contro le esplosioni.



Le **maschere antipolvere**, come abbiamo già visto in un precedente [articolo](#), si classificano in base alla classe di protezione in Ffp1, Ffp2 e Ffp3. Queste maschere effettuano due tipi di filtrazioni:

- **Filtrazione di tipo meccanica:** le particelle più grandi si filtrano per mezzo della trama del tessuto.
- **Filtrazione tramite cariche elettrostatiche:** le particelle più sottili (in ambiente industriale solitamente vanno da 0.01 a 1 μm) vengono trattenute da fibre con cariche elettrostatiche la cui efficacia diminuisce con usura e umidità dell'aria di oltre l'80%.

Le **maschere per gas e vapori** possono essere **semimaschere** o **maschere a pieno facciale** a cui si abbinano filtri a carboni attivi. Il carbone attivo ha un'efficienza molto elevata, 1g di carbone attivo equivale a 1.500 m² di tessuto filtrante. Le sostanze chimiche vengono assorbite all'interno del filtro, il quale si colora lateralmente da alcune bande che indicano il tipo di sostanza che è in grado di filtrare. In base alla normativa UNI EN 14387 i filtri si classificano in:

- **A** : Gas e vapori ORGANICI con punto di ebollizione > 65°C
- **B** : Gas e vapori INORGANICI
- **E** : GAS ACIDI /Anidride solforosa
- **K** :AMMONIACA e derivati

Quando sostituire una maschera?

Per quanto riguarda i respiratori monouso, sono certificati per essere indossati 8 ore lavorative (alcuni modelli arrivano a 24 ore). Per quanto riguarda i filtri riutilizzabili, dipende dal contaminante presente nell'ambiente in cui si lavora, dal tipo di lavoro e dall'umidità. Si lascia all'operatore l'onore di captare il momento giusto.

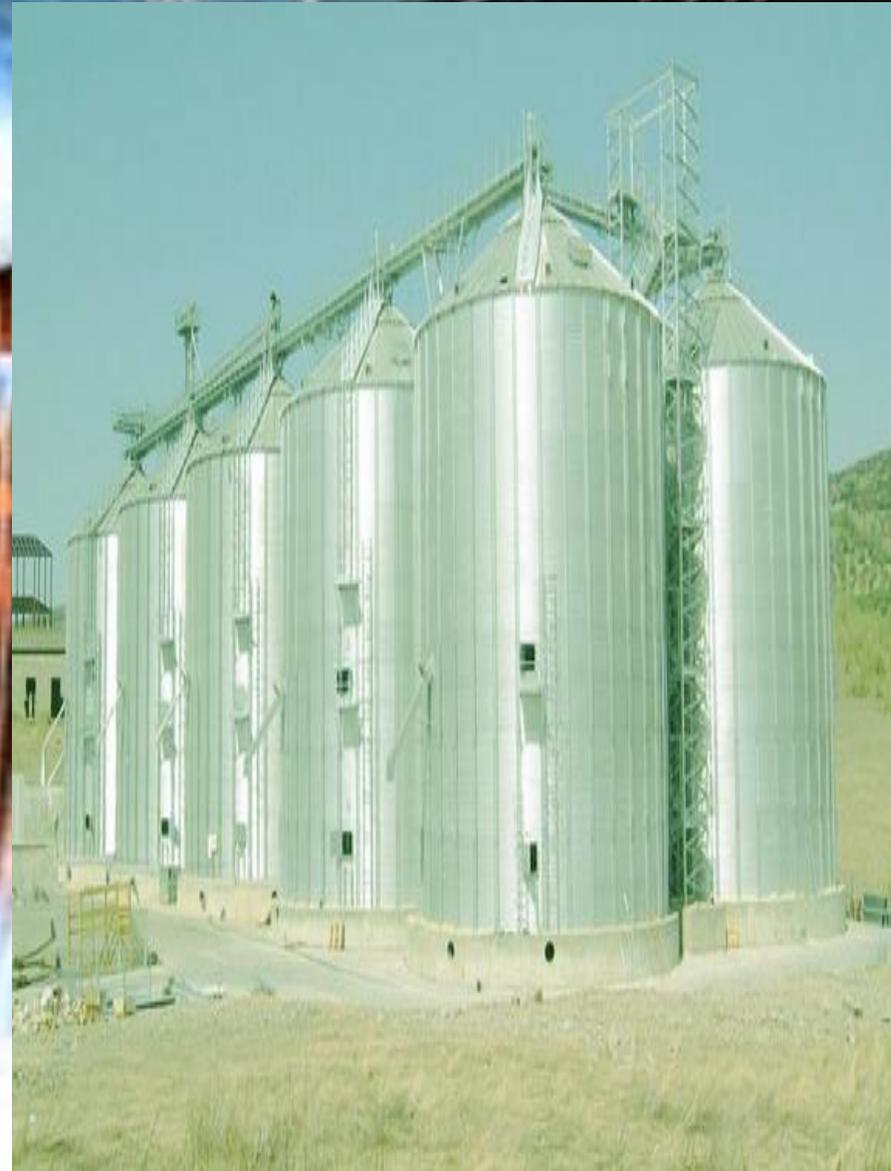
In entrambi i casi la maschera \ il filtro deve comunque essere sostituita\o quando la resistenza respiratoria diventa eccessiva (intasamento) o si è in presenza di una perdita di tenuta (si avverte l'odore della sostanza contaminante).

Alcuni esempi di maschere per polveri:

**ESEMPIO REALMENTE
ACCADUTO DI INCIDENTE
DA ATMOSFERA
ESPLOSIVA**



DIPARTIMENTO
Prof. Claudio





Il tubo andava smontato e la saldatura doveva essere effettuata a distanza dall'atmosfera. In questo caso non è stata segnalata la presenza dell'atmosfera esplosiva, inoltre mancavano apparecchi per la rivelazione della suddetta. Inoltre la colpa è anche dell'operaio che non ha raffreddato la saldatura.

E' stata sbagliata la procedura di esecuzione della saldatura. Non è stata considerata l'atmosfera **esplosiva** che avrebbe potuto generarsi dalla presenza di microparticelle di legno presenti nel silos.

