

DOCUMENTO SULLA PROTEZIONE CONTRO LE ESPLOSIONI

(art. 294 del D.Lgs. 81/2008 modificato dal D.Lgs. 106/2009)



EDIZ. N.ro	REV. N.ro	DATA	DESCRIZIONE DELLE MODIFICHE
3.0	0.0	25/11/2020	Nuova edizione del documento di protezione contro le esplosioni

Indirizzo:

Via Galileo Galilei, 1 – 20097
San Donato Milanese (MI)

Committente:



INNOVHUB SSI S.r.l.

Via Galileo Galilei, 1 – 20097
San Donato Milanese (MI)

Tel.: +39.02.516041

Fax: +39.02.514286

E-mail: info.ssc@mi.camcom.it

Il Tecnico:



Dr. Chimico Alessandro Franciosi

Iscrizione Ordine Interprovinciale dei Chimici e Fisici della Lombardia n. **A3536**

Iscrizione Elenchi del Ministero dell'Interno di cui all'art. 16 comma 4 del D.Lgs. 139/06 n. **MI03536C00069**

Società di consulenza



Vicolo Belluschi, 2
20871 Vimercate (MB)

Tel.: 039.598.84.18

Pec: alessandro.franciosi@pec.chimici.it

Mail: a.franciosi@gmail.com

Indice delle revisioni

EDIZ. N.ro	REV. N.ro	DATA	DESCRIZIONE DELLE MODIFICHE
3.0	0.0	25/11/2020	Revisione del documento con nuova classificazione a cura di S.I.A.Q. s.a.s.
2.0	1.0	09/12/2016	Revisione documento ad opera di S.I.A.Q. s.a.s.
1.0	1.0	Aprile 2010	Prima stesura ad opera di SSC

Sommario

1. PREMESSA.....	4
2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI	5
3. DESCRIZIONE AZIENDA	7
3.1. DATI IDENTIFICATIVI	7
4. VALUTAZIONE DEL RISCHIO.....	8
4.1. DETERMINAZIONE DELLA PRESENZA DI SORGENTI DI ACCENSIONE EFFICACI	8
4.2. CRITERIO UTILIZZATO NELLA VALUTAZIONE PER LIQUIDI, GAS E VAPORI	13
4.3. CRITERIO UTILIZZATO NELLA VALUTAZIONE DI POLVERI COMBUSTIBILI	17
4.4. INDICAZIONE DEI LUOGHI CLASSIFICATI	30
5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPLOSIONE	34
5.1. RIEPILOGO SORGENTI DI EMISSIONE INDIVIDUATE	34
5.2. DESCRIZIONE AMBIENTI.....	35
5.3. GRUPPO SOFFIANTE ESTERNO A00-A01 –SE01	39
5.4. CENTRALE TERMICA LABORATORIO 48 (A04) –SE02.....	40
5.5. DEPOSITO ESTERNO BOMBOLE IDROGENO (A03) – SE03	41
5.6. TRAVASO LIQUIDI INFIAMMABILI E COMBUSTIBILI (A02) – SE04	42
5.7. SVERSAMENTO BENZINA IN BACINO DI CONTENIMENTO (A02) – SE05	43
5.8. DEPOSITO ESTERNO ACETILENE PER ASSORBIMENTO ATOMICO (A08) – SE06.....	44
6. CONCLUSIONI:.....	45
6.1. PIANO DEGLI INTERVENTI.....	45
7. PROCEDURE E BUONE PRASSI.....	46
7.1. RICARICA DEI CARRELLI ELEVATORI:	46
7.2. CRITERIO GENERALE PER LA DISSIPAZIONE DELLE CARICHE ELETTROSTATICHE	51
7.3. IBC PER LIQUIDI INFIAMMABILI E POLVERI COMBUSTIBILI	57

1. PREMESSA

In base agli artt. 17 e 29 del D. Lgs. 81/08 e s.m.i., il presente documento viene predisposto dal datore di lavoro, in collaborazione con il responsabile del servizio di prevenzione e protezione ed il medico competente, dopo aver consultato il rappresentante dei lavoratori per la sicurezza.

Il documento è custodito, conformemente a quanto prescritto dall'art. 29, comma 4 del D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. presso INNOVHUB SSI S.r.l.

San Donato (MI) , ____/____/____

Firme

Il Datore di Lavoro	
Il RSPP	
Il Medico Competente	
Il RLS	

2. RIFERIMENTI LEGISLATIVI

La valutazione del Rischio di Esplosione dovuto a gas, liquidi infiammabili e polveri combustibili costituisce il Titolo XI del Testo Unico per la sicurezza nei luoghi di lavoro, D.Lgs. 81/08.

Capo I, Disposizioni generali

Articolo 287 - Campo di applicazione:

Il titolo XI prescrive le misure da adottare nei luoghi di lavoro in cui si presentino potenziali rischi dovuti alla presenza di atmosfere esplosive dovute alla miscela con l'aria di gas, vapori di liquidi infiammabili, nebbie, polveri combustibili, **a condizioni atmosferiche**.

L'ultima precisazione significa che non rientrano nel campo di valutazione le miscele esplosive che possono determinarsi a pressioni e temperature superiori alle normali ambientali, in quanto questi rischi devono essere valutati con metodologie appropriate.

Per esempio, non ci occuperemo del rischio di esplosione all'interno di una caldaia perché esso è oggetto di altre normative specifiche, ma ci occuperemo del rischio dovuto ai possibili guasti di elementi di tenuta nelle tubazioni che alimentano la stessa caldaia, in quanto formano con l'aria "in condizioni atmosferiche" una miscela potenzialmente esplosiva.

Capo II, Obblighi del Datore di Lavoro

Articolo 289 - Prevenzione e Protezione contro le Esplosioni:

Il Datore di Lavoro esegue la Valutazione dei Rischi prevista dall'articolo 15, poi sulla base di questa adotta le misure tecniche e organizzative adeguate alla natura dell'attività; in particolare il Datore di Lavoro previene la formazione di atmosfere esplosive, ma se l'attività non lo consente, deve:

- evitare l'accensione delle atmosfere esplosive;
- attenuare gli effetti pregiudizievoli dell'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Articolo 291 - Obblighi generali:

Il Datore di Lavoro prende i provvedimenti necessari affinché:

- dove possono svilupparsi atmosfere esplosive pericolose, gli ambienti siano strutturati in modo da poter svolgere il lavoro in sicurezza
- utilizza mezzi tecnici adeguati per preservare salute e sicurezza dei lavoratori

Articolo 292 - Coordinamento:

Qualora nelle zone in cui possano formarsi atmosfere esplosive, operino lavoratori di ditte esterne, il Datore di Lavoro coordina le squadre in modo che siano evitati i rischi di incidente.

Articolo 293 - Classificazione delle aree:

Il Datore di Lavoro classifica le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive, suddividendole in zone secondo l'allegato XLIX.

Se necessario le zone classificate devono essere segnalate nei punti di accesso.

La classificazione delle zone è l'oggetto della prima parte del presente documento.

Articolo 294 - Documento sulla Protezione contro le Esplosioni:

Nell'assolvere gli obblighi stabiliti dall'articolo 290, il Datore di Lavoro provvede ad elaborare e a tenere aggiornato un documento denominato "documento di protezione contro le esplosioni", il quale deve precisare in particolare che:

- I rischi di esplosione sono stati individuati e valutati;
- Saranno (o sono) prese misure adeguate per raggiungere gli obiettivi di questo titolo;
- Quali sono i luoghi in cui si applicano le prescrizioni minime di cui all'allegato L;
- Quali sono le zone classificate secondo l'allegato XLIX;

- I luoghi e le attrezzature di lavoro, compresi i dispositivi di allarme, sono concepiti, mantenuti ed impiegati secondo criteri di sicurezza; Ai sensi del Titolo III, sono adottati gli accorgimenti per l'impiego sicuro delle attrezzature di lavoro.

Per la valutazione delle atmosfere esplosive Il Titolo XI D.Lgs.81/08 "Protezione da atmosfere esplosive" assieme agli Allegati, L e LI ha fondamentalmente l'obiettivo di regolamentare un aspetto molto particolare del rischio chimico per la sicurezza dei lavoratori. Tale Normativa riguarda non solo l'operatività dei lavoratori, ma in particolare la progettazione del luogo di lavoro e la corretta realizzazione dell'impiantistica connessa ai processi di produzione.

Il Titolo XI D.Lgs.81/08 è pertanto una Normativa che prescrive non solo dei comportamenti, che peraltro sono obbligatori in Italia fino dal 1955 (D.P.R. 547/55), ma soprattutto la costruzione o l'adeguamento di ambienti di lavoro che devono essere in grado di tenere sempre sotto controllo, il rischio da atmosfere esplosive, mediante l'adozione di macchine e di impianti sicuri, scelti sulla base di una corretta valutazione del rischio. ⁴

Tale Normativa definendo con precisione cosa si intende per atmosfera esplosiva, prescrive obblighi specifici per il datore di lavoro che deve:

- ✓ valutare i rischi di esplosione;
- ✓ adottare le misure tecniche ed organizzative per la prevenzione e la protezione contro le esplosioni;
- ✓ salvaguardare la sicurezza dei lavoratori sempre e comunque;
- ✓ costruire ambienti di lavoro sicuri;
- ✓ adottare impianti di produzione che non elevi il rischio di esplosione;
- ✓ coordinare l'attuazione delle misure di prevenzione e protezione in presenza di altre imprese che lavorano nello stesso luogo di lavoro;
- ✓ ripartire in zone le aree di lavoro in cui possono formarsi atmosfere esplosive;
- ✓ adottare le prescrizioni del documento sulla protezione dei lavoratori contro le esplosioni.

3. DESCRIZIONE AZIENDA

3.1. dati identificativi

Azienda (ragione sociale)	Innovhub SSI S.r.l.
P.IVA	05121060965
C.FISCALE	97425580152
REA	MI – 1798570
Datore di lavoro	Dr. Attilio Martinetti
Medico competente	Dr. Marco D'Orso
RSPP	Dr.ssa Mariacristina Boeri
RLS	Sig. Alberto Brusoni, Sig. Marcello Canavese
Indirizzo Sede Legale	Via Meravigli, 9/b 20123 Milano
Indirizzo Sede Operativa	Via Galileo Galilei, 1 – 20097 San Donato Milanese (MI) Tel.: +39.02.516041 Fax: +39.02.514286 E-mail: info.ssc@mi.camcom.it
Documentazione Rilevata In Fase Di Sopralluogo (Elenco Essenziale E Non Esaustivo)	<input checked="" type="checkbox"/> Presenza di Impianto elettrico dotato di conformità DICO 37/08 o precedente oppure DIRI (dichiarazione di rispondenza) <input checked="" type="checkbox"/> Verifica impianto di messa a terra secondo DPR 462 non scaduto <input checked="" type="checkbox"/> Documento di protezione contro le scariche atmosferiche aggiornato <input checked="" type="checkbox"/> Documento di protezione contro le esplosioni precedente <input checked="" type="checkbox"/> Presenza incarico per manutenzione attrezzature antincendio e conformità dei controlli <input checked="" type="checkbox"/> Presenza planimetrie di emergenza e PEI (piano emergenza interno) <input checked="" type="checkbox"/> Presenza di CPI (ora SCIA) antincendio per attività soggette ai controlli di prevenzione incendio cui all'allegato 1 del DPR 151/2011 <input checked="" type="checkbox"/> Presenza di addetti nominati alla lotta antincendio e gestione emergenze correttamente formati secondo art. 37 D.Lgs. 81/08 e DM 10/03/1998
N. addetti	Per quanto concerne il numero dei lavoratori e le mansioni fare riferimento al Documento di Valutazione dei Rischi generale

4. VALUTAZIONE DEL RISCHIO

4.1. determinazione della presenza di sorgenti di accensione efficaci

In questo ambito viene valutata la probabilità di esistenza di sorgenti di accensione efficaci, tenendo conto di quelle che possono essere introdotte, per esempio, da operazioni di manutenzione e/o pulizia.

L'idoneità di accensione della sorgente d'innesco deve essere confrontata con le caratteristiche di accensione della sostanza infiammabile¹

Ai fini della presente valutazione, qualora non possa essere valutata la probabilità di esistenza di una sorgente di accensione efficace, si deve supporre che la sorgente di accensione sia sempre presente.

L'efficacia delle sorgenti di accensione, ovvero la loro capacità di innescare atmosfere esplosive, dipende dall'energia delle fonti stesse e dalle proprietà delle atmosfere che vengono a crearsi. In condizioni diverse da quelle atmosferiche cambiano anche i parametri di infiammabilità delle atmosfere: ad esempio, l'energia minima di accensione delle miscele a elevato tenore di ossigeno si riduce di decine di volte.

La norma UNI EN 1127-1 individua 13 (tredici) diversi tipi di sorgenti di accensione che potrebbero essere efficaci²

a) Superfici calde

Se un'atmosfera esplosiva viene a contatto con una superficie riscaldata può manifestarsi l'accensione.

L'idoneità di una superficie calda di provocare l'accensione dipende dal tipo e dalla concentrazione della specifica sostanza in miscela con l'aria. Questa idoneità aumenta all'aumentare della temperatura e della superficie. Inoltre, la temperatura che determina l'accensione dipende dalla dimensione e dalla forma del corpo riscaldato, dal gradiente di concentrazione della miscela esplosiva in prossimità della superficie e, in una certa misura, anche dal materiale della superficie. Pertanto, un'atmosfera esplosiva di gas o vapore all'interno di spazi riscaldati piuttosto ampi può, per esempio, essere accesa da temperature superficiali minori di quelle misurate in conformità alla IEC 79-4 o per mezzo di altri metodi equivalenti. D'altra parte, in caso di corpi riscaldati con superfici convesse piuttosto che concave, è necessaria una temperatura superficiale maggiore per l'accensione; per le sfere e i tubi, la temperatura minima di accensione aumenta, per esempio, al diminuire del diametro. Quando un'atmosfera esplosiva lambisce superfici riscaldate, potrebbe essere necessaria una temperatura superficiale maggiore per l'accensione a causa del breve tempo di contatto.

Se l'atmosfera esplosiva rimane a contatto con la superficie calda per un periodo relativamente lungo, possono verificarsi reazioni preliminari, per esempio fiamme fredde, che determinano la formazione di prodotti di decomposizione più facilmente infiammabili, che favoriscono l'accensione delle atmosfere.

Oltre alle superfici calde facilmente riconoscibili quali radiatori, essiccatoi, tubi radianti e altri apparecchi, anche i processi meccanici e di lavorazione possono produrre temperature pericolose. Detti processi comprendono anche apparecchi, sistemi di protezione e componenti che convertono l'energia meccanica in calore, per esempio tutti i tipi di innesti a frizione e i freni a funzionamento meccanico (per esempio su veicoli e centrifughe). Inoltre, tutte le parti mobili con cuscinetti, passaggi d'albero, premistoppa, ecc. possono diventare sorgenti di accensione se non sono sufficientemente lubrificati.

Negli alloggiamenti a tenuta di parti mobili, anche l'ingresso di corpi estranei o lo spostamento dell'asse può produrre attrito che, a sua volta, può produrre temperature di superficie elevate, in alcuni casi molto rapidamente.

¹ In particolare con: l'energia minima di accensione e la temperatura minima di accensione di un'atmosfera esplosiva

² Estratti dalla Norma UNI EN 1127-1

Si deve inoltre considerare anche gli aumenti di temperatura dovuti a reazioni chimiche (per esempio con lubrificanti e solventi di pulizia).

b) Fiamme e gas caldi (incluse le particelle calde)

Le fiamme sono associate a reazioni di combustione a temperature maggiori di 1000 °C. I gas caldi si formano come prodotti di reazione e, nel caso di fiamme contenenti polveri e/o fuliggine, si producono anche particelle solide incandescenti. Le fiamme, i loro prodotti di reazione caldi o i gas molto caldi di altra origine possono accendere un'atmosfera esplosiva. Le fiamme, anche se molto piccole, sono tra le sorgenti di accensione più attive. Se un'atmosfera esplosiva è presente sia all'interno, sia all'esterno di un apparecchio, sistema di protezione o componente o in parti adiacenti dell'impianto e se in uno di questi punti si verifica un'accensione, la fiamma può diffondersi agli altri punti attraverso le aperture quali i condotti di ventilazione.

La prevenzione della propagazione della fiamma richiede misure di protezione appositamente progettate. Le scintille di saldatura che si producono durante la saldatura o il taglio sono di superficie molto ampia e pertanto sono tra le più efficaci sorgenti di accensione.

c) Scintille di origine meccanica

In seguito a processi di attrito, urto o abrasione quali la molatura, dai materiali solidi possono separarsi particelle che si riscaldano per effetto dell'energia utilizzata nel processo di separazione. Se queste particelle sono costituite da sostanze ossidabili, per esempio, ferro o acciaio, possono subire un processo di ossidazione, e pertanto raggiungere temperature ancora più elevate. Queste particelle (scintille) possono accendere gas e vapori combustibili e alcune miscele di polveri/aria (specialmente le miscele di polveri metalliche e aria). Nelle polveri depositate, le scintille possono causare fuoco senza fiamma che può rappresentare una sorgente di accensione per un'atmosfera esplosiva. Deve essere considerato l'ingresso di materiali estranei negli apparecchi, sistemi di protezione e componenti, per esempio pietre o pezzi di metallo, quale causa di scintillamento. L'attrito per sfregamento, anche tra materiali ferrosi simili e tra alcuni materiali ceramici, può generare punti caldi e scintille simili alle scintille di molatura. Ciò può causare l'accensione di atmosfere esplosive.

Gli urti che coinvolgono ruggine e metalli leggeri (per esempio alluminio e magnesio) e le loro leghe possono indurre una reazione alluminotermica che può causare l'accensione delle atmosfere esplosive. Anche i metalli leggeri titanio e zirconio possono formare scintille di accensione se sottoposti ad urto o attrito contro qualsiasi materiale sufficientemente duro, anche in assenza di ruggine.

d) Materiale elettrico

Nel caso del materiale elettrico, si possono produrre scintille elettriche e superfici calde che agiscono quali sorgenti di accensione. Possono essere generate scintille elettriche, per esempio:

- quando si aprono e si chiudono circuiti elettrici;
- per connessioni allentate;
- a seguito di correnti vaganti.

Si sottolinea esplicitamente che una tensione estremamente bassa (per esempio minore di 50V) è progettata per la protezione personale contro la scossa elettrica e non è una misura destinata alla protezione contro l'esplosione. Comunque, le tensioni minori di 50V possono ancora produrre energia sufficiente per accendere un'atmosfera esplosiva.

e) Correnti elettriche vaganti, protezione contro la corrosione catodica

Le correnti vaganti possono attraversare i sistemi elettricamente conduttori o parti di detti sistemi,

- sotto forma di correnti di ritorno nei generatori di potenza, specialmente in prossimità delle ferrovie elettriche e dei grandi impianti di saldatura quando, per esempio, i componenti conduttori

interrati del sistema elettrico quali le rotaie e le guaine dei cavi riducono la resistenza di detto circuito di ritorno;

- per effetto di un cortocircuito o di una dispersione a terra in seguito a guasti agli impianti elettrici;
- per induzione magnetica (per esempio vicino ad impianti elettrici con correnti o radiofrequenze elevate;
- in seguito a fulmini.

Se parti di un sistema in grado di condurre le correnti vaganti sono scollegate, collegate o ponticellate, anche in caso di lievi differenze di potenziale, può accendersi un'atmosfera esplosiva in seguito alla formazione di scintille elettriche e/o archi. Inoltre, può verificarsi un'accensione anche in seguito al riscaldamento di detti circuiti di corrente.

I suddetti rischi di accensione sono possibili anche quando si utilizza la protezione contro la corrosione catodica con corrente applicata. Tuttavia, se si utilizzano anodi sacrificali è improbabile che si presentino rischi di accensione dovuti a scintille elettriche, tranne in caso di anodi in alluminio o magnesio.

f) Elettricità statica

In certe condizioni possono verificarsi scariche di elettricità statica in grado di produrre l'accensione. La scarica di parti conduttrici isolate e cariche può facilmente produrre scintille di accensione.

Con parti cariche di materiali non conduttori, che comprendono la maggior parte delle materie plastiche e altri materiali, sono possibili scintillii e, in casi particolari, durante processi di separazione rapida (per esempio pellicole che si muovono su rulli, cinghie di trasmissione o per l'associazione di materiali conduttori e non conduttori) sono possibili anche scariche in grado di propagarsi. Si possono verificare anche scariche a cono da materiale fuso e scariche da nube.

Gli scintillii sono in grado di accendere quasi tutte le atmosfere esplosive di gas e vapore.

Tenuto conto delle attuali conoscenze, non si può escludere l'accensione di atmosfere esplosive polveri/aria con energia minima di accensione estremamente bassa per effetto di scintillii. Le scintille, di ogni tipo di origine elettrostatica sono in grado di accendere tutti i tipi di atmosfere esplosive, in relazione all'energia della loro scarica.

g) Fulmine

Se un fulmine colpisce un'atmosfera esplosiva, si verifica sempre un'accensione. Inoltre esiste anche la possibilità di accensione dovuta alla temperatura elevata raggiunta dai parafulmini. Dal punto in cui ha colpito il fulmine partono correnti importanti che possono produrre scintille in prossimità del punto di impatto.

Persino in assenza di fulmini, i temporali possono indurre alte tensioni in apparecchi, sistemi di protezione e componenti.

h) Onde elettromagnetiche a radiofrequenza (RF) da 10^4 Hz a 3×10^{12} Hz

Tutti i sistemi che generano e utilizzano energia elettrica a radiofrequenza (sistemi a radiofrequenza), per esempio radiotrasmettitori o generatori RF per uso medico o industriale per riscaldamento, essiccazione, tempra, saldatura, taglio, ecc. emettono onde elettromagnetiche.

Tutte le parti conduttrici situate nel campo di radiazione si comportano come antenne riceventi. Se il campo è sufficientemente potente e se l'antenna ricevente è sufficientemente grande, queste parti conduttrici possono causare l'accensione nelle atmosfere esplosive. La potenza ricevuta in radiofrequenza può, per esempio, rendere incandescenti i fili sottili o generare scintille durante il contatto o l'interruzione di parti conduttrici. L'energia assorbita dall'antenna ricevente, che può produrre l'accensione, dipende principalmente dalla distanza tra il trasmettitore e l'antenna ricevente nonché dalle dimensioni dell'antenna ricevente per ogni specifica lunghezza d'onda e potenza RF.

i) Onde elettromagnetiche da 3×10^{11} Hz a 3×10^{15} Hz

La radiazione in questo campo spettrale può, specialmente se concentrata, diventare una sorgente di accensione per effetto dell'assorbimento da parte di atmosfere esplosive o superfici solide.

I raggi solari, per esempio, possono innescare un'accensione per effetto di oggetti che causano la convergenza dei raggi (per esempio bottiglie che agiscono da lenti, superfici riflettenti che concentrano i raggi). In determinate condizioni, la radiazione di sorgenti luminose intense (continue o intermittenti) è assorbita così intensamente dalle particelle di polvere che dette particelle diventano sorgenti di accensione per atmosfere esplosive o depositi di polveri. Con le radiazioni laser (per esempio nelle comunicazioni, nei dispositivi di misura di distanza, nei sistemi di sorveglianza, negli apparecchi di misura del campo visivo), anche a grandi distanze, l'energia o la densità di potenza di un fascio anche non concentrato può essere talmente grande da rendere possibile l'accensione.

Anche in questo caso, il processo di riscaldamento ha luogo principalmente quando il fascio laser colpisce una superficie di un corpo solido o quando è assorbito da particelle di polvere nell'atmosfera o da parti trasparenti sporche.

Si noti che qualsiasi apparecchio, sistema di protezione e componente in grado di generare radiazioni (per esempio lampade, archi elettrici, laser, ecc.) può di per sé essere una sorgente di accensione.

j) Radiazioni ionizzanti

Le radiazioni ionizzanti generate, per esempio, da tubi per raggi x e sostanze radioattive, possono accendere atmosfere esplosive (specialmente atmosfere esplosive con particelle di polvere) per effetto dell'assorbimento di energia. Inoltre, la sorgente radioattiva stessa può riscaldarsi per effetto dell'assorbimento interno di energia radiante al punto che la temperatura minima di accensione dell'atmosfera esplosiva circostante è superata. Le radiazioni ionizzanti possono causare la decomposizione chimica o altre reazioni che possono portare alla generazione di radicali altamente reattivi o composti chimici instabili. Ciò può causare l'accensione.

Nota: Questo tipo di radiazione può creare anche un'atmosfera esplosiva per decomposizione (per esempio una miscela di ossigeno e idrogeno per radiolisi dell'acqua).

k) Ultrasuoni

Quando si utilizzano onde ultrasoniche, una grande quantità dell'energia emessa dal trasduttore elettroacustico è assorbita da sostanze solide o liquide. Di conseguenza, la sostanza esposta agli ultrasuoni si riscalda al punto da poter indurre l'accensione in casi estremi.

l) Compressione adiabatica e onde d'urto

Nella compressione adiabatica o quasi adiabatica e nelle onde d'urto possono registrarsi temperature talmente elevate da poter accendere atmosfere esplosive (e depositi di polveri). L'aumento di temperatura dipende principalmente dal rapporto tra le pressioni, non dalla differenza di pressione.

Nota: Nelle linee in pressione dei compressori ad aria e nei recipienti collegati a dette linee, possono verificarsi esplosioni in seguito all'accensione per compressione delle nebbie di olio lubrificante.

Le onde d'urto si generano, per esempio, durante la fuoriuscita improvvisa di gas ad alta pressione nei condotti. In questo processo, le onde d'urto si propagano nelle zone a pressione minore di una velocità maggiore della velocità del suono. Quando sono rifratte o riflesse dalle curve dei tubi, da restringimenti, flange di raccordo, valvole chiuse ecc., possono registrarsi temperature molto elevate.

Nota: Gli apparecchi, sistemi di protezione e componenti che contengono gas altamente ossidanti, per esempio l'ossigeno puro o atmosfere di gas con una concentrazione di ossigeno elevata, possono diventare una sorgente di accensione attiva sotto l'azione della compressione adiabatica, di onde d'urto o persino dello scorrimento puro, perché i lubrificanti, le guarnizioni e persino i materiali di costruzione possono incendiarsi. Se questo

determina la distruzione di apparecchi, sistemi di protezione e componenti, parti di essi accendono un'atmosfera esplosiva circostante.

m) Reazioni esotermiche, inclusa l'autoaccensione delle polveri

Le reazioni esotermiche possono agire come una sorgente di accensione quando la velocità di generazione del calore supera la velocità della perdita di calore verso l'esterno. Molte reazioni chimiche sono esotermiche. Il fatto che una reazione possa raggiungere una temperatura elevata dipende, tra gli altri parametri, dal rapporto tra volume e superficie del sistema reattivo, dalla temperatura ambiente e dal tempo di permanenza. Queste temperature elevate possono indurre l'accensione di atmosfere esplosive nonché l'accensione di fuoco senza fiamme e/o di una combustione.

Queste reazioni comprendono quelle delle sostanze piroforiche con l'aria, dei metalli alcalini con l'acqua, l'autoaccensione delle polveri combustibili, l'autoriscaldamento dei mangimi indotto da processi biologici, la decomposizione dei perossidi organici o le reazioni di polimerizzazione.

I catalizzatori possono indurre anche reazioni che producono energia (per esempio atmosfere idrogeno/aria e platino).³

³ Nota: anche alcune reazioni chimiche (per esempio la pirolisi e i processi biologici) possono produrre la formazione di sostanze infiammabili che, a loro volta, possono formare un'atmosfera esplosiva con l'aria circostante.

Reazioni violente che causano l'accensione possono verificarsi in alcune associazioni di materiali di costruzione e prodotti chimici (per esempio rame con acetilene, metalli pesanti con perossido di idrogeno). Alcune associazioni di sostanze, specialmente se disperse finemente (per esempio alluminio/ruggine o zucchero/clorato) reagiscono violentemente se esposte ad urto o attrito.

4.2. criterio utilizzato nella valutazione per liquidi, gas e vapori

La valutazione dei rischi è definita dal Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81 (c.d. Testo unico sulla sicurezza sul lavoro) come la *“valutazione globale e documentata di tutti i rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori presenti nei luoghi di lavoro finalizzata a individuare le misure di prevenzione e protezione e ad elaborare il programma delle misure di miglioramento nel tempo dei livelli di salute e sicurezza”*. L’oggetto e le modalità per l’elaborazione del documento di valutazione dei rischi per la salute e sicurezza dei lavoratori è indicato negli articoli 28 e 29 del D.Lgs. 81/08.

In particolare, il D.Lgs. n° 81 del 2008 prescrive al Datore di Lavoro di:

- ☒ Effettuare la valutazione dei rischi di esplosione preliminarmente;
- ☒ riesaminare le misure tecniche di prevenzione, protezione e organizzative contro le esplosioni periodicamente e, in ogni caso, ogniqualvolta si verifichino cambiamenti sostanziali;
- ☒ prendere, in base alle risultanze, tutte le misure di prevenzione e protezione, collettive ed individuali, necessarie a ridurre al minimo il rischio.

Il processo di valutazione del rischio di esplosione va effettuato caso per caso, non presentando una soluzione aprioristicamente valida. Infatti, l’art. 290 del D.Lgs. 81/08 *“Testo unico sulla sicurezza”* impone al datore di lavoro una valutazione che tenga conto almeno dei seguenti elementi:

- 1) Probabilità e durata di atmosfere esplosive;
- 2) Probabilità che le fonti di accensione, comprese le scariche elettrostatiche, siano presenti e divengano attive ed efficaci;
- 3) Caratteristiche dell’impianto, sostanze utilizzate, processi e possibili interazioni;
- 4) Entità degli effetti prevedibili.

Dunque, ai fini dell’analisi delle attività sotto l’aspetto del rischio di esplosione, la valutazione è stata svolta considerando la probabilità di accadimento dell’evento esplosivo (ovvero la sua frequenza) e le conseguenze dell’incidente prevedibile. Da questa premessa si evince che la valutazione del rischio, visto come funzione dello scenario ipotizzato, è stato un processo necessariamente articolato.

Per effettuare la valutazione del rischio di esplosione sono stati individuati i relativi pericoli. A tale scopo si è provveduto alla:

- a) Identificazione del pericolo;
- b) valutazione della probabilità che si determini un’atmosfera esplosiva e della quantità implicata;
- c) determinazione della presenza e della probabilità di sorgenti di accensione in grado di accendere l’eventuale atmosfera esplosiva;
- d) determinazione di possibili effetti di un’esplosione;
- e) valutazione del rischio;
- f) definizione della priorità di intervento delle azioni migliorative.

Di seguito è illustrata, la metodologia di valutazione del rischio non vincolante, semplice, applicabile a situazioni non complesse, riconducibile a procedimenti più o meno simili, adottati nella pratica e reperibili in letteratura⁴, in grado di fornire una visione del processo da effettuare e dei parametri considerati.

⁴ A. Cavaliere, P. Scardamaglia Guida all’applicazione delle direttive atex (Epc Editore); A. Cavaliere, P. Scardamaglia Antincendio Anno 58 Gennaio 2006: Rischio esplosione l’applicazione delle direttive Atex come eseguire la classificazione, valutare il rischio. Atmosphere Analysis Gas e Atmosphere Analysis Dust (Tecnisweb sas di Paolo Scardamaglia).

La metodologia è di tipo qualitativo e prevede la determinazione del rischio in funzione della probabilità di accadimento dell'esplosione e dell'eventuale danno procurato sia sotto il profilo della salute che della sicurezza dei lavoratori.

Infatti, l'entità del rischio **R** è definita come prodotto tra la probabilità **P** che si verifichi un determinato evento e la magnitudo del danno **D** che tale evento, una volta verificatosi, può determinare.

La valutazione del rischio è stata quindi condotta con metodo qualitativo o probabilistico. Essa avviene analizzando:

- ☒ la probabilità di esistenza del pericolo;
- ☒ la probabilità che il pericolo sia causa di danno;
- ☒ la gravità del danno.

I fattori indicati si legano tra loro e sono direttamente proporzionali al rischio secondo la seguente relazione:

$$R = P \cdot C \cdot D$$

in cui:

R → è il rischio;

P → è il fattore di pericolo, il quale rappresenta la probabilità di esistenza del pericolo;

C → è il fattore di contatto, cioè la probabilità che il pericolo *P* sia causa di un danno;

D → è il fattore di danno, rappresenta l'entità (dimensione, magnitudo) del danno.

Con riferimento alla suddetta relazione, possiamo definire la "**valutazione del rischio**" come: *il prodotto dei gradi dei tre fattori di rischio espressi singolarmente.*

Ciò significa che ad ogni fattore è assegnato un grado, un numero, che non rappresenta una misura ma un concetto. Siamo quindi fuori dal campo di pura applicazione matematica; quello che nel nostro caso interessa è il valore arbitrario del singolo fattore di rischio per poter intervenire in maniera operativa al fine di ridurre il rischio stesso. In pratica si ragiona per estremi e si associa al numero zero il concetto di assenza (es. assenza di pericolo), al numero uno il concetto di esistenza sporadica e così via fino al grado di dettaglio che si è deciso di adottare, ottenendo una scala come la seguente:

VALORE	DESCRIZIONE
3	Sempre o frequentemente.
2	Talvolta, ogni tanto
1	Raramente o quasi mai
0	Mai

Con i concetti appena espressi si analizzano prima i vari fattori di rischio per poi eseguire la stima del livello di rischio stesso.

FATTORE DI PERICOLO, P

Il fattore di pericolo **P** indica quanto è probabile l'esistenza di un pericolo in un luogo e rappresenta il tempo durante il quale il pericolo è disponibile a fare danno. Nel nostro caso il pericolo è costituito dalla probabilità e durata di presenza di atmosfera esplosiva e dalla sua quantità.

Al fattore di pericolo **P** si è associato dei gradi secondo la scala qualitativa ed anche numerica convenzionale di probabilità di presenza di pericolo, come indicato nella seguente tabella:

CLASSIFICAZIONE DEL FATTORE DI PERICOLO P	
GRADO	DEFINIZIONE QUALITATIVA DEL FATTORE DI PERICOLO P
P3	<i>Il pericolo è presente sempre o frequentemente.</i> Luogo in cui un'atmosfera esplosiva è presente continuamente, o per lunghi periodi o frequentemente (Zona 0).
P2	<i>Il pericolo è presente talvolta, ogni tanto.</i> Luogo in cui è probabile che un'atmosfera esplosiva si presenti occasionalmente durante il funzionamento normale (Zona 1).
P1	<i>Il pericolo è presente raramente o quasi mai.</i> Luogo in cui è improbabile che un'atmosfera esplosiva si presenti durante il normale funzionamento, ma che, se si presenta, persiste solo per un breve periodo (Zona 2).
P0	<i>Il pericolo non c'è mai.</i> Luogo in cui è impossibile che si formi un'atmosfera esplosiva (Zona NE).

FATTORE DI CONTATTO, C

Per passare dal pericolo al danno, occorre considerare il fattore di contatto **C**, associandogli un grado in relazione alla probabilità in cui esso è disponibile al "contatto" di un singolo individuo, un gruppo di individui, un determinato bene materiale o comparto ambientale con il pericolo, oppure all'elemento catalizzatore che trasforma indirettamente un evento pericoloso in un evento dannoso.

Nel nostro caso il fattore di contatto è costituito dalla presenza e probabilità di sorgenti di accensione in grado di accendere l'eventuale atmosfera esplosiva.

Al fattore di contatto C della relazione del rischio è stata associata una scala convenzionale qualitativa e numerica di probabilità di innesco efficace, come indicato nella seguente tabella:

CLASSIFICAZIONE DEL FATTORE DI PERICOLO C	
GRADO	DEFINIZIONE QUALITATIVA DEL FATTORE DI CONTATTO C
C3	<i>Contatto presente permanentemente o frequentemente nella zona (luogo) considerata.</i> Le sorgenti di accensione sono efficaci e sempre presenti durante il normale funzionamento.
C2	<i>Contatto presente talvolta ovvero ogni tanto nella zona (luogo) considerata.</i> sorgenti di accensione efficaci, possono manifestarsi in circostanze rare e unicamente a seguito di disfunzioni.
C1	<i>Contatto presente talvolta ovvero quasi mai nella zona (luogo) considerata.</i> Le sorgenti di accensione efficaci, possono manifestarsi in circostanze molto rare e unicamente a seguito di rare disfunzioni.
C0	<i>Contatto mai presente nella zona (luogo) considerata.</i> Le sorgenti di accensione non sono efficaci e/o non si manifestano mai.

FATTORE DI DANNO, D

ELEMENTI DEL FATTORE DI DANNO D			
DESCRIZIONE	0	0,25	0,5
Presenza lavoratori	Assenti	Saltuaria	Continua
K _G - indice esplosione Gas [bar m/s]	0 ≤ 200	200 ≤ 400	> 400
Danno alla struttura/apparecchiature	Basso	Medio	Alto
Danno ambientale	Basso	Medio	Alto
Ostruzione / Confinamento nube	N.C.	P.C.	C.C.

LEGENDA	
N.C.	Non Confinata
P.C.	Parzialmente Confinata
C.C.	Completamente Confinata

Al fattore del danno D, presente nella relazione del rischio, si sono associati dei gradi secondo una scala convenzionale qualitativa e numerica di entità del danno prevedibile, come indicato nell'allegato A della norma CEI UNI 70029.

Per stimare il rischio (**R**), al prodotto di P·C·D, si sommano alcuni indici tipici per il rischio in esame che hanno una maggiore valenza sul fattore di danno D.

Tali indici sono stati stabiliti nella maniera sintetizzata nella tabella sotto riportata:

ELEMENTI DEL RISCHIO R		INDICI		
		0	1	2
P _L - Presenza lavoratori		Assenti	Saltuaria	Continua
K _G - indice esplosione Gas [bar m/s]		0 ≤ 200	200 ≤ 400	> 400
D _S - Danno alla struttura/apparecchiature		Basso	Medio	Alto
D _A - Danno ambientale		Basso	Medio	Alto
C _n - Ostruzione / Confinamento nube		N.C.	P.C.	C.C.

In definitiva il rischio di esplosione R è stimato con la seguente relazione:

$$R = (P \cdot C \cdot D) + P_L + K_G + D_S + D_A + C_n$$

In cui:

LEGENDA	
P _L	Indice (0, 1, 2) per presenza Lavoratori
K _G	Indice esplosione gas [bar m/s] (0, 1, 2)
D _S	Indice (0, 1, 2) per danno alla struttura/apparecchiature
D _A	Indice (0, 1, 2) per danno all'ambiente
C _n	Indice (0, 1, 2) per Ostruzione/Confinamento nube

La tabella seguente riassume in maniera schematica la classificazione dei livelli di rischio nelle varie aree.

0 ≤ R ≤ 1	1 < R ≤ 9	9 < R ≤ 18	R > 18
Trascurabile	Basso	Medio	Alto

Rischio	MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE
Alto	Sono richieste misure di prevenzioni e protezioni urgenti poiché determinano i presupposti per l'accadimento di un possibile infortunio di gravissima entità
Medio	Grado di rischio che implica la sussistenza di una condizione di rischio grave, ma non imminente per i lavoratori, e che potrebbe causare gravi danni con un elevato grado di inabilità o determinare patologie dagli effetti invalidanti permanenti. Sono richiesti interventi a medio termine
Basso	Gli interventi di adeguamento corrispondenti al presente livello di priorità possono essere programmati nel tempo in funzione della fattibilità degli stessi.
Trascurabile	Gli interventi di adeguamento corrispondenti, tipo organizzati o e tecnico, verranno programmati nel tempo con il fine di elevare il livello di protezione e ottimizzare lo stato dei luoghi e le procedure di lavoro.

Quanto riportato nella tabella precedente ha la sola funzione di evidenziare una tipologia di approccio all'attuazione di misure preventive e protettive. Termini quali "urgenti" e "medio termine" assumono in questo contesto una importanza relativa. Il datore di lavoro e il servizio di prevenzione e protezione stabiliscono di volta in volta quale valenza temporale attribuire agli interventi di prevenzione e/o tecnici, finalizzati a minimizzare sia la probabilità di formazione di atmosfere esplosive, sia i relativi fattori di danno conseguente.

4.3. Criterio utilizzato nella valutazione di polveri combustibili

Le polveri combustibili possono dar luogo a due tipi di pericolo:

- ✓ in caso di dispersione in atmosfera possono causare delle esplosioni;

✓ in caso di deposito in strati su componenti che producono calore possono dare origine ad incendi. Il pericolo di esplosione dovuto alla presenza di polveri combustibili si manifesta quando queste, disperse nell'aria, formano delle miscele (nubi) di combustibile (polvere) e di comburente (ossigeno presente nell'aria), cosicché, in presenza di una sorgente di accensione di sufficiente energia, sono in grado di formare un'onda di pressione ed un fronte di fiamma con effetti esplosivi. Perché questo si verifichi è necessario che la polvere combustibile sia presente all'interno della nube in una concentrazione compresa nel campo di esplodibilità della stessa.

Un altro parametro, che si può introdurre per capire quale sia il pericolo che può originare una data polvere combustibile, è la *granulometria*. Essa consiste nella misurazione della ripartizione percentuale delle particelle della polvere combustibile in questione in funzione del loro diametro. Visto che le particelle di polveri combustibili con grandezza superiore a 500 µm possono considerarsi, con una certa cautela, non in grado di dare origine a nubi esplosive, se da questa misura risulta che la polvere in questione è formata in gran parte da particelle aventi queste dimensioni, si può fare riferimento al solo pericolo di incendio. È da ricordare che, comunque, per l'effettuazione di questa misura deve essere preso in considerazione un campione rappresentativo di tale polvere prevedibile nell'ambiente oggetto di studio nelle peggiori condizioni. Questo in quanto le particelle di polvere possono essere sottoposte, durante la lavorazione e il trasporto, a diverse operazioni che ne determinano uno sminuzzamento con la conseguente formazione di particelle più fini, che possono creare pericoli di esplosione.

Il pericolo di incendio è dovuto, solitamente, al deposito di strati di polvere sulle apparecchiature elettriche, che ne causano un peggioramento del raffreddamento con un conseguente aumento della temperatura superficiale. Se questo aumento di temperatura porta ad una temperatura finale maggiore di quella di accensione della polvere in strato, questa si innesca dando origine al solo incendio nel caso in cui questi strati siano incapaci di sollevarsi e quindi di formare nubi esplosive. Questo pericolo può essere evitato mantenendo un buon livello di pulizia, che tenga lo spessore degli strati entro limiti trascurabili. La formazione di un'atmosfera esplosiva dipende dalla presenza di una polvere combustibile, dal grado di dispersione della polvere, dalla concentrazione della stessa all'interno della zona pericolosa e dalla quantità di atmosfera esplosiva che potrebbe causare danni, in caso di innesco.

La tipologia del Rischio esplosione richiede la stima del rischio con metodo qualitativo o probabilistico, denominato anche operativo. Tale scelta è, pertanto, in accordo con le linee guida CEE, in quanto i sistemi deterministici (HAZOP, FTA, FMEA, QRA) mal rappresentano il rischio esplosione, poiché le cause di innesco non sono legate necessariamente ad avaria di componenti d'impianto.

Il modello sotto riportato, adottato nel software **Atmosphere Risk Analysis Dust**, fa riferimento al sistema europeo denominato "RASE":

EU Project SMT4 – CT97-2169

The RASE Project, explosive atmosphere. Risk assessment of Unit Operation and Equipmant

Per ogni Sorgente di Emissione sono state definite le seguenti fasi:

- Identificazione del pericolo. Le caratteristiche chimico fisiche delle sostanze pericolose (sono utili ai fini dell'identificazione dei pericoli in quanto dimostrano se le sostanze sono infiammabili/combustibili e quale è la loro facilità di accensione);
- valutazione della probabilità che si determini un'atmosfera esplosiva e della quantità implicata;
- determinazione della presenza e della probabilità di sorgenti di accensione in grado di accendere l'eventuale atmosfera esplosiva;
- determinazione di possibili effetti di un'esplosione;
- valutazione del rischio;
- definizione della priorità di intervento delle azioni migliorative.
- esame delle misure di minimizzazione dei rischi;

La sequenza delle suddette fasi ed il loro aggancio è riportato nel diagramma di flusso riportato nella pagina successiva, dal quale risulta che la valutazione del rischio è un processo sequenziale e ciclico:

- ✓ **sequenziale**, in quanto il processo per essere organico e completo necessita di seguire in sequenza il percorso logico prefissato;
- ✓ **ciclico**, dato che per ridurre il rischio a valori accettabili occorre porre in atto delle barriere, e successivamente provvedere di nuovo all'identificazione dei pericoli, alla stima e alla valutazione del rischio, lo stesso ciclo occorre seguirlo periodicamente e aggiornarlo per testarne l'efficacia e in caso di mutamenti che potrebbero aver reso superata la valutazione.

Definizione del sistema o dell'area

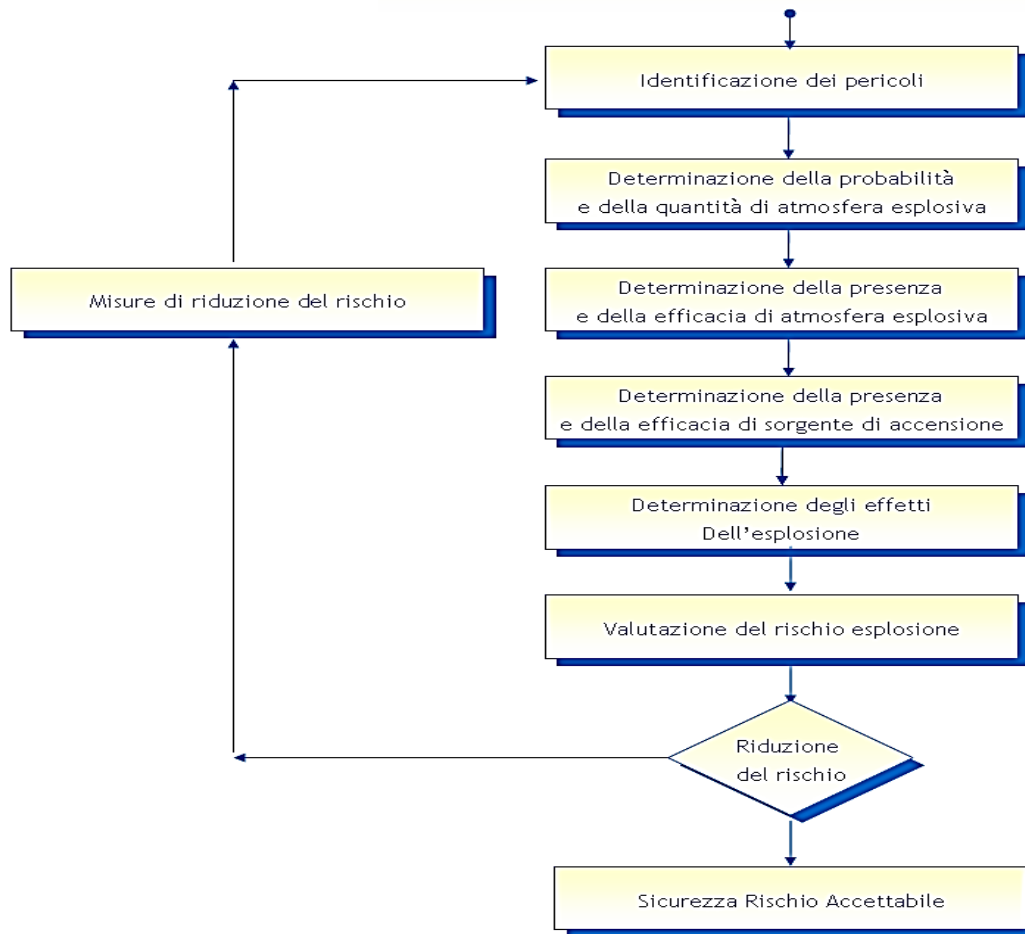


Figura 1 diagramma di flusso per la valutazione del rischio esplosione

La valutazione del rischio ha tenuto conto del pericolo di innesco (accensione) ed esplosione derivante da:

- ✓ *apparecchi, sistemi di protezione e componenti stessi;*
- ✓ *interazione tra apparecchi, sistemi di protezione, componenti e le sostanze trattate;*
- ✓ *il processo industriale specifico realizzato in apparecchi, sistemi di protezione e componenti;*
- ✓ *le interazioni dei singoli processi in diverse parti di apparecchi, sistemi di protezione e componenti;*
- ✓ *l'ambiente circostante apparecchi, sistemi di protezione e componenti e la possibile interazione con i processi vicini.*

In base a quanto precedentemente riportato la stima del rischio avviene analizzando

- ✓ *La probabilità di esistenza del pericolo;*
- ✓ *La probabilità che il pericolo sia causa di danno;*
- ✓ *La gravità del danno*

I fattori indicati si legano tra loro e sono direttamente proporzionali al rischio secondo la seguente relazione:

$$R = P \cdot C \cdot D + I_{RP}$$

in cui:

- R → è l'indice di rischio totale;
- P → è il fattore di pericolo, il quale rappresenta la probabilità di esistenza del pericolo;
- C → è il fattore di contatto, cioè la probabilità che il pericolo **P** sia causa di un danno;
- D → è il fattore di danno, rappresenta l'entità (dimensione, magnitudo) del danno;
- I_{RP} → Indice di rischio parziale.

Con riferimento alla suddetta relazione, possiamo definire la "**valutazione del rischio**" come: *il prodotto dei gradi dei tre fattori di rischio espressi singolarmente sommati all'indice di rischio parziale*

Il rischio deve essere valutato per ogni grado di emissione della singola sorgente di emissione censita.

Ad ogni fattore è assegnato un grado, un numero che non rappresenta una misura ma un concetto: si è quindi fuori dal campo di pura applicazione matematica. Ma ciò che interessa è il valore assegnato ad ogni singolo fattore per poter intervenire in maniera operativa, al fine di ridurre il rischio esplosione.

Il valore del singolo fattore di rischio segue la seguente scala:

- ✓ *mai;*
- ✓ *raramente o quasi mai;*
- ✓ *talvolta, ogni tanto;*
- ✓ *sempre o frequentemente.*

Fattore di pericolo, P

Il fattore di pericolo **P** indica quanto è probabile l'esistenza di un pericolo in un luogo e rappresenta il tempo durante il quale il pericolo è disponibile a fare danno. Nel nostro caso il pericolo è costituito dalla probabilità e durata di presenza di atmosfera esplosiva e dalla sua quantità.

Al fattore di pericolo P si è associato dei gradi secondo la scala qualitativa ed anche numerica convenzionale di probabilità di presenza di pericolo, come indicato nella seguente tabella:

CLASSIFICAZIONE DEL FATTORE DI PERICOLO P	
GRADO	DEFINIZIONE QUALITATIVA DEL FATTORE DI PERICOLO P
P3	<i>Il pericolo è presente sempre o frequentemente.</i> Luogo in cui un'atmosfera esplosiva è presente continuamente, o per lunghi periodi o frequentemente (Zona 0 o Zona 20).
P2	<i>Il pericolo è presente talvolta, ogni tanto.</i> Luogo in cui è probabile che un'atmosfera esplosiva si presenti occasionalmente durante il funzionamento normale (Zona 1 o Zona 21).
P1	<i>Il pericolo è presente raramente o quasi mai.</i> Luogo in cui è improbabile che un'atmosfera esplosiva si presenti durante il normale funzionamento, ma che, se si presenta, persiste solo per un breve periodo (Zona 2 o Zona 22).
P0	<i>Il pericolo non c'è mai.</i> Luogo in cui è impossibile che si formi un'atmosfera esplosiva (Zona NE).

In funzione del tipo di zona pericolosa (Atmosphere Risk Analysis Dust) può essere determinato il fattore di pericolo P (il quale si trova in corrispondenza biunivoca con il tipo di zona).

ZONA	DESCRIZIONE	FATTORE DI PERICOLO P
Zona 20	<i>luogo in cui l'atmosfera esplosiva è sempre presente o per lunghi periodi</i>	3
Zona 21	<i>luogo in cui l'atmosfera esplosiva è presente occasionalmente</i>	2
Zona 22	<i>luogo in cui l'atmosfera esplosiva è presente raramente o quasi mai</i>	1
Zona NE	<i>luogo in cui l'atmosfera esplosiva non è mai presente</i>	0

Fattore di contatto, C

Per passare dal pericolo al danno, occorre considerare il fattore di contatto **C**, associandogli un grado in relazione alla probabilità in cui esso è disponibile al "contatto" di un singolo individuo, un gruppo di individui, un determinato bene materiale o comparto ambientale con il pericolo, oppure all'elemento catalizzatore che trasforma indirettamente un evento pericoloso in un evento dannoso.

Nel nostro caso il fattore di contatto è costituito dalla presenza e probabilità di sorgenti di accensione in grado di accendere l'eventuale atmosfera esplosiva.

Al fattore di contatto C della relazione del rischio è stata associata una scala convenzionale qualitativa e numerica di probabilità di innesco efficace, come indicato nella seguente tabella:

CLASSIFICAZIONE DEL FATTORE DI PERICOLO C	
GRADO	DEFINIZIONE QUALITATIVA DEL FATTORE DI CONTATTO C
C3	Contatto presente permanentemente o frequentemente nella zona (luogo) considerata. Le sorgenti di accensione sono efficaci e sempre presenti durante il normale funzionamento.
C2	Contatto presente talvolta ovvero ogni tanto nella zona (luogo) considerata. Le sorgenti di accensione efficaci, possono manifestarsi in circostanze rare e unicamente a seguito di disfunzioni.
C1	Contatto presente talvolta ovvero quasi mai nella zona (luogo) considerata. Le sorgenti di accensione efficaci, possono manifestarsi in circostanze molto rare e unicamente a seguito di rare disfunzioni.
C0	Contatto mai presente nella zona (luogo) considerata. Le sorgenti di accensione non sono efficaci e/o non si manifestano mai.

Indica quanto è probabile l'esistenza di un pericolo in un luogo e rappresenta il passo successivo consiste nella valutazione della probabilità che all'interno di una zona pericolosa si possa trovare una sorgente di accensione della nube esplosiva, il suindicato fattore C. La seguente tabella consente di associare un indice numerico alla presenza di tali sorgenti di accensione.

PRESENZA	DESCRIZIONE	FATTORE DI CONTATTO C
Sempre presente	Esistono sempre una o più sorgenti efficaci che potrebbero determinare l'accensione della nube esplosiva	3
Talvolta	Le sorgenti efficaci potrebbero determinare talvolta l'accensione della nube esplosiva, in seguito a disfunzioni o malfunzionamenti	2
Raramente	Le sorgenti efficaci potrebbero determinare raramente o quasi mai l'accensione della nube esplosiva	1
Inesistenti	Le sorgenti efficaci non sono mai presenti e non possono determinare l'accensione della nube esplosiva	0

Fattore di danno, D

In caso di esplosione, si devono considerare i possibili effetti dei seguenti fattori:

- ✓ *fiamme;*
- ✓ *radiazione termica;*
- ✓ *onde di pressione;*
- ✓ *detriti vaganti;*
- ✓ *emissioni pericolose di materiali.*

Le conseguenze di quanto sopra indicato sono correlate a:

- ✓ *proprietà chimiche e fisiche delle sostanze infiammabili/combustibili;*
- ✓ *quantità e confinamento dell'atmosfera esplosiva;*
- ✓ *geometria dell'ambiente circostante,*
- ✓ *resistenza dell'involucro e delle strutture di supporto;*
- ✓ *dispositivi di protezione indossati dal personale esposto al pericolo;*
- ✓ *proprietà fisiche degli oggetti esposti al pericolo.*

La valutazione degli effetti legati ad una eventuale esplosione sarà effettuata facendo riferimento a normative specifiche o alla letteratura scientifica di settore.

Va tenuto presente che le norme di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione escludono esplicitamente gli eventi catastrofici:

Per valutare gli effetti prevedibili a seguito di un'esplosione si sono utilizzati i seguenti elementi, riferiti a ciascuna sorgente di emissione:

- ✓ *il tipo di zona risultante dalla classificazione;*
- ✓ *la presenza di lavoratori nelle aree che possono essere soggette a danni;*
- ✓ *le caratteristiche chimiche e fisiche della sostanza che ha determinato l'esplosione in particolare l'indice di esplosione della polvere (K_{st});*
- ✓ *il volume ipotetico di atmosfera esplosiva (V_z) più lo spessore dello strato di polvere per le polveri combustibili.*

Il livello di ostruzione/confinamento della nube, codificato in:

- ***Nube completamente confinata*** (C.C.): nube in apparecchiatura o ambiente chiuso, oppure presenza nella nube di ostacoli ravvicinati, cioè con una frazione di ingombro (intesa come rapporto tra il volume occupato dagli ostacoli e il volume totale dell'area in condizioni di esplosività) superiore al 30% e una distanza tra gli ostacoli inferiore ai 3 m;
- ***Nube parzialmente confinata*** (P.C.): nube a contatto con 2 o più pareti/barriere oppure presenza di ostacoli all'interno della nube, ma con una frazione di ingombro inferiore al 30% e/o una distanza tra gli ostacoli superiore ai 3 m;
- ***Nube non confinata*** (N.C.): assenza di pareti (tranne il terreno), di ostacoli o il rapporto tra V_z (m^3) e il volume libero dell'ambiente V_a (m^3) è trascurabile ($1 \cdot 10^{-6}$).

Si precisa che, per il metodo impostato, ai fini della valutazione del rischio esplosione, conoscere l'entità dei danni prodotti da un'esplosione è indispensabile, in pratica però, i danni associati ad un'esplosione sono ritenuti sempre elevati e dunque il rischio dipende soprattutto dalla probabilità che avvenga un'esplosione (tipo di zona ricavabile dalla classificazione).

In base a quanto sopra illustrato, per determinare il *fattore del danno* D si considera la classificazione realizzata e si assegna un valore (0, 1, 2, 3 rispettivamente per le zone N.E., Z2 o Z22, Z1 o Z21, Z0 o Z20) in base al tipo di zona. A tale valore primario, che identifica il tipo di zona, si sommano alcuni indici che hanno valenza sul fattore di danno D. Questi ultimi indici sono stati stabiliti nella maniera sintetizzata nella tabella sotto riportata:

ELEMENTI DEL FATTORE DI DANNO D			
PARAMETRI	INDICI		
DESCRIZIONE	0	0,25	0,5
Presenza lavoratori (P_L)	Assenti	Saltuaria	Continua
K_{st} - indice esplosione Polveri [bar m/s]	$0 \leq 200$	$200 \leq 400$	> 400
Spessore dello strato di polvere (S_s) [mm]	$0 \leq 5$	$5 \leq 50$	> 50
Ostruzione / Confinamento nube (C_N)	N.C.	P.C.	C.C.
Struttura e Apparecchiature (S_A)	Basso	Medio	Alto
Ambiente (A)	Basso	Medio	Alto

Al fattore del **danno D**, presente nella relazione del rischio, si sono associati dei gradi secondo una scala convenzionale qualitativa e numerica di entità del danno prevedibile, come indicato nella tabella sotto riportata (in sintonia con l'allegato A della norma CEI UNI 70029):

CLASSIFICAZIONE DEL FATTORE DI DANNO D	
GRADO	DEFINIZIONE QUALITATIVA DEL FATTORE DI CONTATTO C
D3	<i>L'entità del danno è gravissima.</i> Un singolo individuo, un gruppo di individui, un determinato bene materiale o comparto ambientale è presente permanentemente o frequentemente nella zona (luogo) considerata.
D2	<i>L'entità del danno è media o grave.</i> Un singolo individuo, un gruppo di individui, un determinato bene materiale o comparto ambientale è presente talvolta, ovvero ogni tanto nella zona (luogo) considerata.
D1	<i>L'entità del danno è lieve.</i> Un singolo individuo, un gruppo di individui, un determinato bene materiale o comparto ambientale è presente talvolta ovvero quasi mai nella zona (luogo) considerata.
D0	<i>L'entità del danno è trascurabile o nulla.</i> Un singolo individuo, un gruppo di individui, un determinato bene materiale o comparto ambientale non è mai presente nella zona (luogo) considerata.

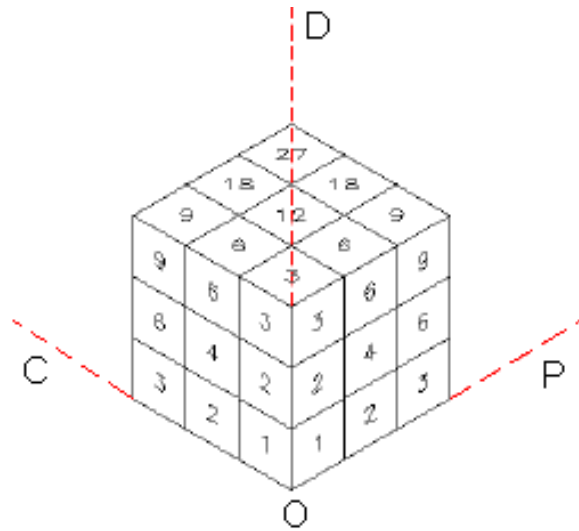
Il fattore di danno **D** è calcolato come di seguito indicato:

$$D = P_L + k_{ST} + V_Z + S_S + C_N + S_A + A$$

VALUTAZIONE DEL RISCHIO, R

Avendo definito la stima del rischio come prodotto di tre fattori e per rendere più chiara tale valutazione, la rappresentiamo in maniera grafica con una matrice tridimensionale, del tipo in figura seguente:

MATRICE TRIDIMENSIONALE DEL RISCHIO



In tale matrice sull'asse X è riportato il pericolo (P), sull'asse Y il contatto (C) e sull'asse Z il danno (D).

I rischi maggiori occupano volumi maggiori e sono rappresentati da ombreggiature più scure. Il "volume di rischio" è ottenuto con il prodotto dei singoli fattori che compongono il rischio, tenendo presente che l'origine degli assi corrisponde allo zero.

Si ribadisce che questa teoria, per la finalità che interessa nella valutazione del rischio esplosione, mal si presta a considerazioni matematiche (eccezion fatta per l'operazione aritmetica) ma è più rivolta alla conoscenza del singolo fattore di rischio per riuscire a ridurre il rischio stesso ad un livello trascurabile (rischio trascurabile).

Per stimare il rischio (R), al prodotto di P·C·D, si sommano alcuni indici tipici per il rischio in esame che hanno una maggiore valenza sul fattore di danno D, tale nuovo indice è stato definito come Indice di Rischio Parziale (I_{RP}).

Indice di rischio parziale (I_{RP})

L'indice di rischio parziale è stabilito nella maniera sintetizzata nella tabella sotto riportata::

INDICE DI RISCHIO PARZIALE			
PARAMETRI	INDICI		
DESCRIZIONE	0	1	2
Presenza lavoratori (P_L)	Assenti	Saltuaria	Continua
K_{st} - indice esplosione Polveri [bar m/s]	$0 \leq 200$	$200 \leq 400$	> 400
Spessore dello strato di polvere (S_s) [mm]	$0 \leq 5$	$5 \leq 50$	> 50
Ostruzione / Confinamento nube (C_N)	N.C.	P.C.	C.C.
Struttura e Apparecchiature (S_A)	Basso	Medio	Alto
Ambiente (A)	Basso	Medio	Alto

$$I_{RP} = P_L + K_{ST} + V_Z + S_s + C_N + S_A + A$$

Per ottenere l'indice di rischio totale al rischio **R** va sommato l'indice di rischio parziale **I_{RP}** .

$$\text{Indice di rischio } R = (P * C * D') + I_{RP}.$$

In cui:

LEGENDA	
P_L	Indice (0, 1, 2) per presenza Lavoratori
K_G	Indice deflagrazione gas (0, 1, 2)
K_{St}	Indice deflagrazione polveri (0, 1, 2)
S_s	Indice (0, 1, 2) in base allo Spessore dello strato di polvere
C_n	Indice (0, 1, 2) in base al confinamento della nube di atmosfera pericolosa.
S_A	Indice (0, 1, 2) in base al danno alle Strutture e Apparecchiature
A	Indice (0, 1, 2) in base al danno Ambientale

La classificazione dei livelli di rischio viene determinata in base all'indice di rischio **R** calcolato con le relazioni indicate in precedenza.

La tabella seguente riassume in maniera schematica la classificazione dei livelli di rischio nelle varie aree.

RISCHIO	LIVELLO	DESCRIZIONE
Alto	$R > 18$	Si intendono a rischio esplosione alto i luoghi di lavoro o parte di essi in cui la probabilità di presenza di atmosfere esplosive è elevata (es. aree classificate come zona 20); nelle quali le condizioni locali e/o di esercizio presentano inneschi efficaci; in cui in caso di esplosione il livello di esposizione risulta elevato (persone esposte direttamente al pericolo, danni ai beni ingenti) e la probabilità di propagazione della stessa è da ritenersi notevole.
Medio	$9 < R \leq 18$	Si intendono a rischio esplosione alto i luoghi di lavoro o parte di essi in cui la probabilità di presenza di atmosfere esplosive è limitata (es. aree classificate come zona 21); nelle quali le condizioni locali e/o di esercizio possono favorire la presenza di innesco efficace; in cui in caso di esplosione il livello di esposizione risulta moderato (danni limitati ai beni, persone non esposte al pericolo) e la probabilità di propagazione della stessa è da ritenersi limitata
Basso	$1 < R \leq 9$	Si intendono a rischio esplosione alto i luoghi di lavoro o parte di essi in cui la probabilità di presenza di atmosfere esplosive è estremamente limitata (es. aree classificate come zona 22); nelle quali le condizioni locali e/o di esercizio offrono scarse possibilità di presenza di innesco efficace; in cui in caso di esplosione il livello di esposizione risulta basso (danni limitati ai beni, persone non esposte al pericolo) e la probabilità di propagazione della stessa è da ritenersi estremamente limitata
Trascurabile	$R = 0$	Si intendono a rischio esplosione alto i luoghi di lavoro o parte di essi in cui la probabilità di presenza di atmosfere esplosive è estremamente limitata (es. aree classificate come zona NE); nelle quali le condizioni locali e/o di esercizio NON offrono possibilità di presenza di innesco efficace; in cui in caso di esplosione il livello di esposizione è quasi nullo (non ci sono danni ai beni, persone non esposte al pericolo) e la probabilità di propagazione della stessa è da ritenersi quasi nulla.

4.4. Indicazione dei luoghi classificati

Indicazione dei luoghi nei quali si applicano le prescrizioni minime di cui all'allegato L del D.Lgs. 81/08 e indicazione che i luoghi e le attrezzature di lavoro, compresi i dispositivi di allarme, sono concepiti, impiegati e mantenuti in efficienza tenendo nel debito conto la sicurezza

I provvedimenti minimi, ai sensi dell'allegato di cui sopra riguarderanno:

A. PRESCRIZIONI MINIME PER IL MIGLIORAMENTO DELLA PROTEZIONE DELLA SICUREZZA E DELLA SALUTE DEI LAVORATORI CHE POSSONO ESSERE ESPOSTI AL RISCHIO DI ATMOSFERE ESPLOSIVE.

a. Provvedimenti organizzativi.

● **Formazione professionale dei lavoratori.**

- Il datore di lavoro provvederà ad una sufficiente ed adeguata formazione in materia di protezione dalle esplosioni dei lavoratori impegnati in luoghi dove possono formarsi atmosfere esplosive.

● **Istruzioni scritte e autorizzazione al lavoro.**

Ove stabilito all'interno del presente documento sulla protezione contro le esplosioni:

- a) il lavoro nelle aree a rischio si effettua secondo le istruzioni scritte impartite dal datore di lavoro;
- b) è applicato un sistema di autorizzazioni al lavoro per le attività pericolose e per le attività che possono diventare pericolose quando interferiscono con altre operazioni di lavoro.

Le autorizzazioni al lavoro sono rilasciate prima dell'inizio dei lavori da una persona abilitata a farlo.

b. MISURE DI PROTEZIONE CONTRO LE ESPLOSIONI.

- Fughe e emissioni, intenzionali o no, di gas, vapori, nebbie o polveri combustibili che possano dar luogo a rischi di esplosioni sono opportunamente deviate o rimosse verso un luogo sicuro o, se ciò non è realizzabile, contenuti in modo sicuro, o resi adeguatamente sicuri con altri metodi appropriati.
- Qualora l'atmosfera esplosiva contenga più tipi di gas, vapori, nebbie o polveri infiammabili o combustibili, le misure di protezione devono essere programmate per il massimo pericolo possibile.
- Per la prevenzione dei rischi di accensione, conformemente all'articolo 291, si tiene conto anche delle scariche elettrostatiche che provengono dai lavoratori o dall'ambiente di lavoro che agiscono come elementi portatori di carica o generatori di carica. I lavoratori sono dotati di adeguati indumenti di lavoro fabbricati con materiali che non producono scariche elettrostatiche che possano causare l'accensione di atmosfere esplosive.
- Impianti, attrezzature, sistemi di protezione e tutti i loro dispositivi di collegamento sono posti in servizio soltanto se dal documento sulla protezione contro le esplosioni risulta che possono essere utilizzati senza rischio in un'atmosfera esplosiva. Ciò vale anche per attrezzature di lavoro e relativi dispositivi di collegamento che non sono apparecchi o sistemi di protezione ai sensi del decreto del Presidente della Repubblica 23 marzo 1998, n. 126, qualora possano rappresentare un pericolo di accensione unicamente per il fatto di essere incorporati in un impianto. Vanno adottate le misure necessarie per evitare il rischio di confusione tra i dispositivi di collegamento.
- Si devono prendere tutte le misure necessarie per garantire che le attrezzature di lavoro con i loro dispositivi di collegamento a disposizione dei lavoratori, nonché la struttura del luogo di lavoro siano state progettate, costruite, montate, installate, tenute in efficienza e utilizzate in

modo tale da ridurre al minimo i rischi di esplosione e, se questa dovesse verificarsi, si possa controllarne o ridurne al minimo la propagazione all'interno del luogo di lavoro e dell'attrezzatura. Per detti luoghi di lavoro si adottano le misure necessarie per ridurre al minimo gli effetti sanitari di una esplosione sui lavoratori.

- Se del caso, i lavoratori sono avvertiti con dispositivi ottici e acustici e allontanati prima che le condizioni per un'esplosione siano raggiunte.
- Ove stabilito dal documento sulla protezione contro le esplosioni, sono forniti e mantenuti in servizio sistemi di evacuazione per garantire che in caso di pericolo i lavoratori possano allontanarsi rapidamente e in modo sicuro dai luoghi pericolosi.
- Anteriormente all'utilizzazione per la prima volta di luoghi di lavoro che comprendono aree in cui possano formarsi atmosfere esplosive, è verificata la sicurezza dell'intero impianto per quanto riguarda le esplosioni. Tutte le condizioni necessarie a garantire protezione contro le esplosioni sono mantenute.
- La verifica del mantenimento di dette condizioni è effettuata da persone che, per la loro esperienza e formazione professionale, sono competenti nel campo della protezione contro le esplosioni.
- Qualora risulti necessario dalla valutazione del rischio:
 - a) deve essere possibile, quando una interruzione di energia elettrica può dar luogo a rischi supplementari, assicurare la continuità del funzionamento in sicurezza degli apparecchi e dei sistemi di protezione, indipendentemente dal resto dell'impianto in caso della predetta interruzione;
 - b) gli apparecchi e sistemi di protezione a funzionamento automatico che si discostano dalle condizioni di funzionamento previste devono poter essere disinseriti manualmente, purché ciò non comprometta la sicurezza. Questo tipo di interventi deve essere eseguito solo da personale competente;
 - c) in caso di arresto di emergenza, l'energia accumulata deve essere dissipata nel modo più rapido e sicuro possibile o isolata in modo da non costituire più una fonte di pericolo.
- Nel caso di impiego di esplosivi è consentito, nella zona 0 o zona 20 solo l'uso di esplosivi di sicurezza antigrisutosi, dichiarati tali dal fabbricante e classificati nell'elenco di cui agli articoli 42 e 43 del decreto del Presidente della Repubblica 20 marzo 1956, n. 320.
- L'accensione delle mine deve essere fatta elettricamente dall'esterno.
- Tutto il personale deve essere fatto uscire dal sotterraneo durante la fase di accensione delle mine.
- Qualora venga rilevata in qualsiasi luogo sotterraneo una concentrazione di gas infiammabile o esplodente superiore all' 1% in volume rispetto all'aria, con tendenza all'aumento, e non sia possibile, mediante la ventilazione o con altri mezzi idonei, evitare l'aumento della percentuale dei gas oltre il limite sopraindicato, tutto il personale deve essere fatto sollecitamente uscire dal sotterraneo.
- Analogo provvedimento deve essere adottato in caso di irruzione massiva di gas.
- Qualora non sia possibile assicurare le condizioni di sicurezza previste dal punto precedente possono essere eseguiti in sotterraneo solo i lavori strettamente necessari per bonificare l'ambiente dal gas e quelli indispensabili e indifferibili per ripristinare la stabilità delle armature degli scavi.

- Detti lavori devono essere affidati a personale esperto numericamente limitato, provvisto dei necessari mezzi di protezione, comprendenti in ogni caso l'autoprotettore, i quali non devono essere prelevati dalla dotazione prevista dall'articolo 101 del decreto del Presidente della Repubblica n. 320 del 1956 per le squadre di salvataggio.

B. CRITERI PER LA SCELTA DEGLI APPARECCHI E DEI SISTEMI DI PROTEZIONE.

Qualora il documento sulla protezione contro le esplosioni basato sulla valutazione del rischio non preveda altrimenti, in tutte le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive sono impiegati apparecchi e sistemi di protezione conformi alle categorie di cui al decreto del Presidente della Repubblica 23 marzo 1998, n. 126.

In particolare, in tali aree sono impiegate le seguenti categorie di apparecchi, purché adatti, a seconda dei casi, a gas, vapori o nebbie e/o polveri:

- nella zona 0 o nella zona 20, apparecchi di categoria 1;
- nella zona 1 o nella zona 21, apparecchi di categoria 1 o di categoria 2;
- nella zona 2 o nella zona 22, apparecchi di categoria 1, 2 o 3.

a. Indicazione che sono stati adottati gli accorgimenti necessari per l'impiego sicuro di attrezzature da lavoro

Le istruzioni per l'impiego sicuro di attrezzature da lavoro terranno in considerazione gli elementi di seguito riportati. Inizialmente si devono distinguere due diversi tipi di attrezzature:

- a) utensili che possono causare soltanto scintille singole quando sono utilizzati (per esempio cacciavite, chiavi, cacciavite a percussione);
- b) utensili che generano una serie di scintille quando utilizzati per segare o molare.

Nelle zone 0 e 20 non sono ammessi utensili che producono scintille.

Nelle zone 1 e 2 sono ammessi soltanto utensili di acciaio conformi al punto a). Gli utensili conformi al punto b) sono ammessi soltanto se si può assicurare che non sono presenti atmosfere esplosive pericolose sul posto di lavoro.

Tuttavia, l'uso di qualsiasi tipo di utensile di acciaio è totalmente proibito nella zona 1 se esiste il rischio di esplosione dovuto alla presenza di sostanze appartenenti al gruppo II c (secondo la EN 50014) (acetilene, bisolfuro di carbonio, idrogeno), solfuro di idrogeno, ossido di etilene, monossido di carbonio, a meno di assicurare che non sia presente atmosfera esplosiva pericolosa sul posto di lavoro durante il lavoro con questi utensili.

Gli utensili di acciaio conformi ad a) sono ammessi nelle zone 21 e 22. Gli utensili di acciaio conformi a b) sono ammessi soltanto se il posto di lavoro è protetto dal resto delle zone 21 e 22 e se sono state adottate le seguenti misure supplementari:

- eliminazione dei depositi di polveri dal luogo di lavoro;
- oppure
- se il luogo di lavoro è mantenuto sufficientemente umido in modo che le polveri non possano disperdersi nell'aria né si possa sviluppare alcun processo di fuoco senza fiamme.

Per molare o segare nelle zone 21 e 22 o nelle loro vicinanze, si deve considerare che le scintille prodotte possono volare per lunghe distanze e produrre la formazione di particelle di fuoco senza fiamme. Per questa ragione, gli altri luoghi attorno al luogo di lavoro dovrebbero essere inclusi nelle misure di protezione menzionate.

L'uso di utensili nelle zone 1, 2, 21 e 22 sarà soggetto ad un "permesso di lavoro".

Verifica degli impianti elettrici

D.Lgs. 81/08, art. 296. Verifiche

1. Il datore di lavoro provvede affinché le installazioni elettriche nelle aree classificate come zone 0, 1, 20 o 21 ai sensi dell'allegato XLIX siano sottoposte all
e verifiche di cui ai capi III e IV del decreto del Presidente della Repubblica 22 ottobre 2001, n. 462.

5. VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPLOSIONE

5.1. Riepilogo sorgenti di emissione individuate

Le sorgenti di emissioni individuate nel documento di classificazione delle aree sono elencate nella tabella seguente.

Nello specifico, la presente valutazione del rischio da atmosfere esplodenti è rivolta alle seguenti lavorazioni/attività:

Ambiente	Descrizione Sorgenti di emissioni individuate	sostanze infiammabili	sorgente di emissione	Emissione rappresentativa
Gruppo soffiante esterno (A01)	Emissione di gas dovuta a guasto da gruppo valvolare, flange per diametri maggiori a 0,5 cm. Foro di guasto considerato di 0,25 mm ² . Pressione massima raggiunta 0,2 bar	Gas naturale (CH ₄)	SE01	SI
Centrale termica laboratorio 48 (A04)	Emissione rappresentativa di secondo grado derivante da guasto di giunti, flange e valvole, con foro di guasto di 0,25 mm ² e P massima di 0,150 Bar a monte contatore.	Gas naturale (CH ₄)	SE02	SI
Stoccaggio esterno bombole idrogeno in bunker (A03)	Emissione da gruppo valvolare a monte del riduttore (P=200 bar), foro di guasto di 0,1 mm ²	Idrogeno (H ₂)	SE03	SI
Zona deposito combustibili e infiammabili (A02)	Stoccaggio fusti di oli e liquidi infiammabili, chiusi a regola d'arte	Benzina	-	-
Locale travaso combustibili (A02)	Sversamento di benzina in bacino di contenimento, emissione di secondo grado.	Benzina	SE04	SI
	Emissione di primo grado da fusto durante le operazioni di prelievo, presente aspirazione artificiale localizzata.	Benzina	SE05	No
Deposito esterno bombola acetilene per Assorbimento atomico	Emissione di secondo grado da gruppo riduttore alla pressione di 10 bar	Acetilene	SE06	SI
Laboratori chimici con utilizzo di liquidi e gas infiammabili (A06, A07)	Emissioni da linea gas o da utilizzo di solventi durante le normali operazioni di ricerca e controllo	-	SE07	SI

Tabella 1

Una volta individuate le SE, si procede poi alla classificazione dei Luoghi.









La classificazione dei luoghi ha l'obiettivo di identificare e delimitare le zone ove può formarsi un'atmosfera esplosiva, assegnando a ciascuna di esse una probabilità maggiore o minore di esistenza e di

permanenza dell'atmosfera esplosiva stessa. La classificazione così effettuata facilita la corretta scelta ed installazione degli apparecchi e degli impianti da utilizzarsi con sicurezza nelle zone a rischio.

5.2. descrizione ambienti

Gli ambienti oggetto di questa indagine sono interni ed esterni.

Le planimetrie seguenti illustrano le aree dell'attività, con la descrizione delle zone identificate come possibile rischio sotto il profilo incendio ed esplosione.

Codice	Legenda	Tipologia	Attività svolte	Sostanze presenti
A00		aperto	Area di passaggio veicoli, carico e scarico con presenza limitata di persone	
A01		Aperto	Gruppo pressurizzatore linea gas passa da 24 mbar dal contatore a 140 mbar, l'impianto è realizzato per garantire le prestazioni necessarie all'alimentazione della centrale termica a gas metano nel laboratorio 48 (impianti piloti)	Gas naturale
A02		Chiuso	Locali deposito e travaso, trattasi di box chiuso e dotato di superficie di aerazione permanente all'intradosso. Il prelievo dai fusti avviene all'interno di una cappa aspirata (portata 2899 m³/h, velocità 1,307 m/s).	Benzine, gasolio, oli lubrificanti
A03		Aperto	Deposito bombole gas, stoccaggio in bunker aperto. I gas oggetto di attenzione sono idrogeno e ossigeno. Per idrogeno riduzione da 200 a 18 bar, per Ossigeno da 110 a 9,5 bar.	idrogeno
A04		Chiuso	Locale 48, impianti pilota combustibili solidi, liquidi e gassosi. In questo reparto è indagata la linea gas metano che alimenta la centrale termica di prova.	Gas naturale, pellet, gasolio
A05		chiuso	Laboratori chimici e analitici, attività in cui si utilizzano gas tecnici per alimentazione degli strumenti o esperimenti. La pressione di linea varia tra 4 e 5 bar	idrogeno
A06		chiuso	Locale prove infiammabilità al piano rialzato, in questo locale una linea gas alimenta dei bruciatori utilizzati per le prove, gli apparecchi si utilizzano sotto cappa (45). Ricambi orari 1059, portata 1650 m³/h, velocità (chiusa) 1898 m/s, velocità (aperta) 0,678 m/s.	Gas naturale
A07		aperto	Postazione saldatura con bombole di acetilene	acetilene
A08		Chiuso	Box esterno su terrazza al piano primo, contenente bombole gas tecnici tra cui acetilene per alimentazione strumento assorbimento atomico	acetilene



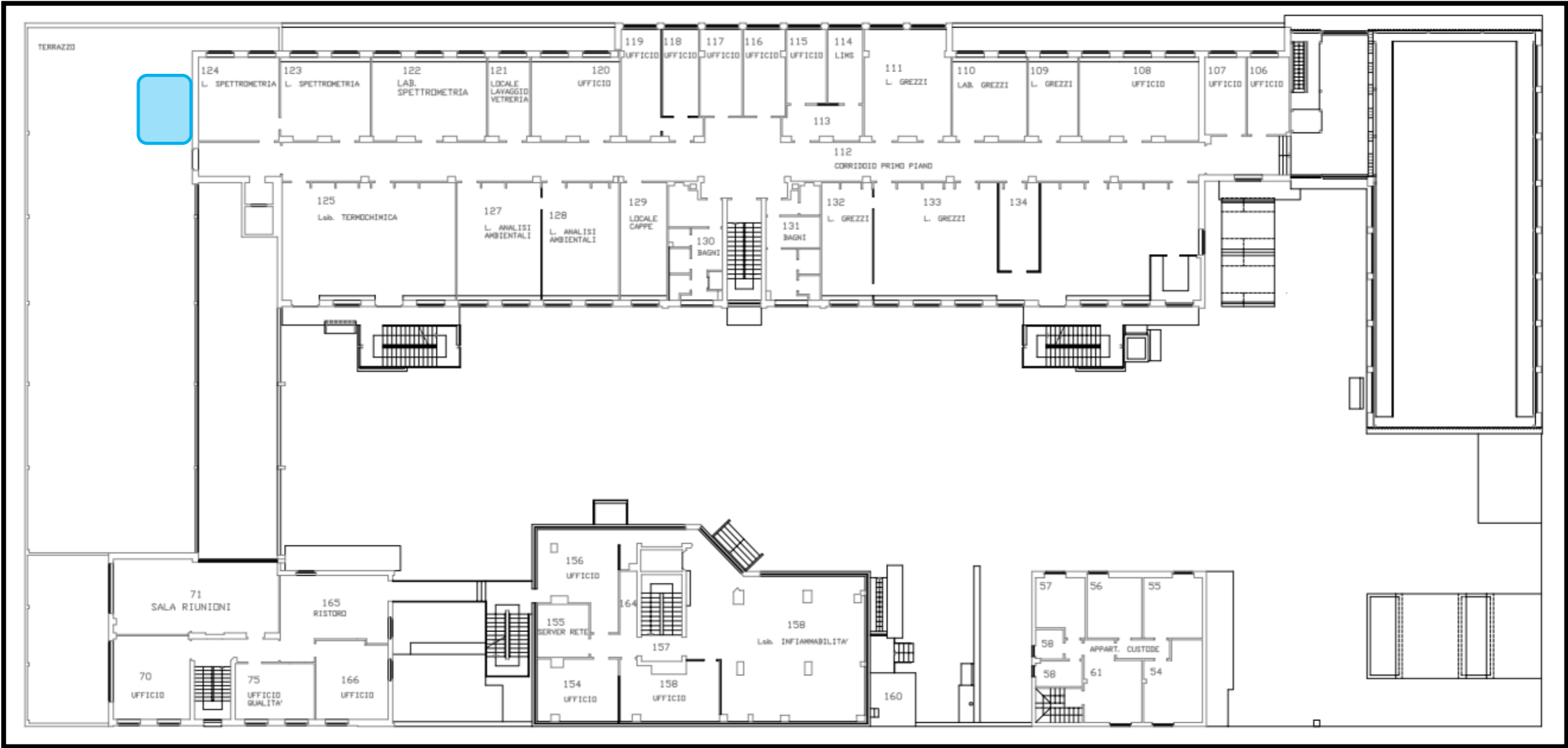


Figura 3: pianta piano primo

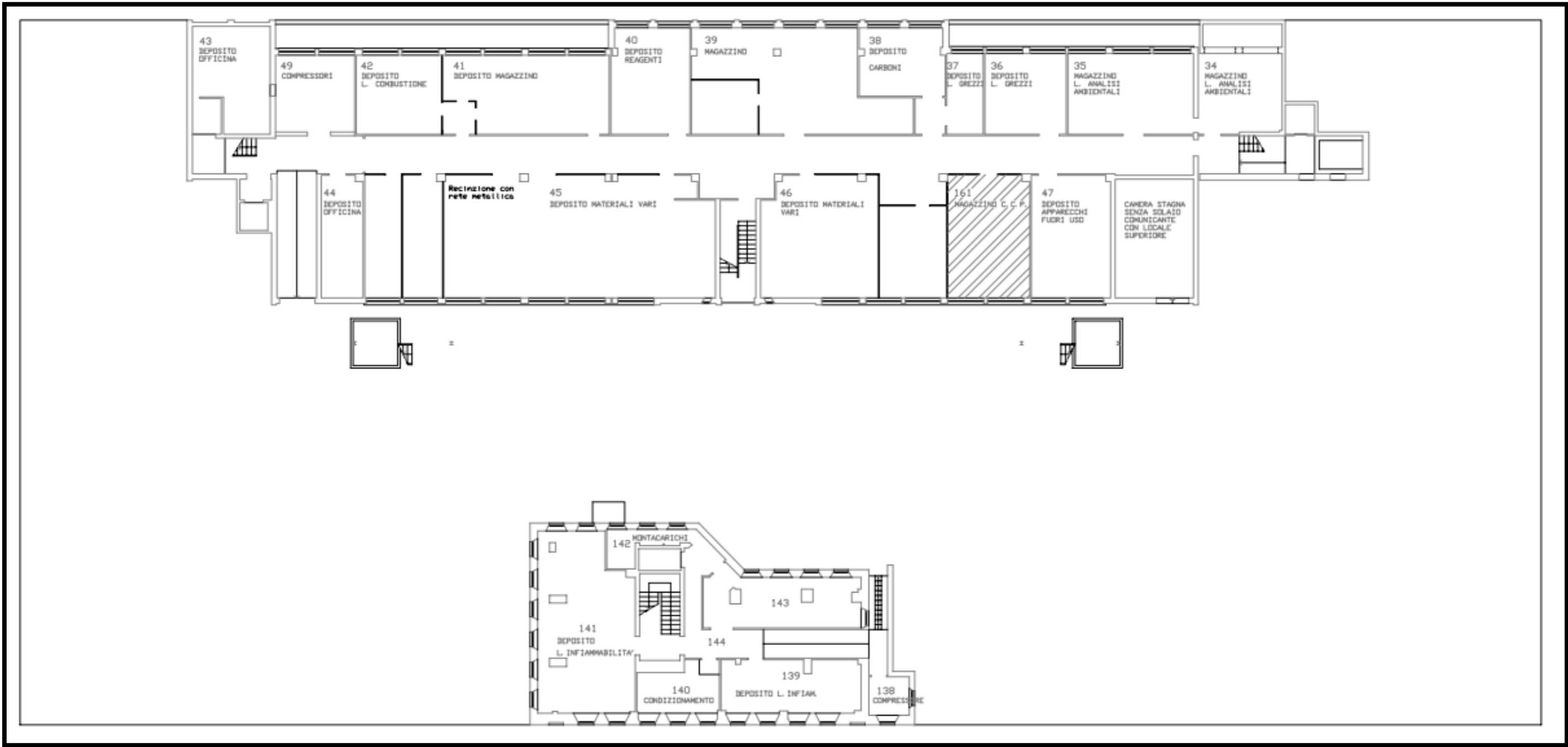



Figura 4: piano sotterraneo

5.3. gruppo soffiante esterno A00-A01 –SE01

ANALISI DEL RISCHIO ESPLOSIONE

Area	A00-A01		
Presenza Lavoratori	Assenti	Raggio di danno potenziale R [m]	-
Sostanza Pericolosa	Gas naturale	Indice di esplosione dei gas K _G [bar·m/s]	0
Sorgente di Emissione	SE 01: Emissione secondo grado		
Ostruzione/Confinamento	Parzialmente Confinata		

PRIMO TIPO DI ZONA

Zona	Zona 2 NE
d _{za} [m]	0
a [m] = k _z ·d _{za}	0
b [m]	-
c [m]	-
Apparecchiatura	-

FATTORI DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER: PRIMO TIPO DI ZONA


	0	1	2	3	4	5	6
Probabilità di presenza di atmosfera esplosiva (fattore di pericolo P)	X						
Presenza di innesco efficace (fattore di contatto C)	X						
Valutazione degli effetti dell'esplosione (fattore di danno D)		X					
Rischio R = P·C·D	R0						
Rischio Parziale R'	R2						
Rischio Totale =R + R'	R2						

VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER IL PRIMO TIPO DI ZONA

Indice di Rischio	Trascurabile	Basso	Medio	Alto
Rischio Basso		X		

5.4. centrale termica laboratorio 48 (A04) –SE02

ANALISI DEL RISCHIO ESPLOSIONE

Area	A04		
Presenza Lavoratori	Saltuaria	Raggio di danno potenziale R [m]	-
Sostanza Pericolosa	Gas naturale	Indice di esplosione dei gas K _G [bar·m/s]	0
Sorgente di Emissione	SE 02: emissione di secondo grado		
Ostruzione/Confinamento	Parzialmente Confinata		

PRIMO TIPO DI ZONA

Zona	Zona 2 NE
d _{za} [m]	0
a [m] = k _z ·d _{za}	0
b [m]	-
c [m]	-
Apparecchiatura	-

FATTORI DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER: PRIMO TIPO DI ZONA

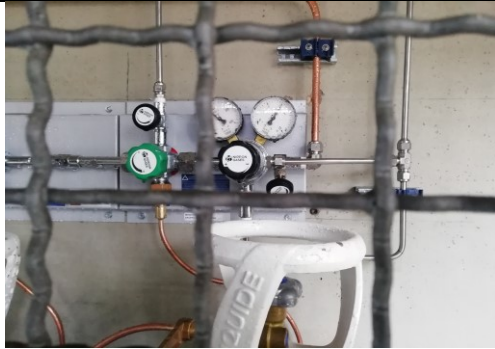
	0	1	2	3	4	5	6
Probabilità di presenza di atmosfera esplosiva (fattore di pericolo P)	X						
Presenza di innesco efficace (fattore di contatto C)	X						
Valutazione degli effetti dell'esplosione (fattore di danno D)		X					
Rischio R = P·C·D	R0						
Rischio Parziale R'	R4						
Rischio Totale =R + R'	R4						

VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER IL PRIMO TIPO DI ZONA

Indice di Rischio	Trascurabile	Basso	Medio	Alto
Rischio Basso		X		

5.5. deposito esterno bombole idrogeno (A03) – SE03

Analisi del Rischio Esplosione

Area	A03		
Presenza Lavoratori	Saltuaria	Raggio di danno potenziale R [m]	-
Sostanza Pericolosa	Idrogeno	Indice di esplosione dei gas K _G [bar·m/s]	0
Sorgente di Emissione	SE 03: emione di secondo grado da gruppo riduttore		
Ostruzione/Confinamento	Parzialmente Confinata		

Primo Tipo di Zona

Zona	Zona 2
d _{za} [m]	3,2
a [m] = k _{st} ·d _{za}	3,2
b [m]	-
c [m]	-
Apparecchiatura	3G Ex n, ic, s per Zona 2 - EPL Gc IICT1


Fattori Del Rischio Esplosione per: Primo tipo di zona		0	1	2	3	4	5	6
Probabilità di presenza di atmosfera esplosiva (fattore di pericolo P)			X					
Presenza di innesco efficace (fattore di contatto C)		X						
Valutazione degli effetti dell'esplosione (fattore di danno D)				X				
Rischio R = P·C·D	R0							
Rischio Parziale R'	R4							
Rischio Totale =R + R'	R4							

Valutazione Del Rischio Esplosione per il Primo tipo di Zona

Indice di Rischio	Trascurabile	Basso	Medio	Alto
Rischio Basso		X		

5.6. travaso liquidi infiammabili e combustibili (A02) – SE04

ANALISI DEL RISCHIO ESPLOSIONE


Area	A02		
Presenza Lavoratori	Continua	Raggio di danno potenziale R [m]	-
Sostanza Pericolosa	Benzina	Indice di esplosione dei gas K _G [bar·m/s]	0
Sorgente di Emissione	SE 04: prelievo carburante con pompa		
Ostruzione/Confinamento	Completamente Confinata		
PRIMO TIPO DI ZONA			
Zona	Zona 2		
d _{za} [m]	1,5		
d _{zb} [m]	0,36		
a [m] = k _z ·d _{za}	1,5		
b [m] = k _z ·d _{zb}	0,36		
Apparecchiatura	3G Ex n, ic, s per Zona 2 - EPL Gc IIAT3		

Nota: d_{za} e d_{zb} sono rispettivamente le estensioni delle Zone pericolose in orizzontale e in verticale, mentre a e b sono rispettivamente le estensioni delle Zone pericolose in orizzontale e in verticale moltiplicate per k_z.

FATTORI DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER: PRIMO TIPO DI ZONA		0	1	2	3	4	5	6
Probabilità di presenza di atmosfera esplosiva (fattore di pericolo P)			X					
Presenza di innesco efficace (fattore di contatto C)			X					
Valutazione degli effetti dell'esplosione (fattore di danno D)					X			
Rischio R = P·C·D	R3							
Rischio Parziale R'	R7							
Rischio Totale = R + R'	R10							

VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER IL PRIMO TIPO DI ZONA				
Indice di Rischio	Trascurabile	Basso	Medio	Alto
Rischio Medio			X	

5.7. Sversamento benzina in bacino di contenimento (A02) – SE05

ANALISI DEL RISCHIO ESPLOSIONE			
Area	A02		
Presenza Lavoratori	Continua	Raggio di danno potenziale R [m]	-
Sostanza Pericolosa	Benzina	Indice di esplosione dei gas K _G [bar·m/s]	0
Sorgente di Emissione	SE 05: Sversamento in bacino sotto cappa		
Ostruzione/Confinamento	Completamente Confinata		
PRIMO TIPO DI ZONA			
Zona	Zona 2 NE		
d _{za} [m]	1,5		
d _{zb} [m]	0,36		
a [m] = k _z ·d _{za}	1,5		
b [m] = k _z ·d _{zb}	0,36		
Apparecchiatura	-		


Nota: d_{za} e d_{zb} sono rispettivamente le estensioni delle Zone pericolose in orizzontale e in verticale.
 a e b sono rispettivamente le estensioni delle Zone pericolose in orizzontale e in verticale moltiplicate per k_z .

FATTORI DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER: PRIMO TIPO DI ZONA		0	1	2	3	4	5	6
Probabilità di presenza di atmosfera esplosiva (fattore di pericolo P)		X						
Presenza di innesco efficace (fattore di contatto C)		X						
Valutazione degli effetti dell'esplosione (fattore di danno D)				X				
Rischio $R = P \cdot C \cdot D$	R0							
Rischio Parziale R'	R5							
Rischio Totale $= R + R'$	R5							

VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER IL PRIMO TIPO DI ZONA				
Indice di Rischio	Trascurabile	Basso	Medio	Alto
Rischio Basso		X		

5.8. Deposito esterno acetilene per assorbimento atomico (A08) – SE06

ANALISI DEL RISCHIO ESPLOSIONE

Area	A08		
Presenza Lavoratori	Assenti	Raggio di danno potenziale R [m]	-
Sostanza Pericolosa	Acetilene	Indice di esplosione dei gas K _G [bar·m/s]	0
Sorgente di Emissione	SE 06: emissione di acetilene da valvola		
Ostruzione/Confinamento	Completamente Confinata		

PRIMO TIPO DI ZONA

Zona	Zona 0
d_{za} [m]	0
a [m] = $k_z \cdot d_{za}$	0
b [m]	-
c [m]	-
Apparecchiatura	1G Ex ia, ma, s per Zona 0 - EPL Ga, IIC2

FATTORI DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER: PRIMO TIPO DI ZONA

	0	1	2	3	4	5	6
Probabilità di presenza di atmosfera esplosiva (fattore di pericolo P)				X			
Presenza di innesco efficace (fattore di contatto C)	X						
Valutazione degli effetti dell'esplosione (fattore di danno D)					X		
Rischio $R = P \cdot C \cdot D$	R0						
Rischio Parziale R'	R3						
Rischio Totale $= R + R'$	R3						

VALUTAZIONE DEL RISCHIO ESPLOSIONE PER IL PRIMO TIPO DI ZONA

Indice di Rischio	Trascurabile	Basso	Medio	Alto
Rischio Basso		X		

6. CONCLUSIONI:

Per i luoghi con pericolo di esplosione dovuto alla presenza di gas, vapori, nebbie e polveri infiammabili è di fondamentale importanza la classificazione dei luoghi e la scelta delle installazioni, per far sì che gli impianti elettrici abbiano le caratteristiche idonee a renderli sicuri e funzionali in simili atmosfere.

Tutto questo si può ottenere seguendo procedure precedentemente descritte e ponendo l'attenzione anche al fatto che, per mantenere gli standard di sicurezza raggiunti, è fondamentale effettuare delle regolari verifiche periodiche, a partire da quella iniziale, e una continua supervisione da parte di personale specializzato.

Gli interventi indicati nell'allegato 1 sono necessari per adeguare le condizioni di sicurezza del luogo di lavoro andando a ridurre il rischio esplosione ad un indice basso/trascurabile.

6.1. piano degli interventi

Per la prevenzione dei rischi esplosione è stato elaborato il documento "Programma delle misure di miglioramento" che riporta l'elenco degli interventi da attuare in base all'esito della valutazione dei rischi (rif. Allegato 1).

Gli interventi sono elencati in forma tabellare suddivisi per argomenti e per aree di lavoro.

7. PROCEDURE E BUONE PRASSI

7.1. ricarica dei carrelli elevatori:

Cercare di mantenere una zona libera da sorgenti di innesco nell'intorno della batteria, soprattutto in concomitanza di interventi con utilizzo di fiamme libere.

Le seguenti misure permettono di mantenere elevati standard di sicurezza.

Sistemazione per la carica/manutenzione

- ✓ Le aree di carica devono essere chiaramente individuate da contrassegni permanenti.
- ✓ L'area di carica deve essere adeguatamente distanziata da materiali che possono costituire un pericolo quali sostanze infiammabili o esplosive. Fatta eccezione per la durata delle operazioni essenziali di manutenzione/riparazione delle batterie, l'area di carica non deve essere in contatto con alcuna sorgente di ignizione quali scintille o fonti di alta temperatura.

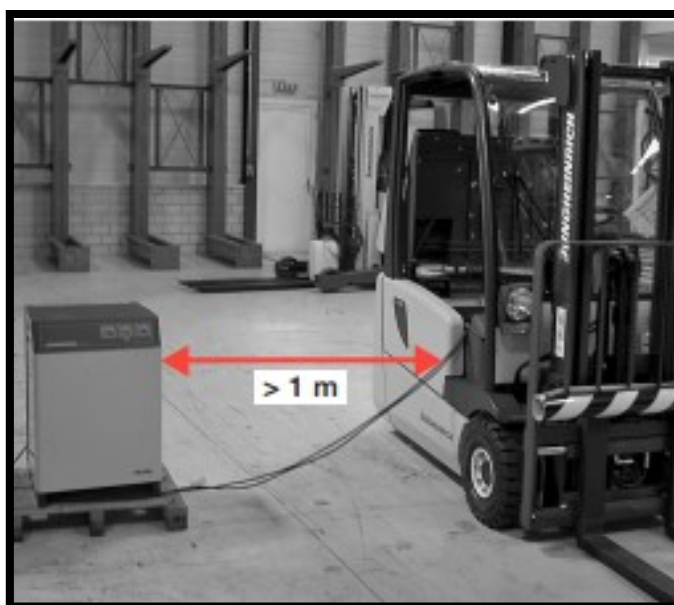


Figura 5 distanza minima da tenere tra carrello e raddrizzatore

- ✓ L'eccezione sussiste quando siano necessarie apparecchiature, funzionanti ad alta temperatura, per lavorare sulla batteria e queste operazioni vengano eseguite sotto il controllo di personale addestrato ed autorizzato con tutte le necessarie precauzioni.
- ✓ Durante la fase di carica o ricarica il cofano o il coperchio della batteria deve essere aperto/sollevato per dissipare nell'aria la miscela di gas esplosivi



Prevenzione dalle scariche elettrostatiche quando si lavora sulle batterie:

- ✓ Si deve avere cura di non indossare indumenti o calzature che favoriscano la creazione di cariche elettrostatiche.
- ✓ I panni assorbenti per la pulizia della batteria devono essere antistatici e devono essere inumiditi solo con acqua senza aggiunta di agenti detergenti.
- ✓ Per le fasi di carica o di controllo della batteria, quei lati da cui si deve accedere devono essere provvisti di aperture di 0,8 m.
- ✓ Quando si carichi la batteria a bordo o fuori dal veicolo, devono essere osservate le prescrizioni di ventilazione calcolate in precedenza.
- ✓ Il caricabatteria deve essere montato in modo che non sia soggetto a danneggiamenti dovuti a movimenti del veicolo.
- ✓ L'area di carica non deve essere esposta alla caduta di oggetti, gocciolamenti d'acqua o liquidi che possano colare da tubazioni rotte.

Osservazioni su operazioni particolari nei locali batterie

- ✓ Le operazioni sulle batterie o all'interno della distanza di sicurezza **d** con apparecchiature di saldatura, macchine per molatura o attrezzi simili devono essere effettuate solo da personale avvertito sui potenziali pericoli. (Osservare il raggio di azione delle scintille).
- ✓ Prima di effettuare tali operazioni, scollegare le batterie. La miscela di gas infiammabile all'interno degli elementi aperti o delle batterie monoblocco deve essere rimossa (soffiare via il gas dagli elementi).

Etichette e cartelli di avvertimento:

- ✓ Le etichette o i cartelli di avvertimento seguenti devono identificare un locale batterie ed essere mostrati all'esterno:



“tensione pericolosa”, se la tensione delle batterie è > 60 V in c.c., vedi ISO 3864;



Fuoco, fiamme libere, vietato fumare



simbolo di avvertimento “Accumulatori, locale batterie” per indicare elettrolito corrosivo, gas esplosivi, tensioni e correnti pericolose.



Simbolo di divieto utilizzo estinguenti a base acquosa.

Etichette di identificazione o marcatura:

- ✓ L’etichetta di identificazione o la marcatura deve essere fissata in modo duraturo su ciascun elemento, batteria monoblocco o unità di assemblaggio di batterie e deve comprendere le informazioni richieste dalle norme EN 60896-1, EN 60896-2 e EN 60623 che trattano i relativi tipi di batterie.
- ✓ Si raccomanda che ciascun elemento, batteria monoblocco o unità di assemblaggio di batterie possa essere facilmente identificato ai fini della manutenzione, per es. usando numeri di elementi e di batterie.



INNOVHUB
STAZIONI SPERIMENTALI
PER L'INDUSTRIA

innovazione e ricerca



SSC
STAZIONE SPERIMENTALE
PER I COMBUSTIBILI

DOCUMENTO DI PROTEZIONE CONTRO LE ESPLOSIONI
art. 294 del D.Lgs. 81/2008 (modificato dal D.Lgs. 106/2009)

ED. 03

REV. 00

Istruzioni per l'uso, installazione e manutenzione

- ✓ Le seguenti istruzioni devono essere fornite con la consegna delle batterie e devono essere riportate in prossimità delle batterie:
 - a) nome del costruttore o del fornitore,
 - b) simbolo di riferimento del costruttore o del fornitore,
 - c) tensione nominale delle batterie,
 - d) capacità assegnata delle batterie comprese le relative caratteristiche assegnate,
 - e) nome dell'installatore,
 - f) data di ordinazione,
 - g) indicazioni sulle raccomandazioni di sicurezza, sull'esercizio e sulla manutenzione,
 - h) informazioni riguardanti lo smaltimento e il riciclo.
- Le istruzioni devono essere accessibili al personale addetto alla manutenzione e all'esercizio.

Smantellamento, smaltimento e riciclaggio delle batterie

- ✓ Lo smantellamento e lo smaltimento delle batterie di accumulatori devono essere eseguiti solo da personale competente.
- ✓ Si devono seguire le seguenti Direttive CE:
 - (Direttiva del Consiglio) 91/157/CEE "Batterie e accumulatori contenenti certe sostanze pericolose"
 - (Direttiva della Commissione) 93/86/CEE "Adattamento al progresso tecnico della Direttiva del Consiglio 91/157/CEE"

Si possono applicare anche i regolamenti nazionali.

Ispezione e controllo

Per motivi funzionali e di sicurezza, è prescritta l'ispezione periodica delle batterie e dell'ambiente in cui sono esercite.

Conformemente alle prescrizioni del costruttore, l'ispezione dovrebbe includere verifiche di:

- a) regolazione della tensione sul carica batterie;
- b) tensioni dell'elemento o della batteria monoblocco;
- c) peso specifico (SG) e del livello dell'elettrolito, se del caso;
- d) pulizia, perdite;
- e) tenuta dei connettori, se prescritto;
- f) ventilazione (ostruzioni, polvere, nidi ecc...);
- g) tappi o valvole aperti;
- h) temperatura delle batterie.

7.2. Criterio generale per la dissipazione delle cariche elettrostatiche

Le resistenze dei percorsi elettrici devono essere sufficientemente basse per permettere il decadimento della carica immagazzinata e prevenirne il deposito. Il deposito della carica elettrostatica su un conduttore genera un potenziale che chiamiamo V. Il valore massimo ammesso della resistenza R dipenderà dalla velocità con cui il conduttore sta ricevendo cariche, cioè la corrente I. Una scarica innescante si manifesta quando vengono soddisfatte entrambe queste condizioni:

- l'intensità del campo elettrico dovuta al potenziale del conduttore supera la rigidità dielettrica dell'atmosfera;
- l'energia rilasciata nella scintilla supera l'energia minima di innesco di qualunque materiale infiammabile presente.

In sostanza per impedire le scariche innescanti è necessario che il conduttore non raggiunga un potenziale pericoloso. In quasi tutte le applicazioni industriali questo potenziale è 300 V. Utilizzando un coefficiente di sicurezza, quindi usando un potenziale di 100 V come limite per la dissipazione sicura dell'elettricità statica, si può calcolare il valore di R come:

$R = 100 / I$ dove R è espresso in Ohm e I in Ampere.

Dal momento che è noto che le correnti di carica variano da 10^{-11} A a 10^{-4} A, i valori corrispondenti di R sono 1013 Ω e 106 Ω .

È però molto improbabile trovare applicazioni in cui I supera i 10^{-6} A e, conseguentemente, una R pari a 108 Ω è sufficientemente adeguata. I conduttori che hanno un buon contatto elettrico con la terra hanno una resistenza inferiore, e di molto, a 106 Ω (tipicamente un valore compreso tra 10 Ω e 100 Ω). Tuttavia, la cosa importante è che tutti i collegamenti siano affidabili, permanenti e non soggetti ad usura.


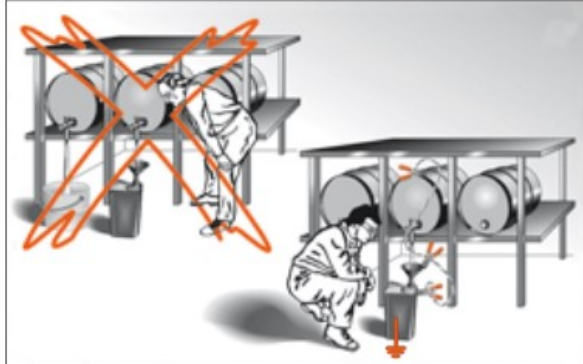

I materiali solidi non conduttivi sono sempre più utilizzati in equipaggiamenti e strutture nonostante la loro pericolosità. L'utilizzo di questi materiali potrebbe infatti isolare elementi conduttivi che una volta caricati potrebbero originare scintille. Gli stessi materiali non conduttivi potrebbero originare pericolose scariche a fiocco, specialmente in presenza di numerosi generatori di carica. **L'uso di materiali non conduttivi necessita quindi di essere ristretto nelle aree pericolose.**

- Nelle zone 0 e zona 1 è possibile utilizzare materiali non conduttivi a patto che non vi siano meccanismi di accumulo di carica da generare potenziali pericolosi, sia in funzionamento normale che in cattivo funzionamento.
- Nella zona 2 l'uso di materiali non conduttivi è consentito a patto che la probabilità di avere meccanismi di accumulo di cariche pericolose sia bassa.

È buona regola comunque ridurre l'uso di materiali non conduttivi in aree pericolose. Esistono in commercio molti materiali, una volta ritenuti non conduttivi (gomme o plastiche), che ora sono disponibili in varietà che sono dissipative.

Collegamento di messa a terra

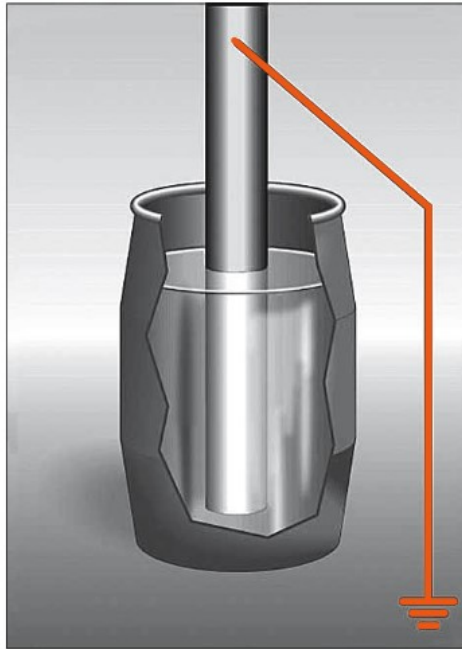
Il metodo più efficace per evitare i pericoli dell'elettricità statica è sicuramente quello di collegare i conduttori tra loro e alla terra. Questo metodo consente di evitare il problema più comune ovvero l'accumulo di cariche nei conduttori. Negli ambienti industriali vi sono molti conduttori che se non collegati a terra potrebbero caricarsi a livelli pericolosi. Questi conduttori possono essere parti dell'impianto o dell'equipaggiamento come ad esempio tubi, recipienti, valvole, fusti ecc.

<p>morsetto di messa a terra collegato a un bordo del fusto.</p>	
<p>durante il travaso di liquidi facilmente infiammabili bisogna collegare tra di loro e mettere a terra i recipienti, gli imbuti e i fusti conduttori. Anche gli scaffali devono essere messi a terra. Devono inoltre essere collegati a terra anche imbuti e sistemi di travaso. Devono essere indossati opportuni DPI dissipativi</p>	
<p>tutte le parti conduttrici dell'impianto devono essere collegate tra di loro e messe a terra.</p>	

Operazioni di riempimento

Durante questa fase la carica può essere limitata limitando la velocità di flusso nella linea di alimentazione (limitazione portata o aumento diametro). Si deve assicurare che a valle dei filtri o pompe, che sono grandi generatori di carica, un tratto di calma adeguato al tempo di rilassamento della carica. Evitare inoltre di avere una seconda fase non miscibile e l'immissione con spruzzi o getti dall'alto quando possibile.

durante il travaso di liquidi facilmente infiammabili bisogna inserire il tubo o il flessibile per il travaso fino in fondo al recipiente; inoltre il tubo o il flessibile deve essere messo a terra.



Operazioni di rimescolamento e di agitazione

in queste operazioni la generazione delle cariche può essere ridotta regolando la potenza dell'agitatore e evitando la presenza di una seconda fase non miscibile nel liquido (evitare quando possibile).

Operazioni di pulizia con getti liquidi

La carica in questa fase è limitata riducendo la pressione del liquido uscente dagli e la potenza delle macchinette di lavaggio. È da evitare la formazione di una seconda fase non miscibile nel liquido di lavaggio.

Riempimento di serbatoi

Le operazioni che possono dare origine a pericoli di elettricità statica nei serbatoi sono il riempimento, il trasporto e lo svuotamento.

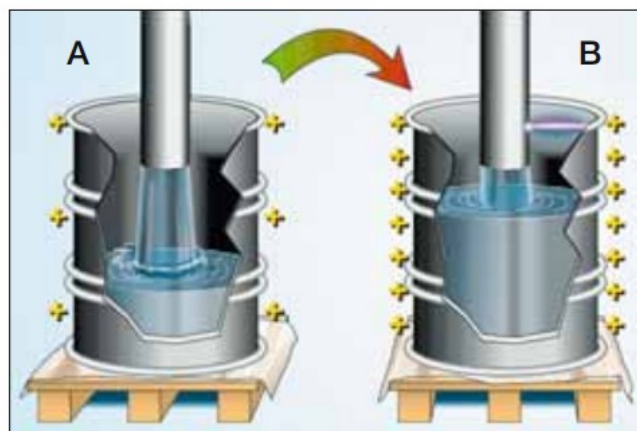


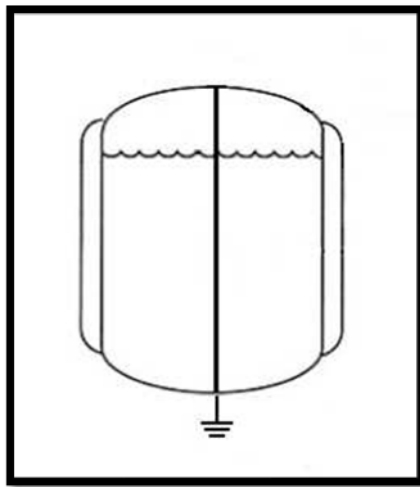
Figura 26: scarica in un fusto metallico [2]

A: processo di separazione e carica

B: scintille di origine elettrostatica

È fondamentale in queste operazioni prendere dei provvedimenti affinché non avvengano scariche innescanti. Le principali precauzioni da prendere, a prescindere dalla conducibilità del liquido, sono:

- collegare alla terra il serbatoio e tutte le strutture ad esso associate, quali ad esempio tubi pompe, filtri, ecc.
- assicurarsi che le persone non possono assorbire cariche, eventualmente collegando gli operatori a terra con un braccialetto apposito o tramite l'utilizzo di scarpe dissipative;
- evitare il riempimento impetuoso con spruzzi usando un'entrata bassa o un tubo a contatto con il fondo;
- ispezionare il serbatoio per individuare oggetti metallici che potrebbero agire da conduttori isolati;



Per i liquidi a bassa conducibilità la velocità deve essere limitata ad un valore di sicurezza che dipende dalle dimensioni, dalla forma del serbatoio e dal metodo di riempimento. La forma più critica per i serbatoi è approssimativamente quella cubica e la dimensione più critica varia da 1 m³ e 5 m³. In questi serbatoi la presenza di un conduttore che corre verticalmente verso il centro riduce il potenziale massimo di un fattore circa doppio. Il conduttore centrale è di fondamentale importanza in questi tipi di serbatoi.

Nei serbatoi corti o allungati e di forma non cubica esso riveste minore efficacia. Per quanto riguarda la velocità non vi sono limitazioni se la conducibilità intrinseca è superiore a 50 pS/m (liquidi a media e alta conducibilità) anche se sia raccomandato un limite generale di 7 m/s. Per flussi bifase, ad esempio acqua sul fondo del serbatoio, la velocità di riempimento deve essere ridotta a 1 m/s. Per i liquidi di bassa conducibilità o conducibilità non nota si usa una formula che tiene conto di fattori come il diametro delle tubazioni, la lunghezza della linea di alimentazione e della presenza del conduttore centrale. La velocità comunque rimane compresa tra i due valori limiti descritti sopra.

Tubazioni per liquidi

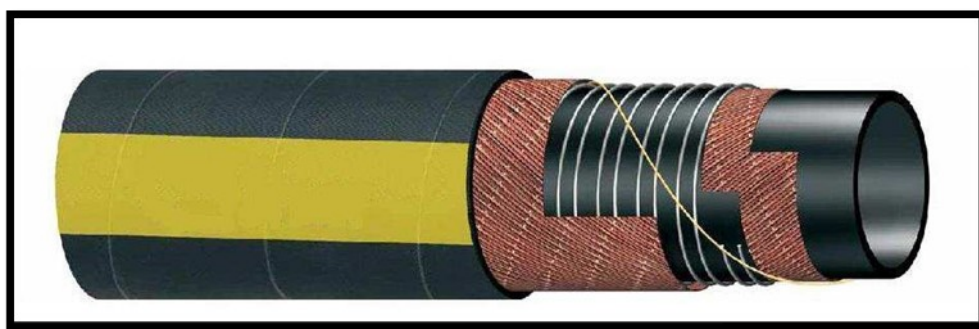
Quando un liquido scorre in un tubo, ha luogo la separazione delle cariche tra il liquido e la superficie interna del tubo. La quantità di carica che si produce dipende dalla resistività del materiale del tubo e dalla conducibilità del liquido. I tubi per il trasporto di liquidi si possono dividere in tre categorie: i tubi conduttivi, i tubi dissipativi ed infine quelli non conduttivi. Per quanto riguarda le prime due tipologie l'unica precauzione da prendere è quella di collegarli alla terra per evitare l'accumulo di carica elettrostatica. Le precauzioni da prendere riguardo i tubi non conduttivi sono più rigide a causa della loro

pericolosità. Il flusso di liquidi a bassa conducibilità in tubi non conduttivi può provocare densità di carica superficiali molto elevate sulla superficie del tubo. L'elevato campo elettrico al di fuori del tubo potrebbe provocare scariche innescenti su oggetti metallici isolati posti in vicinanza a causa del caricamento per induzione elettrica. **Per garantire la sicurezza all'interno del tubo questo deve essere riempito in modo permanente di liquido o reso inerte al fine di evitare la formazione di atmosfere infiammabili al suo interno.** Una trattazione particolare meritano i tubi conduttivi con rivestimento non conduttivo. Quando questo viene utilizzato per convogliare un liquido a bassa o media conducibilità, le cariche elettrostatiche potrebbero accumularsi sulla superficie interna del rivestimento e produrre scariche verso la parete conduttiva. La teoria indica che il potenziale sulla superficie di un rivestimento aumenta all'aumentare dello spessore dello stesso. È quindi più probabile che si verificano scariche pericolose con rivestimenti più spessi piuttosto che con rivestimenti interni più sottili (come ad esempio i rivestimenti epossidici). L'uso di questi tubi è ammesso a condizione che i rivestimenti siano sottili, le parti conduttive siano messe a terra ed il tubo rimanga pieno di liquido durante tutte le operazioni. Nelle fasi di riempimento e svuotamento la velocità ammessa tra l'interfaccia liquido/aria deve rimanere inferiore a 1 m/s.

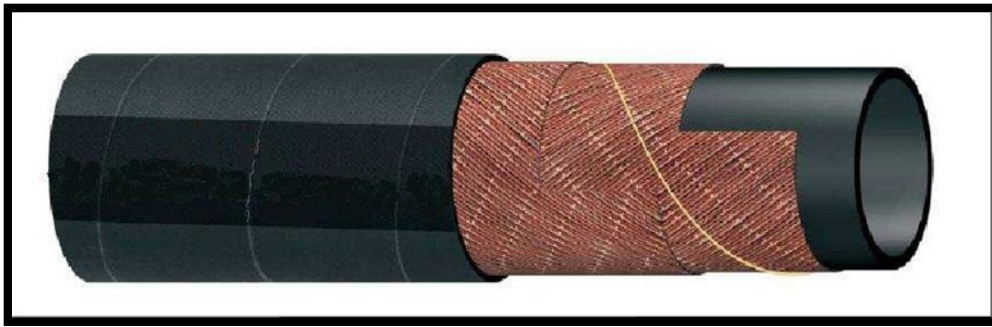
Manichette per liquidi

Sono disponibili tre tipi di manichetta per il trasferimento di liquidi infiammabili:

- a) **Manichetta conduttiva:** una manichetta conduttiva presenta una resistenza misurata da un'estremità all'altra inferiore a $103 \Omega/m$. Generalmente la manichetta è realizzata in materiale non conduttivo e la continuità elettrica viene fornita mediante fili di rinforzo o equipotenzialità collegati elettricamente ai raccordi. La rottura di dei cavi di collegamento può far sì che i terminali diventino isolati, si carichino elettricamente e generino scintille innescenti. La continuità elettrica di queste manichette deve essere controllata con regolarità.



- b) **Manichetta semi-conduttiva:** una manichetta semi-conduttiva ha una resistenza abbastanza elevata ma tale da dissipare le cariche elettrostatiche. Lo strato più esterno è realizzato in materiale dissipativo e fornisce una bassa resistenza quando è in contatto con i raccordi metallici all'estremità. La resistenza per unità di lunghezza deve rientrare nella gamma da $103 \Omega/m$ a $106 \Omega/m$. La continuità elettrica è intrinseca alla costruzione della manichetta e non è necessario controllare regolarmente la continuità elettrica.



- c) **Manichetta non conduttiva:** Questo tipo di manichetta è realizzata in materiale non conduttivo. Non incorpora cavi o trecce conduttive e quindi non è in grado di dissipare le cariche elettrostatiche. Le cariche che potrebbero accumularsi sulle parti conduttive isolate (raccordi metallici manichetta) possono facilmente produrre scariche innescanti



7.3. ibc per liquidi infiammabili e polveri combustibili



In una prima fase di selezione degli imballaggi da utilizzare per contenere liquidi infiammabili oppure polveri fini esplosive, è necessaria un'attenta valutazione, oltre che della merce da contenere, dei luoghi di carico e scarico.

Sono presenti sul mercato IBC costruiti per dissipare le cariche elettrostatiche che possano innescare incendi o deflagrazioni, e che rispondono a precise Norme Tecniche di Costruzione

Le normative per il trasporto delle merci (ADR, RID, IMD) citano nel cap. 4.1 sezione 4.1.2.1 Disposizioni generali supplementari relative all'uso degli IBC: *«Quando gli IBC sono utilizzati per il trasporto di materie liquide il cui punto d'infiammabilità (in vaso chiuso) è uguale o inferiore a 60°C, o di polveri suscettibili di formare nubi di polveri fini esplosive, devono essere adottate delle misure al fine di evitare qualsiasi carica elettrostatica pericolosa».*

Altre normative applicabili sono:

- Direttiva 94/9/CE -> Recepita con DPR n. 126, 23 marzo 1998 – Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 94/9/CE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfere potenzialmente esplosive (la Direttiva 94/9/CE risulta abrogata con effetto decorrente dal 20 aprile 2016 dalla Direttiva Europea 2014/34/UE per la regolamentazione di apparecchiature destinate all'impiego in zone a rischio di esplosione; si rivolge ai costruttori di attrezzature destinate all'impiego in aree con atmosfere potenzialmente esplosive e si manifesta con l'obbligo di certificazione di questi prodotti).
- La Direttiva Europea 99/92/CE per la sicurezza e la salute dei lavoratori in atmosfere esplosive; si applica negli ambienti a rischio di esplosione, dove impianti ed attrezzature certificate sono messe in esercizio ed è quindi rivolta agli utilizzatori.
- D.lgs. 9 Aprile 2008, n. 81 - Testo Unico sulla salute e sicurezza sul lavoro – Titolo XI «Protezione da atmosfere esplosive»

Verificare la tipologia di imballaggio

In primis si deve fare una analisi che prevede la valutazione delle caratteristiche degli imballaggi, se devono essere antistatici o normali:

1. Analisi delle merci movimentate.
2. Merci imballate in: IBC
3. Merci imballate: Liquidi Infiammabili ($FP \leq 60^{\circ}C$) / Polveri Esplosive (MIE).
4. Operazioni di Svuotamento / Riempimento in zone Esplosive (EX)

Quando usare gli IBC di tipo «CONDUTTIVO» per zone Ex?

1. Se il prodotto contenuto ha un punto d'infiammabilità $\leq 60^{\circ}C$.

e/o...

2. Se la zona di utilizzo è classificata EX per la presenza di gas, vapori, nebbie infiammabili o a rischio esplosione (ATEX 1, 2)



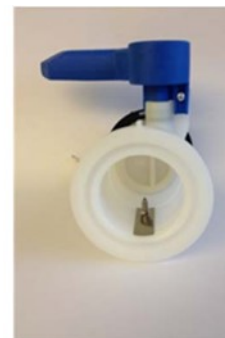
Liquidi in IBC «Tipo EX»: Norma Tecnica “CENELEC TECHNICAL REPORT 50404:2003 e TRBS 2153”

Gli IBC sono dotati di un otre antistatica o conduttiva. La messa a terra della valvola di scarico impedisce la formazione di cariche elettrostatiche nel prodotto contenuto.

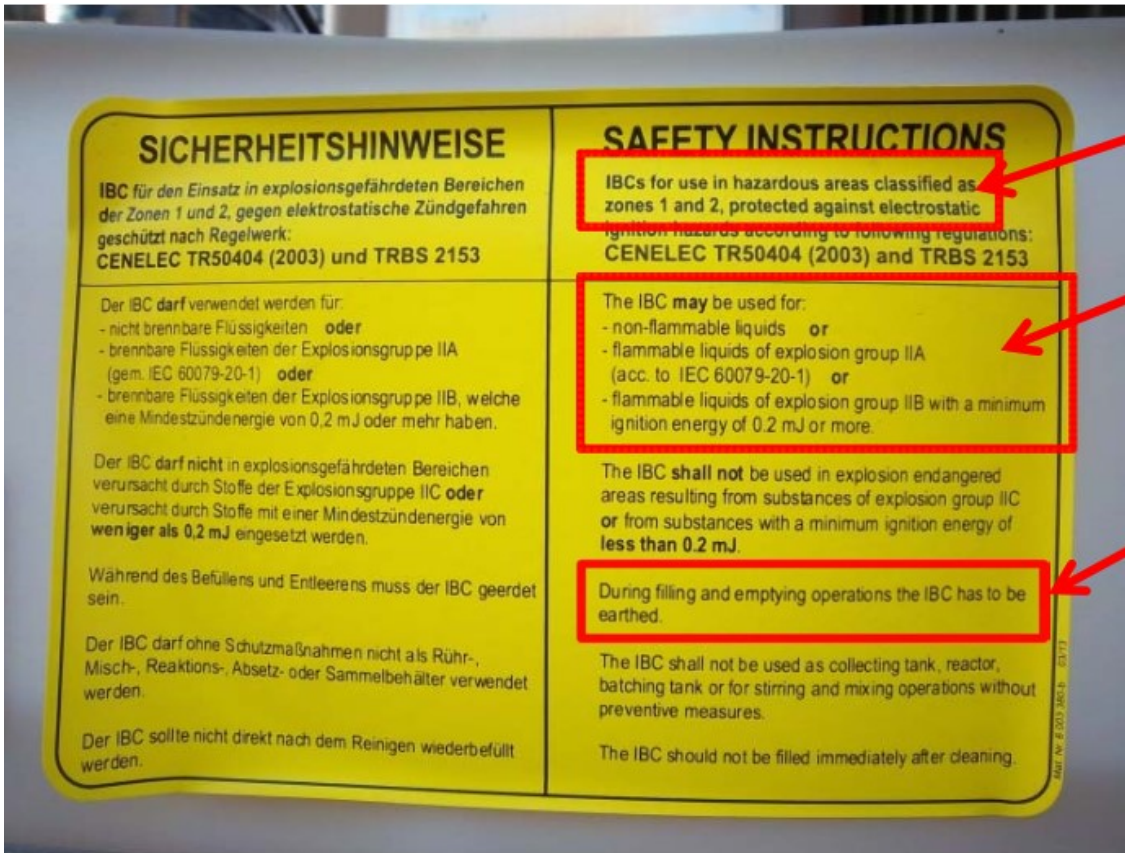
E' possibile avere inoltre anche una protezione dalla luce e dalle radiazioni UV.



Questo IBC è in grado di scaricare a terra sia le cariche elettrostatiche accumulate sulla superficie dell'otre, sia quelle accumulate all'interno del prodotto, grazie all'otre in PE con uno strato superficiale dissipativo e la valvola di scarico in PE conduttiva collegata elettricamente al pallet

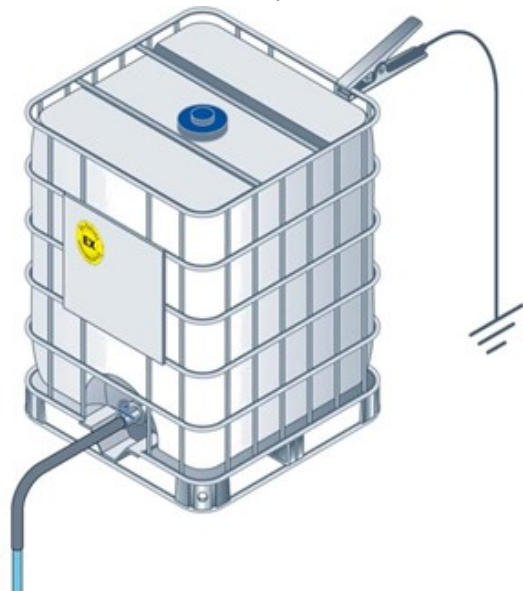
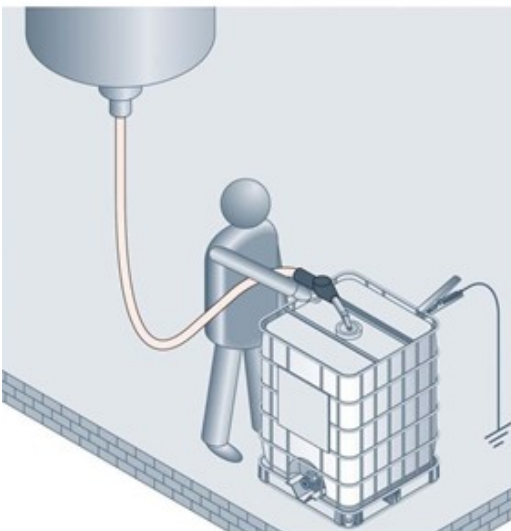


Istruzioni di sicurezza



Gli IBC per Zone EX che sono dotati di pallet in acciaio, non hanno bisogno di essere collegati a terra su pavimenti dissipativi.

È tuttavia consigliato che tale IBC sia sempre collegato a terra mentre viene riempito o svuotato



Polveri fini esplosive in IBC flessibili, Norma Tecnica "IEC 61340-4-4 Electrostatisme

Materie in Polvere confezionate in imballaggi con una capacità > 400 kg e suscettibili di formare nubi di polveri fini esplosive.

In particolare: IBC flessibili (big-bags) per prodotti pulverulenti (anche non omologati ai sensi delle normative di trasporto



Quando usare gli IBC flessibili di tipo «ELETTROSTATICO» per zone Ex?

1. Se le polveri contenute sono suscettibili di formare nubi di polveri fini esplosive (secondo il valore MIE della polvere).

e/o...

2. Se la zona d'utilizzo è classificata Ex per la presenza di polveri suscettibili di formare nubi di polveri fini esplosive (ATEX 21, 22)

La tabella che segue riassume sinteticamente il nesso tra il dato MIE della polvere esplosiva, la tipologia dei differenti IBC flessibili e l'ambiente in atmosfera esplosiva dove essi sono utilizzati per le fasi di (s)carico.

MIE = Minimum Ignition Energy (MIE) -> L'Energia Minima d'Accensione è la più piccola quantità di energia in una scarica elettrostatica necessaria a provocare l'accensione di un gas, vapore o polvere. È normalmente espressa in milli joule (mJ)

Uso dei differenti tipi di Big Bag			
Prodotto in polvere nel Big bag	Ambiente		
MIE della polvere	Atmosfera non infiammabile	Atmosfera con polvere esplosiva Dust Zones 21-22	Atmosfera con gas e vapori esplosivi Gas Zones 1-2 (explosion group IIA/IIB) Dust Zones 21-22
MIE > 1000 mJ	A B C D	B C D	C D
1000 mJ > MIE > 3 mJ	B C D	B C D	C D
MIE < 3 mJ	C D	C D	C D

IBC flessibile Tipo A

Sono imballaggi realizzati in tessuto o foglio di plastica senza misure contro l'accumulo di elettricità statica. Qualsiasi IBC che non soddisfa i requisiti specificati nella sezione 7 della IEC 61340-4-4, o che non è stato testato secondo quanto richiesto dalla norma, è classificato come di "Tipo A".

IBC flessibile Tipo B

Sono imballaggi realizzati in tessuto o foglio di plastica progettato per impedire il verificarsi di scariche elettrostatiche a scintille ed a spazzola.

IBC flessibile Tipo C

Sono imballaggi realizzati in tessuto conduttivo o foglio di plastica intrecciato con fili o filamenti conduttivi (costituente un reticolo conduttivo a circuito chiuso per convogliare le cariche elettrostatiche in punti di scarico determinati) e progettato per impedire il verificarsi di scariche elettrostatiche a scintille ed a spazzola. Sono progettati per essere collegati a terra, con apposita "pinza di messa a terra", durante le operazioni di riempimento e di svuotamento.

IBC flessibile Tipo D

Sono imballaggi realizzati in tessuto protettivo statico progettato per impedire il verificarsi di scariche elettrostatiche a scintille ed a spazzola, senza la necessità di un collegamento a terra come per il "Tipo C"



Figura 6 IBC Flessibile tipo C





<p>IEC 61340-4-4</p>  <p>TYPE B</p>	<ul style="list-style-type: none">• Permitted in dust zone 21-22 with MIE > 3 mJ• Electrical properties may be affected by general usage, contamination and reconditioning• All conductive objects within 1 m distance shall be connected to earth during filling and emptying operations
<p>IEC 61340-4-4</p>  <p>TYPE D</p>	<p>FIBC does not require earthing</p> <ul style="list-style-type: none">• Permitted in dust zones 21- 22 and gas zones 1- 2 (explosion groups IIA/IIB with MIE ≥ 0,14 mJ) and where charging currents ≤ 3 μA• Electrical properties may be affected by general usage, contamination and reconditioning• All conductive objects within 1 m distance shall be connected to earth during filling and emptying operations

Figura 7 IBC Flessibile Tipo B e D