

Le cariche elettrostatiche come sorgenti di accensione delle polveri combustibili

Si analizzano le indicazioni, contenute nei due specifici standard tecnici IEC e NFPA, sulle linee guida per minimizzare i pericoli da fenomeni elettrostatici in apparati con polveri combustibili.

Sergio Festa - Lucio Oggioni

Nella prima parte dell'articolo⁽¹⁾, apparso sul fascicolo n.773 della rivista, si sono esaminate le varie tipologie di scariche elettrostatiche ed i loro effetti in presenza di polveri combustibili. In questa seconda parte si analizzano alcune indicazioni contenute nei due standard (europeo e nordamericano) disponibili per evitare i rischi di accensione o scosse derivanti dall'elettricità statica:

- CEI CLC/TR 60079-32-1 (CEI 31-104): Atmosfere esplosive : Parte 32-1 "Pericoli da fenomeni elettrostatici. Guida" ed. 2016⁽²⁾;
- NFPA 77 "Recommended Practice on static electricity" ed. 2024⁽³⁾.

La trattazione è limitata ai seguenti argomenti:

- il rischio delle scariche coniche affrontato dai due standard;
- le caratteristiche di tubazioni rigide e flessibili nel trasporto di materiale solido e polveri;

- gli accorgimenti per i sistemi filtranti;
- le generalità su contenitori di volume intermedio (RIBC e FIBC);
- il collegamento a terra delle persone;
- i contenuti della norma di prodotto sui FIBC.

IL RISCHIO DELLE SCARICHE CONICHE AFFRONTATO DAI DUE STANDARD EUROPEO E NORDAMERICANO

Informazioni generali, contenute nella letteratura tecnica, sul fenomeno delle scariche coniche sono riportate nella Parte 1 dell'articolo; si riassumono le indicazioni, per minimizzare i rischi che possono manifestarsi durante le operazioni di riempimento di contenitori, contenute nei due standard.

L'approccio sul tema delle scariche coniche nel rapporto tecnico CEI CLC/TR 60079-32-1

Il rapporto CEI CLC/TR 60079-32-1 indica un percorso articolato, identico a quello indicato nei Documenti BGR 132⁽⁴⁾ e TRBS 2153⁽⁵⁾ che risultano pubblicati antecedentemente alla CEI 31-104, per analizzare se le operazioni di carico di sili e contenitori con materiali sfusi, nello stato fisico di granuli e/o polveri combustibili, possano dare origine a scariche coniche, in grado di innescare il particolare materiale movimentato. Il percorso di valutazione del rischio viene a dipendere, a parità di altre condizioni, dalla resistività del materiale movimentato ed è sinteticamente indicato nei diagrammi di flusso 1,2 e 3, sviluppati secondo tre classi di resistività dei materiali movimentati. Per i materiali in granuli e/o polveri con $r > 10^6 \Omega\text{m}$ (diagrammi di flusso 2 e 3) il primo passo dell'analisi è la determinazione dell'energia (W), associata alle ipotetiche scariche coniche, calcolata con la formula determinata da M. Glor⁽¹⁾:

$$W = 5,22 \cdot D^{3,36} \cdot d^{1,46} \quad (1)$$

dove:

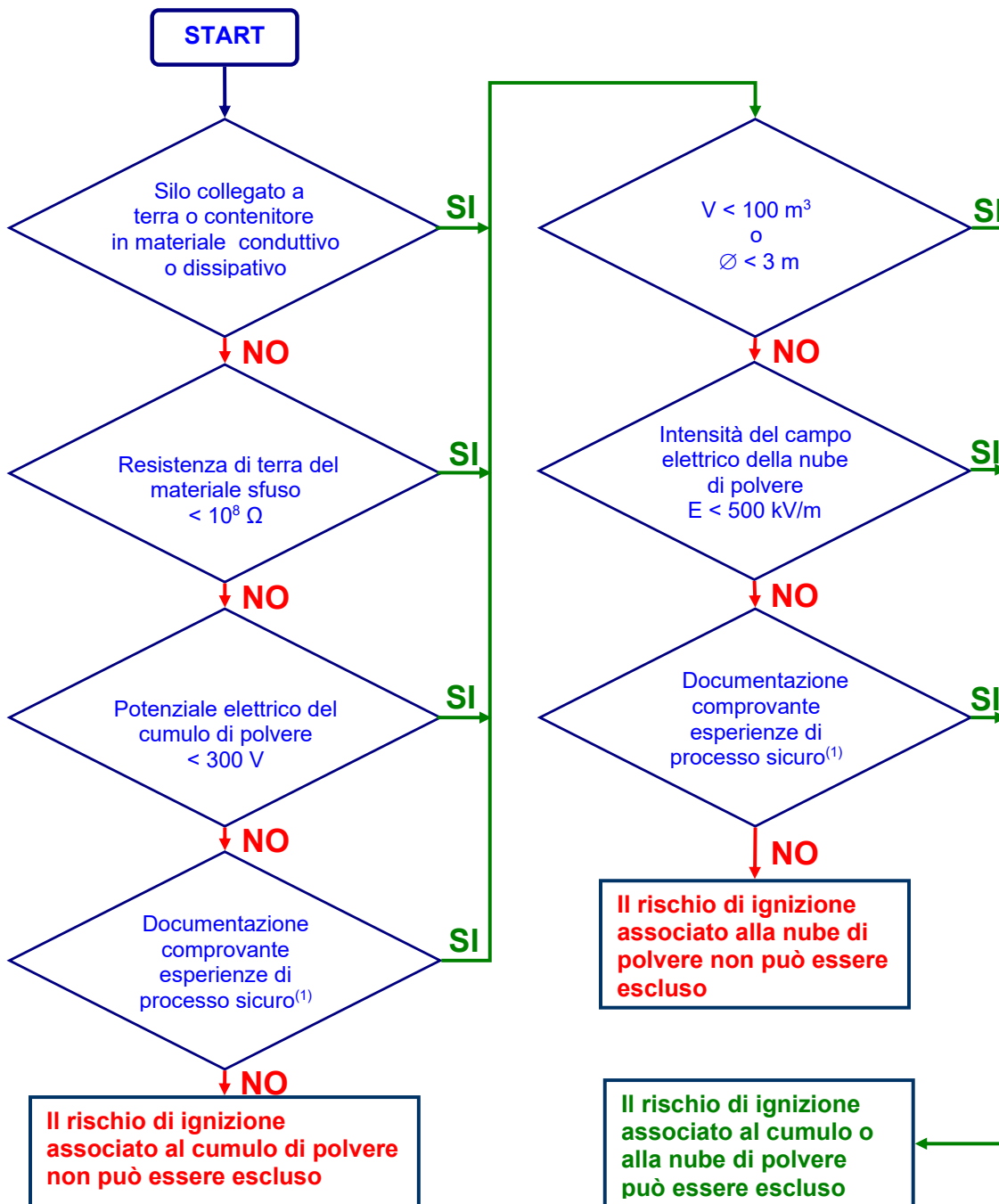
W = limite massimo dell'energia equivalente delle scariche coniche in mJ;

D = diametro del contenitore espresso in metri;
d = diametro medio delle particelle in millimetri.

Nel caso in cui, l'energia teorica delle scariche coniche supera il valore della MIE (minima energia di ignizione) del materiale movimentato, la valutazione del rischio secondo lo standard, deve essere completata, con determinazioni strumentali o analitiche del campo elettrico, facendo eventualmente ricorso a software di simulazione⁽²⁾, tenendo conto dei seguenti parametri correlati al materiale convogliato :

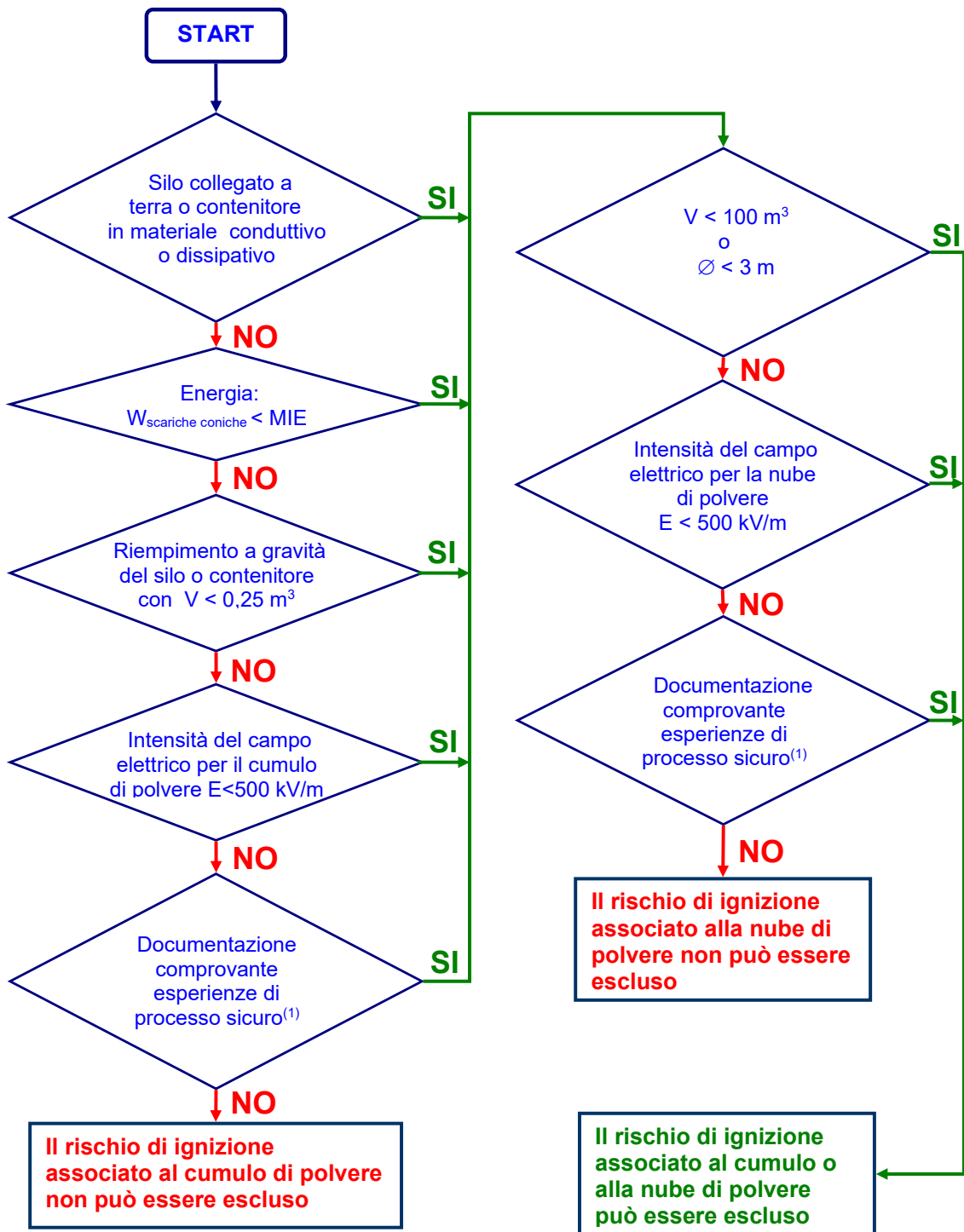
- rapporto carica/ massa;
- densità apparente e velocità di riempimento;
- resistività e permittività;
- dimensioni del silo.

Diagramma di flusso 1 - Valutazione per materiale compatto con $\rho \leq 10^6 \Omega \text{ m}$.



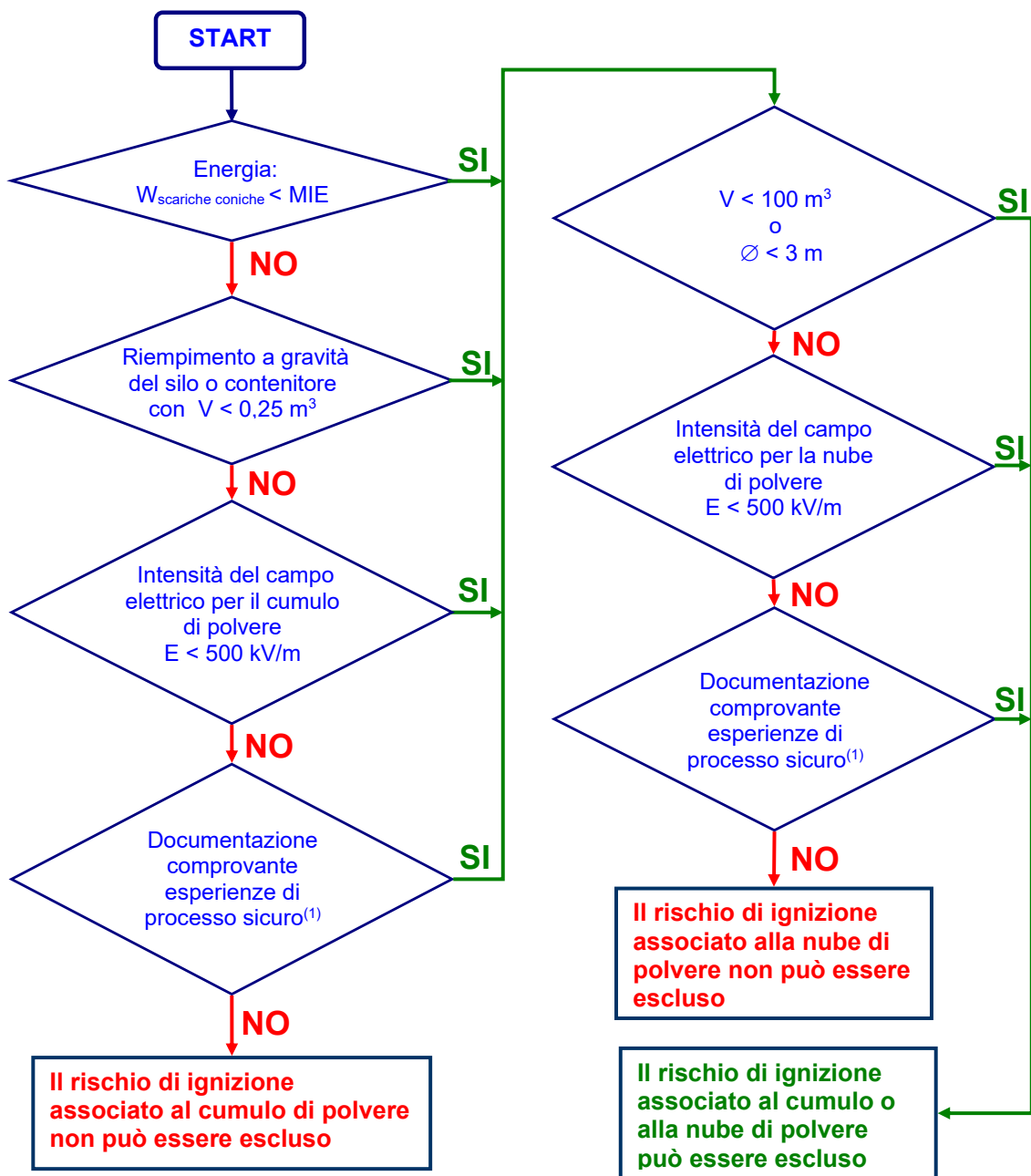
⁽¹⁾ Se il pericolo di accensione è escluso per la presenza di documentazione comprovante esperienze di processo sicuro, ciò deve risultare dal documento di valutazione dei rischi di esplosione .

Diagramma di flusso 2 - Valutazione per materiale compatto con $10^6 \Omega \text{ m} < \rho \leq 10^{10} \Omega \text{ m}$.



⁽¹⁾ Se il pericolo di accensione è escluso per la presenza di documentazione comprovante esperienze di processo sicuro, ciò deve risultare dal documento di valutazione dei rischi di esplosione..

Diagramma di flusso 3 - Valutazione per materiale compatto con $\rho > 10^{10} \Omega \cdot m$.



⁽¹⁾ Se il pericolo di accensione è escluso per la presenza di documentazione comprovante esperienze di processo sicuro, ciò deve risultare dal documento di valutazione dei rischi di esplosione.

L'approccio sul tema delle scariche coniche nello Standard NFPA 77

Lo standard NFPA 77⁽³⁾, relativamente ad operazioni che coinvolgono apparecchiature e polveri combustibili, indica che le scariche coniche presentano un livello energetico non superiore a 25 mJ e quindi viene indicato che dette scariche potrebbero innescare solo polveri combustibili con MIE inferiore a tale valore. Di seguito si riportano gli articoli significativi dello standard sullo specifico tema:

Scariche elettrostatiche durante le operazioni di riempimento. (NFPA 77 art. 15.5.5)

Durante il riempimento di grandi sili con polveri, granuli e pellet sono stati osservati bagliori superficiali lunghi anche un metro. Queste scariche, denominate scariche coniche, sono accompagnate da un crepitio che può essere udito al di sopra del rumore del trasferimento del materiale.

Le scariche coniche hanno un'energia effettiva massima di 25 mJ e si ritiene siano responsabili di esplosioni di polvere nei sili.

Scariche simili si osservano durante il riempimento di autocisterne con liquidi non conduttivi. In questi casi, il fenomeno è noto come "surface streamer" o "go-devil".^(Nota1)

Scariche coniche (NFPA77 art. 15.5.6.1)

“Quando le polveri con resistività maggiore di circa $1 \times 10^9 \Omega m$ vengono convogliate in contenitori conduttivi messi a terra, solitamente dissipano le loro cariche per conduzione a una velocità inferiore a quella della carica accumulata nel processo di caricamento.

La carica viene quindi compattata e le scariche avvengono dal punto dove le particelle entrano in contatto per la prima volta con il cumulo di materiale verso le pareti del contenitore. Queste scariche sono definite scariche coniche o “bulking brush discharges”.

L'esperienza indica che queste scariche non sono in grado di accendere polveri con MIE superiori a 25 mJ. Tuttavia, a tali scariche sono state attribuite esplosioni di polveri con MIE inferiori a 25 mJ.”

Contenitori di stoccaggio (NFPA77 art. 15.12.1 e 2)

Laddove le polveri vengono convogliate in contenitori (ad esempio sili, vagoni ferroviari, camion, IBC, ecc.), la polvere viene compattata dalla forza di gravità.

Il processo di compattazione è accompagnato da scariche coniche, l'energia della scarica aumenta all'aumentare della dimensione delle particelle. Pertanto gli impianti più a rischio sono quelle con granuli con una frazione apprezzabile di polveri.

Le condizioni in cui si manifestano le scariche coniche con capacità di accensione di polveri combustibili non sono totalmente note, tuttavia i fattori penalizzanti sono stati indicati da M. Glor nel testo “*Electrostatic Hazards in Power Handling*” (1988)⁽⁴⁾ e riassumibili nei seguenti punti:

1. Trasporto pneumatico di polveri con resistività maggiore di $10^{10} \Omega m$
2. Trasporto pneumatico di materiale con particelle di dimensioni maggiore di un millimetro
3. Aumento della densità di carica del prodotto convogliato oltre $1 \mu C/kg$
4. Aumento della portata (massica) oltre i seguenti valori:
 - > 20 000 kg/h in presenza di particelle di dimensioni tra 1 e 2 mm;
 - da 20 000 kg/h a 30 000 kg/h in presenza di particelle di diametro di circa 0.8 mm.

Puntualizzazione sulle indicazioni dello standard NFPA 77 sulle scariche coniche nei contenitori

Come evidenziato, lo standard NFPA 77⁽³⁾ indica che l'energia, che scariche “*Bulking brush discharges*” (cone discharges), può raggiungere

Nota 1: Nell'Allegato A lo standard NFPA 77 rimanda per approfondimenti al testo di L.G. Britton: “*Avoiding static ignition hazards in chemical operations*”

un valore tra 10 e 25 mJ.

Lo stesso concetto era già espresso, nell'edizione del 2000, in cui veniva indicato che queste scariche erano in grado di innescare polveri con MIE non superiore a 10 mJ.

La pubblicazione del 2000 rappresenta la prima edizione dello standard NFPA 77 in cui viene affrontato il tema delle scariche coniche, dopo la divulgazione su riviste specializzate degli studi di M. Glor e K. Schwenzfeuer (1997)⁽¹⁾ sull'espressione analitica dell'energia associabile alle scariche coniche indicata nell'espressione 1.

TUBAZIONI RIGIDE E FLESSIBILI NEL TRASPORTO DI MATERIALE SOLIDO E POLVERI

Il sistema automatico per la movimentazione delle polveri è costituito dal trasporto pneumatico costituito essenzialmente dai compressori dell'aria, dalle tubazioni rigide e flessibili e dai sistemi filtranti.

Gli standard esaminati dedicano a questi componenti ampie indicazioni per limitare gli effetti delle cariche elettrostatiche:

Tubazioni

Le tubazioni e i condotti impiegati per il trasporto pneumatico di polveri, secondo gli standard di riferimento, devono essere realizzate con materiale conduttivo o dissipativo e devono essere collegate a terra. Opportuni sistemi di

collegamento tra i vari tratti delle tubazioni devono garantire la continuità elettrica.

Tubazioni flessibili

Nel passato questo tipo di tubazioni ha dato origine a vari incidenti; uno degli articoli tecnici più recenti, sulla possibilità di insorgenza di scariche propagantesi a fiocco in tubazioni flessibili, realizzate con materiale non conduttivo o dissipativo, adibite al trasporto di materiali solidi, è quello di J Pavey della Società Dekra Process Safety⁽⁶⁾ da cui è tratto l'eloquente immagine riprodotta in figura 1.

Gli attuali standard forniscono dettagliate indicazioni orientate alla minimizzazione dei rischi derivanti dall'impiego di questi indispensabili componenti per la movimentazione di solidi e polveri combustibili.

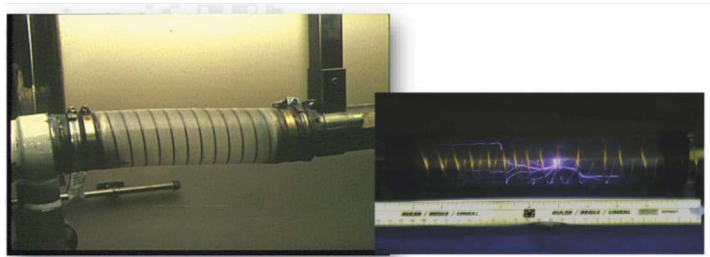
Il rapporto tecnico CEI CLC/TR 60079-32-1 nel paragrafo relativo al convogliamento di liquidi infiammabili contiene una completa esposizione sulle tubazioni rigide e flessibili, idonee alla minimizzazione dei rischi derivanti dall'elettricità statica; lo standard fa anche riferimento alla Norma ISO 8031 "Tubi flessibili raccordati in gomma e Plastica _ Determinazione della resistenza elettrica e resistività"^(Nota2).

Nel Capitolo relativo all'elettricità statica in presenza di polveri combustibili nel paragrafo "tubi flessibili per il trasporto pneumatico di materiali solidi" (art. 9.3.3) viene indicato che:

"La definizione di tubi conduttivi e dissipativi data nel paragrafo relativo al trasporto di liquidi non sono applicabili per questo tipo di trasporto in quanto è sufficiente che la resistenza misurata da qualsiasi punto della parete del tubo secondo il metodo indicato dalla Norma ISO 8031 sia inferiore a 100MΩ."

Anche lo standard NFPA 77, rimanda alla Norma ISO 8031 per le indicazioni sulle tubazioni per fluidi infiammabili ma, nel Capitolo relativo al

Figura 1 - Tubazione flessibile con spirale metallica per trasporto di materiale solido (Fotografia : Documentazione Dekra Process Safety).



Nota 2: La Norma ISO 8031 è stata ripubblicata nel 2020: "Rubber and plastics hoses and hose assemblies - Determination of electrical resistance and conductivity"

trasporto pneumatico di materiali solidi e polveri sottolinea che:

- *NFPA 77 art.15.7.1: “Devono essere utilizzate tubazioni flessibili conduttive o dissipative per il trasporto di polveri combustibili e in situazioni dove potrebbe essere presente una atmosfera infiammabile”;*
- *NFPA 77 art. 15.7.1.1: “Le spirali metalliche di rinforzo delle tubazioni non devono essere impiegate come mezzo sostitutivo delle tubazioni conduttive e/o dissipative”;*
- *NFPA 77 art.15.7.2: “Nei casi in cui sono impiegate tubazioni non conduttive si possono generare significative cariche elettrostatiche che possono dare origine a vari tipi di scariche elettriche. Queste tubazioni devono essere usate solo con polveri non combustibili e in aree non classificate a rischio di esplosione. (Si veda NFPA 652)”* Lo standard NFPA 652⁽⁷⁾ che, unitamente alla Norma NFPA 654⁽⁸⁾, nel panorama normativo nordamericano, rappresenta il compendio di indicazioni più avanzato, in tema della prevenzione dei rischi derivanti dalla manipolazione di polveri combustibili indica:
- *NFPA 652 art. 8.4.2.2.1.4: “Le tubazioni flessibili (per solidi e polveri combustibili n.d.r) devono essere appropriate all’uso e conduttive o dissipative”;*
- *NFPA 652 art 9.4.7.1.4.3: Le tubazioni flessibili con una resistenza “end to end” maggiore di $10^8\Omega$, anche in presenza di spirale interna connessa a terra, sono permesse solo in assenza di vapori infiammabili e dove sono rispettate entrambi le seguenti condizioni:*
 1. La polvere presenta una MIE maggiore di 2 000 mJ;
 2. La velocità di convogliamento è inferiore a 10 ms^{-1} .

(Nota: La Norma NFPA 652 nell’Appendice A rimanda alla ISO 8031 per le modalità di misura).

Controlli su spirali interne conduttive di rinforzo nelle tubazioni flessibili

Sul tema dei controlli su spirali interne delle tubazioni flessibili i due standard forniscono indicazioni diverse. Il rapporto tecnico CEI CLC/TR 60079-32-1 nel capitolo relativo ai mezzi per il trasporto di fluidi infiammabili affronta il tema delle spirali metalliche di rinforzo nelle tubazioni flessibili indicando la necessità del collegamento a terra di questi componenti tramite giunti terminali.

“l’end-to-end” deve essere controllato regolarmente per garantire che il collegamento di terra rimanga intatto. Se sono presenti più connettori (ad esempio due spirali di rinforzo o due fili di collegamento flessibile) il controllo di continuità “end to end” non rileva se tutti i conduttori risultano correttamente collegati a terra e quindi detto controllo deve essere basato su una attenta verifica di qualità durante la costruzione integrata da regolari ispezioni visive. Lo standard NFPA 77 sullo stesso argomento sottolinea che: *“Le tubazioni che contengono una spirale metallica devono presentare un buon contatto con un terminale di accoppiamento ed essere collegate a terra. Non devono essere utilizzate tubazioni contenenti più di una spirale metallica perché non è possibile determinare se una delle spirali ha perso il collegamento di terra.”*

FILTRI DEPolveratori

Il rapporto tecnico CEI 31-104 sull’argomento fornisce le seguenti indicazioni:

Nei separatori per polveri a secco (filtri a maniche) i tessuti filtranti isolanti non devono interrompere il collegamento di terra di parti conduttive; è opportuno l’impiego di tessuti filtranti costituiti da fibre contenenti fili conduttivi o altri sistemi equivalenti; viene sottolineato inoltre che l’impiego di questi mezzi riduce la carica nella polvere tramite scariche a fiocco^(Nota 3).

Nota 3: La Norma CEI 31-104 indica che in base ad evidenze pratiche è possibile escludere che le scariche a fiocco possano innescare le polveri combustibili⁽¹⁾.

In presenza di polveri con MIE inferiore a 3mJ il collegamento a terra di parti metalliche con capacità maggiore di 10 pF riveste una grande importanza ai fini della sicurezza.

In presenza di polveri conduttive non metalliche con MIE inferiore a 30 mJ devono essere impiegati tessuti filtranti realizzati con materiale conduttivo e collegati a terra. I medesimi tessuti filtranti in assenza di limitazioni derivanti da una valutazione dei rischi o dal divieto di impiego di depolveratori a secco possono essere impiegati anche in presenza di polveri conduttrici metalliche con MIE inferiore a 30 mJ.

La Normativa NFPA fornisce indicazioni sovrapponibili a quelle dello standard europeo.

GENERALITA' SU CONTENITORI DI VOLUME INTERMEDIO

I contenitori di volume intermedio (IBC: Intermediate Bulk Container) per il trasporto di materiali sfusi, nella forma rigida (RIBC) e flessibile (FIBC), trovano largo impiego nel magazzino, trasporto e manipolazione interna ed esterna alle attività produttive in cui

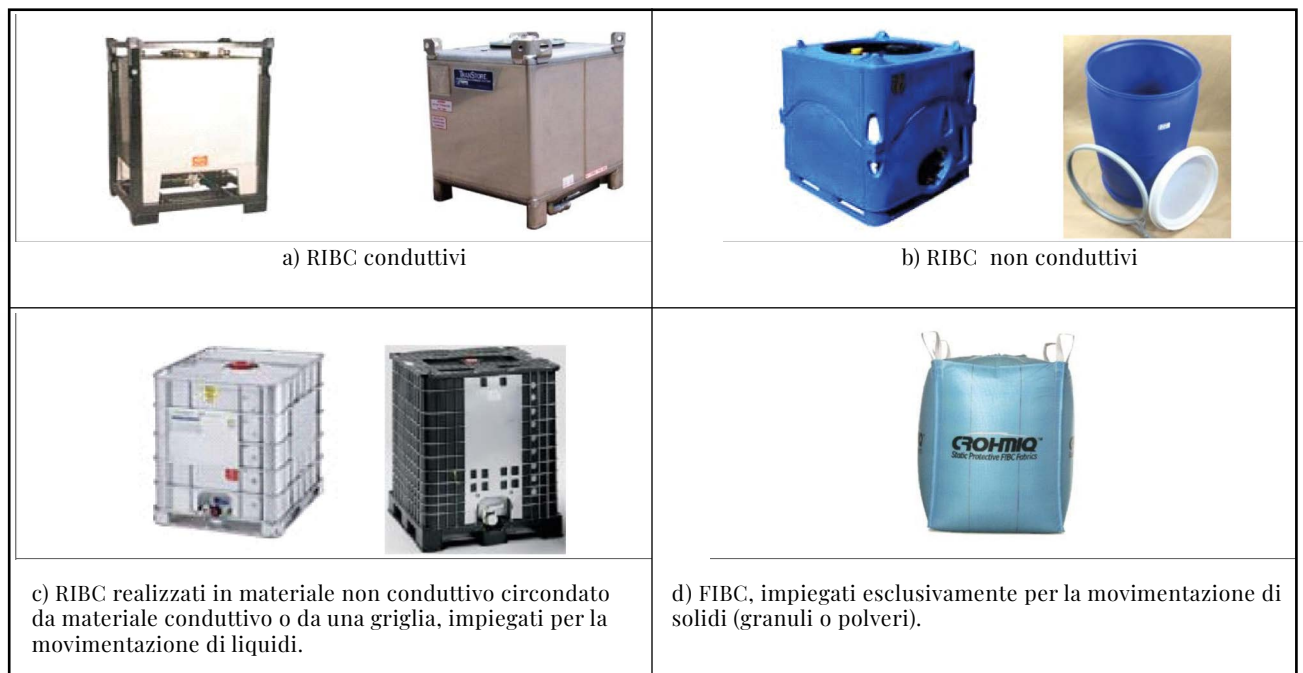
si impiegano o producono materiali nello stato fisico di liquidi, polveri o granuli.

I RIBC sono utilizzati per il contenimento di prodotti liquidi o solidi/polveri mentre i FIBC sono impiegati esclusivamente per materiali in polvere e granuli. In figura 2 sono rappresentati alcuni esempi di IBC che, costruttivamente possono essere realizzati con materiali conduttivi, isolanti o dissipativi ed un esempio di FIBC.

Le cariche elettrostatiche confluite o originate in un contenitore RIBC o FIBC sono in grado di generare:

- scariche capacitive tra il materiale (conduttivo) contenuto nell'IBC, realizzato in materiale isolante e corpi metallici esterni (Figura 3);
- scariche capacitive tra un oggetto conduttore isolato da terra, che si è caricato per induzione elettrostatica avvicinandosi al FIBC, ed altro oggetto metallico vicino. L'oggetto conduttore, per esempio una persona isolata da terra, può comunque accumulare cariche elettriche, non solo per induzione ma anche semplicemente camminando senza calzature dissipative (Figura 4);

Figura 2 - Tipi di IBC di comune impiego.



- scariche a fiocco tra la superficie esterna del FIBC e un corpo metallico esterno (Figura 5);
- scariche propagantesi a fiocco (P.B.D.) attraverso il materiale, con cui è realizzato il FIBC o IBC, se la tensione di scarica distruttiva dello stesso è superiore a 6 kV o a 4 kV nel caso di RIBC non conduttivi;
- scariche coniche che si possono manifestare in tutti gli IBC, di dimensioni significative, in

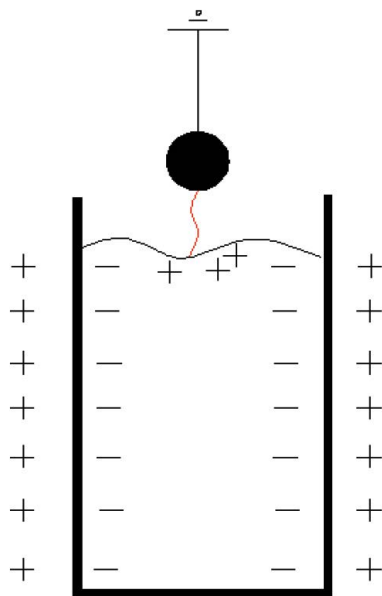


Figura 3 - Scarica capacitiva tra un materiale conduttivo carico di elettricità statica, in un contenitore isolante, con un oggetto conduttivo.

- cui viene fatto confluire materiale solido in polvere o granuli con alta resistività; a parità di tutte le condizioni legate al materiale e alla velocità di convogliamento, l'energia associata alle scariche coniche è maggiore per i contenitori realizzati con materiali isolanti;
- scariche ad effetto corona che si producono in presenza di un campo elettrico sufficientemente intenso quando si avvicina un elettrodo molto piccolo o appuntito alla superficie carica; la capacità d'innescò delle scariche ad effetto corona è troppo debole per l'innescò di polveri combustibili; quando si manipolano grandi quantità di polveri di media conduttività o non conduttive, le scariche a effetto corona non possono essere evitate, ma queste scariche non creano un pericolo di innescò, se non in presenza di atmosfere esplosive molto sensibili ma non originate da polveri combustibili⁽⁴⁾.

Gli standard analizzati, concordano sull'impiego prudente dei contenitori RIBC realizzati con materiale isolante in presenza di atmosfere esplosive:

Il documento CEI 31-104 indica che in presenza di atmosfere esplosive i contenitori devono essere di tipo conduttivo o dissipativo, inoltre per evitare il



Figura 4 - Persona non collegata a terra caricata per induzione elettrostatica (Rif. ISSA "Static Electricity" 1996).

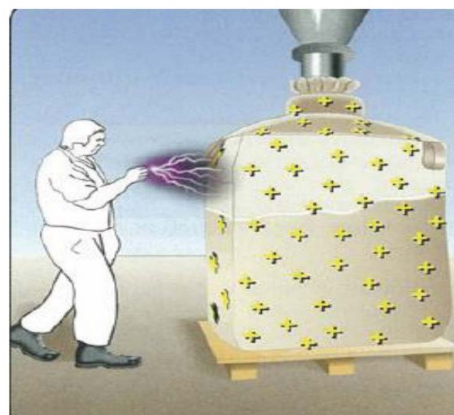


Figura 5 - Brush discharges tra un FIBC e un corpo metallico (Rif. ISSA "Static Electricity" 1996).

rischio di insorgenza di scariche elettrostatiche propagantesi a fiocco viene richiesto che sia rispettata almeno una delle seguenti condizioni:

1. volume inferiore a 0, 25 m³;
2. tensione di scarica disruptiva del materiale inferiore a 4 kV (6 kV in caso di materiale in tessuto come nei FBC);
3. spessore delle pareti maggiore di 10 mm;
4. una documentazione attestante che il rischio di scariche propagantesi a fiocco non possa manifestarsi.

Lo standard NFPA 77 art. 16.5.3 indica:

“Gli IBC non conduttivi non devono essere riempiti o svuotati dove sono presenti vapori infiammabili, polveri combustibili e miscele ibride all’interno o all’esterno dell’IBC senza una valutazione dei rischi” Per la Norma NFPA 77 il termine IBC non conduttivo si riferisce a contenitori con resistività di volume maggiore di 10⁹ Ωm. il medesimo valore di resistività di volume per caratterizzare un materiale isolante è contenuto nella tabella 1 della CEI 31-104⁽¹⁻²⁾.

Velocità di convogliamento dei materiali nei contenitori di volume intermedio

Lo standard NFPA 652⁽⁷⁾, nel paragrafo 9.4.7.2.3 integra quanto espresso dalla NFPA 77 indicando che devono essere adottati i seguenti limiti di portata, per le operazioni di riempimento e/o svuotamento di un IBC di volume superiore a 1 m³, con materiale solido con MIE inferiore a 20 mJ e resistività maggiore di 10¹⁰ Ωm :

- 1,4 kgs⁻¹ per materiali con granulometria maggiore di 2 mm;
- 5,6 kgs⁻¹ per materiali con granulometria compresa tra 0,4 mm e 2 mm;
- 8,3 kgs⁻¹ per particelle di granulometria inferiore a 0,4 mm.

Le medesime limitazioni sui valori della velocità di convogliamento, sono valide anche nel caso in cui, in un recipiente di volume maggiore di 1 m³, viene fatto confluire materiale con resistività

maggiore di 10¹⁰ Ωm, senza restrizioni sul valore della MIE, se nel recipiente è già presente materiale con MIE inferiore a 20 mJ. Nell'allegato di approfondimento alla NFPA 652, viene precisato che gli accorgimenti indicati sono correlati alla limitazione dei rischi da scariche coniche secondo le indicazioni contenute nella letteratura tecnica. (La Norma rimanda al testo di M. Glor “*Electrostatic Hazards in Powder Handling*”⁽¹⁾).

COLLEGAMENTO A TERRA DELLE PERSONE

La Guida CEI 31-104 (art.11) prevede che le persone che potrebbero essere esposte ad una atmosfera infiammabile caratterizzata da una MIE inferiore a 10 mJ, per prevenire che possano caricarsi elettrostaticamente devono essere collegate a terra. Il collegamento a terra può essere ottenuto con l'impiego di una pavimentazione conduttiva o dissipativa e il contemporaneo uso di calzature dissipative. Tuttavia la Guida puntualizza che in zona 22 la messa a terra del personale è richiesta solo nel caso di “*generazione continua di cariche*”. È stato quindi riformulato quanto contenuto nella Guida CEI CLC/TR 50404⁽⁴⁾ che richiedeva, in presenza di una atmosfera esplosiva per polveri con una MIE inferiore a 30 mJ il collegamento a terra delle persone che potevano caricarsi ad un livello pericoloso. Lo standard NFPA 77 sull'argomento della messa a terra delle persone, in presenza di miscele esplosive, suggerisce le medesime forme di mitigazione dei rischi indicate dalla Guida CEI 31-104 senza però fornire un valore di soglia delle caratteristiche di infiammabilità delle sostanze coinvolte al di sotto del quale è opportuno prendere i provvedimenti.

LA NORMA DI PRODOTTO SULLE CARATTERISTICHE DEI CONTENITORI FLESSIBILI INTERMEDI (FIBC) PER MATERIALI NON IMBALLATI E SUL LORO IMPIEGO

L'attuale Norma di prodotto per i contenitori flessibili intermedi (FIBC) per materiali sfusi non

imballati è la CEI EN 61340-4-4⁽⁹⁾ che stabilisce i requisiti specifici che si riferiscono :

- alla classificazione compresa quella dei rivestimenti interni ed alla etichettatura dei FIBC;
- all'utilizzo in sicurezza dei FIBC(compresi quelli con rivestimento interno) nelle aree in cui sono o possono essere presenti polveri combustibili o gas esplosivi;
- alle procedure per la qualificazione di tipo e alla certificazione .

Le indicazioni della Norma di prodotto sui Contenitori Flessibili di Volume Intermedio (FIBC) e gli Standard sui rischi derivanti da cariche elettrostatiche.

Entrambi gli standard(2,3) fanno riferimento, con lievi differenziazioni, alla Norma IEC 61340-4-4⁽⁹⁾ la cui ultima edizione è stata pubblicata nel 2018:

- L'edizione attualmente in vigore dello standard NFPA 77 è quella pubblicata nel 2024 per cui il tema dei FIBC ha come riferimento l'ultima edizione della Norma di prodotto sui FIBC.
- La CEI 31-104 essendo stata pubblicata nel 2016 fa riferimento alla precedente edizione della Norma IEC 61340-4-4 ma, contiene indicazioni relative al collegamento a terra dei FIBC che sono state recepite nell'edizione della norma di prodotto del 2018.

Si sottolinea come gli standard NFPA 652 e NFPA 654 richiedono che i FIBC che, non risultano testati e verificati secondo la IEC 61340-4-4, non devono essere impiegati con polveri combustibili e dove è presente una atmosfera di vapori infiammabili (art.9.4.3.6.6.4 e 5 della NFPA 654 e art. 9.4.7.4.6 della NFPA 652).

Classificazione elettrostatica dei FIBC

La norma CEI EN 61340-4-4 (CEI 101-9), classifica i FIBC, in relazione alla loro costruzione, alla natura dell'impiego previsto e ai requisiti prestazionali associati, nei seguenti quattro tipi:

FIBC di Tipo A: realizzati in tessuto o foglio di plastica non conduttivo senza misure contro l'accumulo di elettricità statica;

FIBC di Tipo B: realizzati in tessuto o foglio di plastica non conduttivo con caratteristiche idonee per prevenire il verificarsi di scariche propagantesi a fiocco (P.B.D.);

FIBC di Tipo C: realizzati in tessuto conduttivo o foglio di plastica o intessuti con fili conduttivi o filamenti conduttivi e progettati per impedire il verificarsi di scintille, scariche a fiocco e scariche propagantesi a fiocco; per essi è previsto il collegamento a terra durante le operazioni di riempimento e svuotamento

FIBC di Tipo D: realizzati in tessuto non conduttivo o contenenti filamenti e fibre conduttive non interconnesse, al fine della rimozione delle cariche per mezzo di scariche corona di piccola intensità; per essi non è richiesta il collegamento di messa a terra durante le operazioni di riempimento e svuotamento.

Criteri di scelta per l'uso sicuro dei FIBC

Nella Tabella 1 tratta dalla Norma di prodotto, sono indicati i criteri di scelta del tipo di FIBC più adatto, in relazione al suo contenuto e alla classificazione della zona in cui viene utilizzato, al fine di prevenire il rischio nelle diverse condizioni di dei diversi tipi di FIBC.

Classificazione e caratteristiche delle fodere

Le fodere interne dei FIBC possono essere del tipo a singolo strato o multistrato. In ogni caso la superficie esterna della fodera è quella che va in contatto con il FIBC mentre la superficie interna è quella che va in contatto con il materiale. Le fodere si dividono in quattro tipi:

Tabella 1 – Uso dei diversi tipi di FIBC.

Prodotto contenuto nel FIBC	Ambiente circostante		
	Assenza di atmosfera esplosiva	Zona 21-2 ^b (1 000 mJ ≥ MIE > 3 mJ) ^a	Zona 1-2 ^b (Gruppo custodie IIA/IIB) ^b o Zona 21-22 ^b (MIE ≤ 3 mJ) ^a
MIE della polvere ^(a)			
MIE > 1000 mJ	A, B, C, D	B, C, D	C, D c
3 mJ < MIE < 1000 mJ	B, C, D	B, C, D	C, D c
MIE < 3 mJ ^d	C, D	C, D	C, D c

Precauzioni aggiuntive sono necessarie quando una atmosfera infiammabile derivante da gas o vapori è presente nel FIBC
 Nota: Una atmosfera non infiammabile include polveri con MIE > 1000 mJ
 a) Misurata secondo ISO/IEC 80079-20-2
 b) La Norma rimanda all'Appendice D per la definizione di aree classificate con riferimento alla IEC 60079-10-1 e IEC 60079-10-2
 c) Il tipo D deve essere limitato al Gruppo IIA/IIB con MIE > 0,14 mJ
 d) La Norma rimanda all'Appendice E per le problematiche relative alle scariche a cono

Tipo LI: fodere realizzate con materiale avente una resistenza superficiale almeno su una superficie inferiore a $10^8 \Omega$. Se il materiale presenta una superficie con resistenza superficiale maggiore di $10^{12} \Omega$ la fodera deve presentare una tensione di scarica disruptiva inferiore a 4 kV;
 La Superficie con resistenza superficiale inferiore a $10^8 \Omega$ deve essere collegata

saldamente al sistema di messa a terra del FIBC.





Tipo LIC: fodere multistrato con strato centrale realizzata con materiale avente una resistenza superficiale inferiore a $10^8 \Omega$. Se il materiale presenta uno strato con resistenza superficiale maggiore di $10^{12} \Omega$ la fodera deve presentare una tensione di scarica disruptiva inferiore a 4 kV;
 Lo strato con resistenza superficiale

Tabella 2 – Combinazioni di Fodere e FIBC ammesse e non ammesse in aree a rischio di esplosione.

FIBC ^(a)	FODERE			
	Tipo L1	Tipo LIC	Tipo L2	Tipo L3
Tipo B	Non ammessa	Non ammessa	ammessa	Tipo L3
Tipo C	ammessaa	ammessab	ammessac	Non ammessa
Tipo D	Non ammessa	Non ammessa	ammessad	Non ammessa

- I FIBC di tipo A non devono essere impiegati in presenza di atmosfere esplosive indipendentemente dal tipo di fodera presente.
- Le fodere non devono essere rimosse dai FIBC impiegato in atmosfera esplosiva.
- a) Per essere sicuri che la fodera sia collegata a terra la resistenza tra un lato della fodera e il punto di messa a terra del FIBC deve essere inferiore di $10^8 \Omega$.
- b) Per essere sicuri che il rivestimento interno della fodera sia messo a terra la resistenza di ogni faccia conduttiva della fodera e il punto di messa a terra del FIBC deve essere inferiore di $10^8 \Omega$.
- c) Per essere sicuri che il rivestimento interno della fodera sia messo a terra ogni la resistenza di ogni faccia dissipativa della fodera e il punto di messa a terra del FIBC deve essere inferiore di $10^{12} \Omega$.
- d) La combinazione FIBC/Fodera deve essere testata come indicato nella Norma.

Tabella 3 – Etichette, caratteristiche e Test previsti dalla IEC 61340-4-4 ed 2018 per i FIBC

Tipo di FIBC	Caratteristiche	Test raccomandati
<p>TIPO A (ISOLANTE) TARGA NON NORMALIZZATA DA IEC 61340-4-4</p>	<p>Non sono previste protezioni da scariche elettrostatiche Impiegabile solo con materiali solidi con MIE > 1000 mJ Impiegabile solo in assenza di atmosfere di vapori infiammabili e gas</p>	<p>- Nessun test sulle caratteristiche elettrostatiche</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>IEC 61340-4-4</p>  <p>TYPE B</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permitted in dust zones 21-22 with MIE > 3 mJ • Electrical properties may be affected by general usage, contamination and reconditioning • All conductive objects, including personnel, shall be earthed during FIBC filling and emptying operations (see IEC TS 60079-32-1 for guidance on earthing) </div>	<p>Sono previste protezioni contro le scariche propaganti a fiocco. Impiegabile per la movimentazione di materiali solidi con MIE >3 Mj. Uso permesso solo in assenza di atmosfere di vapori infiammabili e gas. Tutti gli oggetti conduttivi comprese le persone(che si trovano ad una distanza di circa 1 m dal FIBC) devono essere collegate a terra durante le operazioni di carico e/o scarico</p>	<p>- Test P.B.D. (Tensione di scarica disruptiva inferiore a 6 kV)</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>IEC 61340-4-4</p>  <p>TYPE C</p> <p>FIBC shall be properly earthed according to manufacturer's instructions</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permitted in dust zones 21-22 and in gas zones 1-2 (explosion groups IIA/IIB) • Electrical properties may be affected by general usage, contamination and reconditioning • All conductive objects, including personnel, shall be earthed during FIBC filling and emptying operations (see IEC TS 60079-32-1 for guidance on earthing) </div>	<p>Incorpora filamenti conduttivi interconnessi per dissipare le cariche. Deve essere collegato a terra. Garantisce la protezione dalle scariche a fiocco e propagantesi a fiocco. Impiegabile per la movimentazione o di materiali con MIE<3mJ Impiegabile per il carico e lo scarico di polveri combustibili in presenza di vapori infiammabili. Tutti gli oggetti conduttivi comprese le persone (che si trovano ad una distanza indicativa di circa 1 m dal FIBC) devono essere collegate a terra durante le operazioni di carico e/o scarico.</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;">  <p>EARTH BONDING POINT</p> </div> <p>Etichetta punto di messa a terra - Test P.B.D. - Misura della connessione di terra</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <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, including personnel, shall be earthed during FIBC filling and emptying operations (see IEC TS 60079-32-1 for guidance on earthing) </div>	<p>Incorpora filamenti conduttivi per dissipare le cariche. Non richiede il collegamento a terra. Garantisce la protezione dalle scariche a fiocco e propagantesi a fiocco. Impiegabile per la movimentazione di materiali con MIE < 3 mJ. Impiegabile per il carico e lo scarico di polveri combustibili in presenza di vapori infiammabili con MIE > 0,14 mJ. Tutti gli oggetti conduttivi comprese le persone(che si trovano ad una distanza indicativa di circa 1 m dal FIBC) devono essere collegate a terra durante le operazioni di carico/scarico.</p>	<p>- Test P.B.D. - Test incendiabilità</p>

inferiore a $10^8 \Omega$ deve essere collegata saldamente al sistema di messa a terra del FIBC.

Tipo L2: Sono fodere realizzate con materiale con una resistenza superficiale su almeno una superficie compresa tra $10^8 \Omega$ e $10^{12} \Omega$ e una tensione di scarica disruptiva inferiore a 4 kV; queste fodere possono essere impiegate in FIBC tipo B,C e D.

Tipo L3: Sono fodere realizzate con materiale con una resistenza superficiale maggiore di $10^{12} \Omega$ e con una tensione di scarica disruptiva inferiore a 4 kV; queste fodere possono essere impiegate in FIBC di tipo B.

Nella tabella 2 sono riportate le combinazioni di FIBC e fodere interne che possono essere utilizzate in sicurezza nei luoghi con rischio di esplosione (CEI EN 61340-4-4).

La conformità alla Norma deve essere comprovata mediante l'apposizione di una targa, contenente le informazioni specificate nella Norma stessa.

Nella tabella 3 sono riprodotte le targhe previste nella ultima versione della IEC 61340-4-4 (2018) che prescrive il collegamento a terra di tutti gli oggetti metallici, comprese le persone, durante le operazioni di carico e scarico dei FIBC di tipo B,C,D.rinviando allo standard CLC/TR 60079-32-1 gli approfondimenti sulle modalità di collegamento a terra.

La Norma di prodotto non fissa la minima distanza tra FIBC e oggetti metallici al di sotto della quale deve essere effettuato il collegamento a terra dei corpi metallici; lo Standard CEI 31-104 indica orientativamente questa distanza in 1m.

La tabella 3 è stata completata con la sintesi delle caratteristiche e dalle prove indicate dalla Norma per i vari tipi di FIBC.

Uso sicuro dei FIBC

La IEC 61340-4-4 al paragrafo “Uso Sicuro dei FIBC” indica, quale obiettivo principale della Norma, le regole per evitare scariche incendiarie

nel tessuto degli imballi durante il loro uso; viene quindi sottolineato che la conformità alla Norma non garantisce l'assenza di insorgenza di rischi da scariche elettrostatiche conseguenti all'uso dei FIBC.

Viene quindi indicato di completare le indicazioni della norma di prodotto sull'impiego dei FIBC con le prescrizioni e/o i suggerimenti, di valenza specifica in tema di rischi da cariche elettrostatiche, contenute in altre Normative e Guide.

A tale proposito la IEC/TS 60079-32-1, prevede che tutti gli oggetti conduttori, quali attrezzi, strumenti, clips, ecc., non devono essere collocati, anche solo temporaneamente, su qualsiasi tipo di FIBC durante le operazioni di riempimento e/o svuotamento, sottolineando che la prescrizione ha validità anche nel caso di impiego di FIBC di tipo C perché le caratteristiche di alcuni materiali costruttivi possono impedire il collegamento ohmico tra gli oggetti e gli elementi conduttivi del saccone.

Le scariche coniche nei FIBC

La Norma di prodotto sui FIBC ha come oggetto i contenitori di volume intermedio da $0,25 \text{ m}^3$ a 3 m^3 e nell'Appendice E rimarca, quanto indicato nella CEI 31-104 relativamente alle scariche coniche nei contenitori non conduttivi, in cui la determinazione dell'energia associata a dette scariche potrebbe essere eseguita con l'applicazione dell'espressione 1, inserendo nella formula un diametro doppio del contenitore.

Viene quindi indicato che le scariche coniche possono innescare polveri con $\text{MIE} < 3 \text{ mJ}$ nei FIBC di tipo B mentre nei contenitori conduttivi (FIBC di tipo C e D) con le medesime dimensioni e tipologia di polveri, l'energia associata ad ipotetiche scariche coniche risulta nettamente inferiore.

Infatti come indicato nella tabella 1 i FIBC di tipo C e D sono impiegabili con polveri combustibili con $\text{MIE} < 3 \text{ mJ}$ mentre quelli di tipo B con polveri combustibili con $\text{MIE} > 3 \text{ mJ}$.

Bibliografia

1. S.Festa L.Oggioni “*Le cariche elettrostatiche come sorgenti di accensione delle polveri combustibili*” Parte 1 Elettrificazione 3-4/ 2024 n. 773
1. CEI CLC/TR 60079-32-1 (CEI 31-104) : Atmosfere esplosive : Parte 32-1 “ *Pericoli da fenomeni elettrostatici. Guida*” 2016
1. NFPA 77 “ *Recommended Practice on static electricity*” 2024
1. BGR132:“*Vermeidung von zundgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen*” Regolamento delle associazioni professionali:[Prevenzione dei rischi di accensione dovuti a cariche elettrostatiche] marzo 2003
2. TRBS 2153 - Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen Regole tecniche per la sicurezza operativa[Prevenzione dei rischi di accensione dovuti a cariche elettrostatiche] 2009 (Documento sostituito dalla Regola tecnica (tedesca) TRGS 727/2016)
1. I. Pavery “*Propagating brush discharges in flexible hoses*” Journal of Electrostatic 2009 18
2. NFPA 652 Standard on the Fundamentals of Combustible Dust ed 2019
1. NFPA 654 “*Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids*” ed. 2020
2. CEI EN IEC 61340-4-4 Elettrostatica Parte 4-4: Metodi di prova normalizzati per applicazioni specifiche - Classificazione elettrostatica dei contenitori flessibili intermedi (FIBC) per materiali non imballati. Ed. 2018