

# **LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DI UN'ESPLOSIONE E LA MITIGAZIONE DEL DANNO. IL CASO DI STUDIO DI UNA FALEGNAMERIA**

**Fidelibus A., Romano A.**  
**ATECOS s.r.l., Via Asuncion n°1, 10134 Torino**  
**TRR s.r.l., piazza Papa Giovanni XXIII n°2, 24046 Osio Sotto (BG)**

## **SOMMARIO**

Il presente articolo esamina il rischio esplosione in una falegnameria di circa 400mq in cui si producono mobili di uso comune partendo dal legname grezzo ed eseguendo tutti i cicli di lavorazione, compresa la verniciatura.

Scopo della presente pubblicazione è quello di illustrare come una dettagliata valutazione del danno, determinando con una certa precisione gli effetti dell'esplosione, consenta di individuare misure di mitigazione che possono integrare, se non addirittura sostituire, quelle di prevenzione; inoltre tale valutazione contribuisce a soppesare meglio l'effettiva consistenza del rischio, mettendo a fuoco con maggiore realismo le priorità per gli interventi di adeguamento.

Talvolta, infatti, gli effetti dell'incidente meno probabile possono essere molto più pesanti di quelli relativi all'evento più probabile, al punto da rendere complessivamente più rischioso il primo. Inoltre l'esplosione potrebbe danneggiare dispositivi necessari per la gestione dell'emergenza.

Appare quindi innovativo ed importante che l'analista di rischio abbia a disposizione soluzioni praticabili per la mitigazione del danno.

## **1.0 ANALISI STORICA**

L'esplosività delle polveri è nota da tempo. Già nel 1786 lo scienziato Conte Morozzo di Bianzè relaziona alla Reale Accademia delle Scienze di Torino su un'esplosione accaduta in un magazzino di farina. Il fenomeno, allora quasi sconosciuto, è stato successivamente analizzato ed esaminato in maniera scientifica e con tecniche sempre più sofisticate, così che le conoscenze sull'argomento si sono molto affinate.

Il mondo lavorativo, peraltro, ha sviluppato nel tempo cicli produttivi che comportano la formazione di miscele esplosive di vario genere: polveri metalliche, alimentari, miscele di sostanze infiammabili e così via. Questa diffusione del pericolo ha contribuito al verificarsi di numerosi incidenti i quali, a loro volta, hanno stimolato una produzione legislativa a livello nazionale ed europeo con cui sono stati regolamentati gli aspetti tecnici e le responsabilità di gestione.

E' nata così la figura dell'esperto in sicurezza che si è specializzato sempre più nella prevenzione degli incidenti e che molto spesso affronta la problematica della magnitudo del danno in maniera statistica.

In questo quadro è di una certa utilità la figura di specialisti nella valutazione degli effetti che oggi dispongono di nuovi prodotti per la mitigazione del danno.

## **2.0 IMPIANTO DI RACCOLTA, STOCCAGGIO E COMPATTAZIONE**

L'attività della falegnameria si sviluppa secondo la successione di fasi di seguito brevemente descritta: il materiale grezzo viene depositato temporaneamente nel locale deposito temporaneo,

successivamente trasformato ed assemblato nel laboratorio quindi riportato nella zona di verniciatura dove i manufatti sono verniciati a spruzzo (fig. 1).

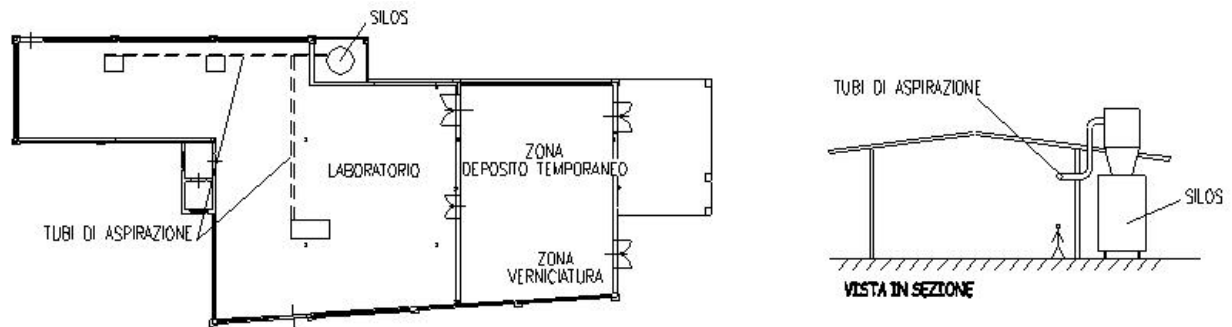


Figura 1. Planimetria situazione in progetto

Durante le lavorazioni i trucioli vengono raccolti da un impianto di aspirazione, stoccati in un silos e successivamente compattati per formare tronchetti compressi (fig. 2).

Il taglio e la levigatura danno luogo alla formazione di nubi di polvere che possono presentare componenti esplosive (come ad esempio la lignina se in dimensioni inferiori a 18mm). Queste polveri normalmente presentano un limite inferiore di esplosività di qualche decina di grammi per metro cubo (ad esempio per la lignina il LEL è di 15gr/mc). Come noto, anche altri parametri, quali ad esempio l'umidità e l'energia di innesco, hanno influenza sulla possibilità che si verifichi un'esplosione. L'analisi potrebbe essere approfondita molto, tuttavia porterebbe inevitabilmente a concludere che l'impianto di aspirazione ed il silos debbano essere classificati come aree pericolose.

Ciascuna di tali aree verrà quindi esaminata analizzando:

- la probabilità di esplosione;
- gli effetti dell'esplosione;
- il rischio complessivo.

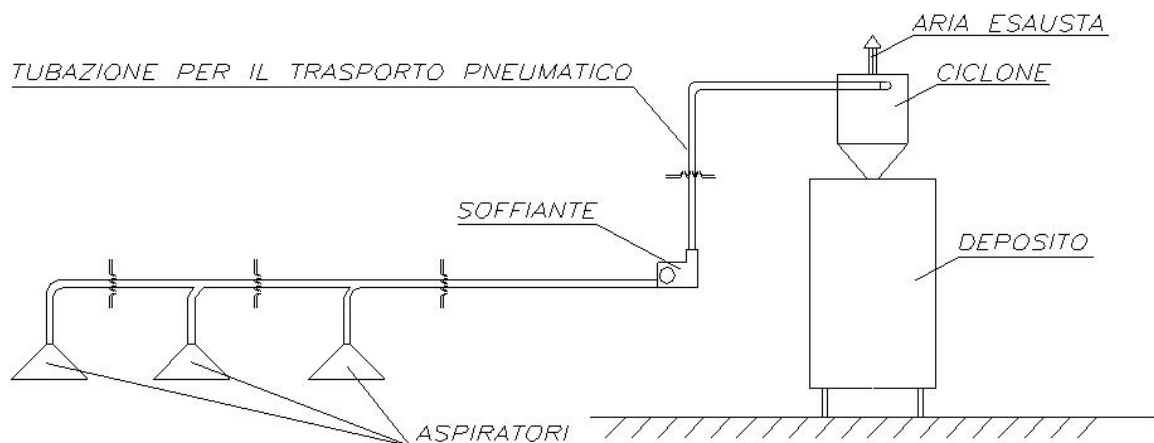


Figura 2. Rappresentazione schematica del condotto di aspirazione.  
Situazione prima dell'adeguamento

## **2.1 Tubi di aspirazione**

### **2.1.1 Probabilità di esplosione**

Con riferimento al D.L.vo 81/08 la tubazione può essere classificata come zona 22. Si ritiene poco probabile, infatti, che venga raggiunta la concentrazione di 15gr/mc di polveri con una granulometria significativa per il rischio esplosione in quanto la potenzialità di aspirazione richiesta per motivi sanitari è tale da garantire una diluizione delle polveri al di sotto del LEL. È tuttavia possibile che in situazioni eccezionali si abbia la formazione di miscele pericolose.

Le possibili fonti di innesco della miscela sono:

- bruce formatasi per attrito tra legname e macchinari durante una lavorazione
- autocombustione conseguente all'attività microbiologica
- cariche elettrostatiche
- dispersione di corrente elettrica.

Alla prima causa di innesco è associata una probabilità di incidente molto bassa perché un'esplosione si potrebbe avere solo se si verificasse contemporaneamente anche la formazione di miscela esplosiva nelle tubazioni. Il controllo di questo rischio, peraltro, risulta estremamente complesso in quanto la possibilità che si formino sia la nube esplosiva che la brace è insita nella natura stessa della lavorazione.

L'autocombustione può essere generata dall'attività leggermente esotermica di una colonia batterica. Quando i trucioli permangono nello stesso luogo per un periodo di tempo sufficientemente lungo la colonia può crescere e, se l'isolamento termico è sufficiente, il calore prodotto aumenta la temperatura interna; ne deriva la possibilità di una combustione senza fiamma. Questa brace, venendo a contatto di una nube di polvere in condizioni ottimali di concentrazione ed aerazione, potrebbe causare l'innesco della nube stessa. È importante, dunque, che le parti interessate dell'impianto di aspirazione (principalmente tubi, filtri e ventilatore) vengano puliti regolarmente al fine di rimuovere accumuli di polvere.

Le cariche elettrostatiche e le dispersioni di corrente rappresentano un'insidiosa fonte di innesco in quanto permangono per un lungo periodo, ma possono tuttavia essere facilmente controllate grazie ad una ormai consolidata tecnica costruttiva degli impianti elettrici e con una adeguata attenzione a prassi di sicurezza.

### **2.1.2 Effetti dell'esplosione**

L'effetto di un'eventuale esplosione delle tubazioni si manifesta con il distacco dei gomiti in corrispondenza dei cambi di direzione, distacco che crea una superficie di sfogo da cui fuoriesce un flash fire.

Considerato che le tubazioni sono appese al soffitto, si escludono danneggiamenti significativi in conseguenza di tale evento in quanto:

- le caratteristiche geometriche delle tubazioni, consentono di escludere che si possano verificare detonazioni.
- ipotizzando che l'esplosione avvenga in un certo tratto di tubazione, sovrappressioni superiori a 0.03 bar si possono manifestare, per il caso in esame, in un intorno di circa 3m dal punto di rottura della tubazione (secondo il D.M. 9/05/2001 la sovrappressione di 0.03bar rappresenta il limite degli effetti reversibili sulle persone).

- escludendo la presenza di altre miscele esplosive nei pressi dell'eventuale punto di rottura della tubazione, e dunque la formazione di esplosioni secondarie, la breve durata della sovrappressione genera impulsi trascurabili negli elementi edilizi.

L'area di danno, in sintesi, interesserà zone di estensione limitata e normalmente non presidiate (fig. 3). Gli effetti previsti consistono sostanzialmente in danneggiamenti poco importanti dei manufatti edilizi.

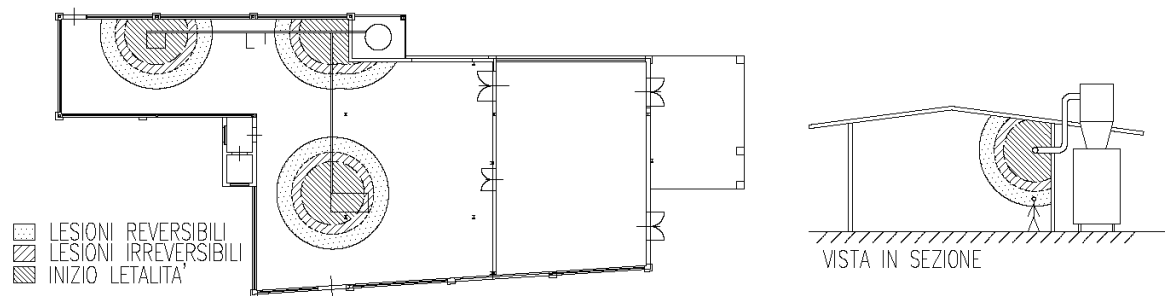


Figura 3. Aree di danno correlate all'esplosione delle tubazioni di aspirazione

### 2.1.3 Rischio complessivo

La riduzione del rischio può quindi essere agevolmente ottenuta con misure di prevenzione. In conclusione si ritiene sufficiente intervenire:

1. collegando le parti metalliche con la linea di terra;
2. adeguando l'impianto elettrico alle vigenti norme tecniche;
3. prevedendo una pulizia regolare delle attrezzature e dei locali.

Adottando le misure di prevenzione appena elencate si rileva la presenza di un rischio residuo legato alla possibile formazione di braci ed al conseguente innesco di un'eventuale miscela esplosiva; tale rischio, però, è caratterizzato da un'area di danno limitata e da una probabilità di accadimento molto bassa. L'ulteriore abbattimento avrà quindi una priorità ridotta.

## 2.2 Silos

### 2.2.1 Probabilità di esplosione

Il silos è composto da due parti: il ciclone (posto in alto) ed il deposito vero e proprio (fig. 2). La formazione di miscela esplosiva è più probabile nel ciclone, in quanto nel deposito è presente materiale più pesante. Con riferimento al D.L.vo 81/08 il ciclone verrà quindi classificato come zona 20. All'interno del silos si può avere la presenza di braci sia per effetto dell'attività microbiologica che delle lavorazioni. Anche in questo caso, come per le tubazioni, gli inneschi potrebbero essere causati da:

- braci;
- autocombustione
- cariche elettrostatiche;
- dispersione di corrente;

Inoltre per il deposito è da considerare come ulteriore fonte di innesco l'incendio del ciclone e, viceversa, per il ciclone un'ulteriore fonte di innesco potrebbe essere un incendio nel deposito.

### **2.2.2 Effetti dell'esplosione**

L'effetto di un'eventuale esplosione nel silos si manifesta con la rottura delle pareti ed una possibile eiezione di missili generando danni legati a due possibili cause:

- a) l'onda di sovrappressione;
- b) l'impatto con proiettili.

Per quanto riguarda il punto a) si suppone che l'esplosione mandi in sovrappressione l'intero volume del ciclone. Poiché esso è collocato al di sopra della copertura ed ipotizzando che le caratteristiche meccaniche della copertura siano tali da renderla idonea per resistere ad un picco dinamico inferiore a 0.03bar, se ne deduce che l'area di danno dovuta all'onda d'urto si estende per un raggio di circa 5m (fig. 4); un'eventuale incidente porterebbe quindi al crollo di una parte della copertura.

Inoltre la sovrappressione potrebbe propagarsi sia attraverso i condotti di aspirazione e tornare all'interno del laboratorio, sia nel deposito causando una pericolosa esplosione secondaria.

Per quanto riguarda il punto b), supponendo che dall'esplosione si formi un missile del peso di 20kg con una resistenza aerodinamica tale da assoggettarlo ad una spinta di 5 ton, valutazioni cautelative indicano che il missile stesso può raggiungere distanze di circa 110m.

L'area di danno, in conclusione, è estesa a zone che vanno al di fuori dell'azienda, con possibile interessamento di cose e persone esterne all'attività. Sono inoltre prevedibili importanti lesioni di elementi edilizi (copertura e murature); si escludono crolli generalizzati.

### **2.2.3 Rischio complessivo**

L'evento di un'esplosione del silos comporta un rischio elevato. Con riferimento alla riduzione del rischio, l'installazione di una struttura di contenimento ed il sistema di soppressione delle esplosioni sono misure in qualche modo equivalenti; in questo caso, disponendo di un budget limitato che non consente l'adozione di entrambe le soluzioni, si preferisce adottare misure di mitigazione del danno, in quanto più economiche ed organizzativamente meno impegnative. Le misure di adeguamento che si possono ipotizzare sono, in ordine di efficacia:

- messa a terra di tutte le parti metalliche
- rotazione periodica del materiale contenuto nel deposito
- installazione di un sistema di soppressione delle esplosioni nel silos
- installazione di un diversore di esplosioni sul tubo di aspirazione
- realizzazione di una struttura di contenimento dell'onda d'urto e dei missili

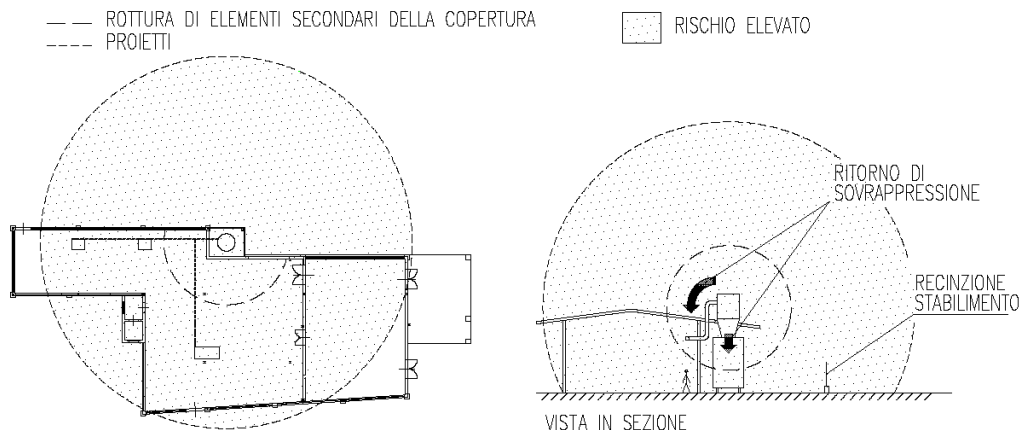


Figura 4. Aree di danno correlate all'esplosione del ciclone

In figura 5 è schematicamente rappresentato il funzionamento del sistema di protezione: esso realizza un contenitore esterno al silos dimensionato per resistere alla sovrappressione ed all'impatto con proiettili di una ipotizzata dimensione.

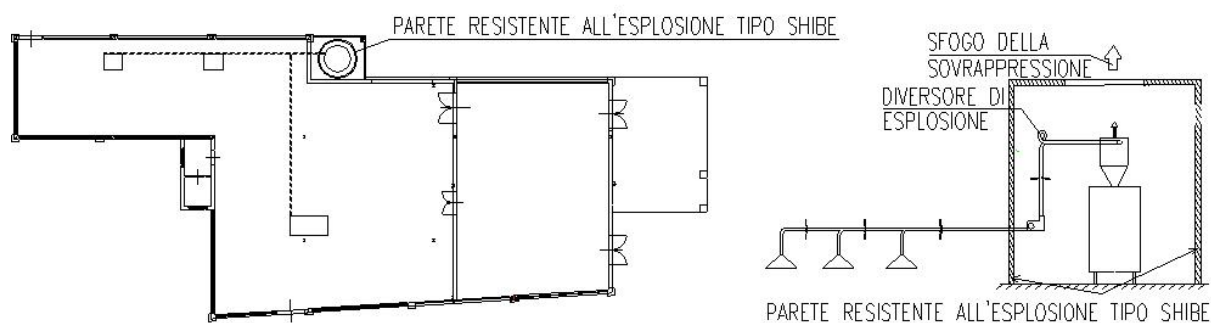


Figura 5. Rappresentazione schematica del condotto di aspirazione protetto.  
Situazione dopo l'adeguamento.

### 3.0 VERNICIATURA

La verniciatura avviene in una zona del locale deposito delimitata da una cabina aperta su un lato. Il pericolo nasce dalla presenza di solventi infiammabili. La nebbia che si forma al di sopra ed intorno allo spruzzo (overspray) può dar luogo ad una miscela esplosiva.

#### 3.1 Probabilità di esplosione

Nella zona verniciatura è presente l'aspirazione forzata, prevista dalle norme sanitarie. Considerando l'elevata portata d'aria, si esclude la possibilità che nei condotti di aspirazione si formino concentrazioni tali da rendere esplosiva la miscela. Supponendo come vincolo esecutivo dello stesso impianto di aspirazione che la concentrazione di sostanze infiammabili sia inferiore al 25% del LEL, in accordo con la UNI EN 12215 l'insieme può essere classificato come zona 2.

L'innesco può essere generato da una delle seguenti cause:

- innesco dovuto a comportamenti umani pericolosi (fumo)
- cariche elettrostatiche (persone ed attrezzature)

- dispersione di corrente

### 3.2 Effetti dell'esplosione

Dato il volume limitato di miscela esplosiva, l'effetto di un'eventuale esplosione si manifesta con un flash fire ed una sovrappressione che diventa trascurabile a poca distanza dal punto di innesco (fig. 6). L'area di danno è presidiata solo dalla persona impegnata nella verniciatura e non presenta altre fonti di pericolo che possano generare effetti domino.

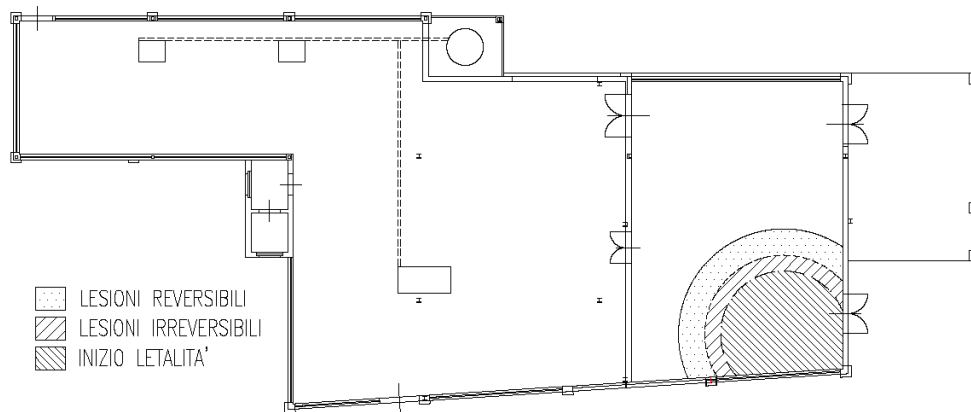


Figura 6. rappresentazione degli effetti dell'esplosione nella zona verniciatura

### 3.3 Rischio complessivo

Pur trattandosi di un rischio complessivo contenuto, data la semplicità degli interventi di adeguamento di seguito riportati, è opportuno che vengano adottati i seguenti accorgimenti:

- mettere a terra tutte le apparecchiature
- impiegare calzature adatte ad evitare l'accumulo di cariche elettrostatiche sugli operatori
- imporre il divieto di fumo mediante idonea segnalazione

### 4.0 CONCLUSIONI

L'analisi degli effetti dell'esplosione contribuisce a distinguere quali tra i pericoli presenti nell'ambiente in esame costituiscano un rischio non trascurabile, attribuendo un peso adeguato anche alla magnitudo del danno. Il rischio effettivo può essere individuato esaminando per ogni singolo pericolo:

- la probabilità di incidente
- gli effetti dell'esplosione
- il rischio complessivo

Tale analisi consente di identificare con una certa precisione lo scenario conseguente al verificarsi dell'incidente; la disponibilità di innovativi sistemi per la mitigazione del danno, inoltre, permette di migliorare la strategia di gestione dell'emergenza e di protezione degli ambienti di lavoro.

È evidente, peraltro, che l'estensione dell'area di rischio, coincidente con l'area di danno, risulta notevolmente superiore a quella dell'area classificata.

Il rischio complessivo, infine, può talvolta essere ridotto in pari misura sia diminuendo la probabilità di esplosione, sia attenuandone gli effetti. In questi casi il confronto tra le due possibili strategie può essere condotto in termini economici, avendo cura, però, di comprendere oltre ai costi di adeguamento,

anche altre voci quali ad esempio: i costi di manutenzione, l'incidenza economica delle misure organizzative necessarie per mantenere in efficienza i dispositivi, l'incidenza economica del fermo attività e così via. Il risultato di queste valutazioni non è scontato; si rende opportuna, quindi, una specifica valutazione per ogni singolo caso.

#### **RIFERIMENTI**

- [1] W.E. Baker, P.A. Cox, P.S. Westine, J.J. Kulesz, R.A. Strehlow. Explosion hazard and evaluation.
- [2] Ray W. Clough and J. Penziem. Dynamic of structures.
- [3] Gilbert Ford Kinney. Explosive Shocks in air.
- [4] Baldassare Genova, Massimo Silvestrini. Direttive Atex – Prevenzione e protezione dai rischi di esplosione delle polveri.