

**IL RECEPIMENTO NELLA NORMATIVA ITALIANA DELLA DIRETTIVA 1999/92/CE
RELATIVA ALLE PRESCRIZIONI MINIME PER IL MIGLIORAMENTO DELLA TUTELA
DELLA SICUREZZA E DELLA SALUTE DEI LAVORATORI ESPOSTI AL RISCHIO DI
ATMOSFERE ESPLOSIVE. LA GESTIONE DELLE EMERGENZE IN DETTE ATTIVITÀ ALLA
LUCE DELLE NUOVE PRESCRIZIONI**

Fabrizio COLCERASA, Baldassarre GENOVA, Maria PANNUTI, Paolo QUALIZZA, Natalia
RESTUCCIA, Massimo SILVESTRINI (*)

(*) Corpo Nazionale dei Vigili del Fuoco - Ministero dell'Interno – Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del
Soccorso Pubblico e della Difesa Civile – Piazza del Viminale - Roma

PREMESSA

Il presente lavoro prende in esame le implicazioni indotte sui criteri di gestione della sicurezza nell'ambito delle attività interessate dal recepimento nella normativa italiana della direttiva 1999/92/CE a seguito dell'obbligo di applicazione delle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio delle atmosfere esplosive.

Tali implicazioni si evidenziano sia nei termini con cui le misure preventive vengono imposte sia in termini di misure necessarie a rendere minimi i danni causati da eventuali esplosioni.

Il Decreto Legislativo n. 233 del 12 giugno 2003, che recepisce la direttiva 1999/92/CE, modifica e integra i D.L.vo n. 626/94, ed in particolare il titolo VIII, e si applica a tutte le lavorazioni nelle quali si possono creare atmosfere soggette al rischio di esplosione. Restano escluse le attività già disciplinate da altre norme quali, le industrie estrattive, le attività di produzione, manipolazione, uso, stoccaggio e trasporto di esplosivi o di sostanze chimicamente instabili, disciplinate da apposite normative. La norma si applica anche nei lavori civili in sotterraneo ove è presente un'area con atmosfere esplosive, oppure all'interno di ambiti in cui è prevedibile, sulla base di indagini geologiche, che tale area si possa comunque formare.

La caratteristica delle attività disciplinate dalla normativa in esame, che le differenzia da altre attività lavorative, pure ritenute a rischio, è che in dette attività la presenza ordinaria o occasionale di atmosfere nelle quali possono innescarsi fenomeni esplosivi o rapidi fenomeni di combustione, comporta per i lavoratori una soglia di attenzione molto più elevata e delle precauzioni e misure di prevenzione molto più severe.

Nel presente lavoro, oltre all'esame dei principi e degli obblighi sanciti dalle nuove disposizioni, verranno esaminate per le attività ricadenti nel campo di applicazione le misure fondamentali di prevenzione ritenute necessarie per conseguire il livello di sicurezza voluto dalla norma e le misure di sicurezza da adottare negli interventi delle squadre di soccorso e per la gestione dell'emergenza.

IL DECRETO LEGISLATIVO N. 233 DEL 12 GIUGNO 20003

Il Decreto Legislativo n. 233 del 12 giugno 2003, che recepisce la direttiva 1999/92/CE, modifica e integra i D.L.vo n. 626/94 e si applica, con le esclusioni previste per i settori specifici, a tutte le lavorazioni nelle quali si possono creare atmosfere soggette al rischio di esplosione, intendendo come tali le miscele con l'aria, a condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili allo stato di gas, vapori, nebbie o polveri in cui, dopo l'accensione, la combustione si propaga all'insieme della miscela incombusta.

La norma prescrive l'adozione delle misure tecniche e organizzative adeguate alla natura delle attività da parte del datore di lavoro per prevenire e proteggere i lavoratori contro le esplosioni. In particolare deve essere prevenuta la formazione di atmosfere esplosive, e, nel caso ciò non sia possibile, devono essere messe in atto misure per evitare l'accensione delle atmosfere esplosive ovvero devono essere attenuati gli effetti pregiudizievoli di un'esplosione, limitandone la propagazione, in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Fondamentale risulta la valutazione dei rischi di esplosione in termini di probabilità e durata della presenza di atmosfere esplosive, di probabilità che le fonti di accensione, comprese le scariche elettrostatiche, siano presenti e divengano attive ed efficaci, delle caratteristiche dell'impianto, delle sostanze utilizzate, dei processi e delle loro possibili interazioni, dell'entità degli effetti prevedibili. Inoltre viene previsto che i rischi di esplosione siano valutati complessivamente, e nella valutazione dei rischi di esplosione vengano presi in considerazione anche i luoghi che sono o possono essere in collegamento, tramite aperture, con quelli in cui possono formarsi atmosfere esplosive.

Devono essere adottati inoltre i provvedimenti affinché dove possono svilupparsi atmosfere esplosive in quantità tale da mettere in pericolo la sicurezza e la salute dei lavoratori o di altri, gli ambienti di lavoro siano strutturati in modo da permettere di svolgere il lavoro in condizioni di sicurezza, con un adeguato controllo, mediante l'utilizzo di mezzi tecnici adeguati.

Viene introdotto all'art. 2 Capo II della norma il concetto di obbligo di ripartizione delle Aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive in Zone e l'obbligo che in tali aree siano applicate le prescrizioni minime indicate nell'allegato XV ter.

Un'area in cui può formarsi un'atmosfera esplosiva in quantità tali da richiedere particolari provvedimenti di protezione per tutelare la sicurezza e la salute dei lavoratori interessati è considerata area esposta a rischio di esplosione.

Le aree a rischio di esplosione sono ripartite in zone in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfere esplosive. In base alla seguente classificazione nell'allegato XV ter vengono determinati i provvedimenti da adottare.

Le aree e le zone sono definite nell'allegato XV bis come di seguito elencate:

Zona	Descrizione
0	Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia
1	Area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva, consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapori o nebbia, è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività
2	Aree in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva consistente in una miscela di aria e di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia o, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata.
20	Area in cui è presente in permanenza o per lunghi periodi o frequentemente un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria.
21	Area in cui la formazione di un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile nell'aria, è probabile che avvenga occasionalmente durante le normali attività.
22	Area in cui durante le normali attività non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva sotto forma di nube di polvere combustibile o, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata.
	<i>Note.</i> 1. Strati, depositi o cumuli di polvere combustibile sono considerati come qualsiasi altra fonte che possa formare un'atmosfera esplosiva. 2. Per "normali attività" si intende la situazione in cui gli impianti sono utilizzati entro i parametri progettuali. 3. Per la classificazione delle aree si può fare riferimento alle norme tecniche armonizzate relative ai settori specifici, tra le quali: EN 60079-10 (CEI 31-30) per atmosfere esplosive in presenza di gas; EN 50281-3 per atmosfere esplosive in presenza di polveri combustibili».

E' importante sottolineare che il parametro utilizzato per definire la pericolosità di una determinata zona non è la quantità di materiale lavorato o depositato o la quantità di polvere prodotta, bensì il tempo per il quale un'atmosfera esplosiva può perdurare, in condizioni normali o accidentalmente, nell'ambito dello stesso.

L'allegato XV ter. riporta le prescrizioni minime da applicare nelle zone delimitate con i criteri sopra riportati per il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive ed i criteri per la scelta degli apparecchi e dei sistemi di protezione.

Le prescrizioni minime prevedono due tipologie di intervento: provvedimenti organizzativi e misure di protezione contro le esplosioni.

I provvedimenti organizzativi servono a definire i comportamenti che i lavoratori devono tenere nell'ambito della propria attività lavorativa in modo da ridurre la possibilità dell'insorgere di situazioni tali da ingenerare un incidente. Gli strumenti principali per conseguire un grado di sicurezza accettabile sono la formazione del personale e la stesura di documenti indicanti, per le varie tipologie di lavoro, i passi da compiere, i controlli da effettuare e le azioni da evitare. Questo serve ad impedire che il singolo soggetto esegua operazioni di sua iniziativa, senza la necessaria consapevolezza del rischio che corre.

Fra i provvedimenti organizzativi viene introdotta la procedura dall'autorizzazione al lavoro. Tale autorizzazione deve essere rilasciata da una persona responsabile prima dell'effettuazione di determinate operazioni potenzialmente pericolose o tali da occasionare rischi quando interagiscono con altre operazioni di lavoro. Questa prescrizione garantisce i lavoratori contro i rischi derivanti dallo svolgimento contemporaneo di operazioni fra loro incompatibili.

Nella parte riservata alle "misure di protezione contro le esplosioni" la norma indica le linee guida generali per assicurare il raggiungimento degli obiettivi di sicurezza posti. I principi elencati sono:

- Eliminazione di eventuali fughe di sostanze in grado di poter determinare un'esplosione o confinamento delle stesse in luoghi sicuri ;
- le misure da adottare siano indirizzate a fronteggiare il pericolo dovuto alla sostanza esplosiva più pericolosa presente nell'ambito lavorativo;

- Adozione di idonee misure contro le scariche elettrostatiche;
- gli impianti, le attrezzature, i sistemi di protezione ed i relativi dispositivi di collegamento vengano utilizzati solo se il loro impiego in atmosfere esplosive non comporta un rischio aggiuntivo;
- Adozione di tutte le misure per ridurre al massimo il rischio di esplosione connesso all'utilizzo delle attrezzature di lavoro e contenimento degli effetti di un'eventuale esplosione;
- Installazione di dispositivi di rivelazione e di allarme in grado di consentire ai lavoratori di mettersi in salvo prima che l'esplosione abbia luogo;
- Adozione e installazione di idonei dispositivi di fuga per il rapido allontanamento dei lavoratori;
- nell'ambito di ambienti di lavoro con aree a rischio di esplosione verifica della sicurezza dell'intero impianto;
- Adozione di idonee misure per contenere i rischi connessi all'interruzione dell'alimentazione elettrica, al cattivo funzionamento dei dispositivi di sicurezza installati o alla necessità di arresto di emergenza dell'impianto.

La seconda parte dell'allegato XV ter. specifica quali devono essere le caratteristiche degli apparecchi e dei sistemi di protezione da impiegare e cioè, con riferimento alla direttiva 94/9/CEE, recepita in Italia con il D.P.R. 23 marzo 1998, n. 126, *“Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 94/9/CEE in materia di apparecchi e sistemi di protezione destinati ad essere utilizzati in atmosfera potenzialmente esplosiva”*, a quali categorie devono appartenere in funzione della zona di installazione

Per la valutazione dei rischi connessi all'esercizio delle attività la norma al Capo II prescrive la redazione di un “Documento sulla protezione contro le esplosioni”, che diventa lo strumento operativo principale per definire l'effettivo rischio legato all'attività e dal quale risulti:

- a) che i rischi di esplosione sono stati individuati e valutati;
- b) quali sono i luoghi che sono stati classificati nelle zone soggette al pericolo di formazione di atmosfere esplosive;
- c) quali sono i luoghi in cui si applicano le prescrizioni minime di sicurezza individuate dalla norma;
- d) 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;
- e) che sono stati adottati gli accorgimenti per l'impiego sicuro di attrezzature di lavoro.

ATTIVITÀ SOGGETTE ALLA APPLICAZIONE DELLA NORMA

Le attività ricadenti nel campo di applicazione della norma sono generalmente anche attività che al di sopra di soglie stabilite per i quantitativi di sostanze presenti sono soggette ai controlli per il rilascio del certificato di prevenzione incendi. Si tratta di diverse tipologie di attività industriali, quali ad esempio l'industria per la lavorazione degli idrocarburi, l'industria per la lavorazione del legno, per la produzione della carta, l'industria alimentare, l'industria per la lavorazione e trasformazione dei prodotti agricoli, l'industria per la produzione di plastiche e resine, per la lavorazione di alcuni metalli, l'industria farmaceutica, ecc.

Considerato che le valutazioni necessarie per la redazione del “Documento sulla protezione contro le esplosioni” sui pericoli legati alle singole attività e l'approccio probabilistico introdotto dalla norma, fanno sì che una attività possa essere soggetta alla applicazione dalla stessa anche al di sotto delle soglie previste per il rilascio del Certificato di Prevenzione Incendi, si è riportato nel seguito, con riferimento alle attività soggette alle visite di prevenzione incendi, un estratto dell'elenco allegato al DM 16 febbraio 1982, contenente le attività che si ritiene possano rientrare nel campo di applicazione della norma, senza riferimento ai quantitativi di soglia. In tale elenco rientrano sia attività in cui possono essere individuate Zone a rischio maggiore (Zone 0 e 1 e Zone 20 e 21, in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfere esplosive e cioè le attività in cui ordinariamente o occasionalmente possono essere presenti atmosfere esplosive, come impianti di “lavorazione” di sostanze infiammabili e combustibili, o di attività con presenza abituale di “residui” delle lavorazioni svolte), sia attività in cui pur utilizzando liquidi infiammabili e polveri combustibili non è probabile la formazione di un'atmosfera esplosiva o, qualora si verifichi, sia unicamente di breve durata. Ciò potrebbe verificarsi per esempio per il malfunzionamento dei sistemi di sicurezza degli impianti. Nell'elenco non sono state di proposito riportate alcune attività di deposito di prodotti finiti combustibili e infiammabili, che per le condizioni di stoccaggio non comportano i pericoli individuati per le altre attività elencate.

Decreto Ministeriale 16 febbraio 1982

Stralcio dell' "Elenco dei depositi e industrie pericolose soggetti alle visite ed ai controlli di prevenzione incendi"

n.	Attività
1	Stabilimenti ed impianti ove si producono e/o impiegano gas combustibili, gas comburenti (compressi, disciolti, liquefatti).
7	Impianti di distribuzione di gas combustibili per autotrazione.
8	Officine e laboratori con saldatura e taglio dei metalli utilizzando gas combustibili e/o comburenti.
9	Impianti per il trattamento di prodotti ortofrutticoli e cereali utilizzando gas combustibili.
10	Impianti per l'idrogenazione di olii e grassi.
11	Aziende per la seconda lavorazione del vetro con l'impiego di oltre 15 becchi a gas.
12	Stabilimenti ed impianti ove si producono e/o impiegano liquidi infiammabili (punto di infiammabilità a 650 °C) .
18	Impianti fissi di distribuzione di benzina, gasolio e miscele per autotrazione ad uso pubblico e privato con o senza stazione di servizio.
19	Stabilimenti ed impianti ove si producono, impiegano o detengono vernici, inchiostri e lacche infiammabili e/o combustibili.
21	Officine o laboratori per la verniciatura con vernici infiammabili e/o combustibili.
23	Stabilimenti di estrazione con solventi infiammabili e raffinazione di olii e grassi vegetali ed animali.
27	Stabilimenti ed impianti ove si producono, impiegano o detengono nitrati di ammonio, di metalli alcalini e alcalino-terrosi, nitrato di piombo e perossidi inorganici.
28	Stabilimenti ed impianti ove si producono, impiegano o detengono sostanze soggette all'accensione spontanea e/o sostanze che a contatto con l'acqua sviluppano gas infiammabili.
29	Stabilimenti ed impianti ove si produce acqua ossigenata con concentrazione superiore al 60% di perossido di idrogeno.
30	Fabbriche e depositi di fiammiferi.
31	Stabilimenti ed impianti ove si produce, impiega e/o detiene fosforo e/o sesquisolfuro di fosforo.
32	Stabilimenti ed impianti per la macinazione e la raffinazione dello zolfo.
34	Stabilimenti ed impianti ove si produce, impiega o detiene magnesio, elektron e altre leghe ad alto tenore di magnesio.
35	Mulini per cereali ed altre macinazioni e relativi depositi.
36	Impianti per l'essiccazione dei cereali e di vegetali in genere.
37	Stabilimenti ove si producono surrogati del caffè.
38	Zuccherifici e raffinerie dello zucchero.
39	Pastifici
40	Riserie
41	Stabilimenti ed impianti ove si lavora e/o detiene foglia di tabacco con processi di essiccazione
42	Stabilimenti ed impianti per la produzione della carta e dei cartoni e di allestimento di prodotti cartotecnici in genere
47	Stabilimenti e laboratori per la lavorazione del legno
48	Stabilimenti ed impianti ove si producono, lavorano e detengono fibre tessili e tessuti naturali e artificiali, tele cerate, linoleum e altri prodotti affini
50	Stabilimenti ed impianti per la preparazione del crine vegetale, della trebbia e simili, lavorazione della paglia, dello sparto e simili, lavorazione del sughero
56	Laboratori di vulcanizzazione di oggetti di gomma
57	Stabilimenti ed impianti per la produzione e lavorazione di materie plastiche
59	Stabilimenti ed impianti ove si producono e lavorano resine sintetiche e naturali, fitofarmaci, coloranti, organici e intermedi e prodotti farmaceutici con l'impiego di solventi ed altri prodotti infiammabili.
60	Depositi di concimi chimici a base di nitrati e fosfati e di fitofarmaci, con potenzialità globale superiore a 500 q
61	Stabilimenti ed impianti per la fabbricazione di cavi e conduttori elettrici isolati.
81	Stabilimenti per la produzione di sapone, di candele e di altri oggetti di cera e di paraffina, di acidi grassi, di glicerina grezza quando non sia prodotta per idrolisi, di glicerina raffinata e distillata ed altri prodotti affini.

MISURE DI PREVENZIONE E PROTEZIONE

Il Decreto Legislativo del 12 giugno 2003, n. 233 all'art. 2 cita:

“1. Ai fini della prevenzione e della protezione contro le esplosioni, sulla base della valutazione dei rischi e dei principi generali di tutela di cui all'articolo 3, il datore di lavoro adotta le misure tecniche e organizzative

adeguate alla natura dell'attività; in particolare il datore di lavoro previene la formazione di atmosfere esplosive.” Inoltre,

2. Se la natura dell'attività non consente di prevenire la formazione di atmosfere esplosive, il datore di lavoro deve:

a) evitare l'accensione di atmosfere esplosive;

b) attenuare gli effetti pregiudizievoli di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori.

3. (Omissis)”.

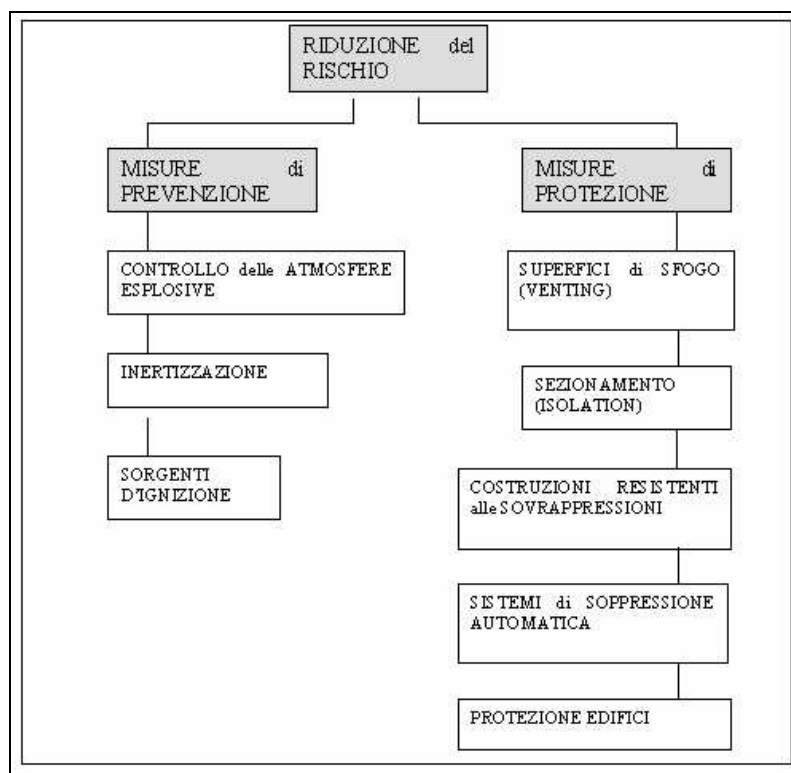
Ad ogni evento incidentale si collegano due parametri:

- la probabilità di accadimento che esprime il grado di confidenza che l'evento si verifichi;

- la magnitudo che rappresenta la dimensione delle conseguenze (p.e. morti, feriti, perdite economiche).

L'abbassamento del livello di rischio si può ottenere attraverso una riduzione della magnitudo o della probabilità di accadimento o di entrambe. In particolare la riduzione della magnitudo si consegue attraverso l'implementazione delle così dette misure protettive, volte appunto a mitigare gli effetti dell'evento indesiderato qualora accada, mentre l'abbassamento della probabilità di accadimento si ottiene grazie alla messa in atto di misure preventive il cui scopo è di evitare che l'evento indesiderato si concretizzi.

Nello schema 1 è fornita una panoramica delle misure di prevenzione e protezione successivamente descritte nel dettaglio.



Schema 1 - Misure di Prevenzione e Protezione

MISURE DI PREVENZIONE

Controllo delle atmosfere esplosive

E' necessario tenere presente che un elevato numero di esplosioni è stato causato dall'accensione di nubi formatesi a partire da accumuli indesiderati all'interno degli edifici di impianti industriali.

Il controllo di questi accumuli, che nel caso di polveri si depositano in luoghi o zone o superfici dove ciò non è previsto, mentre nel caso di miscele aria gas possono concentrarsi in volumi collegati tra loro con effetto dominoⁱ, ridurrà considerevolmente la probabilità di un evento indesiderato.

Per queste ragioni, all'interno degli impianti, è opportuno minimizzare tutti quei volumi che possono divenire potenziali "volumi di scoppio"ⁱⁱ e quelle superfici sulle quali si possono depositare accumuli di polveri.

Gli impianti di estrazione e raccolta risolvono il problema degli accumuli indesiderati di atmosfere esplosive nell'ambiente lavorativo.

Per contro vi è da dire che la concentrazione delle miscele e/o polveri all'interno degli impianti d'estrazione è incontrollata e spesso può entrare nel campo d'esplosività.

Perciò gli impianti d'estrazione presentano in sé problemi d'esplosione che, seppure di minor entità di quelli a livello di processo, devono essere risolti con idonei accorgimenti, ed in particolare tramite il controllo delle sorgenti d'ignizione e la predisposizione di adeguate superfici di sfogo (venting) qualora l'esplosione avvenga.

Inertizzazione

Il contenuto di ossigeno del mezzo gassoso esercita un'influenza sull'ignizione ed esplosività di una atmosfera esplosiva. Un parametro importante è il contenuto d'ossigeno limite o limitante, al di sotto del quale il fronte di fiamma non si propaga nella miscela così che, mantenendo il contenuto di ossigeno sotto questo limite in tutto l'impianto di processo, è esclusa ogni possibilità di esplosione.

Schofield e Abbott (1988) e Wiemann (1989) hanno fornito una utile visione generale delle possibilità e delle limitazioni relative all'inertizzazione via gas su scala industriale nella corrente pratica.

I gas utilizzati normalmente per questo fine sono:

- Anidride carbonica
- Vapor d'acqua
- Azoto
- Gas rari
- Altro.

La scelta del gas d'inertizzazione dipende da svariate considerazioni tra cui: la disponibilità, il costo, l'efficacia, la possibilità di avere effetti indesiderati sulla materia prima ecc. A titolo di informazione si menzionano le reazioni esotermiche relative all'impiego di CO₂ ed N₂ con metalli leggeri.

Per ciò che riguarda l'operazione di inertizzazione, i metodi utilizzati negli impianti di processo sono due:

- il metodo di variazione delle pressioni
- il metodo del lavaggio.

Il primo consiste nel pressurizzare il volume da inertizzare con il gas prescelto, e a miscelamento avvenuto, lasciarlo ritornare a pressione atmosferica espellendone il contenuto. Ripetendo l'operazione un congruo numero di volte si può ridurre il contenuto d'ossigeno al livello desiderato. Lo stesso principio si può applicare con cicli in depressione anziché in sovrappressione. Il metodo del lavaggio è invece utilizzato quando i volumi da inertizzare non sono progettati per resistere alle variazioni di pressione ed è normalmente applicato nella forma di lavaggio con gas inerte ad alta velocità e con mescolamento turbolento (Wiemann 1989).

L'impiego di uno o dell'altro dei due sistemi descritti dipende principalmente dalle seguenti circostanze:

- resistenza dell'impianto a variazioni di pressione
- tipologia del processo di lavorazione che può essere continuo o discontinuo
- tipo e sorgente del gas inertizzante.

Sorgenti d'ignizione

Scopo di questa misura di prevenzione è l'individuazione ed eliminazione di tutte le sorgenti d'ignizione o almeno di quelle aventi un potenziale energetico sufficiente ad innescare il processo d'esplosione in relazione alle caratteristiche di sensibilità all'accensione della atmosfera esplosiva.

Un'interessante classificazione delle sorgenti d'ignizione, che trae spunto da Scholl, suddivide le sorgenti in due categorie,

a) quella legata ad elementi organizzativi:

- fumatori
- fiamme libere
- corpi illuminanti (bulbi delle lampade)
- operazioni di saldatura (a fiamma ed elettriche)
- operazioni di taglio (a fiamma e con apparecchi rotanti)

b) quella legata alle caratteristiche intrinseche del processo^{iii, iv}:

- fiamme libere
- superfici calde
- autoriscaldamento e materiale incandescente
- decomposizione esotermica
- calore proveniente da impatti tra corpi solidi
- scintille elettriche, archi elettrici e scariche elettrostatiche.

MISURE DI PROTEZIONE

Superfici di sfogo (Explosion venting)^v

Quando si verifica un'esplosione di polvere o di gas dentro un volume chiuso, la sovrappressione interna dovuta allo sviluppo di energia termica cresce fino ad un determinato limite.

Il limite menzionato è la massima sovrappressione sviluppabile nella combustione della miscela, se quest'ultima è racchiusa in un contenitore di adeguata resistenza meccanica (combustione adiabatica a volume costante), oppure è la sovrappressione massima a cui può resistere il contenitore, dopo di che avviene il cedimento distruttivo.

Se sul contorno dell'involucro di contenimento si predispone un'apertura di adeguate dimensioni, chiusa da una superficie costruttiva tale da non opporre forte resistenza alle sovrappressioni interne, nel momento dell'esplosione la struttura di chiusura viene rimossa dalla sovrappressione lasciando sfogo all'espansione dei gas combusti e facendo sì che detta sovrappressione interna non cresca ulteriormente.

La via scelta per la protezione delle strutture e degli impianti in ambito industriale è solitamente quella sopra descritta in quanto sufficientemente sicura ed economicamente conveniente, piuttosto che la realizzazione di strutture (o impianti) resistenti all'esplosione e quindi in grado di contenerla.

Quest'ultima soluzione viene adottata solo in particolari casi specifici dati gli alti investimenti industriali che comporta.

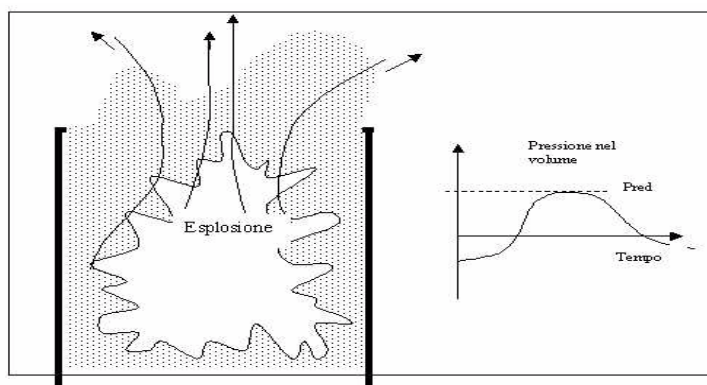


Figura 1 – Meccanismo del venting di un'esplosione

I principi di base del “venting”, illustrati nella figura 1, prevedono che la massima sovrappressione interna raggiunta nell'esplosione e denominata P_{red} (da reduced pressure) è il risultato di due processi antagonisti:

- la combustione della atmosfera esplosiva, che sviluppando calore accresce la sovrappressione interna
- il flusso di miscela incombusta, combusta e in fase di combustione che, attraverso lo sfogo all'esterno della struttura, riduce la sovrappressione interna.

La pressione P_{red} , che è la massima sovrappressione interna ammessa nella struttura, deve essere ovviamente inferiore alla resistenza meccanica del contenitore da proteggere ma tale da aprire la superficie di chiusura dello sfogo. Il lavoro sistematico di Bartknecht (1978)^{vi} ed altri studiosi ha portato a definire le variabili principali da cui dipende la dimensione dello sfogo (area di vent), essi sono:

- volume del contenitore
- resistenza del contenitore (P_{red})
- resistenza della superficie di vent (P_{stat})
- velocità di combustione della nube di miscela aria-polvere.

La figura 3 mostra l'influenza della velocità di combustione sul processo di venting. La “misura” della velocità di combustione di una nube di polvere in aria si ottiene tramite il test di esplosione nel reattore standard, in cui è misurata la rapidità di aumento della sovrappressione $[dP/dt]_{max}$ per una data concentrazione. Il più alto valore della “violenza d'esplosione”, $[dP/dt]_{max}$ realizzato per varie concentrazioni è in genere assunto come “misura” della velocità di combustione. In Figura 2 si riporta per inciso il grafico della velocità laminare di combustione in funzione della concentrazione della miscela per metano o propano confrontando diversi metodi di calcolo^{vii}.

Stabilite la classe della polvere o il tipo di miscela aria gas, la cubatura del volume da proteggere mediante superfici di sfogo, la pressione di apertura dello sfogo (P_{stat}) e la pressione ridotta (massima sovrappressione di esplosione nel volume da proteggere P_{red}), si può entrare nel relativo nomogramma e determinare l'area della superficie di sfogo necessaria. I nomogrammi citati, di cui si fornisce un esempio qualitativo nella figura 4, sono il frutto di una estesa attività sperimentale condotta principalmente da Bartknecht con miscele aria - polvere e aria - gas di vario tipo in volumi da 1 m³ a 60 m³ e con diverse sorgenti d'ignizione (alto e

basso potenziale), aree di sfogo, pressioni di apertura degli sfoghi ecc. Il lavoro menzionato è di grande rilevanza concettuale e pratica tanto che la sua base è implementata nelle norme VDI e NFPA ed estesamente utilizzata nella tecnica, ma non è esente da critiche, una fra tutte: i risultati sperimentali si riferiscono a situazioni di elevatissima turbolenza e spesso il dimensionamento degli sfoghi risulta eccessivo in molte situazioni industriali dove il grado di turbolenza della nube è inferiore anche di molto.

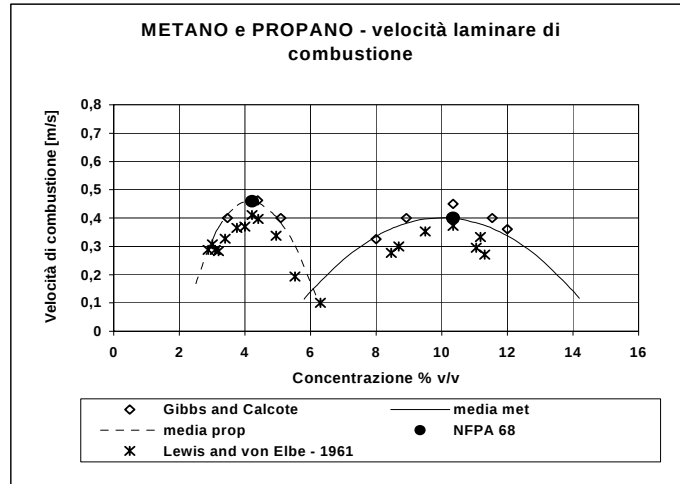


Figura 2– Velocità di combustione laminare in funzione della concentrazione della miscela per propano e metano

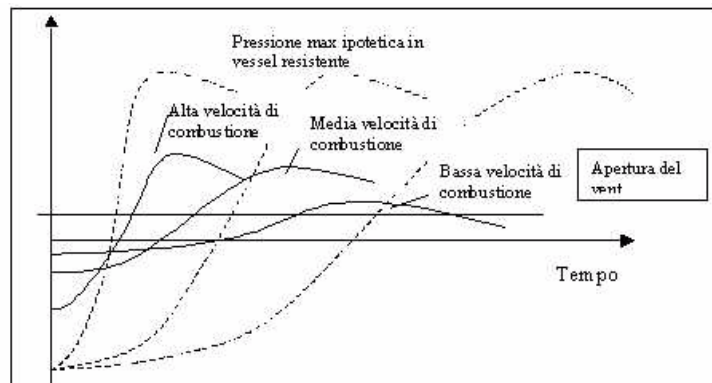


Figura 3– Esplosioni con sfogo - Sovrappressione in funzione del tempo per tre differenti velocità di combustione della atmosfera esplosiva

Ubicazione e tipologie delle superfici di sfogo

Al fine di rendere lo sfogo più efficace possibile, i vents devono essere dislocati in prossimità di quello che si ritiene essere il luogo o la zona in cui avverrà l'esplosione, prevedendo, per il fronte di fiamma, il percorso più diretto e con il minor numero possibile di ostacoli. Per volumi aventi un rapporto tra le dimensioni non superiore a 5, la posizione dei vents è subordinata esclusivamente al più immediato percorso di sfogo in atmosfera, ma per costruzioni allungate tipo i silos è opportuno ripartire la superficie totale di sfogo e dislocare i vents in più posizioni, data l'indeterminazione del punto di accensione e la non uniforme distribuzione della sovrappressione lungo la struttura. Un vincolo fondamentale per il posizionamento proviene da considerazioni inerenti la sicurezza nello scarico dei prodotti combusti ed incombusti all'esterno. Infatti, dato che attraverso lo sfogo viene proiettata all'esterno anche una grossa quantità di miscela incombusta che si accende e produce un pericoloso fire-ball in aria, di ciò si deve tenere conto onde evitare che ne siano investiti impianti e persone. A causa del motivo suddetto, e anche del fatto che spesso l'esplosione avviene in un volume tecnico inserito all'interno di una costruzione, è necessario convogliare all'esterno, e oltretutto in posizioni di scarico particolari, i prodotti dell'esplosione. Ciò viene effettuato tramite dei condotti di adeguate proporzioni, ove per proporzioni si intende sia la dimensione della sezione trasversale che deve essere almeno pari a quella del vent, sia la lunghezza, che pone un serio problema allo

scarico, con un aumento della pressione di esplosione che può raggiungere valori pericolosi. Infatti poiché tali condotti ostacolano l'efflusso dei prodotti di combustione è opportuno che la loro lunghezza non superi certi limiti. La maggiore sovrappressione può essere valutata approssimativamente in ragione di $(1 + 0.2 L/D)$ volte quella sviluppata in assenza di condotta di scarico.

Le tipologie di chiusura degli sfoghi (vent covers) correntemente utilizzati sono sostanzialmente tre:

- pannelli leggeri
- diaframmi e dischi di rottura
- portelli incernierati

Si rimanda alla numerosa letteratura esistente per una più ampia descrizione di tali sistemi^{viii, ix}.

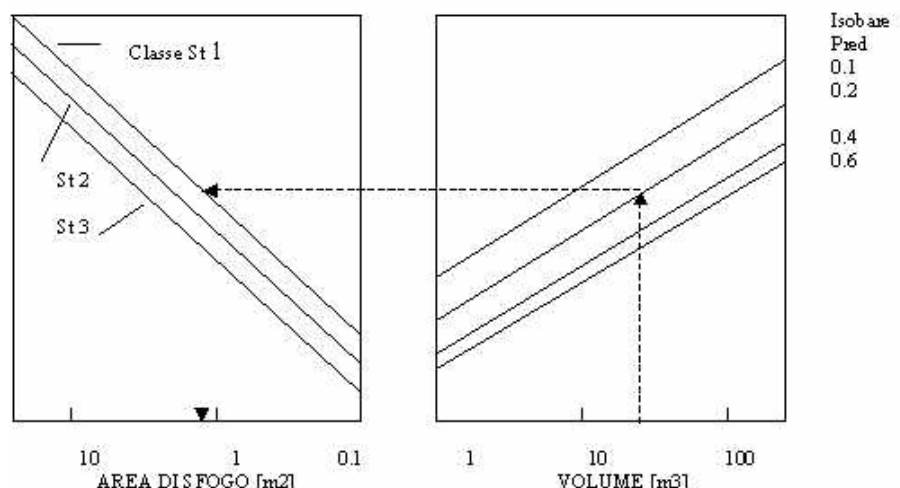


Figura 4– Esempio di nomogrammi per il dimensionamento dell'area di sfogo

Sezionamento (Isolation)

Un'altra delle misure di protezione normalmente adottate è quella del “sezionamento” degli impianti di processo, consistente nel suddividere l'impianto in segmenti d'impianto tra loro isolati dal punto di vista della propagazione dell'esplosione. Questa misura di protezione trova il suo analogo nella compartimentazione praticata nel campo della protezione dagli incendi.

Normalmente un'esplosione che avviene in un'unità di processo si trasferisce a quelle contigue per il tramite di tubazioni o di condotte o comunque di volumi tecnici di collegamento che devono essere adeguatamente sezionati. Le ragioni principali che motivano l'adozione di queste misure sono fondamentalmente:

- la limitazione del danno
- evitare l'accensione di nubi via jet – fire
- evitare fenomeni di pressure – piling

a cui se ne possono aggiungere una quarta che è di evitare “esplosioni secondarie” ed una quinta di evitare detonazioni.

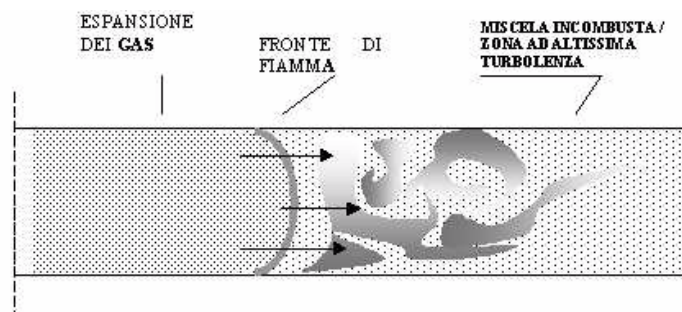


Figura 5– Turbolenza indotta dall'esplosione in tubi e condotte

Circa le “esplosioni secondarie”, nel caso delle polveri ad esempio, come conseguenza di un'esplosione, detta primaria, si può avere la formazione di una nube turbolenta di polvere generata dall'interazione tra l'onda d'urto o espansione dell'esplosione primaria e depositi volontari o involontari di polvere situati nell'impianto. La nube così formata esplode, innescata normalmente dall'esplosione primaria o da altre

sorgenti, con una violenza di molto superiore a quella della primaria. Quindi un'esplosione primaria che avviene all'interno di un'unità di processo e si trasmette ad un'altra può avere come conseguenza una disastrosa esplosione secondaria che è sostanzialmente frutto della turbolenza (Figura 5).

Costruzioni resistenti alle sovrappressioni

Questa misura di protezione è utilizzata solo in casi particolari dati gli elevati costi che comporta.

Si tratta infatti di costruire un'apparecchiatura, un componente o un impianto con un tale livello di robustezza che possa resistere ad un'esplosione adiabatica a volume costante che può comportare aumenti di pressione dell'ordine dei 5–12 bar[g] in tempi che vanno da 100 millisecc. ad 1 secondo.

Per realizzare un intero impianto con questa filosofia costruttiva i costi sarebbero così elevati che la soluzione non è praticabile se non per alcune specifiche attrezzature e particolari componenti:

- che hanno un elevato costo di per sé
- che sono soggetti a frequenti esplosioni per motivi intrinseci al processo
- che possono creare danni e conseguenze gravi nelle prossimità in caso d'esplosione.

Gli approcci metodologici alla materia sono due e precisamente: quello delle costruzioni resistenti alle pressioni e quello delle costruzioni resistenti allo shock di pressione.

Una costruzione realizzata secondo i contenuti del primo approccio è una costruzione che lavora costantemente o quasi in regime di sovrappressione e deve mantenere inalterate nel tempo le sue caratteristiche di resistenza e indeformabilità. Ne sono un tipico esempio i serbatoi in pressione.

Nel secondo caso invece è richiesto alla costruzione di mantenersi sostanzialmente integra e funzionante ammettendo però che si producano delle piccole deformazioni plastiche su cui si può eventualmente intervenire. Perciò mentre una costruzione resistente alla pressione deve essere realizzata in modo che la minima deformazione non sia superiore a quella corrispondente ad una tensione di 2/3 di quella di snervamento o ad 1/4 di quella di rottura (acciai ferritici) una costruzione resistente allo shock può essere progettata fino alla tensione di snervamento con ovvio risparmio monetario di materiale e manodopera.

Sistemi di soppressione automatica delle esplosioni

I sistemi automatici di estinzione rapida hanno le principali caratteristiche di:

- utilizzo di agenti estinguenti permanentemente pressurizzati
- dotazione di ugelli di scarica di grosso diametro
- rapida apertura della valvola di rilascio dell'agente estinguento per mezzo di una carica esplosiva.

Le stesse caratteristiche fondamentali, associate ad una funzione di rivelazione di fiamma o di pressione, costituiscono tuttora la base di funzionamento dei sistemi di soppressione delle esplosioni.

L'agente estinguento è in genere una polvere, per esempio NaHCO_3 o $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ o altri (trattati comunque di prodotti commerciali), che viene scaricata per il tramite di un mezzo gassoso che è di solito azoto ad alta pressione (60 – 120 bar).

Ugelli speciali garantiscono la diffusione uniforme dell'agente estinguento in tutto il volume.

I sensori più diffusi sono quelli di pressione del tipo a membrana che però nonostante l'elevata sensibilità non possono essere tarati a valori troppo bassi della soglia di scatto

Ciò è dovuto alla necessità di fornire una certa stabilità del sistema evitandone l'attivazione a causa di falsi allarmi generati da perturbazioni di bassa pressione connesse con le normali operazioni d'esercizio industriale. Per questo motivo è frequente la pratica d'installazione di due ordini di sensori con le membrane disposte ortogonalmente tra loro, così che il sistema sia attivato solo in seguito ad un doppio consenso proveniente dai due ordini di sensori e relativo al rilevamento di una sovrappressione di tipo idrostatico (uniforme nello spazio). La stessa pratica installativa è propria anche del settore della rivelazione automatica d'incendio (doppio consenso). Le prove sperimentali di Moore e Cooke hanno evidenziato che l'uso accoppiato di sistemi di soppressione e superfici di sfogo fornisce risultati migliori del caso di solo sfogo.

Protezione degli edifici

Misure di protezione sono da adottarsi non solo per le apparecchiature e gli impianti ma anche per gli edifici e le costruzioni industriali in genere che ospitano gli impianti produttivi.

Le principali misure, sono sinteticamente riportate di seguito:

- distanze di sicurezza interne (effetto domino) ed esterne
- sezionamento / isolation degli edifici
- realizzazione di edifici monopiano o se di più piani le unità a rischio esplosione possono anche essere ubicate nei piani più alti o addirittura sul tetto dell'edificio ove ciò sia possibile
- in alternativa i componenti a maggior rischio sono ubicati in costruzioni isolate e dotate di adeguati vents, figura 6.

- le connessioni tra i solai e le strutture verticali devono essere accuratamente realizzate per evitare il cedimento dei piedritti ed il crollo dei solai ad effetto domino (particolarmente nelle costruzioni con strutture in elevazione di muratura)
- creazione di superfici di sfogo sul perimetro dell'edificio (pannellature di materiali plastici anche trasparenti qualora utilizzate anche come finestrate, tamponature leggere di muratura ecc.).

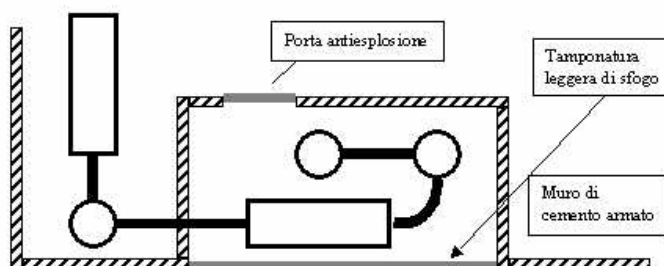


Figura 6– Isolamento e venting di parti d'impianto

TECNICHE DI INTERVENTO

Partendo dal presupposto che l'obiettivo primario sia quello di evitare l'esplosione, in quanto il modo migliore di proteggersi dalle esplosioni è nel prevenirle, risulta fondamentale indirizzare il lavoro sugli aspetti preventivi finalizzati alla minimizzazione del rischio incendio e/o esplosione ed alla tempestività di intervento nel caso remoto di principio di incendio.

Pertanto, per gli ambienti di lavoro in area a rischio di esplosione, si ritiene necessaria, oltre all'adozione di misure tecniche ed organizzative atte a prevenire l'ignizione e di impianti di segnalazione ottica e/o acustica finalizzati all'allontanamento dei lavoratori prima che si verifichino le condizioni per un'esplosione, la previsione, come misure supplementari che diventano efficaci quando una ignizione è già avvenuta, di impianti di rilevazione incendio e spegnimento automatico, nonché la possibilità di aerare o inertizzare i locali in funzione dei valori di concentrazione della sostanza nella miscela con l'aria.

Premesso che la Direttiva si riferisce a diverse tipologie di attività, in quanto il rischio di esplosione, che è generalmente connesso all'impianto in sé (come avviene in raffinerie, impianti chimici e petrolchimici, industrie farmaceutiche, ambienti con presenza di polveri combustibili, quali, per esempio, silos di grano, farine, lavorazione del legno e dei metalli, ed in generale in tutti i luoghi classificati), dipende sia da cause elettriche che da cause non elettriche (scintille, archi, superfici calde, attriti, frizioni, ecc.) si riportano di seguito alcune linee guida a carattere generale:

- predisporre personale con elevato livello di protezione (equipaggiamento da intervento completo, autoprotettore, tute termoriflettenti);
 - i soccorritori dovranno prestare particolare attenzione nell'evitare ogni possibile causa di innesco, anche fermando i mezzi ad adeguata distanza e possibilmente sopra vento;
 - operare con il vento alle spalle;
 - valutare le possibili conseguenze a breve relative all'evoluzione dell'incidente e predisporre adeguate contromisure (limitazione accesso, blocco traffico, etc.) con particolare attenzione alla verifica dell'avvenuta evacuazione o, in caso contrario, fare immediatamente evacuare l'area interessata e la zona limitrofa;
 - verificare la presenza di persone coinvolte da soccorrere;
 - identificare le caratteristiche chimico fisiche della sostanza presente;
 - predisporre letture con esplosimetro, per determinare l'area entro cui confinare l'intervento;
 - provvedere alla messa in sicurezza degli impianti tecnologici;
 - intercettare, se possibile, il rilascio della sostanza;
 - predisporre manichette e monitori mobili di grande gittata, assicurandosi adeguate riserve idriche;
 - non usare fiamme libere, non fumare, non portare con sé telefoni cellulari, utilizzare utensili antiscintilla, radio e lampade antideflagranti;
 - se i valori rilevati mediante letture con esplosimetro risultano sufficientemente minori rispetto al limite inferiore di infiammabilità e/o esplosività, aerare l'ambiente ed erogare acqua frazionata per diluire la concentrazione della sostanza, in caso contrario è preferibile ipotizzare un intervento di inertizzazione;
 - in presenza di incendio, in funzione dell'evoluzione del medesimo, si possono ipotizzare quattro strategie di spegnimento:
1. isolamento del fuoco, attacco diretto seguito da ventilazione per **incendio di scarsa rilevanza** ;

2. isolamento del fuoco, raffreddamento dei gas seguito da attacco diretto con ventilazione e ventilazione forzata, usata come strategia finale, per l'allontanamento del fumo, dei gas di combustione e l'abbassamento della temperatura per **incendio prossimo al flashover**;
3. isolamento del fuoco, attacco indiretto dall'esterno, raffreddamento dei gas, ventilazione forzata per **incendio sottoventilato**;
4. spegnimento, attacco diretto (schiuma) seguito da ventilazione per **incendio post flashover**.

A titolo di esempio si riporta di seguito la procedura, a cui dovranno attenersi le squadre di soccorso chiamate ad intervenire per lo spegnimento dell'incendio di silos:

- indossare obbligatoriamente l'equipaggiamento completo da incendio;
- evitare, per quanto possibile, di disporsi frontalmente alle aperture (tramoggia, porte ai piani, portelli anticoppio, aperture per il passaggio delle tubazioni di aspirazione e immissione ecc.);
- posizionarsi sopravvento e parcheggiare gli automezzi fuori dalla zona di pericolo, ad eccezione dell'autoscala, qualora necessaria;
- sgombrare la zona attorno al deposito per un raggio sufficiente ad evitare intralci all'opera dei vigili del fuoco e per evitare anche che personale civile possa essere coinvolto in eventuali incidenti;
- isolare il deposito dagli impianti di servizio e dagli altri depositi attigui, operando tutti i sezionamenti possibili sulle tubazioni di immissione e di aspirazione dei materiali;
- chiudere la tramoggia inferiore, qualora aperta, e non aprirla mai nel corso dell'intervento;
- non aprire le porte dei piani, qualora esistenti, né gli sportelli se prima non si è sicuri che tutto il materiale contenuto all'interno sia stato adeguatamente bagnato;
- azionare l'immissione d'acqua o di vapore all'interno del serbatoio tramite impianto idrico fisso se presente o mediante l'ausilio di autoscala utilizzando solo getti di acqua frazionata con estrema cautela. Contestualmente raffreddare anche le pareti esterne del deposito;
- non operare dal basso, attraverso l'apertura della tramoggia né dalle porte di piano con le lance, ovvero con i ramponi;
- non introdursi all'interno del deposito sia dall'alto che attraverso le porte dei piani;
- controllare la temperatura della massa di materiale in vari punti e a quote diverse;
- l'apertura dello sportello inferiore della tramoggia e lo svuotamento del serbatoio potrà avvenire una volta certi che il materiale sia tutto adeguatamente inumidito, proteggendo l'area di lavoro con una cortina di acqua nebulizzata. I controlli della temperatura, in più punti, risultano indispensabili prima dell'apertura della tramoggia;
- lo smaltimento del materiale residuo (limo e fango) andrà affidato a ditta specializzata.
- tenere presente il pericolo delle esalazioni nocive, assumendo le protezioni individuali e le cautele necessarie. (es. zolfo e altri composti chimici, specialmente in presenza di calore e umidità). Possibile anche la presenza, nelle parti basse dei depositi di sostanze organiche, di anidride carbonica dovuta a processi di fermentazione.

BIBLIOGRAFIA

ⁱ R.J. Harris – The investigation and controllo of Gas Explosion in Buldings and Heating Plant – E & FN Spon Ltd London – 1983.

ⁱⁱ M. Silvestrini, B. Genova, P. Simonetti. – Utilizzo di formule empiriche per la valutazione della sovrappressione sviluppata nelle esplosioni semiconfiniate. Esempi di calcolo. – Le monografie vol. 1 ottobre 2002– articoli e contributi dei vigili del fuoco. Esplosioni di Gas – Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso pubblico, e della Difesa Civile. Direzione Centrale per la Formazione.

ⁱⁱⁱ Lunn G. Frictional Ignition of Powders: A Review - Health and Safety Laboratory – Buxton – UK

^{iv} Impianti Elettrici nei Luoghi con Presenza Atmosfere Infiammabili - Corso Impianti Elettrici – Ministero dell'Interno Dipartimento dei VIGILI del FUOCO – Dispense 2003

^v NFPA 68, Guide for venting of deflagrations, National Fire Protection Association, Boston, Massachusetts (1984).

^{vi} W. Bartknecht - EXPLOSIONS – Course Prevention Protection – Springer Verlag – 1981

^{vii} M. Silvestrini – B. Genova – P. Simonetti - Determinazione dei tempi associati alle fasi di un'esplosione di miscela aria-gas. – Le monografie vol. 1 ottobre 2002– articoli e contributi dei vigili del fuoco. Esplosioni di Gas – Ministero dell'Interno, Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso pubblico, e della Difesa Civile. Direzione Centrale per la Formazione.

^{viii} P. Qualizza, P. Forgione – Le esplosioni di polveri nelle attività industriali: misure di prevenzione e protezione. VGR 2000.

^{ix} Atti del Seminario Europeo “Dust Explosions”, Metz (F) 13-15 aprile 1999.

^x CNVVF - Servizio Tecnico Centrale: "Interventi in depositi di polveri e materiali combustibili di minute dimensioni".(1990)