

# POSSIBILI CAUSE E SCENARI DI INCIDENTI IN DEPOSITI O OIFICI DI SOSTANZE ESPLOSIVE ALLA LUCE DEL D.LGS. 334/99. GLI EFFETTI SUL TERRITORIO E LA MINACCIA TERRORISTICA

I. Ing. Agatino Cinardi, II. Ing. Angelo Sgroi

I. Consulente Libero professionista – Presidente A.PIRO.S. – Associazione Pirotecnici centro Sud.

II. responsabile aree a grandi rischi presso il Comando dei VV FF di Catania.

## 1. SOMMARIO

La presente relazione ha l'obiettivo di fare il punto sulla complessa situazione normativa riguardante la produzione, il deposito ed il trasporto degli esplosivi e simulare gli scenari da incidente in relazione alla concentrazione di esplosivi consentita dalle norme.

Il lavoro si sviluppa in due fasi:

1. sarà fatta una panoramica sulla situazione normativa Nazionale ed internazionale;
2. saranno valutati modelli possibili di fabbriche e depositi di esplosivi al fine di simularne gli scenari in caso di esplosione secondo il RETULPS e secondo metodi probabilistici in riferimento al D.M.LLPP 09/05/2001.

## 2. QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

La questione delle aree a grandi rischi è stata oggetto, nell'ultimo decennio, di particolari attenzioni da parte del Legislatore sia in campo nazionale che in quello Europeo.

Il DPR 334/99 (Seveso Bis) attuativo della direttiva CEE 96/82/CE è stato ulteriormente aggiornato e modificato il 16/12/2003 con la direttiva CEE 2003/105/CE Seveso Ter pubblicata sulla gazzetta della CE del 31/12/2003.

In atto in Italia vige il DPR 334/99 (Seveso Bis) che definisce aree ritenute *con grande concentrazione di esplosivi* quelle con carico maggiore o uguale a 50 ton fino a 200 ton se rispondono alla frase di rischio R2 e maggiore o uguale a 10 Ton fino a 50 ton se rispondono alla frase di rischio R3.

La direttiva CEE 2003/105/CE (*Seveso Ter*), che sarà recepita in Italia entro Luglio 2005, propone una riduzione delle soglie di cui sopra a quelle con carico maggiore o uguale a 10 tonnellate fino a 50 ton se rispondono alla frase di rischio R2 o R3 e maggiore o uguale a 50 Tonnellate fino a 200 ton se risultano assegnati alla classe di rischio UN/ADR 1.4 G o S. In passato i prodotti della classe 1.4 G o S non erano considerati in Italia prodotti esplosivi in quanto declassificati ai sensi del D. M. 04/04/1973. In atto si è in attesa di un Decreto, già annunciato con il D.Lgs 272/2002, che abolisca il D.M. 04/04/1973.

I prodotti 1.4 G o S, sono considerati tali se: *Materiali ed oggetti con leggero pericolo in caso di accensione o innesco, con effetti essenzialmente limitati al collo*. La normativa Italiana non li considera esplosivi.

Il DMLLPP 09/05/2001 tende a fissare norme per la pianificazione territoriale nei pressi di stabilimenti pericolosi.

In Italia la materia degli esplosivi è regolamentata dal R.D. 635/40 (regolamento di esecuzione del TULPS (RETULPS)) ed in particolare dagli allegati A, B, C e D.

La direttiva CEE 2003/105/CE (*Seveso Ter*) prende spunto dal disastroso incidente avvenuto ad Enschede, nei Paesi Bassi, nel maggio 2000.

Si può senza ombra di dubbio affermare che, se Nei Paesi Bassi fossero state vigenti le leggi Italiane relative al deposito di esplosivi, l'incidente di Enschede non sarebbe mai potuto accadere.

Ciò per due ordini di motivi:

- non sarebbe stata possibile la promiscuità tra materiali incompatibili nello stesso deposito. A tal proposito il capitolo I del RETULPS precisa in modo dettagliato le incompatibilità tra i materiali esplosivi.
- Le distanze imposte dalle norme vigenti in Italia tra i luoghi in cui si depositano o manipolano sostanze esplosive ed i centri di pericolo (case isolate, strade comunali, centri abitati, luoghi di culto, supermercati, zone industriali, strade ferrate, fiumi navigabili ecc..) sarebbero state tali, in relazione al carico contenuto, che qualunque incidente non avrebbe causato effetti sensibili presso i luoghi normalmente vocati allo svolgimento di attività umane. Inoltre, il carico massimo depositabile sarebbe stato di gran lunga ridotto.

L'incidente e le sue conseguenze dimostrano semplicemente qualche inadeguatezza delle norme sul deposito e manipolazione di esplosivi nei Paesi Bassi (e probabilmente in tanti altri paesi Europei).

Dopo il disastro, com'è ovvio, le istituzioni si sono accorte della falla e si è corso immediatamente ai ripari con estremizzazioni eccessive nel senso opposto. I comitati di esperti della Comunità Europea e dell'ONU si sono messi all'opera inquadrando il problema dal punto di vista quantitativo e solo timidamente sul piano qualitativo.

Ancora una volta la direttiva CEE 2003/105/CE (*Seveso Ter*), nata dall'incidente di Enschede, ha ridotto le quantità per cui è necessario attivare le procedure di cui all'art. 6 o all'art. 8, ma non sono state dettate le opportune linee guida applicative. Inoltre, assoggetta tutti gli esplosivi a due grandi famiglie:

1. esplosivi in genere;
2. oggetti e materie i cui effetti dell'incendio o esplosione si limitano al collo (contenitore): nella sostanza quelle materie che attualmente in Italia non vengono considerate esplosive (1.4 G o S).

Alla luce di ciò, secondo la direttiva CEE 2003/105/CE (*Seveso Ter*), **un piccolo sbruffo pirotecnico è considerato analogo ad un candelotto di dinamite**. Pertanto, si continuerà a non distinguere le incompatibilità fra i materiali depositati e non vengono normalizzate le distanze dei depositi dai centri di pericolo. Questo significa che a partire dal giorno in cui la direttiva CEE 2003/105/CE (*Seveso Ter*) sarà recepita nei Paesi Bassi, se il paese non avrà adeguato opportunamente le proprie leggi interne, lo stesso incidente di Enschede potrebbe succedere con le stesse medesime modalità con le quali è successo. Fallisce ancora una volta il tentativo europeo di normalizzare il settore degli esplosivi. L'Italia recepirà tale direttiva entro luglio del 2005 e come le altre sarà subita dalle categorie interessate. La direttiva CEE 2003/105/CE (*Seveso Ter*) abbasserà le soglie e detterà soltanto un modo per complicare le procedure di istruttoria per un settore già di per sé gravato da procedure abbastanza lunghe e complesse, rendendo molto spesso impossibile la definizione delle stesse. Altri Enti, normalmente non competenti nel settore degli esplosivi, saranno interessati dalle procedure. Le soglie saranno tali da coinvolgere un'altissima percentuale di depositi esistenti rischiando di creare un caos colossale per questa attività produttiva. Intanto, non esistono linee guida attuative che rendano univoca l'attuazione. Siamo ancora lontani dall'auspicabile normalizzazione Europea nel settore degli esplosivi.

Sorgono spontanei ed inevitabili alcuni dubbi: in questo processo di tentativo di normalizzazione qual'è il ruolo dell'Italia nelle commissioni in cui si decidono le direttive? C'è un ruolo dei rappresentanti Italiani? Come mai non viene formato un comitato di esperti Italiani che abbia ruolo propositivo presso le sedi Europee e le sedi Istituzionali nazionali là dove si decidono affari riguardanti gli esplosivi? Non sarebbe opportuno che il Ministero dell'Interno, in concerto con il Ministero delle attività produttive e con il Ministero dei Trasporti costituisse un comitato di esperti per l'armonizzazione normativa in Italia e come voce propositiva in campo internazionale?

Una cosa è certa: la materia degli esplosivi è sicuramente l'unica o fra le poche che non è rappresentata sindacalmente dalla categoria nelle sedi istituzionali Italiane. Manca, pertanto, nei tavoli dove si legifera, il contributo insostituibile di chi produce e chi opera tutti i giorni nel settore. Si parla di esplosivi civili ed in particolare di fuochi artificiali.

Si desidera sottolineare l'argomento fuochi artificiali per un semplice motivo: il numero di fabbriche e di depositi nel territorio Italiano è enormemente superiore a quello di ogni altra fabbrica di esplosivi civili. L'impiego e la diffusione dei fuochi artificiali nel territorio nazionale non ha nessun confronto con l'impiego e la diffusione di tutti gli altri esplosivi. Nonostante tutto non ci risulta che fra le commissioni degli esperti ONU riguardanti i trasporti su strada, delle Commissioni Consultive nazionali ed internazionali vi sia un solo rappresentante della categoria pirotecnica Italiana. Questo è gravissimo in quanto, vista sul piano numerico, la pirotecnica rappresenta un settore produttivo e ludico certamente molto importante, ma sembra proprio che non si sia mai riflettuto abbastanza su questo. Si ha la sensazione che l'argomento pirotecnica sia solo un peso per chi lo deve trattare.

C'è anche da dire che la scuola pirotecnica Italiana è in testa alla TOP mondiale ed il prodotto fabbricato artigianalmente in Italia costituisce un cosiddetto **prodotto di nicchia** ricercato ed apprezzato in tutto il mondo. Non sembra che questo fatto sia preso sempre sufficientemente in considerazione là dove si decidono le leggi.

A dire il vero talvolta sembra proprio il contrario. Sembrerebbe che in atto sembra ci si sia dimenticati di tutelare il prodotto pirotecnico Italiano e le procedure autorizzative sono soltanto complicate e spesso impossibili;

Tornando al campo internazionale non ci risulta, fino a prova contraria, che al sottocomitato Esperti dell'ONU in materia di trasporto di merci pericolose su strada l'Italia sia stata molto propositiva.

Liste di default sono state presentate da tutti gli stati interessati all'argomento con parametri più o meno restrittivi (esempi: SR/SG/AC.10/C.3/2004/48 e SR/SG/AC.10/C.3/2004/2 Trasmesso dagli esperti della Francia il 20/04/2004. SR/SG/AC.10/C.3/2004/4 trasmesso da DGCSC. SR/SG/AC.10/C.3/2004/45 trasmesso dagli esperti del Regno Unito. SR/SG/AC.10/C.3/2004/43 trasmesso dagli esperti del Giappone. SR/SG/AC.10/C.3/2004/35 trasmesso dagli esperti dell'Australia). Non saltano all'occhio i documenti proposti dal comitato esperti dell'Italia.

In genere, quando qualcuno della categoria esprime qualche disappunto ai colleghi esteri su alcune norme adottate che penalizzano la pirotecnica Italiana, la risposta è sempre la stessa: dove eravate quando si decideva o si proponeva?

In atto l'A.N.I.S.P. -Associazione Nazionale Imprese Spettacoli Pirotecnici e l'A.PIRO.S. -Associazione Pirotecnica centro Sud, stanno preparando una lista di default da proporre al Ministero dei Trasporti per essere proposta al Comitato ONU: La lista vuole essere una via di mezzo tra l'esageratamente restrittivo delle liste in atto in discussione e le esigenze reali dei prodotti Italiani. L'A.PIRO.S. e l'A.N.I.S.P. non hanno ruolo istituzionale e pertanto non hanno potere di parola o di trasmissione documenti presso l'ONU. Spesso svolgono il ruolo di *voci che gridano nel deserto*.

**Ecco qualcuno degli esempi dello stato di confusione che vige in campo internazionale ed in Italia.**

La direttiva CEE 2003/105/CE (*Seveso Ter*), considera aree a grande rischio quelle che hanno una capacità di deposito superiore a 10.000 kg di esplosivo con frasi di rischio R2 o R3. R2 in atto in Italia non sono esplosivi.

**Emerge immediatamente una enorme contraddizione:**

La direttiva CEE 2003/105/CE (*Seveso Ter*) impone i restrittivi adempimenti di cui agli artt. 6 e/o 8 della *Seveso Bis* per depositi di quantitativi superiori a 10.000 kg.

L'ADR 2003, recepita dall'Italia con il decreto del Ministero dei Trasporti 2 settembre 2003, consente ad un autocarro di poter trasportare fino a 16.000 kg di esplosivo su strade pubbliche.

Sembrerebbe che sia più sicuro un autocarro che circola nel nostro territorio che un deposito di esplosivi lontano chilometri dal primo centro abitato o dalla prima strada esistente nella zona, con vigilanza obbligatoria, sistemi di sicurezza vari, restrizioni enormi per ciò che riguarda le distanze dai centri di pericolo e tante prescrizioni normative.

Un'altro esempio:

Il Ministero dei Trasporti recepisce l'ADR 2003 imponendo che la classe di rischio dei prodotti pirotecnici appartenenti ai numeri ONU UN 0333, 0334, 0335, 0336, 0337 debba essere riconosciuta dall'Autorità competente (Ministero dei Trasporti): **Il Ministero dei Trasporti non ha mai istituito gli organi tecnici ed i laboratori per effettuare le prove e pertanto poter certificare la classe di rischio secondo quanto previsto dall'Orange Book.** Non esiste in Italia un laboratorio che opossa rilasciare le certificazioni di classi di rischio per gli esplosivi. Quel che è più grave è che non c'è in atto alcun disegno normativo in Italia per supplire a questo gravissimo errore che rischia di mettere fuori gioco l'intera attività produttiva e commerciale Italiana legata al settore. Presso il Comitato esperti ONU per il trasporto merci pericolose sono stati proposti, dai vari stati membri, liste di default che stabiliscano i limiti qualitativi e quantitativi affinché i produttori possano autocertificare la classe di rischio del prodotto per consentire al settore di lavorare con procedure più semplici. L'Italia non ha ancora proposto nulla. Altri stati (es. Germania) hanno già gli organismi notificati per le prove di laboratorio e per le certificazioni mentre in Italia siamo ancora lontani da ciò: si registrano solo tentativi portati avanti dall'associazione di categoria che si arenano davanti alle impossibilità burocratiche. Tutto ciò è mortificante. Se fosse successo per qualche altro settore produttivo sarebbero state chieste dimissioni immediate. Questa è la dimostrazione che dei fuochi d'artificio o degli esplosivi in genere importa poco presso le sedi Istituzionali se non a chi opera nel settore dando lavoro a migliaia di famiglie ma che, ahimè, non ha alcuna voce rappresentativa. Se una ditta spedisse al Ministero dei Trasporti una decina di pezzi di un prodotto per effettuare le prove previste dall'Orange Book ed ottenere la certificazione della classe di rischio prevista dall'ADR 2003 (D.M 02/09/2003) come risponderebbe il Ministro o il funzionario di turno? Non ci risulta che sia stato nominato un funzionario preposto a questo ufficio e che il Ministero sia attrezzato per rilasciare la certificazione delle classi di rischio. Il Ministero non ha mai emesso note esplicative sulle procedure per ottenere la certificazione che deve rilasciare e nessun laboratorio in Italia è attrezzato ed accreditato per poter rilasciare le certificazioni sulla classe di rischio.

### **2.1 Procedure per il rilascio di un'autorizzazione per deposito o fabbricazione di esplosivi.**

A titolo di esempio si fa presente che in Italia, il rilascio di una qualunque licenza per un opificio di fabbricazione di esplosivi o per il deposito di esplosivi non rientrante nelle soglie di cui alla legge *Seveso bis*, è soggetto alle seguenti procedure:

- Istruttoria dell'UTC e parere della Commissione Edilizia Comunale;
- Parere sanitario dell'Ufficiale Sanitario dell'ASL;
- autorizzazione da parte di eventuali Enti in caso di vincoli imposti sul territorio:
  - Soprintendenza ai beni culturali ed ambientali per vincolo ambientale o paesistico;
  - Forestale in caso di vincolo idrogeologico.
- Nulla osta preventivo da parte dei VVF per attività 24 del DM 16/02/1982.
- Parere preventivo della Commissione Tecnica Provinciale Sostanze Esplosive nella quale è presente un componente dei VVF.
- nulla osta del Genio Civile;
- sopralluogo da parte dei VV F. per il rilascio del CPI
- Rilascio del certificato di conformità da parte del Genio Civile
- Rilascio dell'autorizzazione allo scarico
- Rilascio di tutte le certificazioni di conformità per l'impianto idrico, antincendio, elettrico, protezione dalle scariche atmosferiche;
- Sopralluogo da parte della CTPSE per il parere finale
- Rilascio CPI
- Rilascio dell'agibilità
- Rilascio dell'autorizzazione all'esercizio da parte della Prefettura;

Ottenuta l'autorizzazione prefettizia occorre:

- denuncia dell'impianto di messa a terra presso l'ISPESL;
- denuncia dell'impianto di protezione dalle scariche atmosferiche presso l'ISPESL;
- denuncia all'ASL di eventuali impianti elettrici in zona AD;
- comunicazione all'ASL ed all'Ispettorato del lavoro del responsabile interno del servizio di protezione e prevenzione;
- nomina del medico competente;
- redazione del documento finale di sicurezza;
- piani di emergenza;
- informazione e formazione dei dipendenti
- attestazione rilasciata dai VVF previo corso ed esame per dipendenti che fanno parte della squadra antincendi;
- corso di formazione sul pronto soccorso;

Qualora il deposito o la fabbrica superasse le soglie minime della *Seveso bis* occorre:

- la notifica del piano di sicurezza al sindaco ed alle autorità competenti nel territorio.
- Se si supera la soglia massima il piano di sicurezza va approvato dall'Organo tecnico regionale dei VVF ,ecc..

Si lascia immaginare il numero di copie di progetto ed il peso della carta necessaria per l'intero procedimento.

Non sarebbe meglio semplificare le procedure e far sì che un unico organismo, rappresentativo di tutti gli organi interessati all'intervento e composto da tecnici di *esperti conclarati*, operatori del settore e fabbricanti, che esamini, approvi e rilasci le autorizzazioni necessarie mediante conferenza dei servizi? Se non altro la decisione sarebbe univoca. Durante l'iter procedurale si entra spesso in una sorta di feedback istruttorio che nella maggior parte dei casi costituisce un impossibile loop. Solo una pazienza esemplare conduce permette all'imprenditore di concludere l'istruttoria.

**E' drammatico registrare che talvolta la conseguenza delle abnormi e costosissime complessità procedurali, con pareri non armonizzati tra gli uffici preposti, possa costituire un incentivo al pericolosissimo abusivismo.**

### **3. MODELLI DEGLI SCENARI POSSIBILI DA INCIDENTI IN RELAZIONE ALLE CONFIGURAZIONI CONSENTITE DALLA LEGGE.**

Al fine di ben simulare gli scenari da incidente in una fabbrica con deposito di esplosivi occorre fare alcune precisazioni sulle tipologie di esplosivi, sulle modalità di esplosione dei prodotti esplodenti e sugli effetti che essi determinano nello spazio circostante.

L'art. 82 del RETULPS distingue gli esplosivi per uso civile in cinque categorie:

I prodotti esplosivi, di cui al precedente articolo, sono classificati nelle seguenti categorie:

- 1° *polveri* e prodotti affini negli effetti esplodenti;
- 2° *dinamiti* e prodotti affini negli effetti esplodenti;
- 3° *detonanti* e prodotti affini negli effetti esplodenti;
- 4° *artifici* e prodotti affini negli effetti esplodenti;
- 5° *munizioni* di sicurezza e giocattoli pirici.

Le esplosioni si distinguono in *detonazioni e deflagrazioni*.

Le deflagrazioni sono caratterizzate da un fronte di fiamma (zona all'interno della quale avvengono le reazioni di combustione) che si propaga con velocità subsonica. Nelle detonazioni l'onda d'urto (onda di compressione) si propaga nel sistema reagente con una velocità supersonica (dell'ordine delle migliaia di metri/sec).

Il fatto che la velocità sia superiore a quella del suono comporta una pressione non uniforme nello spazio che presenta un punto di massimo in corrispondenza dell'onda d'urto il cui valore può essere alcune decine di volte maggiore della pressione iniziale. Per tale motivo le detonazioni sono molto più distruttive delle deflagrazioni.

In base alla classificazione dell'art. 82 del RETULPS si può senza alcun dubbio affermare che:

- Gli esplosivi di IV e V categoria, la polvere nera, le polveri da lancio utilizzate nelle armi da fuoco sono esplosivi deflagranti: l'onda d'urto viaggia a velocità subsonica e coincide con l'onda di fiamma.
- Gli esplosivi II, III ed alcuni esplosivi della I categoria in genere detonano: l'onda d'urto viaggia a velocità maggiore dell'onda di fiamma e l'andamento delle pressioni d'urto sono alquanto disuniformi. Tutti gli esplosivi da mina appartengono a questa categoria.

Durante l'esplosione si crea un'onda di pressione dipendente dal mezzo circostante che si propaga creando una sovrappressione seguita da una fase di depressione (risucchio). L'onda di pressione produce danni sugli oggetti che verranno aggravati dall'onda di risucchio.

Quando l'esplosione avviene nel terreno, si creano in esso vibrazioni con onde d'urto simili a quelle di un sisma, che possono essere causa lesioni agli edifici o di un effetto mazzata alle persone al contatto con il terreno in cui risultano sensibili gli effetti dell'esplosione stessa. Per questo motivo, in caso di esplosione a breve distanza, conviene adagiarsi a terra spingendosi solo sulle punte dei piedi e delle mani. In questo modo si evita lo spostamento d'aria, l'ondata di calore che per ovvi motivi di densità va verso l'alto e con essa l'onda d'urto diretta dell'esplosione e si ammortizza l'onda indiretta trasmessa dal terreno.

L'esplosione per simpatia è un fenomeno che interessa gli esplosivi che detonano e che si trovano nelle vicinanze di una detonazione. Se l'esplosivo è munito di detonatore o di spoletta sensibile alle vibrazioni, l'effetto simpatia potrà verificarsi ad una distanza maggiore. In genere la distanza per non detonare per simpatia è maggiore o uguale a tanti metri quanti sono i chili di esplosivo del primo scoppio.

Sulla base di quanto detto risulta evidente che:

- gli artifici di IV e V categoria sono considerati oggetti esplosivi non micidiali in quanto non possono essere detonanti, l'esplosione si può configurare come un incendio violento e rapido, non proiettano schegge, non scoppiano in massa, non possono scoppiare per simpatia. Ad essi è stato assegnato lo scopo ludico sociale.
- Gli esplosivi di I, II e III categoria si considerano esplosivi micidiali.

Per configurare gli scenari da incidente nelle fabbriche o nei depositi di esplosivi occorre innanzitutto identificare i modelli ottenibili con gli estremi superiori del carico depositabile o manipolabile e con il lay out consentito dalla legge per quanto riguarda i luoghi di manipolazione o deposito in un opificio.

Nei depositi convenzionali, i quantitativi massimi di esplosivo depositabili nello stesso deposito non possono eccedere i seguenti carichi massimi:

- 20 ton di materie della I° o seconda categoria
- 3 ton di materie della III° categoria
- 40 ton in caso di clorato di potassio, clorato di bario, clorato di sodio.
- 15 ton per acido picrico o analoghi

se il deposito è suddiviso in più magazzini adiacenti, tra loro separati e recintati insieme da terrapieno:

- 80 ton di materie della I° o seconda categoria
- 60 ton in caso di acido picrico
- 160 ton in caso di clorato di potassio, clorato di bario, clorato di sodio.

Quando gli esplosivi della III categoria sono conservati in un magazzino prossimo ad altro destinato alla conservazione di esplosivi di altra categoria la quantità massima di miscela esplodente contenuta nei detonanti non deve superare i kg 200 e comunque deve distare dagli altri depositi secondo la formula monomia canonica e comunque non meno di 20 mt. Sui carichi massimi i depositi di fuochi d'artificio vengono assimilati a quelli di polvere nera con la sola differenza che si considera solo la massa attiva. La differenza sostanziale sta nel fatto che la polvere nera scoppia in massa mentre i fuochi artificiali non hanno questa tipizzazione in quanto confezionati e protetti da eventuali fiamme e sollecitazioni meccaniche. Pertanto, l'assimilare il fuoco d'artificio alla polvere nera è tutto a vantaggio della sicurezza.

Per quanto riguarda la tipologia dei locali in cui si depositano o manipolano sostanze esplosive vale quanto segue:

- 1) locali convenzionali: strutture verticali resistenti, coperture friabili e comunque leggere: nei casi di esplosivi veloci sono da preferire le coperture in cartone o tela sufficientemente impermeabilizzati.
- 2) Locali sotterranei o igloo: strutture orizzontali e verticali molto resistenti e coperti da terra ma con parete anteriore più debole e comunque protetta da bastione per proteggere i locali vicini o i centri di pericolo esterni.
- 3) L'allegato D, che si occupa della protezione dalle scariche atmosferiche ed il capitolo X dell'allegato B, lascia spazio alle strutture interamente metalliche.

I locali di cui al punto 1) sono i più largamente diffusi e pertanto occorre precisare quanto segue:

lo scopo della copertura leggera come al punto 1, secondo la norma, è quella di consentire in caso di scoppio la direzione preferenziale dal basso verso l'alto dell'onda d'urto e la possibilità di non proiettare schegge pesanti.

Questa ipotesi non è di fatto ottenibile in quanto il casotto è in genere costruito in muratura debole ed è necessariamente sovrastato dalla gabbia di faraday che, nella stragrande maggioranza dei casi, è realizzata con piattina in acciaio zincato o rame o alluminio appoggiata all'immobile. La gabbia di faraday, essendo inevitabilmente metallica, in caso di esplosione veloce andrebbe via e costituisce un elemento pesante di ricaduta. L'esperienza dimostra che nei casotti convenzionali in muratura le pareti vengono abbattute e se il carico è molto alto gli infissi ed i frammenti di muratura costituiscono vere e proprie palle di cannone assieme alle schegge costituite dai frammenti di bandelle della gabbia di faraday, qualora realizzata con piattina in acciaio zincato o rame o alluminio appoggiata all'immobile. La presenza del tetto friabile costituisce di fatto una beffa in quanto spesso realizza quanto segue:

- È in genere facilmente penetrabile da elementi di ricaduta anche non molto pesanti e specialmente se incandescenti;
- facilità di accesso da parte di dannosissimi topi;
- facilità di penetrazione dell'umidità;
- facilità di essere strappata via al primo vento forte.

Occorre inoltre dire che questo tipo di copertura è la causa principale dell'effetto domino in caso di esplosione di un locale in quanto costituito da materiale facilmente penetrabile.

Una soluzione di moderna e molto pratica rispetto alla soluzione canonica, adottata nella stragrande maggioranza di fabbriche e depositi, sarebbe quella di realizzare pareti in cls armato piene con la porta o le finestre protette da bastione terrapienato (so semplicemente da terrapieno) e copertura leggera in lamiera 5-5/10 mm metallica grecata autoportante a sandwich con in mezzo materiale coibente (es.: lana di vetro).

Tale copertura è estremamente leggera e comunque non costituisce elemento pesante di ricaduta. In ogni caso sarebbe facilmente asportabile dal basso verso l'alto in quanto semplicemente avvitata alla struttura di base mentre diventa estremamente resistente dal basso verso l'alto nei confronti di elementi di ricaduta. Inoltre la lamiera, messa a terra in modo idoneo, sarebbe un coadiuvante per la gabbia di faraday. Questo tipo di copertura consente un idoneo isolamento termico, una discreta protezione (non sempre sufficiente) dalle scariche atmosferiche, un idoneo riparo da elementi di ricaduta, incandescenti o non, provenienti dall'alto, bassissima resistenza per azioni dal basso verso l'alto in quanto soltanto avvitata agli elementi portanti di base. Inoltre, le lastre in lamiera, appoggiate ad una struttura metallica portante e ad un edificio con pareti in cls armato pieno sarebbe un'ottima soluzione per ridurre l'effetto domino. L'armatura metallica reticolare delle pareti in cls armato dell'edificio rende le stesse autoprotette dalle scariche atmosferiche con un notevole risparmio. Le armature devono ovviamente essere continue e collegate a terra ed all'impianto superiore di captazione.

La soluzione ottimale per eliminare l'effetto domino e far rientrare gli effetti dannosi dell'incidente al solo laboratorio o deposito in cui si manipolano o detengono sostanze esplosive sono i locali di tipo 2.

Per i depositi occorre distinguere gli esplosivi di I, II e III categoria da quelli di IV e V categoria.

I primi, oltre ad avere la caratteristica di poter esplodere in massa ed in alcuni casi per simpatia possono essere soggette, in caso di presenza di detonatori o accenditori elettrici all'interno del locale, a campi elettromagnetici che possono creare effetti di autoinnesco indotto.

I secondi hanno la caratteristica di non esplodere in massa e di essere estremamente sicuri. Il fuoco artificiale finito, con miccia idoneamente protetta, ha un corpo molto resistente al calore ed alle azioni meccaniche. Basti pensare che nei mortai di lancio subiscono simultaneamente uno shock termico pari a 900 °C ed oltre ed uno shock meccanico di numerosi bar a seguito della sovrappressione di accensione della carica di lancio. Il tutto senza subire alcuna

deformazione in quanto diversamente non uscirebbe dal mortaio e nessun danneggiamento in quanto diversamente esploderebbe all'interno del mortaio stesso. Per questi motivi il fuoco artificiale finito è tendenzialmente sicuro e con esso i depositi. I locali dove avviene generalmente l'incidente sono, altresì, quelli di lavorazione. Il materiale essendo sfuso esplose in massa e nella fase di lavorazione è particolarmente sensibile.

### **SCENARI POSSIBILI: raffronto tra aree di sicurezza secondo RETULPS e secondo le nuove tendenze normative.**

In atto la normativa vigente che costituisce obbligo di applicazione è costituita dal RETULPS. Le leggi di pubblica sicurezza sovrastano e sono prioritarie all'applicazione di qualunque altra norma. Vi è una tendenza normativa, sancita tra l'altro con il DMLPP 09/05/2001, basata su modelli sicuramente più affascinanti e complessi ma la cui applicazione è condizionata al rispetto delle condizioni previste dal RETULPS, garanti di condizioni di sicurezza senz'altro più restrittivi.

L'allegato B del RETULP individua in modo **deterministico** le aree esterne a rischio attraverso la funzione  $d=k\sqrt{C}$ . La nuova tendenza normativa tende verso l'analisi del rischio ed a fissare le aree esterne a rischio in modo **probabilistico**  $d=f(R)$  dove  $R = F(P,M)$ . Il  $k$  del RETULPS, variabile in relazione al centro di pericolo, rappresenta la magnitudine dell'evento causata dalla sovrappressione, con i detriti che porta con sé, dovuta all'esplosione. Nella nuova tendenza normativa gli effetti sono definiti da termini quali *elevata letalità, inizio letalità, lesioni irreversibili e lesioni reversibili* per rappresentare il cosiddetto *gradiente di danno* a gradini crescenti verso il sito pericoloso. I parametri che individuano la letalità in caso di esplosivi sono la sovrappressione, il calore, i detriti trasportati da una eventuale esplosione, le onde sismiche, le sostanze liberate, ecc..

Se si volesse trovare una correlazione tra le due tipologie di approccio occorre esaminare la curva iperbolica di sovrappressione nel diagramma pressione/distanze rappresentata dalla formula monomia e ricavata dal metodo del TNT equivalente. La formula monomia canonica del RETULPS, in fondo, è tratta in modo empirico dalla funzione del tritolo equivalente dopo semplici manipolazioni che l'anno resa molto più restrittiva. Così, i vari  $K$  riguardanti i centri di pericolo, che costituiscono una valutazione rigida degli effetti, si trasformano in aree caratterizzate da elevata letalità, inizio letalità, lesioni irreversibili e lesioni reversibili, scindendo in quattro zone le fasce di distanze in funzione della sovrappressione. Ciò indica che si tende verso modelli matematici più raffinati. Da aree di danno compatte si passa ad aree con gradienti di danno.

La nuova tendenza mira a sostituire il  $k$ , unico parametro esistente nell'approccio deterministico, con una funzione a due variabili chiamata **Rischio**. L'approccio diventa più interessante ed il modello diventa più complesso ma completo e sicuramente più vicino alla realtà. Si precisa che l'approccio basato sugli effetti, quali la sovrappressione, da risultati sicuramente molto meno restrittivi rispetto a quelli del RETULPS e pertanto occorre aspettare una normalizzazione normativa prima di poterli applicare nella realtà.

### **Scenari secondo RETULPS**

Le distanze interne tra i locali in cui si manipolano o depositano esplosivi sono fissate dalla formula monomia:

$d=k\sqrt{C}$  dove  $K$  è un coefficiente che varia a seconda del tipo di esplosivo e tabulato nell'allegato B del RETULPS e  $C$  è la massa netta di esplosivo.

Le distanze esterne rispetto ai centri di pericolo esterni sono le medesime, ma cambia il valore dei coefficienti che dipende dal materiale depositato e dall'importanza del centro di pericolo esterno.

$C$  è sempre la massa attiva all'interno dei locali.

Le distanze possono essere dimezzate se i locali sono terrapienati o vi è presenza di ostacoli naturali o artificiali. In alcuni casi la Commissione tecnica può anche a discrezione ridurre le distanze oltre la metà di quelle scaturenti dall'applicazione della formula monomia se gli ostacoli naturali ed artificiali e le condizioni al contorno lo consentono. Ciò anche perché il terrapieno o l'ostacolo naturale o artificiale sicuramente smorza e riduce gli effetti della sovrappressione dovuta ad esplosione.

Nelle fabbriche si hanno:

- locali per la lavorazione
- locali di deposito semilavorati ed asciugatoi
- locali di deposito materiali esplosivi: gli esplosivi della I, II e III categoria esplodono in massa mentre gli esplosivi della IV e IV non esplodono in massa.

Per ciò che riguarda la lavorazione durante le ore di luce solare occorre precisare che:

creare locali con ambienti sufficientemente aperti da consentire un'illuminazione naturale adeguata sui piani di lavoro è impossibile. Ciò per la delicatezza delle operazioni da compiere e per la necessità tutela imposta dalle norme per la salute del lavoratore. Una illuminazione insufficiente è causa di scarsa concentrazione e di danni alla vista. Elementi, questi, pericolosissimi per chi lavora nel settore degli esplosivi.

Il datore di lavoro deve consentire di lavorare con l'illuminazione necessaria per lavorazioni manuali e che richiedono particolare attenzione. L'illuminazione adeguata in relazione al tipo di lavorazione da effettuare sarebbe pari ad un range 400-600 lux. Questi livelli di illuminamento sarebbero assolutamente impossibili da raggiungere con la luce naturale ed in modo continuato durante le ore di lavoro in quanto i laboratori non hanno sufficiente superfici aerate ed in genere sono ubicati in zone protette. In particolare, se si tratta di locali in caverna o igloo, questi valori sono impossibili da raggiungere.

Si consiglia pertanto di ricorrere sempre alla luce artificiale realizzando gli impianti secondo le prescrizioni della norma CEI 64.2 – *impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione* e delle norme CEI/ISPESL N. 1469 G. L'esecuzione dell'impianto, in questi casi, deve essere particolarmente rigorosa ed attendere scrupolosamente le modalità prescritte dalla norma 64.2 per ciò che riguarda i luoghi di classe 0: C0 – luoghi contenenti sostanze esplosive.

Vengono adesso analizzati alcuni modelli di fabbrica nelle configurazioni massime e più rischiose.

**L'incidente in una fabbrica di esplosivi può essere dovuto a molteplici fattori:**

**Nei locali di lavorazione:**

Scarsa purezza del materiale utilizzato, reazioni di ossido-riduzione fra i materiali ossidanti e metallici nel corso della miscelazione con rilascio di energia termica, cariche elettrostatiche, eccessiva sicurezza da parte dei lavoratori, attrezzature non adeguate che possono produrre attrito o scintille nelle materie in corso di lavorazione, presenza di fiamme libere, deconcentrazione dovuta anche a scarsa luminosità a causa della mancanza di un idoneo illuminamento, disordine all'interno del locale con possibile rovesciamento dei materiali che possono essere causa di scintilla per attrito da calpestio. Effetto domino per ricaduta dovuto a scarsa tenuta della copertura per i materiali provenienti dall'alto o a scarsa protezione delle pareti.

**Deposito:**

Umidità, roditori, instabilità dei campi elettromagnetici forti per dispositivi innescanti elettrici o elettronici, scariche elettriche, fiamme libere.

Effetto domino per ricaduta dovuto a scarsa tenuta della copertura per i materiali provenienti dall'alto.

Agli effetti esterni è l'esplosione del deposito a produrre gli effetti più consistenti.

Per quanto prima esposto è chiaro che più gravosi da esaminare sono quelli legati al carico con 80.000 kg distribuiti in quattro depositi adiacenti.. Saranno esaminati quattro casi con  $4 \times 20.000 \text{ kg} = 80.000 \text{ kg}$ :

- locali di lavorazione e deposito di esplosivo che esplose per detonazione (in massa) realizzati in modo convenzionale.
- locali di lavorazione e deposito di esplosivo che esplose per detonazione (in massa) realizzati con la tipologia igloo
- locali di lavorazione e deposito di esplosivo che non esplose in massa (IV e V categoria) realizzati in modo convenzionale.
- locali di lavorazione e deposito di esplosivo che non esplose in massa (IV e V categoria) realizzati con la tipologia igloo.

**CASO A°**

**Fabbrica di esplosivi con depositi e laboratori convenzionali. Carico massimo  $4 \times 20.000 = 80.000 \text{ Kg}$  di materiale detonante che esplose in massa.**

Gli 80.000 kg di carico sono distribuiti in almeno quattro diversi depositi.

**Esplosione in un locale di lavorazione:**

- a) Se si è rispettata la regola della modica quantità nel locale di lavorazione e non vi sono altri materiali esplodenti all'interno del casotto, gli effetti dell'esplosione sono circoscritti al casotto stesso e gli effetti di ricaduta e della sovrappressione non colpiscono gli altri casotti. La modica quantità è dettata da due parametri:
  - Quantità in relazione alle distanze interne dei locali di lavorazione e deposito secondo la formula monomia classica prevista dalla norma.
  - Buon senso del fabbricante che sa, e molto spesso solo egli sa, la pericolosità di ciò che sta lavorando anche in relazione alle modalità procedurali adottate ed ai macchinari ed agli impianti utilizzati (affidabilità, obsolescenza, guasti, manutenzione ecc).
- b) Se non si rispetta la regola della modica quantità gli effetti dell'esplosione possono raggiungere gli altri casotti che se non sono protetti dagli effetti della sovrappressione o dagli oggetti di ricaduta sono coinvolti dall'effetto domino che a catena può colpire l'intera fabbrica fino ad arrivare al deposito finale. L'esplosione di un locale di lavorazione esplica i suoi effetti all'interno dell'area di fabbrica.

L'effetto domino può essere evitato nel caso in cui le pareti dei casotti di lavorazione sono protette da ostacoli naturali o artificiali e se sono resistenti ai fenomeni di sovrappressione e la copertura è tale da resistere ad eventuali oggetti di ricaduta incandescenti o semplicemente pesanti.

In genere l'effetto domino coinvolge pure il deposito finale. In caso di esplosione del deposito si crea una forte sovrappressione ed effetti di ricaduta sensibili all'interno del raggio ottenuto con la formula monomia canonica per le verifiche delle distanze esterne.

Lo scenario dopo l'incidente risulta pertanto come una serie sovrapposte di aree, sempre meno devastate man mano che ci si allontana dall'incidente, con focolai d'incendio sempre più radi ma che hanno per baricentro l'esplosione.

Le aree si esauriscono, ciascuna, entro le zone costituite da una serie di cerchi aventi centro nel punto di esplosione e raggio pari alle distanze ottenute con la formula monomia.

L'area massima interessata dell'incidente, che coincide con l'area di sicurezza del centro di pericolo della fabbrica o del deposito, è quella di un cerchio avente centro nel luogo pericoloso e raggio fornito dalla formula monomia canonica:

$$d = k\sqrt{C}$$

dove K è un coefficiente che varia a seconda del tipo di esplosivo e del tipo di centro di pericolo esterno e tabulato nell'allegato B del RETULPS., C è la massa netta di esplosivo.

Sarà esaminata la situazione più gravosa. Materiale contenuto costituito da:

Esplosivi della prima o della seconda seconda categoria con l'esclusione di Gelatina, dinamiti, chedditi (sciolti o in bombe), acido picrico in casse.

Nel caso in cui l'esplosivo fosse costituito da Gelatina, dinamiti, chedditi (sciolti o in bombe), acido picrico in casse o materiale simile agli effetti esplosivi il carico massimo sarebbe  $4 \cdot 15.000 \text{ kg} = 60.000 \text{ kg}$ .

- $K = 4$  se il centro di pericolo è costituito da strade statali e provinciali, canali navigabili, case isolate, ecc..
- $K = 8$  se il centro di pericolo è costituito da opifici, gruppi di case, chiese, centri abitati fino a 500 persone, ecc.
- $K = 10$  se il centro di pericolo è costituito da centri abitati fino a 10.000 abitanti
- $K = 12$  se il centro di pericolo è costituito da una città con un numero di abitanti superiore a 10.000 abitanti.

L'area di sicurezza è quella contenuta in un cerchio avente centro il deposito e raggio pari a  $d = k\sqrt{C}$

Nelle condizioni peggiori si avrà:

$d = 12 \cdot \sqrt{80.000} = 3.394 \text{ mt}$  = distanza minima del deposito dal centro abitato con numero di abitanti superiore a 10.000.

Questa è la distanza dal centro abitato consentita dalla norma. I risultati ottenuti con l'applicazione degli altri valori di  $k$  in funzione dei centri di pericolo esterni vanno confrontati tra loro e fra tutti va preso il più restrittivo.

Il raggio della superficie si potrebbe dimezzare nel caso in cui il deposito è terrapienato o ci sono ostacoli naturali o artificiali ritenuti idonei dalla CTPSE.

In tal caso si avrebbe una superficie interna ad un cerchio avente centro il deposito ed avente raggio: 1.697 mt.

Al di fuori di questo raggio non risultano sicuramente sensibili gli effetti dell'esplosione dovuti a sovrappressioni o materiali di ricaduta qualora avvenisse in massa.

Questa è la distanza del deposito dal centro abitato consentita dalla norma. Un insieme di quattro depositi adiacenti terrapienati ed aventi un carico complessivo pari a  $4 \cdot 20.000 = 80.000 \text{ kg}$  deve essere realizzato ad un minimo di 1.697 mt da un centro abitato. In realtà è impossibile che l'esplosione avvenga contemporaneamente per tutti gli 80.000 kg. L'incidente farà registrare, nelle ipotesi più gravose e sfortunate, una serie di 4 esplosioni e comunque non vi sarà contemporaneità. E' molto probabile che nello stesso deposito una parte del materiale non esploda a causa degli effetti di rarefazione dell'ossigeno dovuti all'esplosione primaria.

L'area reale di sicurezza sarà pertanto quella avente raggio pari a  $d = 849 \text{ mt}$  ottenuta con  $C = 20.000 \text{ kg}$ .

Considerati i coefficienti di sicurezza legati alla formula monomia, l'area in cui risultano sensibili gli effetti dell'esplosione avrà un raggio senz'altro inferiore. Qualora l'esplosione non avvenisse in massa gli effetti sensibili sarebbero limitati ad un'area di raggio ancora inferiore.

Restano invece sensibili gli effetti dovuti all'azione vibratoria dovuta all'esplosione, gli eventuali danni materiali dovuti a questa vibrazione anche al di fuori del perimetro sopra indicato e gli effetti dovuti al panico per il boato con relativo sisma che ne consegue. Gli effetti più importanti da valutare riguardano invece le eventuali conseguenze sul sottosuolo: presenza di faglie, alterazione dell'assetto idrogeologico delle falde, alterazione dell'assetto dei corsi d'acqua sotterranei e dei pozzi, alterazioni dell'assetto idrogeologico in generale. E' questo l'aspetto più importante da osservare nella valutazione dei grandi rischi visto che ogni altro aspetto esterno è costantemente monitorato dai numerosi organismi competenti e dagli organi preposti all'attività edilizia ed alle attività produttive e dalle restrittive prescrizioni normative vigenti.

In realtà l'esplosione per cause accidentali non può avvenire completamente in massa in quanto si tratta in un gruppo di magazzini da 20.000 kg. L'unico caso in cui l'esplosione può avvenire in massa è quello relativo ad un eventuale attentato terroristico. In tal caso l'attentatore predisporrà il tutto perchè l'innescò avvenga contemporaneamente. Questo caso, visti i tempi necessari per effettuare i collegamenti e visto lo stato di presidio delle fabbriche o dei depositi di esplosivo, sarebbe un evento alquanto remoto, improbabile da realizzare e del quale non si ha alcuna evidenza statistica. E' auspicabile, per abbattere questo rischio, a parte la guardia armata sistemi di allarme con camere a circuito chiuso e fasci infrarossi. Gli allarmi collegati con le forze dell'ordine se le quantità o la pericolosità degli esplosivi è alta.

Per valutare l'attendibilità della formula monomia occorre valutare l'effettiva sovrappressione dovuta all'esplosione che è la causa dei danni maggiori ed a maggiore distanza.

Dal raffronto tra gli effetti della sovrappressione e quelli derivanti dall'applicazione della formula monomia del RETULPS emergono interessanti considerazioni:

**Facciamo un esempio:**

**Tritolo:  $k = 5$  per distanza da case coloniche isolate, strade statali e provinciali, ecc.. senza terrapieno**

**Distanza alla quale si raggiunge la sovrappressione di 0,07 bar sufficiente per demolire una casa (Du Pont).**

<b>Q= quantità di esplosivo in kg</b>	<b>Distanza da case isolate, strade statali ecc. secondo RETULPS</b>	<b>Distanza alla quale si registra la sovrappressione di 0,07 bar.</b>
<b>1.000</b>	<b>150</b>	<b>150</b>
<b>5.000</b>	<b>354</b>	<b>256</b>
<b>10.000</b>	<b>500</b>	<b>321</b>
<b>20.000</b>	<b>707</b>	<b>404</b>
<b>40.000</b>	<b>1.000</b>	<b>508</b>
<b>50.000</b>	<b>1.118</b>	<b>547</b>

Il RETULPS tende ad essere molto restrittivo, fino a raddoppiare le distanze, man mano che le quantità di esplosivo crescono.

### **CASO B° (figura 2):**

#### **Fabbrica di esplosivi con depositi e laboratori di tipo igloo. Carico massimo 80.000 Kg di materiale detonante che esplose in massa.**

L'igloo è un locale interrato le cui caratteristiche sono riportate nel punto cter del capitolo I dell'allegato B del RETULPS. E' costituito da una parete libera, tre pareti completamente interrate ed una copertura sovrastata da uno strato di 70 cm minimi di terra di riporto.

#### **Esplosione di un locale di lavorazione:**

La protezione dagli effetti della sovrappressione è attuata mediante idonei muri tagliafuoco o terrapieni la cui altezza è maggiore del punto più alto della copertura del casotto o deposito.

Il muro tagliafuoco o il terrapieno deve essere realizzato in modo da riparare il locale da eventuali effetti della sovrappressione.

L'eventuale indicente nel locale di lavorazione non avrebbe alcun effetto nei laboratori circostanti se posti alle distanze di sicurezza imposte dal punto Cter del capitolo IV dell'allegato B del RETULPS. Gli effetti dell'incidente rimarrebbero localizzati nell'ambito dello stesso laboratorio. Le distanze di sicurezza sono estremamente ridotte in quanto si tratta di formula monomia ma con radice cubica anziché quadrata. La distanza di sicurezza diminuisce esponenzialmente.

#### **Esplosione in un gruppo di depositi avente carico massimo 80.000 kg.**

L'area di sicurezza in questo caso risulta molto ridotta rispetto a quella del caso A.

$D = k \cdot \sqrt[3]{C}$ ; Dove: D = distanza dal centro di pericolo, K = 22.2 nel caso di centro di pericolo costituito da gruppi di case, centro abitato, opifici industriali ed altro, C = 80.000, D = 957 mt.

In realtà, per i motivi riferiti per il caso A è impossibile lo scoppio contemporaneo di 80.000 kg. Le distanze di sicurezza imposte dalla norma sarebbero quelle per un carico di 80.000 kg ma in realtà l'eventuale scenario post incidente si ferma ad un'area avente raggio pari alla  $d$  ricavata con la formula monomia precedente con  $c=20.000$ .

In tal caso si ha  $d=603$  mt.

La distanza, come si ha modo di vedere dal risultato, è di gran lunga ridotta rispetto al caso A. Rimane invariata la problematica rispetto alla questione sismica mai affrontata dalle norme.

Lo scenario che si presenta è sicuramente meno devastante rispetto a quello che si può osservare per l'esplosione in massa di un deposito di 20.000 kg non protetto.

L'onda d'urto viene in gran parte assorbita dalla struttura dell'igloo e l'area di sicurezza va tenuta comunque in quarantena e sotto controllo fino a quando non si abbia la certezza che ogni emergenza non sia finita.

Vanno osservate le stesse attenzioni del caso precedente con la sola differenza che si tratta di un'area sicuramente molto più limitata. Va detto che comunque il caso di esplosione in massa è impossibile da ottenere in modo accidentale mentre risulta possibile solo a seguito di un improbabile attentato.

### **CASO C:**

#### **Fabbrica di fuochi artificiali con depositi e laboratori aventi tipologia convenzionale. Carico massimo 80.000 Kg di materiale pirotecnico che non esplose in massa.**

#### **Esplosione di un locale di lavorazione:**

- c) Se si è rispettata la regola della lavorazione della modica quantità e non vi sono altri materiali esplosivi all'interno del casotto, gli effetti dell'esplosione sono circoscritti al casotto stesso e gli effetti di ricaduta e della sovrappressione non colpiscono gli altri casotti. La modica quantità è dettata da due parametri:
  - rispetto delle distanze interne secondo la formula monomia classica prevista dalla norma.
  - Buon senso del fabbricante che sa, e molto spesso solo egli sa, la pericolosità di ciò che sta lavorando anche in relazione alle modalità procedurali adottate ed ai macchinari ed agli impianti utilizzati (affidabilità, obsolescenza, guasti, manutenzione ecc).
- d) Se non si rispetta la regola della modica quantità gli effetti dell'esplosione possono raggiungere gli altri casotti che se non sono protetti dagli effetti della sovrappressione o dagli oggetti di ricaduta, sono coinvolti dall'effetto domino che a catena può colpire l'intera fabbrica fino ad arrivare al deposito finale.

L'effetto domino può essere evitato nel caso in cui le pareti dei casotti di lavorazione sono protetti da bastioni o terrapieni con strutture verticali resistenti ai fenomeni di sovrappressione e la copertura è tale da resistere ad eventuali oggetti di ricaduta incandescenti o semplicemente pesanti.

Il deposito è la zona più sicura di tutta la fabbrica in quanto in condizioni normali è improbabile che un deposito di fuochi artificiali possa esplodere.

L'esplosione avviene solo per fatti accidentali e statisticamente si può definire un fenomeno improbabile. L'esplosione rientra fra quei fenomeni che quando succedono vengono appresi come qualcosa di inaspettato e dubbio. Il caso da tenere in scarsissima considerazione è quello dell'attentato.

Vista la diffusione dei depositi di fuochi artificiali non è impossibile che possano essere presi di mira da terroristi. Ciò non è un fenomeno consueto in quanto non si ha una statistica degna di attenzione. Il campione non è significativo. In genere il fuoco d'artificio, nato per essere tale, non interessa molto il terrorista in quanto, nel migliore dei casi, si avrebbe un'esplosione per deflagrazione che non è particolarmente distruttiva.

L'esplosione accidentale più frequente è dovuta al materiale di ricaduta a seguito dell'esplosione di un laboratorio all'interno della fabbrica o della sovrappressione nel caso in cui le pareti non siano sufficientemente salde.

Un altro motivo di esplosione accidentale può essere dovuta ai topi: rosicchiano le confezioni con fuoriuscita del materiale che a volte può essere igroscopico con fenomeni di reazioni di ossido-riduzione, dovute ad umidità, che rilasciano energia termica con conseguente surriscaldamento.

L'esplosione accidentale, per quanto improbabile, di un deposito di fuochi artificiali si evolve nel seguente modo:

l'esplosione non avviene in massa. Ogni esplosione spazza gli artifici attorno e pertanto, demolita la parete o scopercchiato il tetto è possibile che artifici ancora intatti o accesi siano lanciati nella zona.

In caso di scoppio accidentale di un deposito di fuochi d'artificio occorre fare molta attenzione.

Intanto gli operatori, al primo dubbio che ciò possa succedere, devono scappare e non lasciarsi tentare dal prendere le manichette antincendio per lo spegnimento: sarebbe un suicidio.

Occorre immediatamente avvisare le forze dell'Ordine. L'area da tenere sotto controllo è sempre quella ottenuta dalla formula monomia canonica.

Lo scenario risulta pertanto quello di un'area completamente minata in quanto moltissimi artifici sono stati proiettati all'esterno e molti di essi rimangono inesplosi.

Focolai d'incendio divampano dovunque. Occorre tenere tutti lontani dall'area di sicurezza della formula monomia ed evitare ogni accesso alla fabbrica. Occorre spegnere i focolai esterni alla fabbrica, ove possibile al fine di far divampare altri incendi. La fabbrica è sufficientemente recintata per tenere lontane le persone.

Poiché la maggiore concentrazione di prodotti inesplosi proiettati si avrà all'interno della fabbrica è assolutamente vietato accedervi fino a quando non si ha certezza che l'ultimo focolaio non sia spento.

E' assolutamente vietato utilizzare acqua all'interno dell'area di fabbrica o avvicinarsi al deposito, fino alla certezza di spegnimento dell'ultimo focolaio. Anche la presenza di feriti all'interno dell'area di fabbrica non deve necessariamente indurre ad avvicinarsi imprudentemente. Gli scoppi di artifici in genere uccidono i soccorritori. Gli eventuali incendi esterni alla fabbrica vanno spenti con le dovute attenzioni. L'area potrebbe essere minata.

Finita l'emergenza occorre effettuare un sopralluogo con relativa bonifica del territorio. Il sopralluogo deve essere guidato dal titolare della fabbrica o da qualche supersite che abbia buona conoscenza dei materiali depositati e della fabbrica stessa. E' assolutamente sconsigliato avventurarsi all'interno dell'area di fabbrica o adoperare getti d'acqua da parte di terzi che non conoscono la stessa o non siano profondi conoscitori degli artifici.

L'area dell'incidente da tenere sotto controllo è quella formata da un cerchio avente centro nel deposito e raggio fornito dalla formula monomia canonica:  $d=k\sqrt{C}$ , dove: K è un coefficiente che varia a seconda del tipo di esplosivo e tabulato nell'allegato B del RETULPS, C è la massa netta di esplosivo. Quest'area è sicuramente sovradimensionata rispetto alle caratteristiche possibili di un esplosione in un deposito.

K = 3 se il centro di pericolo è costituito da strade statali e provinciali, canali navigabili, case coloniche isolate, eccc..

K = 5 se il centro di pericolo è costituito da opifici industriali, chiese, centri abitati fino a 500 persone, ecc.

K = 6 se il centro di pericolo è costituito da centri abitati fino a 10.000 abitanti

K = 8 se il centro di pericolo è costituito da una città con un numero di abitanti superiore a 10.000 abitanti.

L'area in cui sono sensibili gli effetti dell'incidente è quella contenuta in un cerchio avente centro il deposito e raggio pari a  $d=k\sqrt{C}$

Nelle condizioni peggiori si avrà:  $d = 8*\sqrt{80.000} = 2.263 \text{ mt}$  = distanza minima del deposito dal centro abitato con numero di abitanti superiore a 10.000. Il raggio della superficie si potrebbe dimezzare nel caso in cui il deposito è terrapienato o ci sono ostacoli naturali o artificiali ritenuti idonei dalla CTPSE. In tal caso si avrebbe una superficie interna ad un cerchio avente centro il deposito ed avente raggio: 1.182 mt. Questa distanza è sicuramente sovradimensionata in quanto è impossibile l'esplosione in massa di 80.000 kg di artifici tra loro collegati da un improbabile terrorista. L'operazione di collegamento di 80.000 kg di artifici è un'operazione molto complessa che richiede anche diversi giorni per cui risulta assolutamente impossibile da praticare. Poiché in ogni casotto vi saranno massimo 20.000 kg che non scoppiano in massa si può ritenere ipotizzabile, con buon criterio di sicurezza, lo scoppio contemporaneo di non oltre cinquanta artifici.

La massa attiva di cinquanta artifici può essere considerata, con ampio margine di sicurezza, pari a circa 500 kg nelle ipotesi massime. Da esperienze di reportage su scenari di incidenti si può ben dire che nel caso scoppiassero contemporaneamente 1.000 kg di artifici pirotecnici in un deposito con pareti di muratura scarsa e tetto facilmente friabile l'area in cui sono sensibili gli effetti dell'esplosione non va oltre i 50 mt. Al di fuori di questo raggio, in base ad esperienze fatte, risulta nulli gli effetti dell'esplosione dovuti a sovrappressioni o materiali di ricaduta. Restano invece sensibili gli effetti dovuti all'azione vibratoria dovuta all'esplosione, gli eventuali danni materiali dovuti a questa vibrazione anche al di fuori del perimetro sopra indicato e gli effetti dovuti al panico per il boato con relativo sisma che ne consegue. In ogni caso, l'azione vibratoria si ferma in un raggio inferiore a qualche centinaio di metri nel caso di scoppio contemporaneo di 1.000 kg di artifici. Poiché il materiale risulta sollevato dal piano di calpestio del deposito la craterizzazione è alquanto limitata. L'esperienza mostra che i peggiori incidenti nelle fabbriche pirotecniche in Italia hanno riguardato solo l'area di fabbrica o di deposito senza alcun coinvolgimento delle aree esterne..

#### **CASO D:**

**Fabbrica di fuochi artificiali con depositi e laboratori aventi tipologia igloo. Carico massimo 80.000 Kg di materiale pirotecnico che non esplode in massa.**

La tipologia di tipo igloo per i locali di produzione e di deposito di fuochi artificiali è certamente la soluzione più sicura. La tipologia risulta sovradimensionata a vantaggio di sicurezza ma sicuramente gli scenari sono certamente limitati al punto di esplosione.

#### **Scenari simulati con metodi probabilistici basati sulla valutazione del rischio.**

La nuova tendenza normativa ha un approccio probabilistico relativamente alla individuazione delle aree a rischio. I cerchi rigidi ed inflessibili derivanti dalla applicazione del RETULPS divento cerchi con gradienti di danno la cui determinazione avviene mediante la probabilità di accadimento annuo dell'evento.

Poiché la situazione più gravosa fra i numerosi fattori di danno è data dalla sovrappressione creata dall'esplosione ad essa si farà maggiormente riferimento mentre saranno dati cenni sugli altri fattori per il cui approfondimento di rimanda ad altro studio, non riportato in questa sede per ovvi motivi di spazio.

La nuova tendenza normativa tende a fissare le aree a rischio in funzione delle effettive potenzialità distruttive dell'esplosivo.

La sovrappressione è calcolata tramite le formule empiriche, più o meno equivalenti, legate alle sovrappressioni causabili dall'esplosione di un kg di TNT ed attraverso le quali si risale agli altri tipi di esplosivi tramite coefficienti correttivi che indicano la quantità di esplosivo equivalente ad un kg di TNT.

Calcolate le aree di rischio in cui risulta visibile il gradiente del danno come una curva iperbolica con simmetria isotropia nello spazio circostante il sito sensibile, le nuove metodologie di calcolo tendono a relazionare quest'ultimo con la probabilità di accadimento dello stesso: entrano in gioco le cause che producono l'incidente e le modalità per minimizzarle.

Le nuove metodologie di calcolo, mediante la funzione  $R=F(M,P)$ , dove M è il danno causato dalla sovrappressione e P è la probabilità che l'evento accada, consentono la pianificazione urbanistica mediante la determinazione delle soglie di rischio nel territorio circostante il sito a rischio.

La nuova normativa deve fare i conti con il RETULPS la cui rigidità non consente di avere attività umane nel raggio calcolato con il K di cui all'allegato B. Pertanto, finché non si raggiunga una adeguata normalizzazione normativa, per ciò che riguarda gli esplosivi le nuove tendenze sono solo approcci interessanti ma la cui applicazione deve essere filtrata attraverso il RETULPS. In ogni caso, poiché l'evoluzione normativa in atto riscuote un notevole interesse scientifico, in questa sede si può dare solo cenno alla metodologia della valutazione dei rischi rimandando ad altra sede una trattazione più approfondita. Fissata per semplicità  $R=P*M$  la funzione di rischio in funzione della probabilità di accadimento dell'evento ed il danno che riesce a causare (la formula potrebbe essere anche più complessa ma si ritiene che quella monomia semplice sia la più adatta), è possibile fare una mappa dei rischi attorno al sito sensibile.

Il valore del danno M viene fissato in quattro fasce di valori:

M	Fascia di danno	Fasce di Sovrappressione equivalente	Qualificazione del danno
1	Elevata letalità	60 KPa	Lieve
2	Inizio letalità	14 LPa	Significativo
3	Danno irreversibile	7 KPa	Grave
5	Danno reversibile	3 KPa	Gravissimo

In realtà gli effetti dell'esplosione più significativi per la valutazione del danno in caso di esplosivi sono:

Sovrappressione; onda di energia termica; traiettorie dei detriti lanciati dall'esplosione; nube di sostanze tossiche liberate; onde sismiche.

Dalle simulazioni effettuate in relazione ai modelli fisici, meccanici, geomeccanici, geofisici, termofisici, termochimici e balistici utilizzati, la sovrappressione risulta quella avente il maggior raggio di influenza. Per questo motivo la sovrappressione sarà presa come valore più rappresentativo per la determinazione del valore di M e delle distanze anche se non sono da escludere, nei singoli casi particolari, le valutazioni di M e di D tramite gli altri parametri. Particolare attenzione va prestata alla formazione dei crateri ed al sisma indotto in caso di esplosione. Ciò in quanto occorre tenere presenti le risorse del sottosuolo che a volte possono costituire sicuramente siti particolarmente sensibili.

E' chiaro che, a parte analisi specifiche come quelle del sottosuolo, occorre valutare tutti gli altri effetti al fine di avere una scala di M e delle distanze sufficientemente valida.

Per ciò che riguarda il calcolo del valore di P occorre: fare una lista di controllo di tutte le possibili cause di esplosione e dare a ciascuno di esse un valore di probabilità di accadimento annuo:

#### **MACCHINE, ATTREZZATURE ED UTENSILI**

- stress della macchine per eccessivo carico di lavoro;
- mancata manutenzione delle macchine secondo libretto d'uso e di manutenzione;
- macchine di lavorazioni non a norma o senza i necessari cicli di manutenzione effettuata
- utilizzo di macchine ed attrezzature artigianali e modificate e/o non dotati di marchio CE idoneo all'uso.

#### **MATERIE PRIME**

- autocombustione per igroscopicità;
- materiali non puri nella lavorazione; materiali economici e/o non dotati di schede tecniche di sicurezza;
- metalli non sufficientemente paraffinati;

#### **FATTORI ESTERNI**

- calore indotto da incendi esterni;

- tromba d'aria o vento ad altissima velocità;
- tromba d'aria con focolai d'incendio esterno;
- nubifragio violento con elevata intensità di scariche atmosferiche;
- sisma con crollo delle strutture;

#### **FATTORI UMANI**

- personale non sufficientemente formato ed informato sui processi di lavorazione;
- mancato controllo di qualità in accettazione dei materiali;
- presenza di fumatori nell'area attiva;
- mancata pulizia delle aree esterne;
- disordine negli ambienti esterni ed interni;
- mancato uso dei DPI
- mancata partecipazione alla formazione ed all'informazione;
- mancata attenzione alla cartellonistica;
- mancato rispetto delle distanze dei materiali esplosivi dalla gabbia di faraday previste dal dimensionamento dell'impianto di protezione delle scariche atmosferiche;
- disordine nei locali di lavorazione;
- disordine nelle parti esterne;
- spazzature accumulate senza il rispetto delle norme o di adeguate procedure;
- fretta nella lavorazione a causa di impegni che non possono essere soddisfatti per l'esigua quantità di carico esplosivo depositabile (è una delle cause di incidenti più ricorrente);
- lavorazioni pericolose non consentite dalla legge;
- lavorazioni, manipolazioni, movimentazione, deposito di sostanze promiscue e non compatibili;
- Carico eccessivo rispetto a quello autorizzato o autorizzabile nei locali di lavorazione;
- utilizzo di materiale metallico senza le preventive procedure di scarico a terra delle cariche elettrostatiche;

#### **IMPIANTI**

- mancata manutenzione degli impianti elettrici;
- mancata manutenzione dell'impianto antincendio
- mancata manutenzione dell'impianto di protezione delle scariche atmosferiche;
- impianti non eseguiti a regola d'arte;

#### **FATTORI VARI**

- mancata manutenzione nella tinteggiatura delle parti metalliche dei casotti;
- mancata manutenzione delle parti in legno;
- roditori che rosicchiano le confezioni di esplosivo con versamenti di sostanze pericolose;
- elevata temperatura interna
- elevata umidità interna
- radiazioni elettromagnetiche in presenza di accenditori elettrici vicini a materiale esplodente;
- attrezzature non adatte;
- abbigliamento non adatto;
- cariche elettrostatiche nell'abbigliamento o nei capelli o fisiologiche;
- attentato terroristico

La lista è puramente indicativa ed andrebbe approfondita caso per caso. Essa deve essere attinta dalla banca dati dei fattori di rischio aziendale.

A titolo esemplificativo si citano alcuni esempi di approfondimento.

Fra le macchine più utilizzate nel settore degli esplosivi di IV e V categoria, hanno il posto di rilievo le miscelatrici e le presse.

Per le presse, fra gli esempi più ricorrenti di mancato rispetto delle norme, occorre citare:

- Presse non dotate di marchiatura CE idonea all'uso;
- Mancata presenza di valvole di sicurezza per il controllo delle pressioni di schiacciamento;
- mancata presenza dei manometri di controllo;
- mancata presenza dei by pass di sicurezza per le anomalie di funzionamento dell'impianto idraulico di pressione;
- molte presse sono spesso artigianali senza alcuna manutenzione periodica;
- mancata pulitura del sistema;

Questi sono aspetti legati alla macchina. Molto importante sarebbe pure curare gli aspetti logistici dell'installazione. Sarebbe opportuno isolare il locale macchina dal locale lavorazione e caricamento attraverso un idoneo muro in cls armato a prova di esplosione. Il caricamento avverrebbe tramite una finestra, anch'essa a prova di esplosione quando chiusa, che impedisce l'azionamento della macchina quando aperta. Avvenuto il caricamento, l'azionamento della macchina potrebbe così avvenire a distanza attraverso una consolle che monitorizza, tra l'altro, la pressione di schiacciamento e la temperatura nelle parti meccaniche in movimento. Una eventuale sovratemperatura manderebbe in

blocco la macchina ed una eventuale sovrappressione farebbe scattare il funzionamento delle valvole di sicurezza facendo by-passare il fluido oliodinamico.

Considerato che nelle presse si registra un'alta percentuale degli incidenti, questo sistema farebbe tendere a zero le vittime e terrebbe sotto controllo gli effetti dell'eventuale esplosione che sarebbe senz'altro molto meno probabile e gli effetti sicuramente molto contenuti in quanto il materiale che potrebbe esplodere è la modestissima quantità contenuta nella forma della pressa.

Identiche problematiche si avvertono nelle miscelatrici.

- Le macchine non sono spesso con marchio CE;
- collegamento tra motore di trascinamento e rotore della miscelatrice effettuato con cinghia di trasmissione o con rotismo non coperti da carter con grado di protezione IP55; La cinghia, in particolare, è portatrice di cariche elettrostatiche pericolosissime mentre l'eventuale rotismo, sporcandosi e saturandosi con le polveri esplosive generate durante la miscelazione potrebbe diventare un punto di elevato pericolo in caso di cattivo funzionamento o di attrito eccessivo.
- I cassettei di scaricamento sono spesso non idonei in quanto realizzati artigianalmente;
- La miscelazione avviene con sistemi artigianali senza alcuna manutenzione periodica;
- Mancata pulitura del sistema;

Oltre a questi aspetti legati alla macchina, alla sua manutenzione ed all'efficienza occorre mettere in evidenza gli aspetti logistici. Sarebbe opportuno separare l'ambiente di lavoro dal locale macchine mediante un muro a prova di esplosione: si potrebbero salvare molte vite umane dei lavoratori e l'eventuale esplosione sarebbe comunque più controllata e non coinvolgerebbe il materiale della stanza di lavorazione ma bensì soltanto la modesta quantità caricata nella macchina. Gli effetti sarebbero sicuramente ridotti, controllabili e danneggerebbero solo per il locale macchine.

Gl'incidenti nelle fabbriche di esplosivi prendono origine, nella quasi totalità dei casi, nella lavorazione e molto raramente se non per effetto domino, nei depositi. Per cui, abbattere il rischio nei processi di lavorazione, quali la miscelazione e la pressatura nei quali avvengono la quasi totalità degli incidenti, significherebbe abbattere quasi totalmente il rischio e comunque gli effetti sarebbero controllabili ed isolati rispetto al resto dei locali della fabbrica.

Quelli rappresentati sono solo degli esempi per i quali va fatto un apposito approfondimento caso per caso ed il RETULPS dovrebbe attenzionare le tecniche di lavorazione, che sicuramente hanno subito notevoli evoluzioni rispetto al 1940, anno in cui è stata emessa. Sarebbe auspicabile rivedere i cicli di lavorazione, i materiali e le tecniche e sulla base di essi riscrivere la norma con una nuova titolazione dei casotti di lavorazione basata sui cicli di lavorazione effettiva e con precise regole circa i processi da adottare. Il RETULPS, ad esempio, per la IV e V categoria, prevede tre tipi di casotti di lavorazione i cui appellativi non sono esattamente adeguati rispetto alle tipologie di lavorazione oggi effettuate. Sarebbe opportuno valutare gli attuali cicli di lavorazione, valutarne i rischi di carattere logistico e tecnologico ed adeguare in modo idoneo la normativa.

Ritornando alla valutazione dei rischi, fatta la lista di controllo e verificate le effettive condizioni generali alla luce delle norme vigenti e delle conoscenze tecniche del settore, occorre assegnare a ciascun punto critico un valore in relazione alla probabilità che spossa essere causa di esplosione. La probabilità è espressa in numero di eventi anno  $10^{-n}$ /anno.

Stabilite le quattro fasce di probabilità:

$< 10^{-6}$	$10^{-4} - 10^{-6}$	$10^{-3} - 10^{-4}$	$> 10^{-3}$
1	2	3	4
Bassa	media	Elevata	Elevatissima
improbabile	Poco probabile	probabile	Altamente probabile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe incredulità</li> <li>• la situazione rilevata genererebbe danno solo in concomitanza di più eventi indipendenti e a loro volta improbabili</li> <li>• non sono note segnalazioni di eventi simili verificatisi in precedenza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe notevole sorpresa</li> <li>• la situazione rilevata genererebbe danno solo in caso di eventi legati a sfortunate coincidenze</li> <li>• sono note segnalazioni di rarissimi eventi simili verificatisi in precedenza</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• il verificarsi del danno ipotizzato susciterebbe moderata sorpresa in azienda</li> <li>• la situazione rilevata genererebbe danno, anche se non direttamente ed in modo automatico</li> <li>• sono note alcune segnalazioni di eventi simili verificatisi in precedenza, cui ha fatto seguito un danno</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• il verificarsi del danno ipotizzato non susciterebbe alcuna sorpresa in azienda</li> <li>• esiste una correlazione diretta fra la situazione rilevata e il verificarsi del danno</li> <li>• sono già stati rilevati danni dipendenti dalla stessa mancanza, o nell'azienda o in condizioni operative simili, anche altrove (si possono consultare le banche dati Ussl, Ispesl, INAIL, associazioni di categoria, ecc. , inerenti conseguenze di danni, infortuni o malattie)</li> </ul>

È possibile costruire la matrice dei rischi con la formula  $P = M \cdot P$  che assume valori da 1 a 16.

4	8	12	16
3	6	9	12
2	4	6	8
1	2	3	4

VALORE	PRIORITA'
12÷16	Azione urgentissima
8÷9	Azione molto urgente
4÷6	Azione a breve termine
2÷3	Azione a medio termine
1	Azione da valutare in fase di programmazione

Dalla valutazione dei rischi deriva il carattere di urgenza o di priorità con cui intervenire sul singolo fattore di rischio ricavato dalla lista di controllo o banca dati dei fattori di rischio.

La minimizzazione dei rischi, dimostrabile dando evidenza delle azioni correttive e/o preventive intraprese sulle probabilità di accadimento e sul danno prodotto, costituisce sicuramente un metodo di minimizzazione della probabilità di accadimento del danno e del valore della Magnitudo. Il proprietario deve tendere verso la valutazione dei rischi e la minimizzazione degli stessi al fine di minimizzare le vittime, di allargare le possibilità di pianificazione del territorio esterno e di consentire una migliore gestione delle eventuali emergenze esterne da parte degli Organi preposti.

Dagli schemi sopra enunciati scaturiscono gli elementi per l'analisi dei rischi interni ed esterni con le relative mappe di rischio basati su fattori rigidi dettati da metodi deterministici e legati all'inevitabile applicazione del RETULPS o con metodi probabilistici (nuova tendenza normativa) dai quali vengono fuori mappe di rischio a gradienti o a fasce di valori.

Per l'applicazione del D.M.LL.PP. 09/05/2001 occorre valutare i rischi in funzione della probabilità di accadimento annuo mediante il valore  $10^{-n}/y$ . Per ciascuna fascia di rischio, il decreto 09/05/2001 individua la rispettiva categoria territoriale compatibile con le rispettive attività urbanistiche realizzabili.

#### APPENDICE: VALUTAZIONE DI ALCUNI EFFETTI DELL'ESPLOSIONE PER LA DESCRIZIONE DEGLI SCENARI

##### Valutazione della sovrappressione

Le equazioni che permettono di simulare in modo attendibile lo scenario possibile sono quelle che rappresentano la sovrappressione in funzione dello spazio in relazione al tipo di esplosivo. Accanto a queste ci sono le analoghe formule che permettono la simulazione degli effetti sismici nel mezzo di base, della diffusione dei gas di combustione, delle traiettorie dei detriti, ecc. . Le formule sono tutte di natura empirica e prendono origine da quelle relative al TNT, compresa la formula monomia canonica del RETULPS. Per questo motivo i modelli matematici utilizzati prendono il nome di *metodo del tritolo equivalente*. Le equazioni rendono il tritolo equivalente agli altri esplosivi grazie ai coefficienti di correlazione. Le formule empiriche utilizzate nella pratica ingegneristica permettono di stabilire, con una certa attendibilità empirica, i danni prodotti. Le tabelle con i coefficienti di correlazione tra il TNT ed i vari esplosivi hanno avuto diversi autori. Fra le più ricordate vi è quella presa da un manuale del genio militare che permette di calcolare la corrispondenza con esplosivi di natura diversa del TNT.

Esplosivo	Coefficiente di riferimento	
	Non intasate	Intasate
T4	0,74	0,84
C2 e C3	0,75	
He plastico	0,77	
808 plastico	0,77	
C	0,79	
Teritolo 60 %	0,83	
M1/M2	0,84	
852 plastico	0,84	
Pentrite	0,84	0,88
TNT	1	1

Acido picrico	1	1
Gelatina	1,09	0,67
Gelinite	1,11	
Nitroamido	1,16	
Dinamite 60 %	1,20	
Dinamite 50 %	1,27	0,96
Gelatina dinamite 60 %	1,32	
Dinamite 40 %	1,54	
Dinamite ammonia 60 %	1,89	0,92
Ammonal	2	0,92
Gelatina dinamite 50 %	2,13	
Dinamite ammonica 50%	2,18	
Gelatina dinamite 50 %	2,38	
Nitrato di ammonio	2,38	
Dinamite ammonia	2,44	
Polvere nera	2,55	2,33

Il criterio di applicazione della tabella è il seguente:

I coefficienti della tabella consentono di trovare il peso dell'esplosivo desiderato per ottenere lo stesso lavoro ottenuto da 1 kg di TNT. Una delle formule empiriche molto utilizzate per calcolare il cratere eventualmente ottenuto da un'esplosione con carica inserita nel mezzo da rompere o distruggere è la seguente:

$C = U \cdot m \cdot h^3$  Dove: C = carica in chilogrammi del TNT; m = coefficiente dovuto al tipo di esplosivo, in quanto il riferimento di base è il TNT; U = coefficiente dovuto alla resistenza del mezzo; h = linea di minore resistenza allo sfogo dell'onda d'urto (in metri) coincidente con la più breve distanza tra il centro della carica detonata e la superficie libera del mezzo in cui detona.

#### Valutazione della craterizzazione

Da questa formula nascono alcune correlazioni che permettono alla fine di determinare il raggio del cratere in senso piano ed il raggio spaziale dal quale si ricava la profondità. Le correlazioni ed i coefficienti sono i seguenti:

$$m = ((1+n^2)^{0.5} - 0.41)^3; \quad r = h \cdot (1+n^2)^{0.5}; \quad f = h \cdot (1+2n^2)^{0.5}; \quad F = 1.42 \cdot h \cdot (1+n^2)^{0.5}; \quad F = 1.42 \cdot r; \quad P = 0.33 \cdot h \cdot (2n+1)$$

Dove: P = profondità apparente del cratere; F = raggio della zona sferoidale di propagazione massima dei fenomeni di commozione o fragilizzazione o danneggiamento; f = raggio del materiale smosso alla superficie; r = raggio della base esterna apparente della craterizzazione conica o conoide; H = lunghezza della linea di minor resistenza, h, u, m coefficienti che dipendono dall'esplosivo e dal mezzo e riportati in tabella.

Tabella di equivalenza degli esplosivi (base di riferimento il TNT)			
Esplosivo	Coefficiente di riferimento		
	u	n	M
Terra leggera	0,28	1,00	1,00
Sabbia	0,420	1,10	1,25
Sabbia grossolana	0,425	1,20	1,60
Terra compatta	0,42	1,40	2,25
Terra mista e pietrame	0,48	1,50	2,69
Argilla compatta	0,540	1,60	3,22
Tufo tenero	0,540	1,70	3,80
Muratura cattiva	0,455	1,80	4,50
Muratura mediocre	0,580	1,90	5,25
Muratura eccellente	0,785	2,00	8,10
Muratura compatta ed antica	0,871	2,20	9,25
Calcestruzzo	1,018	2,30	9,25
Roccia terrosa	0,60	2,50	11,86
Roccia compatta	0,785	2,7	15,07
Roccia dura	1,018	2,50	9,75
Rocce sconnesse e fessurate	1,344	2,60	8,50

Si considerano superfici allo stato secco e non umido. La massa, in caso di esplosione, si trova semplicemente appoggiata. L'esplosione avviene pertanto per contatto esterno del materiale. La craterizzazione del materiale urtato dal fronte d'urto, è in rapporto diretto con l'energia che raggiunge il mezzo e con l'energia che si immette nel mezzo e poi con l'energia che si trasmette nel fluido circostante la detonazione. L'esplosione del carico sfogherà da una parte danneggiando e trasmettendo vibrazioni al mezzo di appoggio e dall'altra investirà con l'onda d'urto il deposito e successivamente tutto ciò che troverà nel suo percorso.

Autori francesi ritengono che per una esplosione a contatto con opere murarie o materiale geologico consistente il cratere sia funzione della relazione empirica:  $C = 2.11 a \cdot b$  Dove: C = grammi di TNT, a = diametro apparente del cratere in cm, b = profondità del cratere apparente. Quando una carica detona a contatto con una corazza di metallo o una massa di materiale solido e consistente quale la roccia o il cemento armato, il suo effetto rimane localizzato alla superficie di impatto del fronte d'onda in quanto i gas tendono a sfuggire lateralmente con l'effetto di erosione limitata e di fragilizzazione di poco spessore seppur vasta di diametro. In ogni caso, mediante la formula superiore ed altre similari si è in grado di ricavare l'energia trasmessa al terreno ed alla fondazione e da essa, in relazione al terreno poter ricavare gli effetti sismici nella zona.

### Valutazione dell'onda sismica

L'onda sismica prodotta dall'esplosione, si propaga nel terreno circostante provocando vibrazioni. Il picco di vibrazione può essere calcolata con la legge:

$V = 9000(R/NEQ^{0,33})^{-3}$ , con  $V$  = ampiezza della vibrazione a distanza  $R$ ,  $Q$ = quantità di esplosivo in kg,  $NEQ$  tritolo equivalente in kg.

Si riportano alcuni valori dei rispettivi danni attesi in funzione del picco:

valori di V in mm/sec	Danno atteso	Fascia di danno
300	Crollo di strutture in muratura, acciaio e/o cemento armato	Elevata letalità
250	Crollo di strutture in muratura, formazione di cerniere plastiche nel cemento armato, lesioni gravi nelle strutture in acciaio	Inizio letalità
200	Inizio di deformazioni plastiche nelle strutture portanti	Lesioni irreversibili
100	Lesioni delle strutture portanti	Lesioni reversibili

Per il calcolo della sovrappressione in funzione dello spazio e della carica di esplosivo, molto diffusa è pure la formula Du Pont espressa in unità SI:

$P = 186 \cdot (Q^{1/3}/R)^{1,2}$  (Du Pont), dove  $Q$  = il carico di esplosivi in kg,  $p$ =pressione in KPa,  $R$  = raggio in metri.

DANNI DERIVANTI DA ESPLOSIONI IN RELAZIONE AL VALORE DELLA SOVRAPPRESSIONE GENERATA	
Sovrappressione in aria (Kpa)	Danno
0,2	Rottura eccezionale di grandi finestre di vetro
1,0	Valore tipico per la rottura dei vetri
2,5	Rottura del 50 % dei vetri
3	Limitati danni strutturali di lieve entità e danni ai timpani
3-7	Rottura di finestre con occasionali danni all'intelaiatura
7-14	Parziale demolizione delle case
7-14	Danneggiamento alla strumentazione di processo, di pannelli leggeri in lamierino o in alluminio
9	Intelaiature in acciaio leggermente distorte
14-17	Danneggiamento di torri di raffreddamento e di serbatoi atmosferici a tetto fisso
15-20	Distruzione delle pareti di mattoni o di blocchi di calcestruzzo leggero
20-30	Deformazione delle tubazioni e strumentazioni di processo; cedimento di serbatoi atmosferici; macchine pesanti e costruzioni industriali danneggiate
35	Rottura di pali in legno. Rottura dei timpani
35-50	Distruzione pressoché completa delle case
38	Deformazione del mantello di apparecchiature di processo non in pressione
42-45	Deformazione di serbatoi in pressione. Rottura di tubazioni
45-50	Rottura del mantello di apparecchiature di processo non in pressione
50-60	Rovesciamento di carri ferroviari
53-56	Danneggiamento di serbatoi sferici in pressione.
60-62	Distruzione di carri ferroviari.
70	Totale distruzione di edifici e di muri in cemento armato. Spostamento e grave danneggiamento di apparecchiature pesanti. Deformazione di strutture portanti in acciaio. Danni letali ai polmoni.

### Valutazione della proiezione dei frammenti

I frammenti del manufatto demolito a causa dell'esplosione sono proiettati ad una distanza calcolabile con i metodi canonici della balistica. Fra le formule più note ricordiamo:

$R = -252 + 119 \lg NFQ$ , dove  $R$  = distanza in metri,  $NFQ$  = quantitativo di TNT equivalente espresso in kg.

Valutata la distanza di proiezione occorre anche valutare la probabilità d'impatto nei confronti di un ipotetico passante.

Il tutto va sempre riferito a probabilità di accadimento annuo in termini di  $10^{-n/y}$ .

### Valutazione del rilascio di gas di combustione

Il rilascio dei gas tossici di combustione come il CO, NO, NO<sub>2</sub> può essere calcolato come rilascio istantaneo di sostanze considerando i grammi/gas \* kg di esplosivo. Le distanze di danno ottenute sono ridotte (rapporto 1/5) rispetto a quelli percorsi dall'onda di pressione. Esistono programmi di calcolo per il calcolo delle concentrazioni.

## 4. CONCLUSIONI

Da quanto osservato nasce immediatamente una considerazione: le fabbriche ed i depositi di esplosivi costituiscono argomento estremamente delicato per la sicurezza dei lavoratori, per la sicurezza dei cittadini, per la sicurezza del territorio e per la salvaguardia di migliaia di posti di lavoro. Per questo motivo diventa doveroso semplificare la normativa vigente. Il legislatore e gli organi preposti a far rispettare la legge, hanno l'obbligo di mettere l'operatore davanti a regole chiare, univoche ed atteggiamenti fermi, rigidi, ma sicuramente caratterizzati da alta professionalità. Purtroppo spesso non è così. Le procedure molto complesse ed inutilmente lunghe disorientano anziché guidare gli operatori e gli imprenditori in genere.

Sarebbero auspicabili corsi di formazione e titoli comprovanti inequivocabilmente l'alta competenza ed esperienza nel settore per i componenti di tutte le Commissioni consultive come condizione per poterne fare parte. L'essere funzionari di un Ente non può e non deve assegnare competenze in settori specialistici senza la necessaria formazione e conclamata competenza nel settore. Gli stessi funzionari sono spesso preposti a fare esami e rilasciare abilitazioni in settori per i quali non hanno spesso titoli di competenza specifica ne sono formati ne specializzati. Il funzionario spesso subisce la nomina nella Commissione. Sarebbe anche auspicabile la formazione di conferenze di servizi che in unica

sede svolgono l'intero processo istruttorio della pratica semplificando ed ottimizzando la procedura. Sicuramente la sicurezza ne trarrà vantaggio. Questo sarebbe anche un approccio professionale ad incentivare le attività produttive.

Per ciò che riguarda gli effetti applicativi del D.M.LL.PP. 09/05/2001 riguardo la pianificazione urbanistica occorre dire che, per quanto affascinante il modello matematico di calcolo che ne può venire fuori resta ancora poco applicabile fin quando resta vigente il RETULPS. Ciò perché quest'ultimo è prevalente rispetto all'applicazione di ogni altra norma di legge ed ha un approccio deterministico. Ad esempio: se l'analisi effettuata con il metodo probabilistico che sembra indicare il DM 09/05/2001 porta ad indicare la possibilità di realizzazione di una casa isolata a 50 metri dal sito pericoloso in quanto non sarebbe investita dall'onda di sovrappressione o da altri effetti dannosi dovuti all'esplosione, la realizzazione della casa isolata indurrebbe alla chiusura della fabbrica in quanto non sono più attesi i cento metri previsti dal TULPS. Così, ogni altro tipo di distanza compatibile con attività umane e calcolata con il metodo probabilistico deve poi fare i conti con la distanza calcolata con l'applicazione del k. Prevale ovviamente l'applicazione del k che come si è visto risulta ampiamente molto più restrittivo. E' auspicabile, pertanto, una normalizzazione normativa nazionale.

Vista l'alta specializzazione richiesta dal settore e vista l'evoluzione normativa sarebbe auspicabile la revisione dei componenti delle CTPSE che andrebbero integrati con figure di conclarata esperienza nel settore. Non può ad esempio mancare nella CTPSE la figura sindacale nominata dalla categoria degli operatori che rappresenta l'esperto più utile ed importante per prendere decisioni riguardanti l'argomento. D'altro canto ne resta l'unico responsabile.

Tutti gli argomenti trattati in questa sede sono stati approfonditi in altri lavori. Per ovvi motivi di spazio e per la complessità e la vastità della materia in questa sede sono stati fatti solo dei cenni che possono servire come linea di primo approccio nell'analisi del rischio.