

Convegno Nazionale

VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO
NEGLI INSEDIAMENTI CIVILI ED INDUSTRIALI

*Palazzo dei Congressi
Pisa, 24-26 Ottobre 2000*

L'EFFETTO DOMINO
(Art. 12 D.Lgs. 334/99)

Approccio metodologico

* D. BARONE
TECSA S.p.A. - Via Figino 101 20016 Pero (Milano)
tel. 02/33910484
fax 02/33910737

* V. ROSSINI
TECSA S.p.A. - Via Figino 101 20016 Pero (Milano)
tel. 02/33910484
fax 02/33910737

SOMMARIO

L'effetto domino o a catena consiste nella possibile sequenza di eventi incidentali, anche di natura diversa, che originati in un componente di un impianto, si estendono ai componenti vicini a causa di proiezione di frammenti, di elevati valori di sovrappressione o di radiazione termica.

L'analisi storica su incidenti rilevanti con effetto domino quali Flixborough, Feyzin, Mexico City ed altri, ha permesso di verificare i valori di riferimento relativi ai frammenti (massa, velocità, dimensioni), alla radiazione termica (stazionaria, variabile, durata) ed alla sovrappressione (incidente, riflessa, durata), che possono causare danni consistenti ad apparecchiature e strutture coinvolte.

La possibilità di effetto domino riveste particolare rilevanza nel caso di coinvolgimento di sostanze tossiche rilasciate a seguito del collasso termico o delle rotture meccaniche delle relative apparecchiature.

Alcuni incidenti rilevanti con il coinvolgimento di sostanze tossiche, avvenuti soprattutto nei trasporti ferroviari, hanno evidenziato la necessità della separazione, ove possibile, tra i contenitori, recipienti, apparecchiature, di gas e liquidi infiammabili e sostanze tossiche insieme all'adozione di misure di sicurezza attive e passive per ridurre o eliminare il rischio dell'effetto domino.

Tra i sistemi di sicurezza attiva vengono descritti i sistemi di blocco automatico, le valvole telecomandate di sezionamento, i sistemi di soppressione delle esplosioni, i sistemi automatici di raffreddamento.

Tra i sistemi di sicurezza passiva vengono descritti il rivestimento antifuoco, le pareti antischegge, i bunker, le distanze di separazione.

Le valutazioni e le verifiche effettuate con i criteri sopra descritti possono costituire un riferimento per l'analisi ed eventuale riduzione o eliminazione dei rischi di incidenti rilevanti connessi con le aree ad elevata concentrazione di Stabilimenti.

1. EFFETTO "DOMINO"

1.1 DEFINIZIONE

L'effetto "domino" o a catena consiste nella possibile sequenza di eventi incidentali, anche di natura diversa, che originati in un componente di un impianto si estendono ai componenti vicini a causa di elevati valori di proiezione di frammenti o di sovrappressione o di radiazione termica.

Il suddetto effetto può interessare sia le apparecchiature di un singolo impianto di processo sia quelle di impianti e/o depositi limitrofi.

1.2 CAUSE

Le possibili cause di un effetto domino sono quelle collegate alle seguenti situazioni principali:

- rottura di apparecchiature a causa dell'arrivo di frammenti metallici derivati dalla esplosione (scoppio) di altre apparecchiature limitrofe, come ad esempio nel caso di BLEVE¹.

L'impatto dei frammenti può determinare la formazione di forature nei recipienti ed il conseguente rilascio di sostanze pericolose in essi contenute; la tabella seguente riporta alcuni valori in relazione alle variabili considerate.

Velocità di arrivo (m/s) Peso frammento hg		Profondità penetrazione (mm)	
		55	76
Spessore tipico apparecchiature (mm 10)	Acciaio mm 13,5	2,30	3,6
	Acciaio mm 135	4,8	7,6

Velocità di arrivo (m/s)		Profondità penetrazione (mm)			
		55		76	
Peso frammento hg		13,5	135	13,5	135
Spessore tipico cemento (mm 50)	Cemento mm (167 hg/cm ²)	64	160	116	290
	Cemento mm (333 hg/cm ²)	56	140	109	253

¹ BLEVE = Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion - Esplosione di Vapori in Espansione di Liquido Bollente. Tale tipo di esplosione fisica interessa sostanze liquefatte in pressione (liquidi surriscaldati) quali GPL, cloro, ammoniaca, e liquidi semiscaldati (acqua)

- spostamenti, ribaltamenti, rotture di apparecchiature e/o linee di interconnessione soggette a valori di sovrappressione elevati e/o di durata paragonabile al periodo proprio di vibrazione, causati da esplosioni confinate e non confinate di nuvole di vapori infiammabili e da scoppi di recipienti in pressione dovuti ad esplosioni interne, reazioni esotermiche, decomposizioni, polimerizzazioni.

Gli effetti di sovrappressione *inferiori a 0,3 bar* sono consistenti in area impianto sulle seguenti parti:

- Sale Controllo normali
- Torri raffreddamento
- Forni
- Reattori
- Supporti tubazioni

Gli effetti di sovrappressioni *inferiori a 0,3 bar* sono consistenti nell'area stoccaggio sulle seguenti tipologie:

- Serbatoi a tetto fisso
- Serbatoi a tetto galleggiante

Gli effetti di sovrappressioni *superiori a 0,3 bar* sono consistenti in area impianto sulle seguenti parti.

- Trasformatori elettrici
- Soffianti
- Colonne distillazione
- Recipienti in pressione orizzontali/verticali
- Scambiatori
- Pompe

Gli effetti di sovrappressione *superiori a 0,3 bar* sono consistenti negli stoccaggi:

- Serbatoi tetto galleggiante
- Serbatoi di stoccaggio cilindrici o sferici in pressione.

La rottura del recipiente e/o delle linee di collegamento determina il rilascio delle sostanze pericolose in esso contenute limitato dalle valvole telecomandate di sezionamento (EIV) delle apparecchiature eventualmente installate.

Probabilità di danno strutture per apparecchiature/strutture di processo medio (EISENBERG) è la seguente:

90% 0,34 bar
 50% 0,21 bar
 1% 0,06 bar

In Allegato 1 si riporta la Tabella riepilogativa con evidenziate le principali apparecchiature e relativi valori di soglia degli effetti della sovrappressione.

- collasso termico di apparecchiature e/o dei relativi supporti metallici coinvolti in incendi di pozze di liquidi infiammabili o interessati da elevati valori di irraggiamento ($\geq 37,5 \text{ kW/m}^2$) per tempi prolungati (una decina di minuti).

Il cedimento dei supporti di apparecchiature di notevole altezza può provocare la caduta delle stesse su altre apparecchiature vicine ed eventualmente la loro rottura con il rilascio delle sostanze pericolose infiammabili e/o tossiche contenute.

Il collasso termico delle apparecchiature sottoposte ad elevati valori di irraggiamento per tempi prolungati senza una adeguata protezione antincendio quali il rivestimento antifluo e/o l'acqua antincendio ($\approx 10 \text{ l/min/m}^2$) può incrementare il quantitativo di sostanze infiammabili e/o tossiche rilasciato ed estendere e/o modificare lo scenario incidentale iniziale;

- collasso termico localizzato di apparecchiature soggette ad un getto incendiato per tempi limitati (qualche minuto) senza adeguata protezione antincendio quali rivestimento antifuoco e/o acqua antincendio (1000 ÷ 2000 l/min). Le conseguenze sono quelle sopra descritte;

1.3 CONSEGUENZE

Le conseguenze (incendi, esplosioni, rilasci tossici e/o infiammabili) in caso di effetto domino si estendono dalle apparecchiature inizialmente interessate ad altre limitrofe dello stesso impianto e/o di impianti vicini.

Esempi di effetti “domino” e di relative conseguenze sono di seguito descritti:

Località/anno	Incidente iniziatore	Altre apparecchiature/impianti coinvolti
Feyzin - 1966	Bleve di una sfera di GPL	n° 3 sfere GPL
Flixborough - 1974	Esplosione di una nuvola di cicloesano (circa 30 t)	- Impianto ossidazione cicloesano - Impianto caprolattame - Sala Controllo/Palazzina Uffici
Mexico City - 1984	Esplosione di una nube di GPL	n° 6 sfere GPL n° 48 sigari GPL
Pasadena – 1989	Esplosione di una nube di etilene	- Impianti di polietilene - Impianto propilene

Dagli esempi sopra riportati si rileva che la causa principale di un effetto “domino” è l’esplosione di nuvole di vapori infiammabili.

1.4 MODALITÀ PER RIDURRE O ELIMINARE IL RISCHIO DELL’EFFETTO “DOMINO”

Per ridurre al minimo la frequenza o probabilità di un effetto “domino” vengono generalmente utilizzati negli impianti sistemi di sicurezza attiva quali ad esempio:

- rivelatori esplosività e/o incendio
- barriere acqua/vapore
- valvole telecomandate di sezionamento
- sistemi di blocco automatico
- acqua antincendio (sistemi automatici)
- sistemi di soppressione

e sistemi di sicurezza passiva quali ad esempio:

- sistemi di collettamento e contenimento (cordolature, drenaggi, vasche di raccolta);
- rivestimenti antifuoco;
- ricopertura (tumulazione) o interrimento;
- protezione contro le sovrappressioni e l’ingresso di gas tossici (sale controllo);
- distanze di separazione tra apparecchiature e/o tra impianti;
- apparecchiature contenenti sostanze infiammabili sottovento rispetto alle fonti di accensione;
- bunker o pareti antisceghe.

Per ridurre le conseguenze di un effetto “domino” è possibile adottare le seguenti misure:

- distanze di sicurezza tra apparecchiature e/o tra impianti;
- separazione tra depositi (stoccaggi) e impianti di produzione;
- separazione nei depositi delle sostanze infiammabili da quelle tossiche.

In taluni casi l’adozione delle suddette misure può portare ad eliminare il rischio (o possibilità) di effetto “domino”.

1.5 PROCEDURA GENERALE DI VALUTAZIONE DELL' "EFFETTO DOMINO"

La procedura generale di valutazione dell'effetto domino è riportato in Allegato 2.

L'analisi degli effetti domino costituisce un'estensione della procedura di identificazione delle fonti di pericolo. Tale analisi non può avere inizio prima della identificazione preliminare delle fonti di pericolo e del calcolo delle conseguenze dei relativi incidenti originabili da queste. A partire da queste informazioni preliminari è possibile analizzare gli effetti domino e giungere a inglobarli nella procedura convenzionale di valutazione del rischio.

L'analisi degli effetti domino richiede la conoscenza della planimetria degli impianti, con l'indicazione della posizione, dell'orientamento dei componenti critici e delle distanze reciproche. E' quindi necessario conoscere i possibili incidenti origine, le loro frequenze attese e le zone in cui il danno provocato dall'incidente origine può indurre un danno ad un componente "bersaglio".

I risultati dell'analisi degli effetti domino sono generalmente costituiti da un'insieme di modifiche da apportare alle elencazioni originarie degli incidenti individuati e, in particolare, all'indicazione delle loro conseguenze e frequenze attese. Tale insieme modificato di informazioni viene poi integrato nella procedura di valutazione del rischio.

Allegato 1

EFFETTI DELLA SOVRAPRESSIONE SULLE APPARECCHIATURE DI RAFFINERIA

APPARECCHIATURE	KPa	3.45	6.9	10.35	13.8	17.25	20.7	24.15	27.6	31.05	34.5	37.95	41.4	44.85	48.3	51.75	55.2	58.65	62.1	65.55	69	82.8	96.6	110.4	124.2	138	138
	psi	0.5	0.5	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0
SALE CONTROLLO TETTO METALLICO	A	C	D					N																			
SALE CONTROLLO TETTO CEMENTO	A	EP	D					N																			
TORRI DI RAFFREDDAMENTO	B		F					D																			
SERBATOI A TETTO FISSO	D							K																			
BOX STRUMENTI			A					LM																			
FORNI				G	I				T																		
REATTORI CHIMICI				A					I						P												
FILTRI				H						F																V	T
RIGENERATORI								J							IP												T
SERBATOI A TETTO GALLEGGIANTE										K																	
REATTORI CRACKING									J																		I
SUPPORTO TUBAZIONI										P																	SD
SISTEMI DI MISURA GAS																											Q
TRASFORMATORI ELETTRICI										H																	L
MOTORI ELETTRICI																											L
SOFFIANTI																											T
COLONNE DISTILLAZIONE																											R
RECIPIENTI IN PRESSIONE ORIZZONTALI																											PI
REGOLATORI GAS																											I
COLONNE ESTRAZIONE																											I
TURBINE VAPORE																											I
SCAMBIATORI																											I
SFERE																											J
RECIPIENTI IN PRESSIONE VERTICALI																											I
POMPE																											I

LEGENDA

- | | | | |
|---|--------------------------------------|---|---------------------------------------|
| A | ROTTURA VETRI | L | TRANCIAMENTO CAVI ELETTRICI |
| B | CADUTA FINESTRATURE | M | DANNEGGIAMENTO STRUMENTAZIONE |
| C | DANNEGGIAMENTO QUADRI ELETTRICI | N | COLLASSO MURATURA IN MATTONE |
| D | COLLASSO TETTO | O | COLLASSO STRUTTURA |
| E | DANNI AGLI STRUMENTI | P | DEFORMAZIONE STRUTTURA |
| F | DANNI ALLE PARTI INTERNE | Q | DANNEGGIAMENTO CASSA/STRUTTURA |
| G | ROTTURA STRUTTURA MATTONI | R | DANNEGGIAMENTO STRUTTURA |
| H | DANNI DA FRAMMENTI | S | ROTTURA TUBAZIONI |
| I | MOVIMENTO UNITA' E ROTTURA TUBAZIONI | T | RIBALTAMENTO O DISTRUZIONE UNITA' |
| J | ROTTURA CONTROVENTATURE | U | SOLLEVAMENTO UNITA' (RIEMPIMENTO 90%) |
| K | SOLLEVAMENTO UNITA' | V | SPOSTAMENTO UNITA' SU FONDAZIONE |

FONTE: IRI - 1990

Allegato 2 Procedura generale di valutazione dell'Effetto Domino

