

Potenziamento di un impianto industriale a alto rischio. Integrazione della normativa tecnica italiana con i modelli organizzativi per la sicurezza sviluppati da una multinazionale dell'industria chimica: un case-study.

Mario Morretta^{*}, Enrico Trivella^{*}, Fabio Tanozzi^{**}

^{*} Sintesis S.r.l. – v. Carducci,62 – 56010 loc. Ghezzano, San Giuliano Terme (Pi)

^{**} Dow Chemical, stabilimento di Livorno

Sommario

Lo scopo del presente lavoro è quello di condividere l'esperienza derivante dalla progettazione per la prevenzione dai grandi rischi industriali, mediante un esempio concreto di applicazione della normativa tecnica italiana in materia e la relativa integrazione con i modelli gestionali per la sicurezza, sviluppati negli anni da una multinazionale dell'industria chimica.

Lo studio

A fronte di un aumento della capacità produttiva dell'impianto, finalizzato alla produzione di Latex[®], la Direzione dello stabilimento Dow Chemical di Livorno ha manifestato l'esigenza di incrementare i depositi di materie prime (1,3 butadiene), dai 200 m³ attuali a 500 m³.

Prima di procedere alla progettazione di massima dei nuovi serbatoi, la società ha ravvisato la necessità di effettuare uno studio preliminare che indicasse, preventivamente, oltre che gli aspetti tecnico-economici, anche la compatibilità di tale nuova installazione con le più recenti normative in materia di sicurezza negli impianti a alto rischio. In particolare, il butadiene, alimentato all'impianto tramite cisterne su rotaia, è una delle sostanze rientranti negli allegati del DPR 175/88 e successiva "Seveso bis", pertanto l'impianto, attualmente soggetto a Dichiarazione, sarebbe passato in regime di Notifica.

Con queste premesse, si è provveduto a sviluppare uno studio che fornisse gli elementi per raggiungere i seguenti obiettivi: scelta della configurazione ottimale della piattaforma di stoccaggio (installazione di uno o più serbatoi, fuori terra, interrati o ricoperti); individuazione del posizionamento ottimale dei nuovi serbatoi; determinazione delle distanze di danno in caso di evento catastrofico; verifica della compatibilità del sito con le distanze di sicurezza necessarie; scelta dei dispositivi di protezione attiva e passiva a difesa dell'impianto.

Tutte le scelte effettuate durante lo studio sono state affrontate con la consapevolezza di dover contenere gli effetti derivanti da un incidente all'interno dell'area dell'impianto, al fine di evitare il coinvolgimento di elementi esterni che potrebbero originare l'effetto domino.

Il primo passo verso la definizione delle ipotesi di configurazione della piattaforma è stata l'individuazione dei vincoli normativi applicabili al caso in questione.

Le norme e le leggi di riferimento pertinenti, riportate sinteticamente nell'allegato I, pongono l'accento sul rispetto tassativo delle distanze di sicurezza (interne e esterne all'impianto), sulle tipologie di dispositivi di protezione attiva e passiva; sulle condizioni minime di sicurezza da garantire in funzione della disposizione e della tipologia dei serbatoi. In particolare, dall'applicazione delle norme suddette al caso specifico è derivato che nella progettazione di centri di stoccaggio analoghi devono essere preventivate le seguenti misure generali di prevenzione:

- a) prevedere il minor numero possibile di connessioni ai serbatoi, specie in fase liquida;
- b) prevedere la strumentazione e gli accessori dei serbatoi connessi alla fase vapore dei serbatoi stessi;
- c) orientare i serbatoi cilindrici orizzontali fuori terra in modo tale che il loro asse non sia in direzione di altri serbatoi;
- d) prendere provvedimenti atti a che eventuali perdite di prodotto siano avviate in area sicura e comunque non si diffondano nella rete fognaria dello stabilimento o giungano all'esterno attraverso il sistema di drenaggio;
- e) prevedere l'accessibilità a ciascun serbatoio e punto pericoloso almeno da una strada e l'aggredivibilità con mezzi fissi o mobili da almeno due lati per le situazioni di emergenza;
- f) prevedere la concentrazione delle più probabili fonti di perdita (connessioni flangiate, valvole, zone collettori e pompe) in una o più aree di facile accessibilità, separate dalla zona serbatoi con muri in calcestruzzo di altezza di circa 50 cm; *in alternativa si possono proteggere tali punti con sistemi di contenimento tipo camicie ermetiche;*
- g) realizzare l'impianto in modo da favorire la ventilazione e la diluizione di eventuali perdite di Butadiene. Deve essere pertanto ridotta al minimo la realizzazione di muri, bacini di contenimento o depressioni che favoriscano l'accumulo dello stesso;
- h) prevedere la possibilità di poter pompare, in casi di emergenza, attraverso la tubazione di prelievo o carico della fase liquida, acqua all'interno del serbatoio. Le caratteristiche di pressione e portata devono essere valutate in funzione delle dimensioni del serbatoio;
- i) collegare i serbatoi in modo da permettere di dislocarne, in caso di emergenza, il contenuto.
- j) ove sia possibile l'insorgere di spinte idrostatiche dovute ad acque di falda o di superficie, i serbatoi devono essere opportunamente ancorati o dotati di contrappeso, ovvero disposti ad altezza dal suolo sufficiente ad evitare la spinte stesse.

Inoltre, al fine di poter valutare l'entità degli interventi comportati dalla scelta delle varie configurazioni possibili in base a criteri non esclusivamente tecnici, ma anche gestionali e economici, quale strumento schematico di scelta è stato sviluppato uno schema riassuntivo delle prescrizioni legislative in merito alle misure minime di prevenzione da adottare per la sicurezza, riportato in allegato II.

A fronte del quadro tracciato, una volta scartata l'ipotesi di installazione di serbatoi ricoperti o interrati (a causa della minima capacità massima imposta a ogni singolo serbatoio¹, che avrebbe comportato l'utilizzo di numerosi serbatoi per coprire l'intero fabbisogno di stoccaggio) lo studio si è concentrato su due configurazioni base: installazione di un solo serbatoio con capienza max di 400 m³ e due serbatoi da 200 m³ l'uno.

La scelta definitiva è stata effettuata in base alle indicazioni risultanti dal calcolo sviluppato con il metodo a indici², il quale ha permesso la successiva determinazione delle distanze di danno in funzione dei vari fenomeni incidentali ipotizzati.

I risultati dal metodo ad indici applicati alle diverse tipologie di impianto, danno i seguenti valori di rischio compensato:

Indice di rischio	Serbatoio da 400 m ³	Due serbatoi da 200 m ³
F'	Lieve (0.59)	Lieve (0.59)
C'	Lieve (0.60)	Lieve (0.60)
A'	Basso (21.10)	Basso (15,28)
G'	Basso (55.54)	Basso (45)
T'	Lieve (0.57)	Lieve (0.57)

Tabella I
Indici di rischio calcolati per le due configurazioni di impianto

Fenomeno incidentale	Serbatoio da 400 m ³	Due serbatoi da 200 m ³
Pool-Fire	23 m.	19 m.
Jet-Fire	50 m.	50 m.
UVCE (D/5)	300 m.	232 m.
UVCE (F/2)	180 m.	170 m.
UVCE rilascio continuo	30 m.	30 m.

Tabella II
Distanze di danno calcolati per le due configurazioni di impianto

Verificando l'entità delle distanze di danno calcolate con l'effettivo spazio a disposizione nel sito destinato a ospitare la piattaforma di stoccaggio, la scelta si è definitivamente orientata sull'utilizzo di due serbatoi fuori terra da 200 m³ cadauno.

Questa soluzione, risulta più agevole in merito all'accessibilità ai serbatoi per le operazioni di manutenzione, controllo e caricamento (in modo particolare risulta la più agevole per quanto

¹ Ai sensi del D.M. 24/05/1999, in caso di installazione di serbatoi ricoperti viene prescritta una capacità massima pari a 50 m³, anche al fine di limitare i danni in caso di sversamenti accidentali nel suolo (cfr art. 7 del citato D.M.). Sebbene la normativa relativa ai serbatoi ricoperti non imponga esplicitamente questo limite, in considerazione delle analoghe problematiche di contenimento, in questo studio si è estesa questa limitazione anche ai serbatoi ricoperti.

² Il calcolo si è riferito alle metodiche previste dal D.M. 14/04/1994.

riguarda le verifiche ispettive decennali da eseguire sui serbatoi come previsto dal D.M. 21/5/1974). Non da ultimo si considera che la presenza di due serbatoi consente una maggiore flessibilità nella programmazione e effettuazione di manutenzioni, che in tal modo non includono necessariamente un fermo impianto. La fossa di raccolta può essere progettata per una capacità di 325 m³, invece di 600 m³. Inoltre, al maggior onere di realizzazione dovuto a una maggiore volumetria del serbatoio, al dimensionamento dell'impianto antincendio, nonché alla maggiore difficoltà nel gestire una quantità di sostanza superiore in caso di sversamento, occorre anche considerare gli oneri relativi al trasporto e smaltimento del terreno di risulta (salvo eventuale impiego nell'area di impianto).

Una volta individuata la configurazione ottimale, che coniuga in modo ottimale i vincoli legislativi con le caratteristiche del sito a disposizione per la realizzazione della piattaforma, si è provveduto a una successiva elaborazione delle misure di prevenzione tecnico-organizzative. La Dow Chemical, infatti, grazie all'esperienza derivante dalla progettazione e conduzione dei suoi impianti realizzati in varie parti del mondo, ha sviluppato negli anni un decalogo relativo alla sicurezza degli impianti, contenente misure di prevenzione d'ordine pratico, al fine di garantire una omogeneità costruttiva e una sempre maggiore sicurezza intrinseca delle installazioni.

Le prescrizioni minime indicate dalla normativa italiana, quindi, sono state integrate con le misure pertinenti derivanti dall'esperienza Dow e da ulteriori considerazioni impiantistiche non obbligatorie secondo la legislazione italiana cogente.

L'implementazione di criteri di sicurezza aggiuntivi, nonché di modelli gestionali atti a gestire in maniera sistematica la sicurezza della piattaforma, anche tramite procedure di manutenzione periodica, sviluppati e verificati negli anni nei vari stabilimenti Dow, permette di abbassare ulteriormente gli indici di rischio, favorendo una migliore integrazione tra la piattaforma e il resto dell'impianto. Unitamente agli accorgimenti tecnici adottati (riassunti nell'allegato III), la pianificazione così articolata prevede anche il relativo coinvolgimento del personale destinato alla conduzione e manutenzione della nuova parte dell'impianto tramite un ciclo di formazione. Questo ulteriore passo, effettuato facendo riferimento a schemi Dow già sperimentati, permetterà, oltre al naturale addestramento necessario per una ottimale conduzione dell'installazione, una maggiore consapevolezza dei rischi derivanti dalla nuova realtà e quindi una maggiore capacità di percezione del rischio e di intervento in caso di emergenza.

Conclusioni

La gestione della sicurezza di un impianto, ovvero l'implementazione di misure di prevenzione tecniche e gestionali volte alla riduzione dei rischi e alla mitigazione degli effetti derivanti da un eventuale incidente, influisce in maniera decisiva sulla scelta della configurazione dell'impianto stesso, anche per l'impatto economico che tali misure hanno sull'economia dell'intero progetto.

L'analisi progettuale, infatti, oltre che il soddisfacimento delle specifiche tecniche, le quali vanno a definire la funzionalità di base dell'impianto, deve garantire il raccordo di tali specifiche con il complesso quadro di vincoli legislativi finalizzate alla prevenzione per la sicurezza.

Il quadro viene ulteriormente articolato se vengono prese in considerazione anche misure di prevenzione derivanti dall'esperienza di progettazione e conduzione di impianti da parte di una grande multinazionale. Tali misure si basano non solo su criteri tecnici costruttivi d'ordine pratico, ma vengono completate da modelli gestionali, costituiti essenzialmente da procedure finalizzate al monitoraggio e alla manutenzione sistematica delle strutture, nonché dalle misure da attuare in caso di emergenza. L'adozione di tali misure aggiuntive, sebbene comporti una maggiore articolazione della fase progettuale, influisce positivamente sull'economia dell'impianto, garantendo, attraverso interventi sistematici, un adeguato livello di manutenzione che riduce drasticamente i costi derivanti da interventi straordinari.

Allegato I

Elenco della normativa regionale, nazionale e comunitaria utilizzata per la regolamentazione della costruzione dell'impianto di stoccaggio di butadiene

- **D.P.R. 175/88:** Attuazione della Direttiva CEE n. 82/501, relativa ai rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali, ai sensi della L.16/4/87, n. 183;
- **DPCM del 31/3/89:** Applicazione dell'art. 12 del D.P.R. 175/88, concernente rischi rilevanti connessi a determinate attività industriali;
- **D.M. Ambiente del 20/5/91:** Modifiche ed integrazioni al D.P.R. 175/88, in recepimento della Direttiva CEE n.88/610 che modifica la Direttiva CEE n. 82/501 sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali;
- **L.R. Toscana n. 41 del 12/08/91:** Esercizio delle competenze regionali in materia di rischi di incidenti rilevanti di cui al D.P.R. 175/88;
- **D.M. del 23/12/93:** Osservanza delle prescrizioni in materia di sicurezza e di valutazione dei rischi di incidenti rilevanti connessi alla detenzione ed all'utilizzo di sostanze pericolose previste dal D.P.R. 175/88, e successive modificazioni ed integrazioni;
- **Circ.Min. Ambiente del 30/12/93:** Osservanza delle prescrizioni in materia di sicurezza e valutazione dei rischi di incidenti rilevanti connessi alla detenzione e all'utilizzo di sostanze pericolose previste dal D.P.R. 175/88 e successive modificazioni ed integrazioni;
- **D.M. Ambiente del 14/4/94:** Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di GPL ai sensi dell'art. 12 del D.P.R. 175/88 e successive modificazioni ed integrazioni;
- **D.M. Interno del 13/10/94:** Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei depositi di GPL in serbatoi fissi di capacità complessiva superiore a 5 mc e/o in recipienti mobili di capacità complessiva superiore a 5.000 kg.
- **Circ. n° SIAR/038/94 del 17/5/94:** Circolare in merito ai depositi assoggettati al D.M. del 20/5/91 sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali;
- **D.M. Ambiente del 15/5/96:** Procedure e norme tecniche di sicurezza nello svolgimento delle attività di travaso di autobotti e ferrocisterne;
- **Circ. n° 2646/SIAR del 22/7/96:** Circolare in merito ai criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di GPL assoggettati al D.M. Ambiente 15/5/96 ed alle procedure e norme tecniche di sicurezza per i depositi assoggettati al al D.M. Ambiente 15/5/96;
- **Direttiva CEE/CEEA/CE n° 82 del 9/12/96:** Direttiva del consiglio del 9/12/96 sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose;
- **D.M. Ambiente del 5/11/97:** Modalità di presentazione e di valutazione dei rapporti di sicurezza degli scali merci terminali di ferrovia;
- **D.M. Ambiente del 20/10/98:** Misure di sicurezza per gli scali merci terminali di ferrovia non ricompresi nel campo di applicazione del D.M. Ambiente del 5/11/97;
- **D.M. Ambiente del 20/10/98:** Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di liquidi facilmente infiammabili e/o tossici.
- **D.M. Ambiente del 24/05/99:** Regolamento recante norme concernenti i requisiti tecnici per la costruzione, l'installazione e l'esercizio dei serbatoi interrati
- **Norme CEI 64-2 e 81-1**
- **Norme NFPA**
- **DOW Guide Lines (Loss Prevention Principles)**

Allegato II

Data sheet delle dotazioni obbligatorie per le differenti tipologie di serbatoi

SERBATOI FUORI TERRA		SERBATOI INTERRATI (capacità max 50 m ³ , ai sensi del D.M. 24/05/99)		SERBATOI RICOPERTI (capacità max 50 m ³ , vedi nota 1 nel testo)	
2 DA 199 m ³	1 DA 400 m ³	In cassa di contenimento	Con doppia intercapedine	Totalmente	Parzialmente
recinzione metallica	recinzione metallica	sistema di controllo per allineamento statico			
fondazioni previo studio del terreno	fondazioni previo studio del terreno	rivestimento	rivestimento	rivestimento	rivestimento
supporti con caratteristiche R90	supporti con caratteristiche R90	studio geologico o letto di sabbia			
messa a terra e protezione scariche atmosferiche	messa a terra e protezione scariche atmosferiche	impianto di rilevazione perdite			
impianto di illuminazione	impianto di illuminazione	tubazioni interrato dotate di camicia			
coibentazione	coibentazione	impianto di rilevazione incendi e controllo atmosfera (sugli elementi pericolosi di impianto)	impianto di rilevazione incendi e controllo atmosfera (sugli elementi pericolosi di impianto)	impianto di rilevazione incendi e controllo atmosfera (sugli elementi pericolosi di impianto)	impianto di rilevazione incendi e controllo atmosfera (sugli elementi pericolosi di impianto)
pavimentazione e fossa di raccolta (300 mc) con sistema di controllo dell'atmosfera	pavimentazione e fossa di raccolta (600 mc) con sistema di controllo dell'atmosfera	controllo automatizzato	controllo automatizzato	controllo automatizzato	controllo automatizzato
impianto di rilevazione	impianto di rilevazione	portata e pressione impianto antincendio +bassa rispetto a quella necessaria per i serbatoi fuori terra	portata e pressione impianto antincendio +bassa rispetto a quella necessaria per i serbatoi fuori terra	portata e pressione impianto antincendio +bassa rispetto a quella necessaria per i serbatoi fuori terra	portata e pressione impianto antincendio +bassa rispetto a quella necessaria per i serbatoi fuori terra
controllo automatizzato	controllo automatizzato			manto erboso	manto erboso e muro di sostegno
impianto idrico di raffreddamento	impianto idrico di raffreddamento				coibentazione della calotta
portata e pressione impianto antincendio + alta rispetto a quella necessaria per i serbatoi interrati o ricoperti	portata e pressione impianto antincendio + alta rispetto a quella necessaria per i serbatoi interrati o ricoperti				eventuali muri di schermo
					se con tunnel vi deve essere sistema di controllo dell'atmosfera

Allegato III

Accorgimenti tecnici aggiuntivi da realizzare nella costruzione della piattaforma di stoccaggio di butadiene

- singola capacità massima dei serbatoi fuori terra < 200 m³ (es. 199 m³).
- la base o il punto più basso di un serbatoio fuori terra non deve essere superiore a 2,5 m. al di sopra del livello del terreno.
- altezza del serbatoio deve essere inferiore a 10 m.
- i serbatoi fuori terra devono distare, dai rispettivi perimetri, almeno 7,5 m. con un muro di schermo in cemento armato dello spessore di almeno 15 cm. Per ridurre il potenziale Effetto Domino, tale muro di cemento dovrebbe essere in grado di sopportare una sovrappressione di almeno 0,3 Bar, dovuta all'onda d'urto.
- i pozzetti adiacenti ai bacini di drenaggio devono distare >20 m. dalla proiezione in pianta del serbatoio più vicino. Al fine di raccordare le esigenze di evacuazione acque piovane con la raccolta in fossa di eventuali sversamenti, è consigliabile realizzare una condotta munita di elettrovalvola (posta sotto alimentazione elettrica preferenziale) che dietro comando invii l'acqua piovana in fogna e il Butadiene sversato in fossa di raccolta . (DOW Guidelines)
- pressione di progetto del serbatoio superiore a quella strettamente necessaria (690 kPa secondo le DOW guidelines).
- uso di acciai ammessi all'impiego per temperature di esercizio inferiori a -10°C.
- categoria di saldatura adottata superiore a quella prevista dalle normative.
- realizzare solamente connessioni di una linea per la fase liquida e una linea per la fase vapore.
- i sistemi di rilevamento perdite devono intervenire al 25% del limite inferiore di infiammabilità.
- verniciare il serbatoio di bianco (DOW guidelines).
- frazionare la capacità complessiva di scarico in più valvole prevedendo tarature a valori di pressione opportunamente scalati. Non è ammesso l'uso di valvole del tipo "peso e leva".
- lo scarico delle valvole deve avvenire in posizione sicura, anche nei confronti di qualsiasi area critica adiacente, ad una quota di almeno 1,5 m. al di sopra del serbatoio.
- gli sfiati delle valvole di sicurezza non devono inquinare l'aria. Essi devono essere inviate in torcia, scrubber o altro sistema di abbattimento (secondo le DOW guidelines).
- apporre sulle valvole e giunti flangiati sistemi di confinamento per eventuali perdite (coprigiunti, copri valvole ecc.).
- le valvole importanti devono essere contrassegnate efficacemente (secondo le DOW guidelines).
- le colonne antincendio, valvole e controlli devono essere posti ad almeno 23 m. di distanza dai serbatoi (secondo le DOW guidelines).
- l'area sottostante i serbatoi deve avere superficie impermeabile e compatta , con pendenza superiore all' 1% in direzione della fossa di raccolta a cielo aperto distante almeno 10 m. (15 m. oppure 7,5 m. se presente un muro di cemento armato che protegga dall'irraggiamento per 4 ore, secondo le DOW guidelines).
- la fossa di raccolta deve essere in grado di contenere il liquido sversato per il tempo massimo prevedibile per la sua rimozione (se non è prevedibile a priori, prendere a riferimento 48 ore), secondo le DOW guidelines.
- l'area di rilascio deve essere munita di cordoli di altezza compresa tra 10 cm e 60 cm (altezza massima 0,5 m., secondo le DOW guidelines).

- le condutture principali devono essere dotate di valvole di isolamento a comando anche a distanza con linee di servizio (se elettriche) protette dall'incendio.
- le tubazioni che portano alle valvole di sicurezza e quelle che da esse si allontanano devono essere senza curvature o restringimenti di sezione (secondo le DOW guidelines).
- evitare l'impiego di tubazioni verticali con molte curve a causa delle difficoltà nel drenaggio, provocata dalla condensazione della sostanza nei punti bassi con conseguente blocco del flusso di vapore (secondo le DOW guidelines).
- la rete di rilevazione incendio deve essere in grado di reagire ad eventi in qualsiasi punto dell'unità entro 1 minuto.
- l'erogazione d'acqua deve essere garantita da pulsanti a comando remoto posizionati almeno nella sala pompe antincendio, nella palazzina uffici, in prossimità di ogni elemento pericoloso del deposito.
- la portata degli impianti di raffreddamento deve essere progettata per $10,2 \text{ l/min/m}^2$, dove i mq sono relativi alla superficie del serbatoio, (secondo le DOW guidelines e il punto 3.2.1.3 del DPCM 31/3/89).
- la coibentazione del serbatoio dovrebbe riguardare anche eventuali supporti metallici nonché le tubazioni (pipe) fino ad una distanza di 6,1 m. (secondo le DOW guidelines).
- evitare l'impiego di giunti e manicotti di espansione (secondo le DOW guidelines).
- utilizzare guarnizioni riempite di un filo di acciaio inossidabile inertizzato disposto a spirale per le flange sul serbatoio e in tutte le tubazioni che si trovano in un raggio di 6,1 m. dal medesimo. Le superfici delle flange devono sporgere di almeno 3,1 – 6,3 mm. sulla superficie della guarnizione per guarnizioni a spirale. Questo tipo di guarnizioni dovrebbero essere utilizzate una volta sola e poi scartate (secondo le DOW guidelines).