

# **“ANALISI DI RISCHIO QUANTITATIVA DI UNA PIATTAFORMA OFFSHORE PER LA PRODUZIONE DI GAS NATURALE ”**

**Barone D. 1, Damiani A. 1**

**1 The IT Group Italia Srl, Largo Volontari del Sangue n° 10, San Donato Milanese, 20097, Italia**

## **SOMMARIO**

Scopo del lavoro è la descrizione di un Quantitative Risk Assessment - QRA (Analisi di Rischio Quantitativa) relativo alla progettazione di una piattaforma offshore impiegata per lo sfruttamento di una riserva di gas naturale, ubicata sotto il livello del mare.

Per l'effettuazione della QRA, in accordo a quanto previsto dalla normativa internazionale di riferimento [1], sono stati impiegati i risultati degli studi effettuati preliminarmente ed in particolare:

- Hazid (Hazard Identification – Identificazione dei pericoli)
- Hazop (Hazard & Operability Analysis - Analisi di operabilità e dei pericoli)

I risultati del QRA sono stati riassunti in una "Matrice di Rischio " nella quale sono stati rappresentati tutti gli scenari individuati per la piattaforma.

La Matrice di Rischio ha consentito di definire l'accettabilità o meno di ogni scenario incidentale, suggerendo, ove necessario, le misure di riduzione dei rischi in accordo al criterio ALARP (As Low As Reasonable Practicable). Tale criterio prevede l'adozione di misure di prevenzione e di mitigazione dei rischi, sulla base di un'analisi costi/benefici.

Nel lavoro vengono descritte sinteticamente le metodologie di analisi utilizzate (Hazid, Hazop, QRA) ed i risultati ottenuti dall'applicazione di ognuna di esse.

## **1.0 DESCRIZIONE DEL SISTEMA**

La piattaforma è costituita da una struttura in acciaio a quattro piani e pianta rettangolare, collegata al fondale mediante quattro pali.

Il gas proveniente dai pozzi viene collettato ad un separatore di produzione mediante un manifold di produzione, al fine di consentire la separazione dall'acqua dal gas. Il gas in uscita dal separatore di produzione viene trasferito ad un'altra piattaforma (tramite una sea-line) nella quale viene effettuata la compressione del gas.

Un manifold di test, collegato ad un separatore di test permette di testare il gas proveniente dai pozzi. Il gas testato viene miscelato con quello in uscita dal separatore di produzione e trasferito alla stazione di compressione.

L'acqua in uscita dai separatori di produzione e di test viene inviata all'impianto di trattamento acque e successivamente scaricata in accordo alla normativa vigente.

Sulla piattaforma sono presenti le seguenti utilities :

- sistema di iniezione metanolo
- combustore scarichi
- vent
- generatore principale di energia elettrica
- diesel di emergenza
- sistema aria compressa.

## **2.0 HAZID**

Lo scopo dell'HAZID è stato quello di identificare i maggiori pericoli secondo una check list predisposta sulla base di linee guida relative alle piattaforme offshore.

Essi sono stati analizzati verificando le potenziali conseguenze e le misure di sicurezza adottate e selezionando quelli che sulla base dell'esperienza storica risultano comunque significativi durante l'esercizio di piattaforme offshore.

Questi ultimi sono stati registrati in un documento denominato Hazard register ed analizzati in studi successivi (Hazop, QRA).

All'HAZID, coordinato dal Team leader hanno partecipato specialisti in diverse di discipline quali :

- Ingegneria
- Sicurezza
- Produzione
- Processo
- Perforazione
- Costruzione

A fronte dell'HAZID meeting è stato elaborato un HAZID report, parte di tale documento è mostrato in Tabella 1. Per ogni parola guida sono stati identificati gli eventi pericolosi, le potenziali conseguenze, le protezioni previste, il numero di riferimento, le eventuali raccomandazioni/commenti e le azioni previste.

L'Hazard register elaborato per la piattaforma analizzata è riportato in Tabella 2. Per ogni pericolo selezionato sulla base della esperienza storica in quanto comunque significativo, sono stati individuati: il sistema/area interessata, il tipo di apparecchiatura, le cause, gli effetti, le protezioni previste, i possibili scenari, il riferimento QRA, le azioni.

## **3.0 HAZOP**

La metodologia Hazop è stata impiegata per individuare i pericoli di processo e per analizzare l'operabilità del sistema. Gli obiettivi dell'Hazop sono stati :

- identificare le cause e le conseguenze delle anomalie di processo in un modo sistematico e completo, individuando così i possibili scenari incidentali
- valutare le misure ed i sistemi di sicurezza previsti
- individuare eventuali raccomandazioni al fine di aumentare il livello di sicurezza.

L'Hazop è stata effettuata in accordo a linee guida proposte da Enti internazionali e da società del settore Oil & Gas, e coordinata dalla figura dell'Hazop Leader, con esperienza in materia di analisi di rischio e Hazop in attività similari.

Il gruppo di lavoro che ha partecipato all'effettuazione dell'Hazop è stato composto da specialisti di diverse discipline quali :

- Processo
- Strumentazione
- Ingegneria
- Produzione
- Sicurezza

Per ogni nodo (node) identificato sui P&ID , insieme alle relative linee di collegamento, sono stati riportati: la funzione (intention), i dati di progetto (design conditions) e le condizioni operative (operating conditions).

A fronte dell'Hazop meeting sono stati elaborati fogli di registrazione (Hazop worksheet) un esempio dei quali è riportato in Tabella 3. Per ogni parola guida (guide word) applicata ai diversi parametri sono stati considerati: la deviazione (deviation), le cause (causes), le conseguenze (consequences), le misure di sicurezza (safeguards), le raccomandazioni (recommendations) e le azioni (by).

Il principale scenario incidentale individuato mediante Hazop è stato la sovrappressione nelle apparecchiature di processo e scarico del gas in eccesso al vent con possibile accensione del gas scaricato.

#### 4.0 QUANTITATIVE RISK ASSESSMENT – QRA

Gli scenari incidentali identificati sulla base dell'esperienza storica e dovuti sia a rotture casuali di parti di impianto, sia ad anomalie di processo, sono stati analizzati sia in termini di frequenza di accadimento, sia in termini di conseguenze.

Per l'identificazione degli scenari incidentali sono stati utilizzati sia risultati dello studio Hazid, sia i risultati dell'Hazop.

Gli scenari incidentali sviluppati nel QRA sono stati di due tipologie :

- 1 causati da guasti random di apparecchiature e tubazioni
- 2 causati da anomalie di processo ed identificati mediante l' Hazop .

La stima delle frequenze dei rilasci di sostanze pericolose causati da guasti random di tubazioni e di apparecchiature, è stata effettuata mediante l'impiego di ratei di guasto disponibili in banche dati specializzate e da bibliografia [2], [3]. La stima delle frequenze dei rilasci di sostanze pericolose causati da anomalie di processo (identificate da Hazop) è stata eseguita facendo uso della metodologia degli alberi di guasto.

Partendo dalla stima delle frequenze dei rilasci di sostanze pericolose, l'evoluzione e le frequenze degli scenari incidentali sono state determinate facendo uso della metodologia degli alberi degli eventi, utilizzando valori di probabilità desunti da letteratura specializzata e/o da banche dati [2], [3].

Gli scenari incidentali individuati mediante Hazid sono stati i seguenti (vedi Hazard Register) :

- blow out in produzione (testa pozzo / X -mas) (1)
- perdita di contenimento :
  - Riser (2)
  - Sea line (3)
  - Testa pozzo (4)
  - Separatore e altri componenti di processo (5) (6)
  - Trappola per pig (7)

Lo scenario incidentale identificato mediante Hazop è lo scarico di emergenza di gas al vent e successivo innesco (8). E' stata inoltre considerata la perdita di contenimento del serbatoio di metanolo (9).

Le conseguenze di ogni scenario incidentale (distanze di danno) sono state valutate facendo uso di modelli matematici specifici [4] e sono state rappresentate in planimetria. Gli eventi incidentali più critici come conseguenze sono stati i jet fire a seguito di rilasci di gas, alcuni dei quali riportati nella Tabella 4. In tale tabella sono descritti per ogni scenario le possibili conseguenze (jet fire, flash fire, dispersione infiammabile), le frequenze di accadimento stimate, le distanze alle quali si riscontrano le soglie di riferimento per radiazione termica, concentrazione infiammabile, ecc...) e la classe di frequenza, di gravità, di rischio, come definito in Tabella 5.

La stima delle conseguenze ha permesso di valutare l'adeguatezza delle misure di prevenzione e protezione previste nella progettazione quali rilevatori gas e incendio, rivestimenti antifuoco, sistemi di blocco automatico, valvole telecomandate di isolamento in emergenza.

I risultati della QRA sono stati sintetizzati in termini di frequenza di accadimento e di conseguenze in una Matrice di Rischio (vedi Tabella 5), nella quale sono stati rappresentati tutti gli scenari incidentali individuati per la piattaforma. Tale matrice di Rischio è stata redatta in accordo a quanto proposto dalla normativa relativamente alle installazioni offshore [1].

La Matrice di Rischio ha mostrato che alcuni scenari (1,5,7,8,9) rientrano nel campo dei rischi accettabili (CI=Continuous Improvement), altri scenari (2,3,4,6) rientrano nel campo dei rischi che possono richiedere misure per la riduzione degli stessi (RRM= Risk Reduction Measures). Per questi ultimi, avendo già adottato misure di prevenzione e protezione adeguate, non sono stati individuati ulteriori miglioramenti. Nessuno degli scenari incidentali individuati presenta un livello di rischio (frequenze/conseguenze) intollerabile (IR=Intolerable Risk) pertanto non è stato necessario proporre ulteriori misure di riduzione dei rischi oltre a quelle previste nella progettazione.

## **RIFERIMENTI**

1. Norma ISO 17776 – Petroleum and natural gas industries – Offshore Production Installation– Guidelines on tools and techniques for identification and assessment of hazardous events
2. Hydrocarbon leak and ignition data base – E&P forum 1992
3. Accident statistic for fixed offshore units on the UK Continental Shelf (HSE 2003)
4. Effects-TNO Safety software. TNO Environmental, Energy and Process Innovation Department of industrial Safety

Tabella 1 - HAZID REPORT

<b>Identificazione Workshop</b>						
<b>Parole guida</b>	<b>Eventi pericolosi</b>	<b>Potenziali conseguenze</b>	<b>Protezioni previste</b>	<b>N.</b>	<b>Raccomandazioni / commenti</b>	<b>Azioni</b>
Disastri naturali	Vento forte	Danni strutturali	Progettazione delle strutture per forte vento (50 m/s)	2	--	--
Disastri naturali	Terremoto	Danni a strutture	Progettazione in accordo a codici sismici (periodo di ritorno 200 anni )	8	--	--
Effetti esterni	Collisioni marine con navi mercantili	Danni a strutture	Assistenza alla navigazione, sirene	16	Comunicazione alle autorità	Società
Eventi strutturali	Subsidenza	Abbassamento delle strutture	Previsto nel progetto, abbassamento di 0.8 m in lungo periodo	38	--	--
Fattori umani	Operazioni scorrette nella manipolazione delle sostanze	Feriti / morti / danni a strutture	Procedure di sicurezza e DPI	48	Emesse procedure	Società
Malfunzionamento apparecchiature / strumentazione	Sistemi di sicurezza	Impossibilità di arresto in sicurezza.	Sistemi di riserva, sistemi di sicurezza tipo fail safe , UPS	50	--	--
Upsets di processo	Deviazioni di portata	Conseguenze di processo	Progettazione basata sul processo	58	Analisi Hazop	Contractor
Malfunzionamento utilities	Mancanza Energia Elettrica	Fermata del processo	Diesel di emergenza, UPS	60	--	--
Operazioni di emergenza	Fuga / uscite / soccorso	Feriti, morti	Due differenti vie di fuga, imbarcazione di salvataggio, procedure di emergenza, in accordo a codici ISO	68	--	--
Blowouts	Blowout in produzione	jet fire esteso	Manutenzione dei sistemi ESD e test periodici	72	HAZARD Register 1	Società
Perdita di contenimento	Pipelines sottomarine (sea line)	Riduzione di produzione e rilascio di gas	Trasmettitore di pressione, misuratore di portata, sistema ESD	80	HAZARD Register 3	Società
Perdita di contenimento in area di processo	Perdita da apparecchiature di processo e di testa pozzo	Gas jet, Jet fire	Rilevatori di gas, di incendio, sistema ESD	82	HAZARD Register 4	Società
Impatto ambientale	Malfunzionamento impianto trattamento acque oleose	Contaminazione del mare	Allarmi per alto contenuto di idrocarburi, ridondanza di filtri, LAHH su settling tank, PSD	110	--	--
Incidenti durante costruzione	Incidenti durante le costruzioni offshore	Feriti / morti / Danni alle strutture	Procedure di sicurezza, formazione, DPI, certificazione dei componenti	120	Emesse procedure	Società

Tabella 2 - HAZARD REGISTER

<b>PERICOLO</b>	<b>SISTEMA/ AREA INTERESSATA</b>	<b>APPAREC- CHIATURA</b>	<b>CAUSE</b>	<b>EFFETTI</b>	<b>PROTEZIONI PREVISTE</b>	<b>SCENARI</b>	<b>QRA EVENT ID</b>	<b>AZIONI</b>
Blowout in produzione	Testa pozzo	X – mas	Rottura	Jet fire	Manutenzione dei sistemi ESD e test periodici	Jet fire, Flash fire	1	Società
	Unità sottomarine	Riser	Rottura	Rilascio di gas	Procedure di trivellazione, ESD	Rilascio di gas al di sopra del mare	2	Società
Perdita di contenimento	Pipelines sottomarine (sea line)	Pipeline	Rottura totale/parziale	Rilascio di gas	Trasmettitore di pressione, misuratore di portata, sistema ESD	Rilascio di gas al di sopra del mare	3	Società
	Componenti di testa pozzo	Flange, tubazioni	Rottura	Gas jet Jet fire	Rilevatori di gas, di incendio, sistema ESD	Jet fire, Flash fire	4	Società
	Separatori o altre attrezzature di processo	Flange, tubazioni	Rottura	Gas jet Jet fire	Rilevatori di gas, di incendio, sistema ESD	Jet fire, Flash fire	5	Contractor
	Tubazioni di processo, flange	Flange, tubazioni	Rottura	Gas jet Jet fire	Rilevatori di gas, di incendio, sistema ESD	Jet fire, Flash fire	6	Contractor
	Trappole di lancio/arrivo pig	Flange	Rottura	Gas jet Jet fire	Rilevatori di gas, di incendio, sistema ESD	Jet fire, Flash fire	7	Contractor
	Vent	Vent	Sovrapressione ed innesco	Irraggiamento	Vent in elevazione	Irraggiamento	8	Contractor

Tabella 3 - HAZOP WORKSHEET

Company :  
 Facility :  
 Session :

Unit : Sistema Manifold di produzione, Separatore di produzione	
Node : No 2 , da UV 001, SDV00A a valvole VP-001, SDV003 VL-001, BDV 001, SDV 00C	P&ID : DW-1110-00, rev. B DW-1111-01, rev. B
Intention : Collettare il gas in uscita dai pozzi , inviare il gas al separatore di produzione , separare l'acqua dal gas	
Design conditions : P =100 barg (a monte VS-001) , 40 barg ( a valle VS-001 ) ; P= 30 barg (per VS-001) T = -12/+60 °C	
Operating conditions : = 20 bar ; T ≈ 8°C	

Parameter: Pressure

<i>GW</i>	<i>Deviation</i>	<i>Causes</i>	<i>Consequences</i>	<i>Safeguards</i>	<i>Recommendations</i>	<i>BY</i>
Più	1.8 Più pressione in VS 001	1.8.1 Vedi meno portata 1.8.2 Vedi nessuna portata 1.8.3 Incendio esterno 1.8.4 Guasto PV001	1.8.1.1 Vedi meno portata 1.8.2.1 Vedi nessuna portata 1.8.3.1 Aumento di pressione 1.8.4.1 Più pressione in VS 001	1.8.1.1.1 Vedi meno portata 1.8.2.1.1 Vedi nessuna portata 1.8.3.1.1 PSV001 A/B 1.8.4.1.1 PAHH101A/B (logica 2/2) PSD 1.8.4.1.2 PSV001 A/B	7 Procedura per bloccare aperta una valvola a monte di PSV ( A or B) per evitare il chattering  8 Aggiornare P&I 1114-00, B01 per valvole a monte PSV 001 A/B	Contractor  Contractor
Less	1.9 Meno pressione in VS001	1.9.1 Nessuna portata a monte di VS001 1.9.2 Guasto PV006	1.9.1.1 Vedi nessuna portata dal manifold 1.9.2.1 Meno pressione in VS 001	1.9.1.1.1 PV001 A/B 1.9.1.1.2 PALL 101 A/B (logica 2/2, PSD) 1.9.2.1.1 PALL 101 A/B (logica 2/2, PSD)		

Tabella 4 – SCENARI INCIDENTALI

Scenario	Possibili Conseguenze	Frequenza (occ./anno)	EFFETTI										RISCHIO ( vedi Tabella 5)			
			Distanza (m) alle soglie per radiazione termica stazionaria (Pool/Jel Fire )			Distanza (m) alle soglie per concentrazione /radiazione termica istantanea (Dispersione tossica/infiammabile, flash fire )				Distanza (m) alle soglie per sovra pressione (Esplosione UVCE)			Classe di frequenza	Classe di gravità delle conseguenze	Categoria di rischio	
			37.5 kW/m <sup>2</sup>	12.5 kW/m <sup>2</sup>	5 kW/m <sup>2</sup>	UFL	LFL	IDLH	LC50	0.6 bar	0.3 bar	0.07 bar				
1 Blow out in produzione	Jet Fire (60 m)	$1,50 \cdot 10^{-5}$	62	65	69									O	4	CI
	Dispersione Infiammabile / Flash Fire	$9,00 \cdot 10^{-5} / 9,00 \cdot 10^{-6}$				16	50							O	2	CI
4 Perdita da testa pozza	Jet Fire (8 m)	$2,00 \cdot 10^{-4}$	-	-	5									A	4	RRM
	Dispersione Infiammabile / Flash Fire	$1,50 \cdot 10^{-3} / 1,10 \cdot 10^{-4}$				2	7							B/A	2	CI
6 Perdita da manifold	Jet Fire (6 m)	$9,00 \cdot 10^{-4}$	8	10	13									A	4	RRM
	Dispersione Infiammabile / Flash Fire	$5,30 \cdot 10^{-3} / 4,40 \cdot 10^{-4}$				2	6							B/A	2	CI

Tabella 5 – Matrice di Rischio

Consequence					Increasing Annual Frequency					
severity	People	Environment	Assets	Reputation	0	A	B	C	D	E
					Practically non credible occurrence	Rare occurrence	Unlikely occurrence	Credible occurrence	Probable occurrence	Likely / frequent occurrence
					Could happen in E&P industry	Reported for E&P industry	Has occurred at least once in Company	Has occurred several times in Company	Happens several times/y in Company	Happens several times/y in one location
1	Slight health effect / injury	Slight effect	Slight damage	Slight impact	9	8				
2	Minor health effect / injury	Minor effect	Minor damage	Minor impact						
3	Major health effect / injury	Local effect	Local damage	Local impact		5 - 7				
4	PTD (*) or 1 fatality	Major effect	Major damage	National impact	1	2 - 4 - 6				
5	Multiple fatalities	Extensive effect	Extensive damage	International impact		3				

(\*) Permanent Total Disability

White Continuous Improvement  
 Light gray Risk Reduction Measures  
 Dark gray Intolerable Risk

Frequency range  
 O  $< 1 \cdot 10^{-4} \text{ yr}^{-1}$   
 A  $10^{-4} \div 10^{-3} \text{ yr}^{-1}$   
 B  $10^{-3} \div 10^{-2} \text{ yr}^{-1}$   
 C  $10^{-2} \div 10^{-1} \text{ yr}^{-1}$   
 D  $10^{-1} \div 1 \text{ yr}^{-1}$   
 E  $> 1 \text{ yr}^{-1}$