

Analisi di sicurezza: strumenti, fasi critiche, professionalità necessaria

Prof. Maurizio Cumo

*Scuola di Specializzazione in Sicurezza e Protezione
Università di Roma "La Sapienza"*

1. INTRODUZIONE

La crescente attenzione ai problemi di compatibilità ambientale degli insediamenti industriali ha dato luogo in tutto il mondo ad una estesa produzione normativa. Anche in Italia, in particolare nel recepimento di direttive comunitarie, sono stati predisposti strumenti normativi specifici, spesso corredati da allegati tecnici molto dettagliati.

Lo scopo dei disposti di legge, soprattutto quando si parla di rapporti di sicurezza, dovrebbe essere quello di indirizzare e identificare criteri e metodologie di analisi, tracciando un percorso di riferimento per l'esecutore dell'analisi: nella pratica, però, l'identificazione delle situazioni a rischio, la ricostruzione delle sequenze incidentali e delle probabilità ad esse associate e - infine - l'analisi degli effetti dell'evento incidentale su cose e persone sono operazioni spesso troppo complesse per poter essere classificate e normate; esse, quindi, possono essere affrontate solo con l'intervento di figure professionali di adeguata esperienza e, soprattutto, con formazione specifica nel settore degli alti rischi.

Questo lavoro, percorrendo - seppure in modo sintetico - lo sviluppo di una analisi di sicurezza, intende metterne in luce le fasi cruciali ed evidenziare come esse non possano prescindere dal coinvolgimento di figure professionali altamente specializzate, necessarie per risolvere problemi specialistici.

Dopo aver introdotto i concetti di incidente e rischio, vengono illustrate le metodologie di analisi di rischio e quindi le problematiche legate all'analisi delle conseguenze, evidenziando il ruolo dell'*Esperto in analisi di sicurezza* in alcune delle fasi cruciali.

2. INCIDENTE E RISCHIO: DEFINIZIONI E GENERALITÀ

Si può definire incidente (*accident*¹) un evento inatteso, incontrollato e non pienamente compreso, provocato a sua volta da azioni umane, oppure da stati meccanici, fisici o chimici, non conformi a requisiti di sicurezza, risultante in danni a persone, a cose o all'ambiente in generale.

Un processo si definisce, pertanto, sicuro se non espone cose e persone ad un rischio superiore ad un certo rischio di riferimento ("medio" e/o "di soglia").

I fattori che determinano il rischio sono riconducibili a quattro grandi famiglie:

- Fattori legati alle tecnologie;
- Fattori di tipo gestionale/organizzativo;
- Fattori umani
- Eventi naturali estremi (*Acts of God*).

Il concetto di rischio è legato a tutte le azioni umane, in quanto ogni attività può essere coronata da un successo ovvero concludersi con un insuccesso, parziale o totale; accettare dei rischi è parte della nostra vita quotidiana. Quando si tollera un rischio lo si fa perché è basso o, più di frequente, perché è basso il cosiddetto *rischio percepito*, che è certamente legato al rischio reale (quantificabile), ma da un fattore che può essere sia molto inferiore che superiore all'unità.

Il rischio si può pertanto definire in modo qualitativo come "la perdita stimata dovuta al fallimento di un evento su un certo intervallo di tempo, o al fallimento risultante da un certo numero di tentativi." Quantitativamente, esso è misurato dal prodotto fra probabilità di un evento e "magnitudo" delle conseguenze, valutate in termini di vite umane, di ore di lavoro perse, di danni alle cose, a loro volta valutabili in svariati modi.

La definizione quantitativa di rischio genera immediatamente la distinzione fra i tipi di azione destinati al suo contenimento. Definiamo infatti:

- *misure preventive* quelle destinate ad abbattere la probabilità che un dato evento sfavorevole si verifichi;
- *misure mitigative* quelle destinate, una volta che l'evento favorevole si sia verificato, a limitarne al minimo le conseguenze.

¹ L'inglese *incident* nel settore dell'analisi di rischio non ha una traduzione corrispondente in italiano. Potrebbe essere tradotto con diverse espressioni, come "evento imprevisto" o "grave anomalia", ma è comunque nettamente distinto da *accident*. Può essere utile citare, solo qualitativamente (ma c'è anche un ben preciso riscontro quantitativo) la denominazione dei livelli più bassi della scala di severità (magnitudo) istituita dalla IAEA (International Atomic Energy Agency) di Vienna e denominata INES (International Nuclear Event Scale). Se si esclude il livello zero, definito fuori scala (*below scale*, cioè evento non significativo) si ha: 1 - Anomaly; 2 - Incident; 3 - Accident.

Per completezza va detto che nel mondo anglosassone si affianca al concetto di *risk* (rischio) anche quello di *hazard*, che è interpretabile in italiano come "grande rischio", vale a dire un rischio comunque non accettabile perché troppo alto.

3. BREVI CENNI SULLE PRINCIPALI METODOLOGIE DI ANALISI DI RISCHIO

Le metodologie di analisi di rischio sono raccolte sotto l'acronimo PHA (Process Hazards Analysis). Si tratta di metodologie diverse, che però hanno in comune l'obiettivo: fornire una schematizzazione, per quanto possibile anche "visiva", degli eventi incidentali e delle sequenze incidentali che possono verificarsi in un impianto.

Vedremo una breve rassegna delle metodologie più impiegate, mettendone in evidenza i limiti e le caratteristiche in termini di applicabilità dei risultati ottenibili, oltreché le competenze e professionalità richieste per eseguirle. Va sottolineato come, nel caso di applicazione dei metodi più complessi e peraltro più affidabili e più completi (soprattutto sotto il profilo della "simulazione" dell'impianto e del suo comportamento), sia sempre prevista la presenza di esperti di analisi di sicurezza e, in particolare, di un *team leader con funzione* di coordinamento del gruppo.

3.1 FMEA - Failure Modes and Effects Analysis

La FMEA, che fu sviluppata, inizialmente, per applicazioni nel settore aerospaziale e in quello degli impianti nucleari di potenza, è una tecnica finalizzata ad individuare, a diversi livelli di un processo, gli effetti di possibili modi di malfunzionamento (*failure modes*) all'interno di un sistema.

Il metodo assume la denominazione di FMECA nel caso in cui l'analisi sia del tipo "*criticality analysis*", che prevede l'uso di una scala di criticità che dà conto dell'importanza del singolo modo di guasto analizzato. La tab. 1 fornisce un esempio di scala di criticità, da cui si evince chiaramente il coinvolgimento di un *engineering judgement* dal punto di vista della sicurezza.

Criticità (classe)	Descrizione delle conseguenze
0	Nessuna conseguenza
1	Limitato rischio per gli operatori, nessuna conseguenza sulla disponibilità di impianto
2	Conseguenze sulla disponibilità di impianto (arresto o diminuzione della produzione), rischio significativo per gli operatori
3	Importanti conseguenze sulla disponibilità di impianto (arresto), intervento o richiesta di intervento di sistemi di sicurezza, rischio rilevante e immediato per gli operatori

Tab. 1 - Scala di criticità per FMECA

FMEA e FMECA studiano, in particolare, il degrado delle prestazioni di singoli componenti e le relative conseguenze per la sicurezza. Questi metodi possono essere utilizzati sia come strumenti di progetto sia come strumenti per analisi di affidabilità utili nel corso dello sviluppo di un prodotto. Si tratta comunque di strumenti la cui applicazione richiede un notevole impegno di risorse.

La tecnica FMEA non presenta, oggi, un diffuso utilizzo perché evidenzia una serie di limiti applicativi precisi: il principale è quello di non essere applicabile per l'esame di modi comuni di guasto e combinazioni complesse di guasto. Per questo motivo essa viene utilizzata, eventualmente, solo in combinazione con altre metodologie quali l'HAZOP e la Fault Tree Analysis.

In tabella 2 viene riportato un tipico esempio di *flowsheet* di una FMEA.

ITEM No.	Componente	Modo di guasto	Effetto	Salvaguardie	Azioni
1	Tubazioni di aspirazione della pompa e filtri	Intasati	Pompa non alimentata	Pompa di stand-by in soccorso	
				Manutenzione e test periodici	
		Rotti	Materiale solido all'interno della pompa	Pompa di stand-by in soccorso	Ispezione periodica del filtro a monte della pompa
				Manutenzione e test periodici	
2	Tubazione di mandata dalla check valve	Rottura esterna	Perdita portata	Pompa di stand-by in soccorso	
				Valvola di non ritorno sulla mandata	
		Intasata	Perdita portata	Pompa di stand-by in soccorso	
				Manutenzione e test periodici	
3	Valvola di sfiato	Intasata o fallita aperta	Aria in tubazioni, possibile colpo d'ariete	Manutenzione e test periodici	

Tabella 2 - Foglio di lavoro tipico di FMEA

3.2 FTA – Fault Tree Analysis - Albero dei guasti

La FTA è una metodologia rigorosa, basata sull'algebra booleana. Come la FMEA, è una tecnica che richiede un grande impegno di risorse e tempo, ma è una delle più idonee a raggiungere una comprensione profonda del rischio quando si analizzano sistemi ad elevato grado di complessità.

La FTA si rivela particolarmente efficace in presenza di sistemi fortemente interconnessi, nei quali siano presenti blocchi, retroazioni e - in generale - stati di funzionamenti diversi legati al cambiamento dei parametri di processo; è comunque in grado di tenere conto di tutte le combinazioni di guasto di componenti, di errori umani e, in generale, di qualunque evento anomalo che possa condurre a danni nel sistema. Per quanto detto, attualmente, nelle analisi di rischio, la metodologia FTA risulta praticamente insostituibile.

Una caratteristica positiva della FTA è che si presta ad essere condotta sia in forma qualitativa che quantitativa. Nel primo caso, dallo sviluppo dell'albero dei guasti si avrà solo l'indicazione di tutte le possibili sequenze di guasto, nel secondo - associando le singole probabilità di accadimento ai diversi malfunzionamenti che generano le diverse sequenze di guasto - si può valutare l'affidabilità del sistema attraverso il valore numerico che assume la probabilità dell'incidente di riferimento (TOP EVENT).

In figura 1 viene riportato un tipico esempio di *flowsheet* di una FTA.

3.3 Uso combinato di FMEA e FTA

Il risultato di una FMEA può costituire il tipico *input* di una analisi condotta mediante il metodo dell'albero dei guasti. Tale combinazione di metodologie presenta una buona complementarità: in particolare, i sistemi, più complessi - soprattutto quelli che presentano un numero elevato di ridondanze, come accade tipicamente nei sistemi rilevanti ai fini della sicurezza - non affrontabili con la tecnica FMEA, potranno essere con successo affrontati con la metodologia dell'albero dei guasti.

3.4 HAZOP - HAZard and Operability Analysis

L'HAZOP è la più nota, e probabilmente la più utilizzata, tecnica di analisi di rischio. Ciò dipende in misura significativa dal fatto che l'analisi HAZOP, rispetto ad altre metodologie di tipo qualitativo, riesce a fornire risultati più completi ed affidabili. Per ottenere tali risultati, però, è richiesto un approccio all'analisi sistematico, volto a definire nei minimi dettagli tutte le caratteristiche fisiche e gestionali che rappresentano il processo: un tale tipo di analisi richiede necessariamente il coinvolgimento di un nutrito gruppo di tecnici di formazioni diverse (fino ad una decina) che, coordinati da un esperto di analisi di rischio (*team leader*), devono operare con la massima sinergia per integrare le varie competenze (v. fig. 2).

Il gruppo di analisti HAZOP deve individuare tutte le interconnessioni, o "nodi", fisici o funzionali che collegano i singoli componenti dell'impianto e, quindi, determinare per ciascuno di essi l'obiettivo di progetto (*design intent*), inteso come funzione e/o condizione di funzionamento (pressione, temperatura, portata, livello, ecc.). A questo punto devono essere analizzate in modo sistematico (v. fig. 3) tutte le possibili deviazioni di tali parametri dai valori di progetto fruendo, per facilitare e dare ordine alle fasi di analisi, dell'applicazione di parole guida che devono essere applicate a tutti i parametri caratterizzanti il sistema. Per ciascuna deviazione, il gruppo HAZOP analizza cause, effetti e probabilità: se viene evidenziato un rischio rilevante (*hazard*), il gruppo deve individuare le raccomandazioni o le prescrizioni tecniche necessarie ad affrontare la possibile emergenza.

E' evidente, dunque, quanto l'efficacia di una analisi HAZOP possa dipendere dalla capacità e dalla professionalità degli analisti.

Per la particolare caratteristica dei risultati attesi, l'HAZOP è utilizzato essenzialmente:

- nelle fasi di progettazione di impianti, in particolare se di nuovo tipo e basati su diverse tecnologie;
- per la definizione di procedure operative che possano evitare, in caso di una certa categoria di malfunzionamenti, l'arresto dell'impianto;
- per lo studio di procedure di manutenzione e di intervento su sistemi e componenti di impianto.

In fig. 4 viene riportato il diagramma HAZOP sviluppato nell'ambito di una guida metodologica relativa ad impianti di stoccaggio di ammoniacca.

3.5 "What-If"

La *What-if* analysis presenta diverse analogie con l'HAZOP, anche se è meno strutturata di quest'ultimo. Come l'HAZOP, richiede di essere svolta da un *team* formato dai responsabili dell'impianto e da esperti di analisi di sicurezza; anche in questo caso è centrale il ruolo del *Team leader*, il quale procede nell'analisi attraverso una sequenza organizzata di domande del tipo "*What-if*", per esempio: "*Cosa è correlato a...?*" oppure "*Cosa è successo e cosa succederà se ...?*", ecc..

L'analisi si svolge attraverso l'identificazione del rischio, la valutazione delle cause e delle relative conseguenze (magnitudo dell'evento). Sulla base delle risposte alla domanda "*What if?*", e in particolare del livello di rischio che risulta associato a tali risposte, lo staff responsabile dell'analisi identificherà azioni o misure specifiche. In tab. 3 viene fornito un esempio di lista di riscontro per una singola domanda "*What if?*"

Domanda	<i>Cosa è correlato a una diminuzione di livello? (il riferimento è un serbatoio in pressione)</i>	
Risposte	Rischio limitato	Rischio elevato
	Guasto al sistema di regolazione	Guasto al sistema di regolazione
	Drenaggio lasciato erroneamente aperto	Valvola di intercettazione lasciata aperta
	Guasto alla tenuta della pompa	Portata in uscita al vessel troppo alta
	Apertura spuria dello sfiato del vessel	Portata in ingresso al vessel troppo bassa
	Portata in uscita dal vessel troppo alta	Alta portata (generico)
Portata in ingresso al vessel troppo bassa	Pompa di riserva inavvertitamente messa in marcia	

Tab. 3 - *What if* analysis: lista di riscontro per una singola domanda

3.6 Altre tecniche

Vengono di seguito fornite descrizioni sintetiche di altre tecniche di uso abbastanza frequente. Tra queste si citano tutti metodi ormai ben consolidati in anni di applicazioni; viceversa, riguardo a metodi più recenti, non risultano ancora accreditati metodi di analisi di nuova concezione che abbiano già superato test di validazione a livello internazionale.

3.6.1 ETA - Event Tree Analysis – Albero degli eventi

Scopo della metodologia ETA è la identificazione delle sequenze che, a seguito di un evento indesiderato (evento iniziatore), possono dar luogo ad incidenti (Top Event); l'ETA è utilizzato, in particolare, per evidenziare tutti i possibili scenari derivanti dalla evoluzione di un evento iniziatore in funzione dell'intervento o del fallimento (successo o insuccesso) dei sistemi preposti alla protezione dell'impianto.

La metodologia fornisce risultati di tipo qualitativo ma, se sono disponibili i dati sulle probabilità di accadimento dei singoli eventi che compongono la sequenza incidentale, consente anche di pervenire alla quantificazione della probabilità di accadimento del "Top Event".

3.6.2 Diagramma causa-conseguenze

Scopo della metodologia, dato un evento critico per un impianto, è quello di ottenere lo sviluppo delle conseguenze dello stesso e, contemporaneamente, l'identificazione delle cause che lo hanno generato. L'analisi effettuata con i diagrammi causa-conseguenze può fornire, quindi, gli stessi risultati che si otterrebbero applicando contemporaneamente sia la metodologia dell'Albero dei Guasti che quella dell'Albero degli Eventi. Anche i risultati di questo tipo di analisi di rischio possono essere sia di tipo qualitativo che quantitativo.

3.6.3 Simulazioni Monte-Carlo

La simulazione mediante il metodo Monte-Carlo presuppone la disponibilità di un modello del sistema da analizzare, in forma di grafo o di diagramma blocchi. I guasti e le riparazioni del sistema vengono simulate da un generatore casuale di numeri. Il metodo Monte-Carlo si presta particolarmente bene per l'analisi di sistemi molto complessi e con un numero elevato di interconnessioni.

3.6.4 Analisi di operabilità e regolarità (REGOP)

La REGOP (*REGularity and OPerability analysis*) consiste, in sintesi, nell'analisi dei guasti e nella identificazione degli scenari a valle, il tutto eseguito in modo sistematico sui diversi componenti. La REGOP, che si applica tipicamente nell'industria, è finalizzata a:

- capire come identificare i guasti e le conseguenze associate ai diversi modi di guasto;
- valutare i tempi di riparazione e di riavvio;
- valutare i dati di affidabilità per un eventuale modello del sistema di produzione.

3.6.5 Metodo di Markov

Lo scopo prioritario del metodo è l'analisi di affidabilità di sistemi composti da componenti interconnessi o da unità composte da sistemi interconnessi soggetti a cause comuni di guasto. Il metodo di Markov, che fornisce risultati sia qualitativi che quantitativi, risulta un metodo di analisi complementare rispetto ai metodi dell'Albero dei Guasti e dell'Albero degli Eventi. Nel processo di valutazione dei rischi, il metodo di Markov può essere utilizzato per identificare gli interventi, per ridurre la probabilità di accadimento degli eventi iniziatori e, comunque, per stimare la probabilità degli eventi iniziatori.

4. PROBLEMATICHE CONNESSE ALLA ANALISI DELLE CONSEGUENZE

4.1 Sviluppi della modellistica e del *software*

Lo sviluppo nel settore dell'informatica e soprattutto la sempre crescente potenza di calcolo nelle macchine di uso personale ha determinato, negli ultimi anni, una estesa proliferazione di software dedicati alla analisi delle conseguenze.

Questi *software*, peraltro, utilizzano modelli matematici diversi, alcuni più diffusi, altri meno noti e a volte messi a punto nell'ambito dello sviluppo del prodotto software stesso.

Gli strumenti *software* sono in genere di costo abbastanza contenuto (dell'ordine di alcune migliaia di dollari), articolati tipicamente in:

- un *database* contenente le caratteristiche chimico-fisiche di un numero più o meno grande di sostanze;
- una parte dedicata al calcolo del termine di sorgente (*source term*), tipicamente la portata di rilascio, riferita a condizioni impiantistiche diverse;
- una parte dedicata alla modellistica incidentale vera e propria, articolata in una struttura ad albero più o meno ramificata, dalla quale si deducono i dati di impatto veri e propri, in termini di concentrazioni, flussi termici, sovrappressioni da onde d'urto.

A causa della grande variabilità di evoluzioni possibili, molti di questi strumenti (anche quelli più evoluti e di maggiore diffusione, sia per scopi commerciali che di ricerca) richiedono una profonda conoscenza delle possibili fenomenologie e dei modelli che le descrivono. Tale conoscenza specialistica deve supportare tutte le fasi dell'analisi delle conseguenze ma, soprattutto, due momenti:

- la scelta del modello o, per meglio dire, della sequenza di modelli da utilizzare;
- la scelta dei dati di input e dei parametri da inserire nei singoli modelli, dato che loro piccole variazioni possono dar luogo a variazioni significative dei risultati, ad esempio in termini di estensione delle aree di letalità: questo aspetto, di per sé già rilevante, può risultare determinante quando si vada ad analizzare l'impatto di eventi incidentali che si verificano in impianti a rischio ubicati in prossimità di centri abitati, situazione purtroppo alquanto diffusa sul territorio nazionale.

Accanto alla già citata proliferazione di "pacchetti software" destinati all'analisi della conseguenze, in concomitanza allo sviluppo della rete Internet si registra, oltre che una ovvia facilità di consultazione dei diversi pacchetti legata ai siti commerciali e di ricerca che pubblicizzano i propri prodotti (spesso scaricabili in versione *demo*), un certo numero di siti - anche di privati, professionisti del settore - che mettono a disposizione gratuitamente servizi di calcolo. Si tratta di strumenti ridotti all'essenziale, sprovvisti di post-processamento grafico, ma che consentono l'esecuzione di calcoli di indubbia utilità: caso abbastanza frequente, il calcolo della concentrazione di una determinata sostanza in un punto, con determinate condizioni di rilascio (pressione, temperatura, caratteristiche geometriche dell'efflusso), fissate la classe di stabilità atmosferica e la velocità del vento (v. fig. 5).

4.2 Altre problematiche

Si verifica di frequente, specialmente nelle applicazioni che potremmo definire "professionali" della analisi degli incidenti e in particolare delle conseguenze, la necessità di raggiungere velocemente risultati, limitando l'impiego di risorse e quindi facendo ricorso a strumenti semplificati.

L'uso di questi strumenti dovrebbe sempre essere supportato da verifiche o "validazioni", ma purtroppo la già citata necessità di raggiungere rapidamente dei risultati rende questa buona pratica scientifica molto rara.

Per la verità, l'uso improprio di strumenti di valutazione si inserisce per così dire "coerentemente" in una problematica più generale, che è quella dello sviluppo "minimale" dell'analisi delle conseguenze. Ci si riferisce al fatto che molto spesso l'obiettivo finale reale dei rapporti di sicurezza è quello di dimostrare *sic et simpliciter* il rispetto di alcuni limiti quantitativi che vengono, sì, indicati dalla normativa, ma sempre richiamando l'attenzione dell'estensore del rapporto di sicurezza sulla necessità di studiare a fondo le fenomenologie incidentali identificate come critiche; quest'ultima indicazione, seppure molto spesso tenuta in grande considerazione dal legislatore ed espressa chiaramente, viene spesso disattesa. Si prenda come esempio, il D.M. 15/5/96 "Criteri di analisi e valutazione dei rapporti di sicurezza relativi ai depositi di petrolio liquefatto ai sensi dell'art. 12 del D.P.R. 17 maggio 1988 n. 175" e, dettagliatamente, l'Appendice III, dal titolo "Metodo per l'analisi e la valutazione degli eventi incidentali associabili ai depositi di GPL", in cui si legge:

"...si forniscono di seguito elementi di valutazione ai fini della compatibilità territoriale. Essi non vanno interpretati in termini rigidi e compiuti, bensì utilizzati come guida nella conformazione di un giudizio che deve necessariamente essere articolato, prendendo in considerazione anche i possibili impatti diretti o indiretti connessi all'esercizio dell'attività industriale"

In questo, come in numerosi altri punti della normativa, emerge quindi la necessità di figure professionali specifiche, che abbiano nel proprio bagaglio culturale l'atteggiamento naturale a un approccio globale alle problematiche che si presentano.

Tornando al problema dei metodi semplificati, molto spesso viene applicato un nomogramma o un grafico senza tener conto dei limiti di applicabilità o senza alcuna possibilità di verificarli (problema anche questo frequente) e quindi, di fatto, ignorandoli. Anche su questo aspetto la legge fornisce indicazioni di merito chiare, come si può verificare, ad esempio, dal § 2.3.3.2 dell'allegato 1 al D.P.C.M. 31/3/89, relativo alla scelta e all'uso dei modelli, in cui si legge:

"I modelli esistenti per valutare l'evoluzione dei fenomeni e le possibili conseguenze sono molteplici. L'affidabilità dei modelli va però analizzata caso per caso, a seconda degli obiettivi che si vogliono raggiungere e nel contesto ambientale nel quale i modelli vengono applicati. Pertanto, prima dell'applicazione di qualsiasi modello, si effettua uno studio del modello stesso, valutandone i presupposti, i limiti, le modalità di impiego. ...la scelta del modello o dei modelli previsionali è effettuata dall'estensore dello studio di valutazione delle conseguenze".

Ancora una volta, quindi, emerge la necessità di una figura con una formazione ed una esperienza settoriale specifica; questa figura, seppure non definita espressamente a livello di qualificazione dalla normativa, viene comunque implicitamente connotata dalla normativa stessa.

Passando in rassegna diversi scenari incidentali, si può facilmente verificare come sia possibile pervenire a risultati anche molto diversi applicando formule o utilizzando grafici "apparentemente" nel loro campo di applicabilità.

Per citare una delle grandezze il cui calcolo presenta la maggiore dispersione di risultati, nel caso della lunghezza di fiamma di un *jet-fire* da GPL si può arrivare a valori diversi anche di un fattore 5 o 6. In questo caso, come in altri analoghi, è opportuno accertarsi dei limiti di applicabilità dello strumento utilizzato e, quando questo non sia possibile, confrontare fra loro i risultati ottenuti seguendo strade diverse, scegliendo alla fine quello per cui sono più validi e noti i riferimenti o, *extrema ratio*, quello che fornisce risultati più conservativi.

5. CONCLUSIONI

L'analisi di sicurezza di un impianto ad alto rischio si svolge attraverso un procedimento lungo e complesso, molto articolato e composto di fasi tecnicamente anche molto diverse.

La grande disponibilità di metodi e modelli di analisi, sia in fase di analisi di probabilità e di rischio che in fase di analisi delle conseguenze, e - allo stesso tempo - una normativa molto sviluppata ma ancora - e forse necessariamente - carente sotto il profilo dell'indirizzo verso modelli di calcolo con requisiti precisi, è alla base di quella che può essere definita una "dispersione" sia nei risultati che nelle verifiche di compatibilità ambientale, ben nota a tutti gli esperti delle problematiche degli impianti a rischio di incidente rilevante.

Il ruolo dell'esperto in analisi di sicurezza costituisce dunque, allo stato attuale e in prospettiva, la migliore garanzia di una corretta impostazione scientifica di tutte le fasi dell'analisi di sicurezza per il raggiungimento di risultati affidabili. Per questo un confronto fra specialisti, eventualmente anche mediante *benchmarks* in sedi qualificate come il VGR, può fornire un contributo importante alla messa a punto di una sorta di *how to use* di metodologie e strumenti.

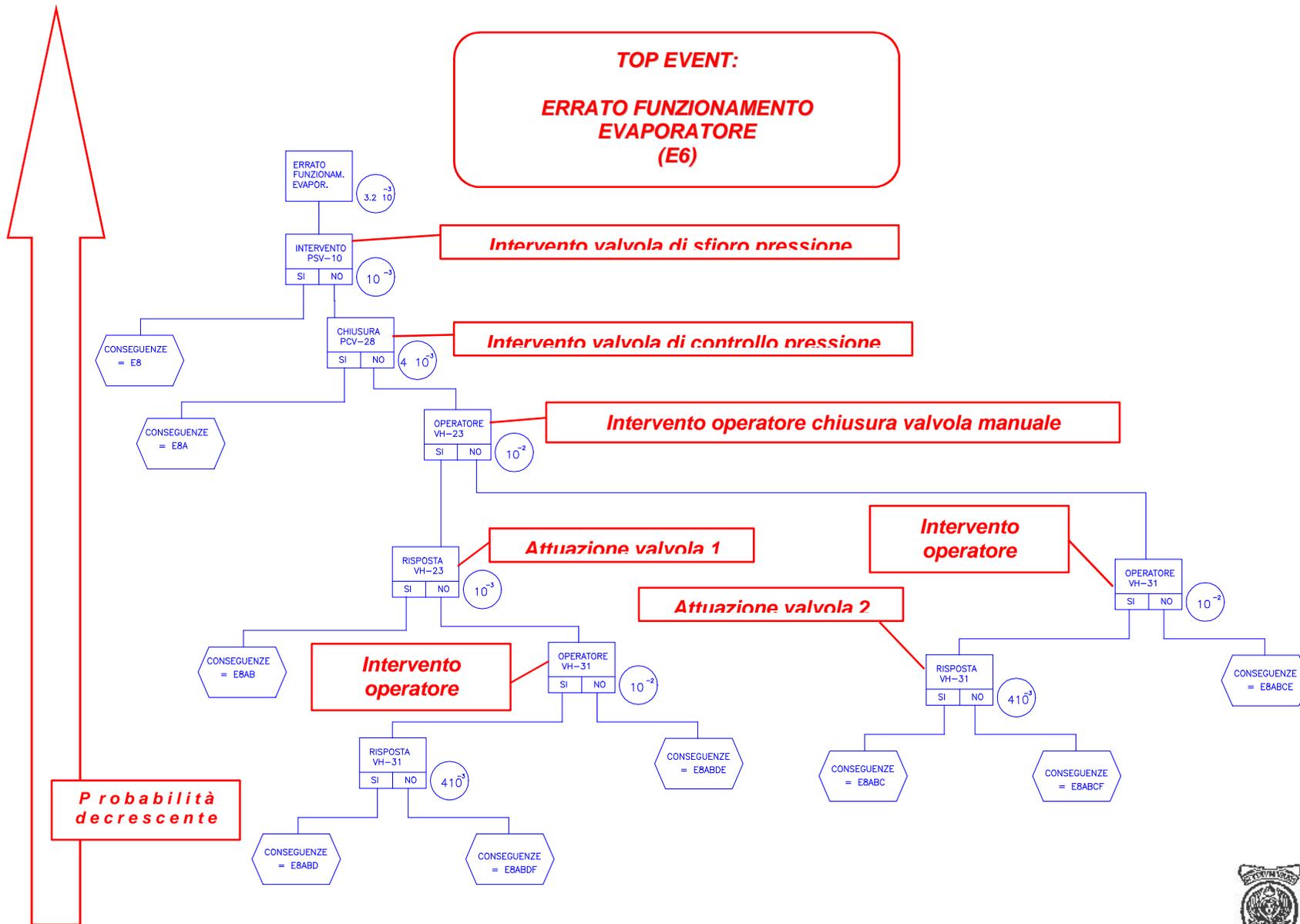


Fig. 1

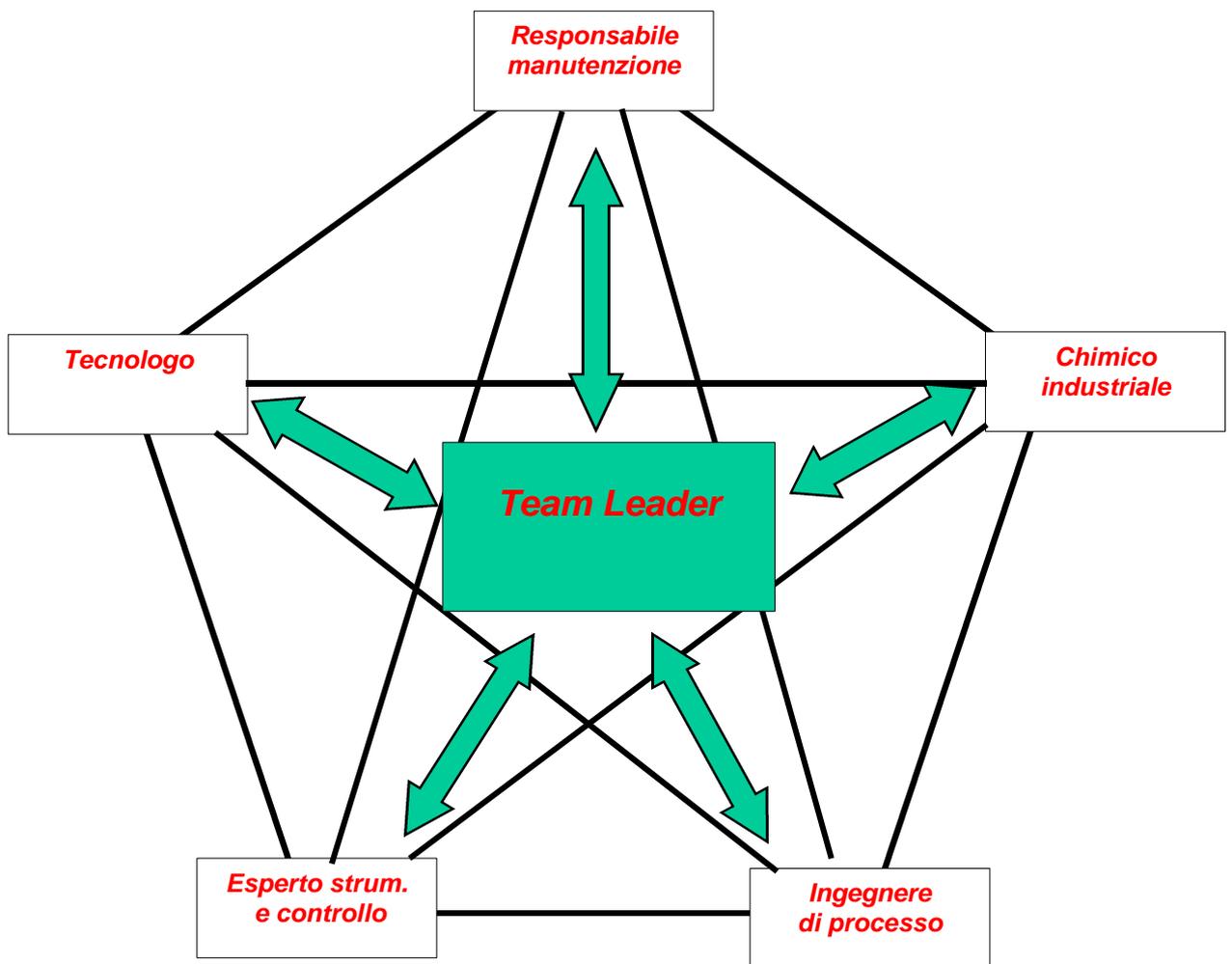


Fig. 2

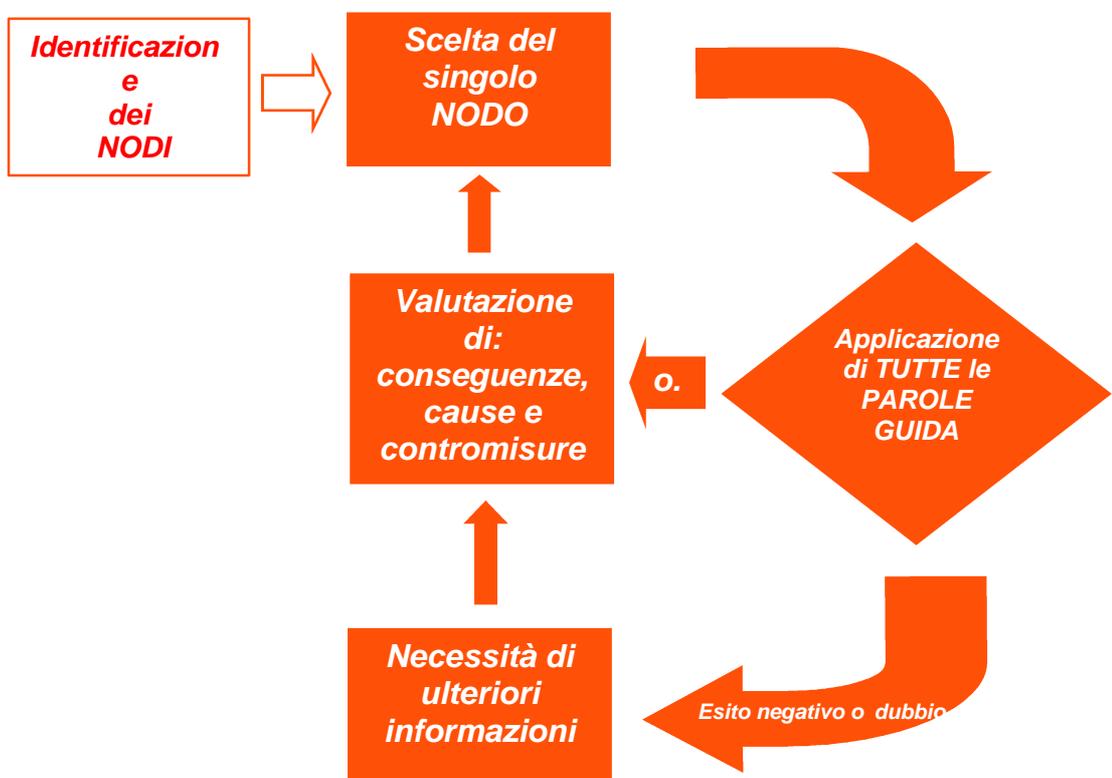


Fig. 3

Xavier's Air Pollution Modeling Page - Microsoft Internet Explorer provided by GO Network

File Edit View Favorites Tools Help

Address Links

Category Name	Input	Remarks
Stack Height	<input type="text" value="30"/> m	This is the height of the smokestack in meters (1 meter = 1.3 yds)
Weather Condition	<input type="text" value="B"/>	Only A, B, C, D, E, F-- Click here for a guide to these codes --defaults to F need to change this
Wind Velocity	<input type="text" value="3"/> m/sec	This value is in meters per second
Downwind Distance	<input type="text" value="1500"/> m	Please click here for help calculating this value
Offwind Distance	<input type="text" value="1000"/> m	Please click here for help calculating this value
Rate of Pollutant Emission	<input type="text" value="15"/> g/sec	Click here for a comment on this value

Calculate It!

Output Table

Category Name	Output	Remarks
Multiplier	<input type="text"/> x 10 ⁻¹⁰	This value tells you how much to multiply your emissions amount by to get the concentration below (this value is unitless)
Pollutant Concentration	<input type="text"/> x 10 ⁻⁶ (g/sec)	This is the pollutant deposition rate for the spot you described above using the Downwind and Offwind inputs

Done Internet

Fig. 5