

IDENTIFICAZIONE DEI RISCHI NEGLI IMPIANTI DI PROCESSO ATTRAVERSO L'UTILIZZO DELLE BASE DATI DI PROGETTO

Giannini F.*, Monti M.*, Ansaldo S.*, Cerini L.°, Bragatto P.°

*CNR – Istituto per la Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche – Sez. Genova,
via De Marini, 6 – 16149 Genova

°ISPESL – Dipartimento Inseidamenti Produttivi ed Interazione con l'Ambiente,
via Fontana Candida, 1 – 00040 Monteporzio (RM)
monti@ge.imati.cnr.it

SOMMARIO

Nella messa a punto di applicazioni che agevolino l'identificazione dei rischi, è possibile sfruttare gli strumenti PDM (*Product Data Modelling*), al fine di un recupero immediato dei dati dell'impianto, finalizzato per esempio all'identificazione di situazioni e configurazioni a rischio. L'obiettivo della ricerca è fornire strumenti per la navigazione all'interno della base dati PDM di un impianto per evidenziare possibili situazioni di criticità, selezionando e presentando in modo opportuno al progettista i relativi dati dell'impianto. A tal fine, si è proceduto alla formalizzazione delle situazioni di criticità attraverso una tassonomia di regole di sicurezza basata su categorie che condividono specifiche proprietà e criteri. Tali regole possono attivare i singoli moduli applicativi del PDM più idonei ed ulteriori algoritmi definiti ad-hoc. Il prototipo consente di sviluppare, attraverso una sorta di foglio elettronico, le fasi di identificazione dei rischi, secondo le regole classiche dell'HAZOP, prevedendo l'accesso alle informazioni contenute nei diversi documenti di progetto opportunamente organizzati nel PDM.

1. SICUREZZA INTRINSECA E SVILUPPO DELLE METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA

1.1 La sicurezza intrinseca e la progettazione degli impianti

Nella progettazione degli impianti di processo la sicurezza non va aggiunta a valle del progetto stesso ma sviluppata contestualmente alla progettazione [1]. Non bisogna aspettare di avere a disposizione l'intero progetto, bensì effettuare l'analisi del rischio ad ogni passo, a cominciare dagli schemi di processo, per passare ai P&ID, al layout, al piping, al disegno delle strutture e così via. L'identificazione a priori dei rischi presenta degli enormi vantaggi nei confronti dell'identificazione a posteriori [2]. Solo così è infatti possibile intervenire con modifiche impiantistiche che escludano intrinsecamente la possibilità d'incidente, mentre con cambiamenti successivi alla fase progettuale, si è costretti, in molti casi, ad aggiungere sistemi di controllo e di contenimento, nonché ad intensificare i controlli e la manutenzione sui componenti individuati come critici [3]. In questi casi si parlerà di sicurezza attiva o passiva ma non di sicurezza intrinseca, restando infatti pur sempre possibile, anche se poco probabile, che in concomitanza alla perdita si abbia anche un mancato funzionamento dei sistemi di contenimento. Pur riconoscendo che un'identificazione iniziale dei rischi è una condizione indispensabile per indirizzare la progettazione impiantistica verso la sicurezza intrinseca, bisogna constatare che gli strumenti metodologici normalmente adottati per l'identificazione dei rischi richiedono tempi e risorse ingenti e possono risultare poco praticabili, nelle fasi di sviluppo [4]. Sarebbe molto utile poter disporre di strumenti di analisi tempestiva del rischio che accompagnino tutto il ciclo di progettazione in modo da inserire, ai diversi livelli, continui controlli metodologici che impediscano che durante una fase progettuale si faccia scendere il grado di sicurezza e che quindi si debba compiere nelle successive fasi un particolare sforzo per introdurre sistemi di contenimento aggiuntivi e misure varie per la mitigazione delle conseguenze.

1.2 L'utopia dell'HAZOP automatico

Avere degli strumenti molto agili, implementati all'interno dei sistemi di progettazione può essere molto utile per accorciare drasticamente i tempi di analisi in modo che si possano tenere in debito conto i requisiti di sicurezza o ancor meglio le regole o normative, quando presenti. Questa esigenza è molto sentita nel mondo della progettazione impiantistica, anche se non si è ancora avuta una risposta convincente. In un passato recente gli sviluppi di sistemi di progettazione (CAD – *Computer Aided Design*) sempre più

sofisticati, estesi ed automatizzati hanno fatto nascere la proposta del cosiddetto “HAZOP automatico” [5]. Con questa denominazione, sicuramente forzata, ci si riferisce a quei sistemi automatizzati che, a partire dai modelli d’impianto sviluppati con sistemi CAD, permettono l’identificazione dei rischi, sulla base di criteri e regole predefinite. Le ambizioni di chi ha cercato di sviluppare questi sistemi sono molte ma le realizzazioni concretamente utilizzabili sono decisamente povere. In pratica vengono evidenziate solo situazioni smaccatamente a rischio, che potrebbero anche essere viste senza strumenti automatici. Questi strumenti, infatti, non hanno mai fatto emergere rischi che vengono invece individuati attraverso le modalità della classica metodologia “HAZOP” che richiede uno studio concorrente dei diversi esperti che intervengono nell’analisi, portando con sé competenze e criteri valutativi diversificati.

1.3 Natura della complessità di un progetto impiantistico

Uno dei maggiori ostacoli ai tentativi di un impossibile “HAZOP” automatico è la natura della complessità di un progetto impiantistico. In realtà un impianto di processo, per il numero e varietà dei componenti, delle funzionalità e delle connessioni, è molto più “semplice” di un circuito integrato o di un codice software. Piuttosto che di complessità si dovrebbe parlare di “complicazione”, per indicare il fatto che lo stesso impianto nello sviluppo del progetto viene visto attraverso stratificazioni di documenti completamente differenti fra i quali schemi di processi, diagrammi delle apparecchiature, sviluppo delle tubazioni, elevazioni tridimensionali, schemi elettrici, progetti meccanici, planimetrie. Tutti questi documenti sono fra loro collegati in maniera per nulla lineare. La complicazione, si può dire, è più nei collegamenti fra i vari “stati” di documenti, che non nel documento singolo. I sistemi di HAZOP automatici, individuando la complessità nel documento singolo o meglio ancora nella sua rappresentazione attraverso un sistema CAD più o meno sofisticato, sono destinati al fallimento. Al contrario occorre mantenere sempre il riferimento all’intero insieme dei documenti di progetto. Per ciascuna tipologia di documento esistono oggi moduli software specializzati per la loro creazione, gestione ed analisi. Nel corso degli ultimi venti anni le tecniche di produzione e di gestione della documentazione hanno subito dei cambiamenti radicali, a cominciare dall’automazione del disegno con i primi sistemi CAD bi-dimensionali, fino ad arrivare ai CAD di ultima generazione. Allo stato attuale le società di ingegneria utilizzano per la progettazione sistemi CAD costituiti da numerose applicazioni che automatizzano e collegano fra di loro le successive fasi del progetto: disegno dei diagrammi di processo, disegno dei diagrammi elettrici, sviluppo del layout, inserimento delle apparecchiature, sviluppo delle tubature, instradamento dei cavi, disegno delle strutture di fondazione, calcoli strutturali, etc. Nei sistemi di ultimissima generazione le diverse applicazioni sono sviluppate a partire da un nucleo di modellazione basata su regole. Queste sono definibili dall’utente, senza modificare il software, e possono sia guidare lo sviluppo dei nuovi modelli dell’impianto sia verificare i disegni preesistenti.

1.4 Banche dati dei documenti di progetto (PDM)

Per rispondere all’esigenza di poter gestire lungo tutto il ciclo di vita dell’impianto, in modo organico e coerente, tutta la massa di disegni, di modelli bi- e tri-dimensionali, di calcoli che si vanno sviluppando, i sistemi CAD sono ormai integrati all’interno di robusti sistemi che gestiscono tutta la documentazione tecnica, sia quella prodotta con il sistema CAD che quella importata da altri sistemi, e sono in grado di regolare gli accessi e gli utilizzi dei dati e dei documenti. I modelli PDM, trattati dai sistemi PLM (“Product Lifecycle Management”), si possono considerare come banche dati contenenti tutti i documenti e le informazioni relative all’impianto e facilitano le operazioni di creazione, gestione, modifica, memorizzazione ed accesso alla vasta quantità di informazioni correlate all’impianto. I sistemi PLM sono perciò in grado di fornire diverse viste dei dati secondo le diverse tipologie di utenti interessati. L’utente può quindi *navigare* attraverso tutti i documenti e i disegni che descrivono il progetto, e può anche accedere a banche dati generali, relative ad esempio, a materiali, sostanze e norme.

L’idea che sta alla base del progetto è quella di utilizzare un’organizzazione delle informazioni del tipo fornito dai sistemi PLM, che offre il vantaggio di un accesso alla descrizione completa dell’impianto, per fornire al progettista la possibilità di effettuare valutazioni sull’impianto stesso come quelle relative alle possibilità di rischio di incidente. Questa strada può rivelarsi molto più costruttiva dei tentativi di “HAZOP” automatico che si sono visti sostanzialmente fallire in passato.

2. IL PROTOTIPO IRIS

2.1 Metodologie adottate per l’identificazione dei rischi

Nell'ambito del progetto di ricerca ISPESL B64/DIPIA/02 è stato realizzato un prototipo software il cui obiettivo è supportare l'identificazione dei potenziali rischi di incidente in un impianto industriale, fornendo all'utente strumenti per la navigazione all'interno della banca dati dell'impianto gestita attraverso un sistema di tipo PDM. Per lo sviluppo del prototipo software si è scelto di prendere in considerazione due metodologie di analisi del rischio: la tecnica nota con il nome Checklist e lo studio HAZOP [3, 6, 7].

La prima metodologia presa in considerazione è basata sulla verifica di una lista di criteri ("checklist") relativi alla configurazione dell'impianto, che offre buone garanzie di sicurezza dell'impianto stesso. In generale tali criteri sono derivati da precedenti esperienze di progettazione e funzionamento di impianti e non sono da considerarsi come regole o norme, cioè obbligatorie, bensì come condizioni che, se non soddisfatte, potrebbero dare origine a problemi di sicurezza. Questa metodologia può quindi essere considerata di ausilio ai controlli sulle condizioni di sicurezza di un impianto: se un impianto soddisfa ai criteri elencati, pur non essendo garantita la sicurezza dell'impianto, è ragionevole ritenere che, rientrando in quelle condizioni, si ha una minore probabilità di incidenti [4].

L'analisi del rischio comunemente nota con la sigla HAZOP è una metodologia sviluppata per studiare e valutare i rischi di sicurezza nell'ambito di un processo ed è forse la più utilizzata tra le varie tecniche di identificazione del rischio. Adottando questa metodologia, si analizzano in modo sistematico tutti i componenti e gli apparati di un impianto, prendendo in considerazione i parametri di processo (per esempio temperatura, flusso, pressione) e si evidenziano le deviazioni che potrebbero avvenire rispetto alle intenzioni originali del progetto. Per ciascuna deviazione si analizzano le cause che potrebbero originarle e le relative possibili conseguenze. La metodologia HAZOP viene effettuata da gruppi di specialisti in varie discipline, che avviano l'analisi sulla base delle loro competenze ed esperienze in tema di rischio, avvalendosi della consultazione della documentazione progettuale disponibile [5, 8, 9].

2.2 Architettura e caratteristiche funzionali

Come illustrato in figura 1, il prototipo software è pensato come un *plug-in* di un sistema PLM per la progettazione e la gestione completa di tutti i dati relativi ad un impianto industriale; il suo obiettivo principale è fornire degli strumenti di supporto all'identificazione dei rischi in un progetto, navigando nell'insieme dei dati contenuti nella base dati relativa al progetto dell'impianto ed analizzandoli, in base alla metodologia di analisi del rischio scelta, per evidenziare quali possono essere le eventuali criticità di sicurezza dell'impianto. Le situazioni di criticità, laddove possibile sono identificate ed evidenziate in modo automatico oppure mediante interrogazioni più specifiche. In figura 1 la direzione delle frecce corrisponde al flusso di informazioni: il prototipo interroga la base di dati del progetto mediante le appropriate applicazioni integrate nel sistema PLM; i risultati dell'analisi costituiscono essi stessi parte integrante della documentazione finale dell'impianto e vanno quindi ad aggiornare la base dati del PDM.

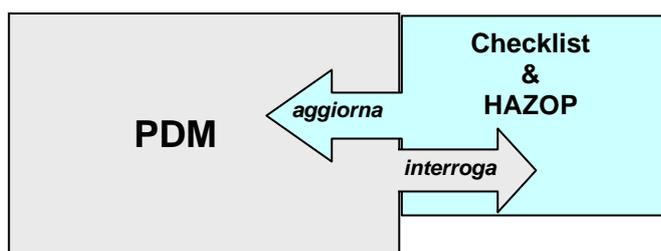


Figura 1 – Integrazione tra il prototipo IRIS e il sistema PDM che contiene e gestisce tutta la documentazione del progetto dell'impianto

Dal punto di vista funzionale [10] il prototipo IRIS è caratterizzato dai seguenti moduli:

- *Browser*: comprende tutte le funzionalità che consentono la scelta del progetto da analizzare e la consultazione della sua documentazione e di eventuali documenti di riferimento (normative, ecc.), utilizzando laddove possibile, le funzionalità offerte dal sistema PLM,
- *Checklist Evaluator*: raggruppa tutte le funzionalità necessarie ad applicare la metodologia di analisi e verifica del progetto di un impianto basata su liste di criteri predefiniti,
- *HAZOP Analyzer*: contiene le funzionalità necessarie a supportare un'analisi HAZOP,
- *Customizer*: comprende le funzionalità di personalizzazione del sistema attraverso la definizione di nuovi criteri per l'analisi basata su Checklist e la specifica di altre deviazioni, cause, conseguenze per il supporto all'HAZOP.

In figura 2 sono schematizzate le basi di dati necessarie [10, 11] al funzionamento del sistema e le relazioni tra di loro. Oltre alle basi di dati relative ai documenti di progettazione, quali P&ID, CAD, 2D layout, ..., il sistema consta di banche dati specifiche in cui vengono inserite principalmente le informazioni relative a:

- i risultati ottenuti dai processi di analisi (base dati DB3),
- i dati e le relazioni rappresentanti la base di conoscenza su cui si basano le regole e i criteri applicati (base dati DB1),
- le informazioni necessarie per gestire le relazioni con il PDM (base dati DB2).

I moduli di analisi Checklist e HAZOP interagiscono inoltre con la base dati PDM dell'impianto, mentre il quarto modulo relativo alla personalizzazione del sistema agisce esclusivamente con la base dati dei criteri e delle regole.

Per quanto riguarda i dati e le relazioni relative alle regole e ai criteri applicati, la strutturazione interna che è stata adottata è la stessa per entrambe le metodologie; questo permette di estendere in modo semplice i criteri da verificare e di descrivere le deviazioni, le cause e le conseguenze, tipiche di uno studio HAZOP. In questo modo avviene quindi la personalizzazione del sistema stesso, attraverso il modulo *Customizer* che consente di definire nuovi criteri e di estendere le banche dati, garantendo così maggior flessibilità al sistema di analisi.

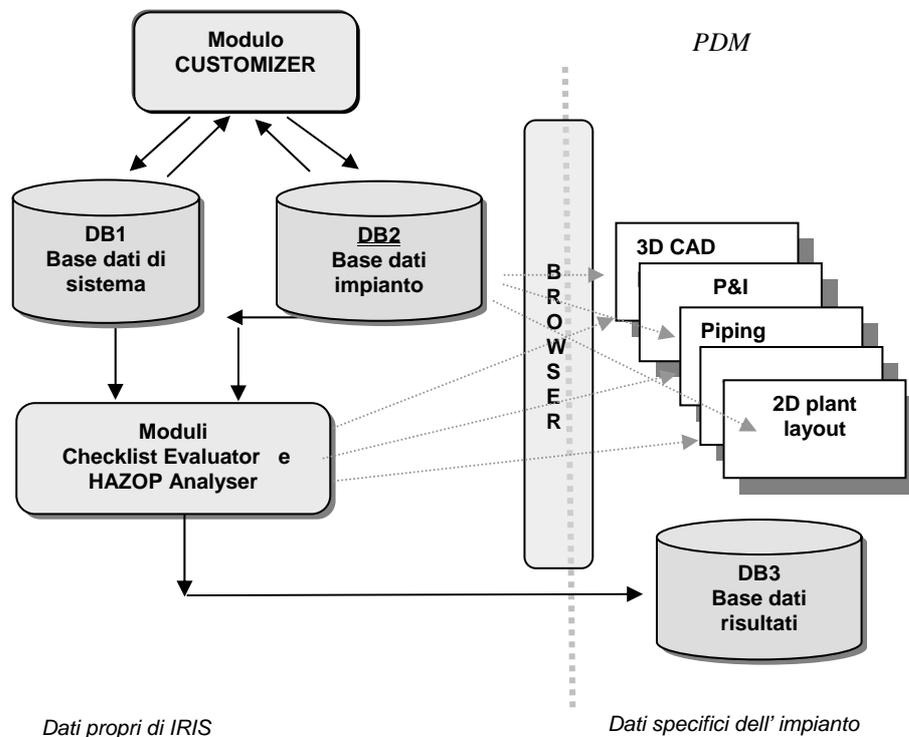


Figura 2: le basi di dati necessarie al funzionamento del prototipo

I risultati ottenuti dall'analisi del rischio diventano a loro volta parte integrante della base dei dati relativa al progetto dell'impianto, poiché illustrano le possibili situazioni di criticità in una determinata fase del progetto, e come tale dovranno essere gestite dal sistema di gestione della documentazione (PDM). La natura e il contenuto informativo dei risultati, che saranno inseriti nella relativa base dati, dipendono ovviamente dal tipo di valutazione effettuata.

Il prototipo è stato sviluppato in ambiente MS Windows NT (MS Windows XP, MS Windows 2000) come applicazione del sistema CATIA V5 © Dassault-Systèmes, utilizzando il linguaggio di programmazione Visual Basic 6. Per le basi di dati è stato utilizzato il sistema MS Access.

2.3 Modulo CHECKLIST e banca dati dei criteri

Le principali funzionalità in sintesi sono:

- consultazione delle liste di criteri disponibili,
- scelta dei singoli criteri che si vogliono verificare,

- attivazione di algoritmi di analisi e verifica,
- presentazione dei risultati ottenuti di volta in volta in formati differenti a seconda del livello di dettaglio che si vuole ottenere.

Gli elementi che compongono la lista dei criteri si riferiscono a problemi legati a certe condizioni dell'impianto oppure a rotture di alcuni componenti. Non tutti i criteri possono essere applicati a tutte le situazioni, per questo si è cercato di definire una classificazione basata su diversi aspetti del progetto impianto, quali la disposizione delle apparecchiature e dei componenti nell'impianto, le tubature, la presenza di componenti in specifiche situazioni di processo. In particolare sono stati presi in considerazione criteri legati ai seguenti aspetti [12, 13]:

- il singolo elemento (cioè componente, apparecchiatura, serbatoio,..), che deve soddisfare a regole di sicurezza indicate nelle norme tecniche,
- il layout delle apparecchiature in un impianto (inteso come disposizione dei componenti), ma anche degli edifici e delle strade nello stabilimento,
- le tubazioni,
- la presenza di componenti in specifiche situazioni di processo.

Per ogni categoria sopra citata, sono stati individuati alcuni aspetti sulla base dei quali poter classificare i criteri. Infine, ogni regola è stata analizzata per valutare quali siano i tipi di informazione richiesti. E' risultato immediatamente chiaro che spesso è necessario poter navigare tra tipologie di documenti e dati di vario tipo. Per esempio, per quanto riguarda il layout, un criterio riguarda la verifica della distanza tra le unità di processo e quelle di servizio. Le unità sono caratterizzate dal tipo di processo, perciò le informazioni si possono desumere dall'analisi di documenti di tipo P&ID. D'altra parte, però, il calcolo della distanza tra due aree deve essere eseguito in ambiente CAD, per esempio nei disegni relativi alla planimetria dell'impianto. Quindi per verificare questo criterio è necessario analizzare documenti di tipo diverso (es: P&ID, CAD 2D) ed estrarre le informazioni da verificare e confrontare (per esempio unità logiche, distanze tra aree).

La formalizzazione delle definizioni di criticità permette quindi di definire una tassonomia di controlli relativi alla sicurezza, suddividendoli in categorie che condividono specifiche proprietà, quali per esempio i tipi di dimensione o di parametri, la posizione e le relazioni fra gli elementi. Tale classificazione è la base su cui sviluppare gli algoritmi necessari per analizzare e riconoscere eventuali criticità in un progetto impiantistico. In tabella 1 sono illustrati alcuni esempi di criteri divisi per categorie:

Tipo	Proprietà/ Oggetto	Criteri	3D Modelli	P&ID	2D Layout	3D Piping
Singolo Componente	Parametri	Proporzione tra le altezze del serbatoio di stoccaggio e della parete di protezione	X			X
		Proporzione tra le altezze del serbatoio di stoccaggio e del bacino di contenimento	X			X
					
Layout	Distanza	Tra unità di processo e altre aree (di servizio, magazzini, servizi antincendio,...)		X	X	
		Tra unità di processo e zone di carico/scarico		X	X	
		Quota delle linee aeree sul piano stradale				X
			X	X	
	Posizione	Vicinanza degli uffici all'ingresso principale			X	
		Parallelismo degli scarichi alla rete stradale			X	
.....	Valvole di emergenza non in zone a rischio		X	X	X	
Tubature	Disposizion e	Adiacenza delle tubazioni in base alle tipologie di sostanze trattate		X		X
		Ancoraggio dei tubi a T rovesciato		X		X
Presenza di specifiche componenti		Linee di collegamento tra serbatoi ed altre apparecchiature		X		X

Tabella 1: Lista di criteri classificati per categorie

La scelta dei criteri da parte dell'utente attiva gli algoritmi di elaborazione dei controlli e dei calcoli necessari, che operano direttamente sui dati di progetto PDM, accedendo quindi, secondo il tipo di criterio, alle strutture dati relative, ai disegni schematici o alle planimetrie e layout, o ai modelli tri-dimensionali dell'impianto o di singoli componenti. I controlli presenti nelle liste possono considerarsi delle *domande* al progetto impianto. Non tutti i controlli sono di tipo quantitativo, cioè forniscono come risultato un valore o una grandezza, ma possono essere di tipo qualitativo. Inoltre, non essendo delle regole o delle normative che devono essere rigorosamente rispettate, in entrambi i casi può essere utile fornire delle indicazioni più articolate. I risultati ottenuti dall'elaborazione di verifica sono quindi presentati all'utente in una forma sintetica, in base all'elenco dei criteri scelti, ma con la possibilità di poter accedere, in modo semplice e guidato, direttamente ai documenti di progetto che meglio spiegano la situazione. Come illustrato in figura 3, la modalità di selezione dei criteri offerta all'utente tiene conto delle relazioni utilizzate per la loro classificazione: all'utente viene per prima cosa chiesto di indicare il contesto in cui si intende operare, per esempio per unità logica di processo o per componente. Per ogni elemento presente nel contesto selezionato (per esempio un'unità di processo o un'apparecchiatura), viene chiesto all'utente di indicare le categorie di criteri che si vogliono verificare.

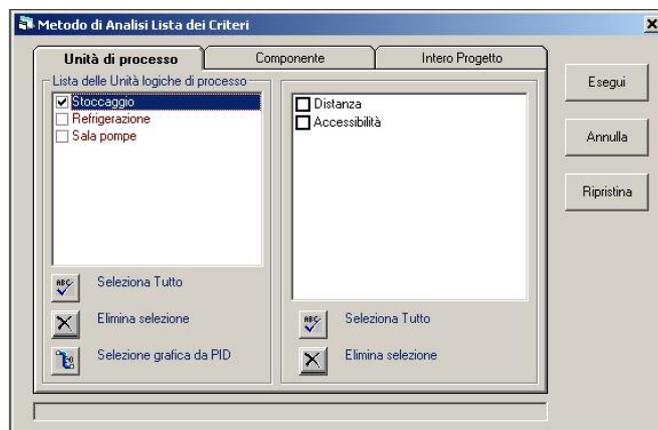


Figura 3: Interfaccia per la selezione dei criteri

Una volta effettuata la verifica dei controlli indicati dall'utente, automaticamente si attiva la visualizzazione di una prima finestra (vedi figura 4) che contiene l'elenco delle regole applicate con a fianco il valore ottenuto Yes/No/Percentage. L'ultima colonna consente di attivare l'elenco dei documenti di progetto su cui è possibile verificare il criterio. Nella figura 4 si illustra il criterio di distanza in contrasto con quanto è stato inserito nella banca dati e il documento di progetto che illustra graficamente il risultato.

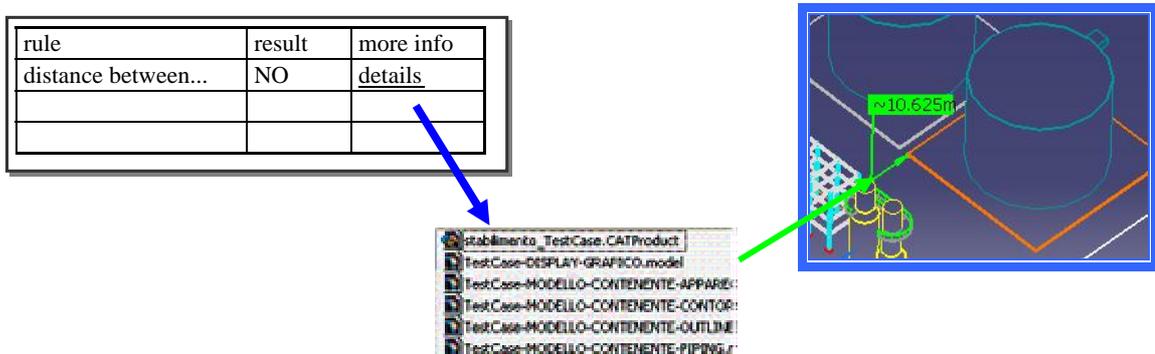


Figura 4: Finestre per la visualizzazione dei risultati dell'analisi effettuata

2.4 Modulo HAZOP Analyzer e banche dati

Il concetto di base dello studio HAZOP è prendere in esame la descrizione completa del processo e interrogare ogni sua parte al fine di scoprire quali deviazioni si possano verificare rispetto alle intenzioni del

progettista e quali cause e conseguenze possano esserci. Questa metodologia viene applicata in modo sistematico su tutti i componenti dell'impianto, o della sua parte (unità) indicata, utilizzando le parole guida. La deviazione è la composizione di parole guida e parametri funzionali dell'oggetto in esame. Le parole guida contenute nella tabella 2 servono per indicare gli scostamenti dai valori previsti di progetto dei parametri fisici caratterizzanti ogni specifico componente [7, 10], quali ad esempio il flusso, la pressione, la temperatura, il livello, etc.

Parola guida	Descrizione
NO	Negazione dell'intenzione
MAGGIORE/ALTO	Aumento di quantità
MINORE/BASSO	Diminuzione di quantità
TANTO..QUANTO	Incremento qualitativo
PARTE DI	Diminuzione qualitativa
OPPOSTO	Logico contrario all'intenzione
DIVERSO DA	Completa sostituzione

Tabella 2: Parole guida per l'analisi HAZOP

Ad esempio l'accoppiamento della parola guida "MAGGIORE" al parametro "pressione" significa che la componente in esame presenta un valore di pressione maggiore rispetto al valore massimo previsto per un funzionamento regolare del processo. Le cause sono rappresentate da tutti quegli eventi che possono produrre la deviazione in esame rispetto ad un dato dispositivo. Le conseguenze sono gli effetti pericolosi della deviazione su altre parti dell'impianto. Poiché non tutti i parametri sono significativi per tutti gli elementi dell'impianto, la prima azione richiesta è l'identificazione dell'area, o unità di processo, che si intende prendere in esame, seguita dalla scelta dei componenti dai quali partire per lo studio di analisi. La scelta dei componenti può avvenire in modo interattivo o seguendo il flusso di processo (ovvero si analizzano automaticamente tutti gli elementi dell'unità di processo selezionata). Comunque, in entrambi i casi, la loro individuazione avviene attivando funzionalità in grado di interagire direttamente con i dati contenuti nel PDM. Dopo che l'elemento è stato individuato, vengono proposte le deviazioni da esaminare, a partire dai parametri caratteristici del componente e dalle parole guida adeguate, o eventualmente aggiunte dall'utente nella fase di definizione della configurazione personalizzata. Per ciascuna deviazione si passa alla valutazione delle cause possibili, tra quelle contenute nella base dati del sistema, tenendo conto delle caratteristiche dell'elemento e di quelli adiacenti, della presenza o meno di certi dispositivi, e così via; è inoltre possibile aggiungerne delle nuove. L'individuazione della causa viene fatta sempre esplicitamente da chi sta effettuando l'analisi e non si intende automatizzare questa fase. Tuttavia il vantaggio di questo strumento è quello di poter accedere e consultare la documentazione di progetto in un modo più guidato e preciso, sfruttando cioè il più possibile le potenzialità delle tecnologie informatiche relative alla gestione della documentazione e ai loro contenuti. In modo analogo si procede all'individuazione delle conseguenze. Alla fine del processo sarà possibile generare in modo automatico un documento, del tutto simile a quello comunemente utilizzato durante gli studi HAZOP, come illustrato in figura 5.

Impianto: Impianto XXXXX Unità di processo: Unità 1 Tipologia Incidentale: Rilascio di sostanza xxxx Evento incidentale: Apertura valvola di sicurezza Componente: Colonna Cxx			Progetto... Documento: ...	Data	
Parametro	Parola Guida	Cause	Conseguenze	Azione raccomandata	Note
Pressione	ALTO	Malfunzionamento valvola VMxx	Scatto VSxx Scarico Gas		
		Malfunzionamento valvola VMxx		

Figura 5: Schema di foglio elettronico relativo ai risultati di uno studio HAZOP

2.5 Un esempio applicativo

L'esempio illustrato in seguito ha lo scopo di evidenziare alcune delle funzionalità del prototipo IRIS, in particolare:

- l'accesso alla documentazione del progetto impianto mediante le funzionalità di navigazione del sistema PLM/PDM,
- l'identificazione delle criticità e dei rischi mediante l'analisi dei diversi tipi di informazioni di cui il progetto è composto,
- le funzionalità per fornire un supporto allo studio HAZOP.

Il caso dimostrativo è costituito da un tradizionale impianto per la produzione di idrogeno a partire da gas naturale nel quale vengono usate, come prodotti ausiliari, anidride arseniosa aggiunta ad una soluzione di carbonato potassico e catalizzatori a base di Nichel e Cobalto. L'impianto produce una miscela di sintesi (composizione tipo sul secco: $H_2=74,5\%$, $N_2=24,4\%$, $CH_4=0,8\%$, $Ar=0,3\%$). Come sottoprodotto si ottiene anidride carbonica destinata agli impianti di Urea e Bicarbonato Ammonico. La fonte per la produzione dell'idrogeno della miscela è il gas naturale di rete, mentre l'azoto viene attinto direttamente dall'aria atmosferica. Il vapore acqueo di processo è prodotto nelle tre caldaie, a partire da acqua demineralizzata. L'impianto si compone delle seguenti unità logiche di processo: idrodesolforazione gas naturale, reforming gas naturale, caldaie a recupero di calore, surriscaldamento di vapore, conversione di CO in CO_2 , decarbonatazione, metanazione. In particolare l'esempio seguente illustra lo studio di analisi del rischio nell'unità decarbonatazione, in cui l'anidride carbonica viene eliminata mediante assorbimento di una soluzione carbonati e bicarbonato di potassio attivati con anidride arseniosa.

L'impianto è stato progettato in ambiente CATIA© Dassault-Systèmes, utilizzando in particolare i seguenti moduli:

- progettazione meccanica per la realizzazione delle singole apparecchiature e dei dispositivi utilizzati,
- plant layout per la descrizione delle planimetrie e la determinazione delle aree di processo, ma anche per fornire la disposizione delle apparecchiature, dei dispositivi, delle tubazioni, cioè delle strutture che compongono l'impianto,
- piping per la progettazione delle linee,
- P&ID per la descrizione dei diagrammi di processo e di flusso.

La progettazione ha seguito una metodologia orientata al prodotto, cioè una struttura gerarchica che corrisponde a diversi livelli di dettaglio di descrizione dell'impianto e delle sue caratteristiche. La figura 6 illustra alcuni dei documenti che caratterizzano l'impianto realizzato. La finestra posta al centro illustra l'impianto nel suo insieme, gli altri documenti invece sono relativi a particolari del progetto. Per esempio, un documento rappresenta la planimetria delle strade e degli edifici, altre finestre illustrano esempi di modelli tridimensionali corrispondenti ad apparecchiature (serbatoi, colonne, forni), dispositivi (valvole), strutture, tubature, un'altra contiene il diagramma di processo. La "navigazione" tra i documenti che compongono il progetto avviene attraverso la struttura del prodotto stesso. Il prototipo IRIS per l'identificazione dei rischi si interfaccia a questi tipi di documenti, utilizzando di volta in volta quello più idoneo in base alla verifica ed interrogazione che si deve effettuare.

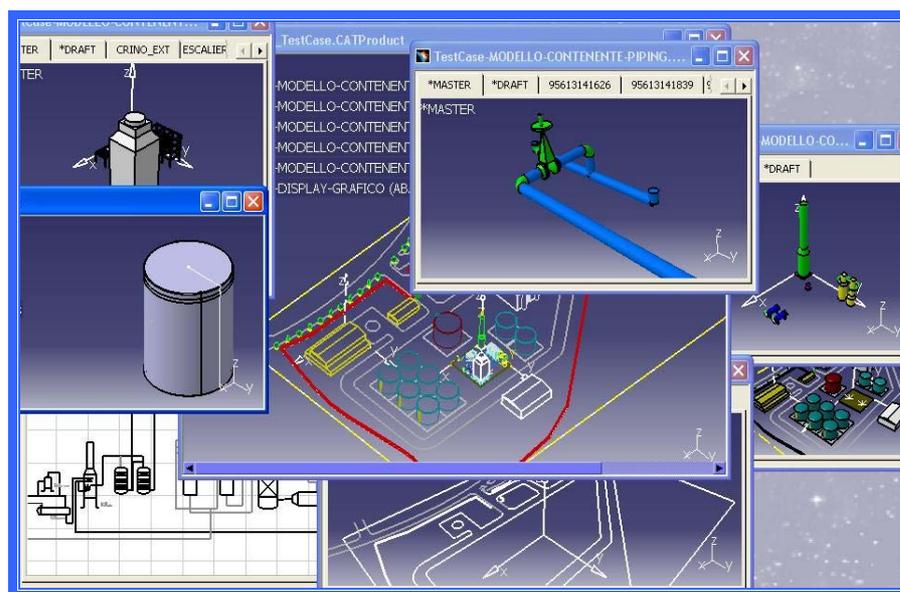


Figura 6: Panoramica di alcuni dei documenti che costituiscono la base dati PDM dell'impianto analizzato

La descrizione che segue illustra i momenti, ritenuti più significativi, di una possibile sessione di utilizzo del prototipo. Dopo aver indicato il progetto su cui si vuole operare si passa a scegliere il tipo di metodologia di analisi che si vuole attivare. Nel caso si sia scelto di identificare le criticità per lo studio HAZOP, viene chiesto di indicare una o più unità logiche di processo su cui effettuare l'analisi. Nella figura 7 è illustrata l'interfaccia relativa, l'elenco delle unità logiche sono desunte direttamente dai documenti di progetto, sullo sfondo infatti si può notare la rappresentazione 3D dell'impianto in cui sono evidenziate le aree di interesse per l'analisi.



Figura 7: Scelta delle unità logiche su cui effettuare l'analisi

Le fasi successive sono principalmente basate su documenti che rappresentano i diagrammi di processo. Una volta scelte le unità su cui effettuare l'analisi, il sistema fornisce l'elenco dei componenti presenti, come illustrato in figura 8 (a), da cui si può scegliere l'apparecchiatura relativamente alla quale si avvia lo studio di verifica del rischio. Il modo di procedere dell'analisi riflette quello utilizzato per lo studio HAZOP, cioè l'analisi sistematica dei componenti evidenziando le deviazioni che possono avvenire rispetto alle intenzioni progettuali. Una volta scelto il componente, il sistema fornisce i parametri ad esso collegati, e, una volta selezionato il parametro, le parole guida disponibili. Le informazioni relative ai parametri e alle parole guida sono contenute direttamente nella banca dati del sistema, e sono accessibili in ogni momento per verifica ma anche per eventuali modifiche o estensioni. In figura 8(b) sono illustrate le successive fasi di scelta delle informazioni necessarie per l'attivazione dell'analisi dei rischi.

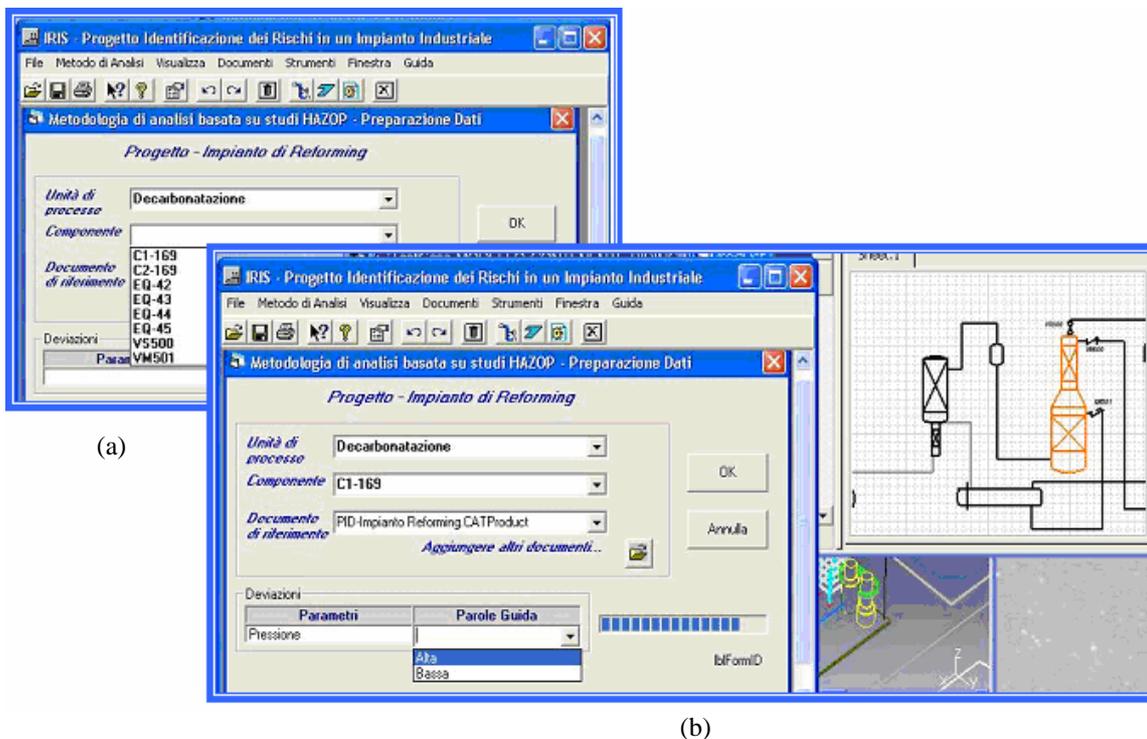


Figura 8: (a) Lista componenti per unità di processo e (b) scelta del componente (Colonna di assorbimento C1) e indicazione della deviazione che si vuole analizzare (aumento della pressione oltre il

limite consentito)

Si noti che la scelta del componente viene evidenziata anche sui documenti del progetto impianto, in particolare su quello contenente il diagramma di processo. Nella colonna relativa ai parametri sono evidenziati solo quelli che riguardano il componente scelto, e analogamente sono evidenziate le parole guida disponibili nella banca dati del sistema che riguardano il parametro. La scelta della parola guida determina la definizione completa della deviazione relativa a quel componente.

La fase successiva riguarda l'analisi vera e propria. Inizialmente si deve andare a ricercare quali possano essere le cause della data deviazione. Il sistema fornisce all'utente un elenco delle possibili cause. Nel pannello denominato *Cause*, illustrato in figura 9, sono presenti due elenchi: il primo contiene l'elenco delle possibili cause, il secondo (in primo piano) evidenzia quali possono essere i dispositivi o componenti interessati, nel caso specifico le valvole. Il primo elenco viene automaticamente compilato dal sistema che provvede ad estrarre, dalla banca dati delle *Cause*, solo quelle che potrebbero avere attinenza con l'analisi in corso. Nell'esempio illustrato, i criteri su cui viene eseguita la scelta si basano: sul tipo di componente in esame (*Colonna di assorbimento*), sulla deviazione indicata (*Pressione Aumento*), sui componenti e dispositivi collegati al componente in esame (per esempio la verifica della presenza di *Valvole*). Una volta scelta il tipo di causa da analizzare, nell'esempio "*Valvola malfunzionamento in chiusura*", compare la lista dei dispositivi effettivamente in collegamento con il componente ed in contemporanea si evidenziano i componenti direttamente sul documento di progetto. Questa operazione viene svolta in modo automatico dal sistema che acquisisce le informazioni direttamente dai documenti di progetto.

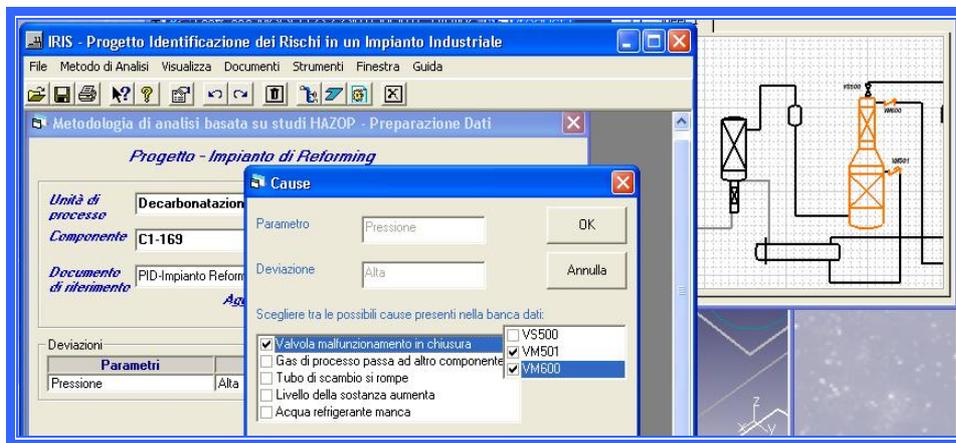


Figura 9: Individuazione delle possibili cause

Il passo successivo è la determinazione delle conseguenze che si possono verificare (figura 10). Si procede in modo analogo a quanto avviene per l'individuazione delle cause: la lista delle possibili conseguenze viene compilata a partire dalle informazioni presenti nella banca dati delle *Conseguenze*, opportunamente inserite in precedenza dagli esperti del settore, valutando i criteri relativi al tipo di componente in esame, ma anche ai dispositivi presenti nel progetto. Nel caso in esame si verifica la presenza delle valvole di sicurezza in relazione alla colonna di assorbimento.

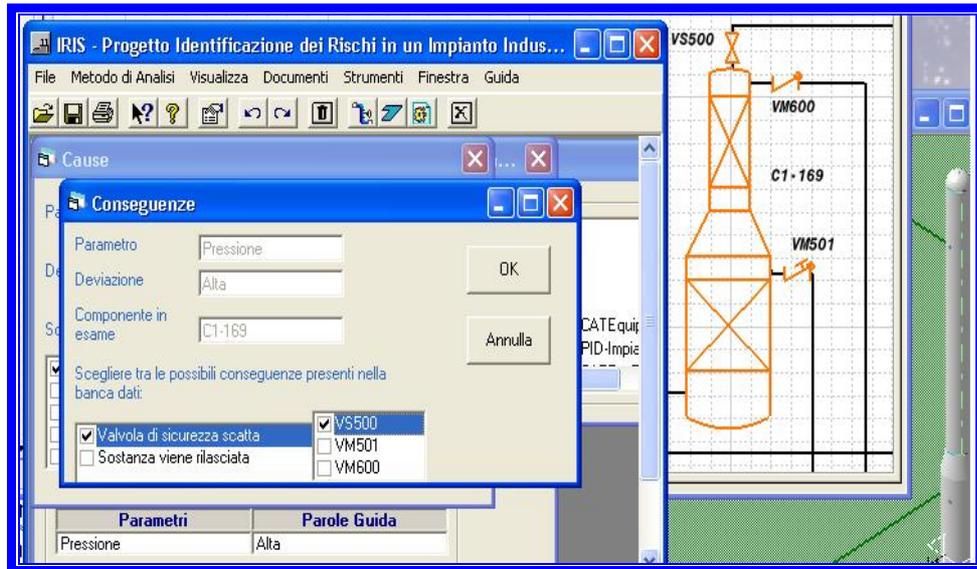


Figura 10: Scelta delle conseguenze

La scelta delle conseguenze conclude la fase di analisi prevista per il sistema realizzato e visualizza i risultati ottenuti in una forma a tabella organizzata in modo simile a quanto si effettua in uno studio HAZOP, come illustrato in figura 11.

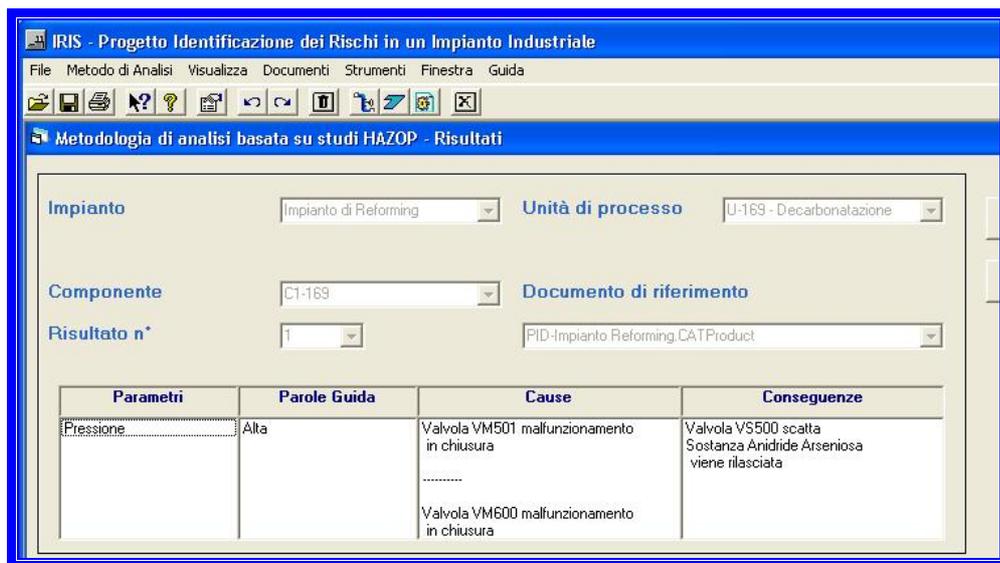


Figura 11: Risultati ottenuti dall'analisi di tipo HAZOP con il prototipo IRIS

I risultati ottenuti costituiscono un tipo di documento che fa parte del progetto stesso dell'impianto e viene quindi gestito nello stesso ambito PDM.

3. CONCLUSIONE

Il prototipo software, che è stato sviluppato nell'ambito della ricerca presentata, ha dimostrato come sia possibile sfruttare le tecnologie oggi disponibili per il supporto della progettazione impiantistica computerizzata e la gestione della relativa documentazione digitale, al fine di progettare impianti intrinsecamente più sicuri, tenendo conto delle regole e dei criteri di sicurezza durante tutto il ciclo di vita dell'impianto. L'obiettivo non è la realizzazione di uno strumento che si sostituisca all'esperto nell'analisi dei rischi ma, al contrario è quello di fornire all'esperto uno strumento che lo guidi, in modo contestuale all'impianto in esame, evidenziando le potenziali situazioni di rischio e presentando tutti i documenti che descrivono le componenti o aree interessate. Tale sistema ha lo scopo di velocizzare il processo di recupero

dei dati e di far sì che l'esperto possa concentrarsi solo sui criteri e problematiche veramente importanti nel caso specifico.

Inoltre, poiché molta della conoscenza necessaria all'analisi deriva da esperienze precedenti anche originate da incidenti avvenuti, non è possibile pensare di poter creare a priori una base di dati sia di criteri e regole sia di cause e conseguenze completamente esaustiva nel tempo. Pertanto il sistema è stato organizzato in modo tale da poter fornire strumenti di personalizzazione e arricchimento della base di conoscenza.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Hendershot, D.C., Post, R.L., Inherent Safety and Reliability in Plant Design, *Mary Kay O'Connor Process Safety Center, 2000 Annual Symposium: Beyond Regulatory Compliance, Making Safety Second Nature*, Texas, Ottobre 2000
- [2] Hendershot, D.C., - Some Thoughts on the Difference Between Inherent Safety and Safety, *Process Safety Progress* 14, Ottobre 1995
- [3] Zwetsloot, G.I.J.M., Ashford, N.A. - Perspectives for combining cleaner production with inherently safer production in industrial firms, *UNEP IE*, Novembre 2001
- [4] Hendershot, D.C., - A Check List for Inherently Safer Chemical Reaction Process Design Workshop on Risk and Reliability, *Center for Chemical process Safety International Conference and Workshop on Risk and Reliability*, Ottobre 2002
- [5] Chung, P.W.H., Yang, S. – HAZARD analysis and support tool for computer controlled processes, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Novembre 1998
- [6] Howat, C. S., - Process Hazard Identification Using Hazard and Operability Studies – *University of Kansas*, 2002
- [7] Frank P.Lees – Loss prevention in the Process Industries – volume 1, Butterworths
- [8] Chung, P.W.H., McCoy, S.A. – Trial of the “HAZID” tool for computer-based HAZOP emulation on the medium-sized industrial plant, <http://www-staff.lboro.ac.uk/~cosam3/papers/full2.pdf>.
- [9] Palmer, C., Chung, P.W.H. – Verification of process plant models – *Proceedings of the 2001 AAAI Symposium on Model-Based Validation of Intelligence*, Stanford, 2001, AAAI Press
- [10] Ansaldi, S., Giannini, F., Monti, M., *IRIS – Identificazione dei RISchi negli impianti industriali*, Relazione Tecnica Annuale, Contratto di Ricerca ISPESL B64/DIPIA/02, Marzo 2004
- [11] Palmer, C., Chung, P.W.H. – Verifying Signed Directed Graph Models for Process Plants, *Computers and Chemical Engineering Supplement*, 1999 Elsevier Science Ltd.
- [12] Binetti, R., Cappelletti, F., et al. – Metodo indicizzato per l'analisi e la valutazione del rischio di determinate attività industriali – Fogli d'informazione ISPESL
- [13] Ansaldi, S., Bragatto, P., Giannini, F., Ludovisi, G., Monti, M., *Criteri di sicurezza intrinseca per la progettazione di impianti di processo attraverso strumenti CAD, CAE e PDM*, Convegno Scientifico Nazionale “Sicurezza nei sistemi complessi”, Atti del Convegno, Bari, Ottobre 2003