

ESPERIENZE NELL'UTILIZZO DI CODICI DI CALCOLO GEOREFERENZIATI PER LA RICOMPOSIZIONE DEL RISCHIO D'AREA

Marrazzo R.

Servizio Rischio Industriale, APAT, Via V. Brancati n. 48, Roma, 00144, Italia

SOMMARIO

La valutazione quantitativa della ricomposizione del rischio d'area (analisi e calcolo del rischio individuale e collettivo), richiede la disponibilità di strumenti software appositi, utili, mediante georeferenziazione, per una rappresentazione grafica di sintesi dei risultati. Tra tali software si ricorda "VariarGIS". Il codice di calcolo VARIAR – VALutazione RISchi d'Area, originariamente realizzato presso l'ANPA (oggi APAT), è stato in seguito integrato e sviluppato dall'ARPA Veneto, ed applicato per la ricomposizione dei rischi nell'area industriale di Porto Marghera (VE).

Il presente articolo riassume l'esperienza di utilizzo del codice di calcolo VariarGIS III (v. 3.0), effettuata presso APAT nell'ambito di una sperimentazione finalizzata, attraverso il confronto dei risultati dell'applicazione di diversi strumenti di ricomposizione del rischio, ad una valutazione comparativa del livello di rischio nell'area industriale di Augusta – Priolo – Melilli (SR). Il lavoro condotto, grazie alla disponibilità di dati sull'area industriale di Siracusa, ha permesso di testare lo strumento di calcolo su un'area di sicuro interesse per la valutazione del rischio di area. Un'analisi del livello complessivo di rischio di origine industriale costituisce, infatti, un utile supporto per le Autorità responsabili della pianificazione territoriale e della gestione delle emergenze in aree ad elevata concentrazione di stabilimenti industriali a rischio di incidente rilevante, consentendo di limitare il rischio per la popolazione e l'ambiente.

1. INTRODUZIONE

L'esigenza di effettuare valutazioni dei rischi d'area in ambiti industriali con elevata concentrazione di stabilimenti a rischio di incidente rilevante, si evince dalla lettura della normativa in tale settore, con particolare riferimento alla trattazione dell'effetto domino e dell'assetto del territorio e controllo dell'urbanizzazione (D. Lgs. 334/99 e s.m.i., D.M. 9 Maggio 2001, etc.).

La valutazione del rischio d'area richiede di stimare il rischio associato ad ognuna delle sorgenti di rischio presenti sul territorio, andando poi a ricombinare e sovrapporre gli effetti in una visione globale del rischio rappresentato da stabilimenti ed installazioni industriali. L'utilizzo di tale procedura consente l'individuazione delle zone in cui tale rischio è maggiormente concentrato, facilitando la predisposizione di eventuali interventi migliorativi sulla sicurezza per l'uomo e per l'ambiente. I parametri necessari per la rappresentazione matematica del rischio (Frequenza prevista per l'evento - f e Magnitudo delle conseguenze - M), utilizzati nell'ambito della metodologia di "valutazione probabilistica del rischio", si combinano ottenendo [1]:

- il "rischio individuale" (quello a cui è soggetto un particolare individuo nelle vicinanze di una fonte di pericolo), una cui stima è il "rischio locale", ovvero il rischio (frequenza attesa di decesso) a cui sarebbe soggetto un individuo permanentemente presente in un determinato luogo (24 ore su 24), in assenza di protezioni o comportamenti auto-protettivi. Una rappresentazione del suo andamento è costituita dalle "curve ed aree iso-rischio";
- il "rischio collettivo", ovvero la frequenza complessiva degli incidenti considerati nell'area di studio per la quale sia prevedibile il decesso di un numero di persone maggiore od uguale a N ("rischio sociale"); una sua comune forma di rappresentazione è costituita dalle "curve F-N" (Frequenza-Numero di vittime).

2. UTILIZZO DI CODICI DI CALCOLO GEOREFERENZIATI

2.1 Georeferenziazione nella ricomposizione del rischio d'area

L'esigenza di disporre di strumenti software georeferenziati, utili per la valutazione quantitativa della ricomposizione del rischio d'area (analisi e calcolo del rischio e conseguente rappresentazione grafica di sintesi dei risultati mediante sistemi informatici territoriali noti quali l'ambiente GIS), è ancor più sentita in considerazione del contributo dell'effetto domino al rischio d'area in lay-out di impianto complessi, in cui si ha la presenza concomitante di più apparecchiature ed installazioni, quindi di molteplici sorgenti di rischio, top-event e scenari primari e secondari da essi derivanti. L'utilità di un'interfaccia GIS (Geographic Information System) è legata ad una migliore gestione delle informazioni caratterizzate da un'elevata variabilità locale quali incidentalità, densità di popolazione, meteorologia. Essendo i sistemi GIS dedicati all'archiviazione e alla gestione di dati relativi al territorio, tramite essi risulta quindi possibile aumentare le potenzialità dei codici di ricomposizione del rischio. Particolare caratteristica dell'ambiente GIS è quella di consentire un approccio integrato a tutta la banca dati disponibile, rendendo possibile un controllo avanzato dei dati a disposizione.

Tra i software di ricomposizione del rischio d'area si ricorda "ARIPAR-GIS", già usato in esperienze di analisi integrate di rischio condotte in Italia (Livorno, Priolo) ed utilizzato anche da organi di controllo. ARIPAR-GIS è stato inizialmente sviluppato nell'ambito del progetto ARIPAR - Analisi dei Rischi Industriali e Portuali dell'Area di Ravenna (1995), realizzato su commissione del "Servizio della Protezione Civile della Regione Emilia Romagna" e del "Dipartimento di Ingegneria Chimica, Mineraria e delle tecnologie Ambientali (DICMA) dell'Università di Bologna", con importanti contributi di Snamprogetti e del Centro Comune di Ricerca di Ispra. Il codice di calcolo consente di valutare il rischio individuale e sociale da sorgenti fisse e mobili, quali i sistemi di trasporto. La procedura del software ARIPAR permette di rappresentare, in ambiente GIS, tutti gli scenari incidentali possibili, incluse le eventuali concatenazioni per effetto domino, ed effettua una valutazione quantitativa del rischio in ogni cella dell'area di interesse [2].

2.2 Il codice VariarGIS

Altro strumento per la valutazione e ricomposizione dei rischi in aree ad elevata concentrazione di attività industriali a rischio di incidente rilevante è il "VariarGIS". Il codice di calcolo "Variar - VALutazione RISchi d'Area", originariamente realizzato presso l'ANPA (oggi APAT) al fine di rendere disponibile ai valutatori pubblici uno strumento indipendente di analisi, è stato in seguito integrato e sviluppato dall'ARPA Veneto, nell'ambito di una convenzione con APAT, in una versione aggiornata, che prevede una nuova metodologia per la valutazione quantitativa dell'effetto domino. VariarGIS è stato applicato da ARPA Veneto per la ricomposizione dei rischi nell'area industriale di Porto Marghera (VE) a supporto della realizzazione dello "Studio Integrato d'Area" [3] e delle "Linee Guida per la Redazione del Rapporto Integrato di Sicurezza Portuale" [4]. Utilizzando le informazioni territoriali e demografiche dell'area occupata, il codice permette di considerare sia il rischio individuale, rappresentato graficamente da curve isorischio, sia il rischio sociale, valutato tramite l'approccio delle curve F-N, associabile all'area stessa. Attualmente VariarGIS rappresenta un codice di calcolo in evoluzione, in quanto ad esso vengono apportate modifiche sia dal punto di vista teorico, sia dal punto di vista grafico, così da renderlo più agevole e meglio utilizzabile dall'utenza.

Il codice Variar, compatibile con gli standard GIS, presenta le seguenti caratteristiche principali [5]:

- l'inserimento dei dati avviene tramite interfaccia GIS, con un sistema a finestre multiple che permette il posizionamento delle sorgenti, la definizione dei parametri dei top-events e degli scenari, interagendo in tempo reale con le impostazioni delle condizioni meteo, degli scenari da analizzare e con le griglie su cui effettuare le simulazioni;
- il codice, mantenendo in memoria più griglie di calcolo, permette di visualizzare il risultato di più simulazioni ed apprezzare la correlazione spaziale tra le varie curve iso-rischio, colorate in differenti tonalità a seconda del valore calcolato.

I dati in input per la ricomposizione del rischio sono sostanzialmente le distanze a cui si hanno gli effetti fisici descritti dalle soglie presenti in normativa. Inseriti i dati in input, si ottengono la distanza di “inizio danno” d_2 (equivalente ad 1% di letalità – “Inizio Letalità”) e quella di danno elevato d_1 (equivalente ad una certa % di danno – “Elevata Letalità”), per cui $d_2 > d_1$. Ad una distanza d superiore a d_2 ($d > d_2$), si avrà una probabilità di danno nulla. Per utilizzare un “modello continuo” rispetto al “modello a soglie”, emerge la necessità di valutare l’effetto fisico a distanze intermedie a d_1 e d_2 in maniera rapida, implementando nel codice di calcolo modelli fisici per l’interpolazione degli effetti, basati su considerazioni e passaggi analitici descritti in letteratura. La rappresentazione cosiddetta “a soglie”, che normalmente si ritrova nei rapporti di sicurezza, prevede che le distanze calcolate, a cui corrispondono le soglie di: “Elevata letalità - Inizio letalità - Lesioni irreversibili - Lesioni reversibili”, secondo le “tabelle di vulnerabilità” del D.M. 9 maggio 2001, costituiscano i raggi di aree di rischio circolare. Le curve iso-rischio, così come le aree iso-rischio, costituiscono una rappresentazione grafica dell’andamento geografico del rischio individuale. Esse forniscono la frequenza attesa di un evento in grado di provocare uno specifico tipo di danno in un determinato punto dell’area (solitamente il decesso), e ciò indipendentemente dal fatto che vi sia o meno l’effettiva presenza di qualche individuo in quel particolare punto nel momento in cui si estrinseca la potenzialità di provocare il danno. In pratica, ogni punto dell’area analizzata sarà contraddistinto da un valore di frequenza espresso in “occasione di morte/anno”. Ciò significa che, se in quel punto vi fosse continuamente un individuo presente, questo sarebbe esposto al rischio di morte determinato da tale frequenza. In realtà però l’individuo non è sempre sottoposto a tale rischio, poiché la sua presenza nel punto non è costante ed inoltre, qualora vi fosse presente, potrebbe ridurre il rischio il fatto che sia protetto dai vestiti (o da qualunque tipo di DPI in caso di lavorazioni all’interno di impianti) o che si possa trovare all’interno di un edificio. Si nota quindi la differenza tra questi risultati e le frequenze attese di incidente, tipiche delle analisi di rischio con cui si redigono i rapporti di sicurezza. Il rischio locale (stima del rischio individuale) è sostanzialmente una frequenza (occasioni di morte/anno), che si può ottenere attraverso una serie di passaggi:

- nel punto P di coordinate (x,y) si conosce l’effetto fisico dovuto allo scenario incidentale “i” e da questo si valuta la funzione di probit legata a tale effetto;
- dal valore della funzione di probit si determina la probabilità di morte ($p_{d,i,xy}$) nel punto P(x,y), per lo scenario “i” considerato. La probabilità è quella per l’individuo, all’aperto e sprovvisto di protezione, funzione della distanza dalla sorgente e della magnitudo dello scenario incidentale;
- la probabilità di morte calcolata viene moltiplicata per la frequenza dello scenario. In tal modo si conosce il rischio (in termini di occ/anno) dello scenario nel punto.

3. VALUTAZIONE QUANTITATIVA DEL LIVELLO DI RISCHIO D’AREA: LA SPERIMENTAZIONE CONDOTTA SUL SITO INDUSTRIALE DI SIRACUSA

3.1 Scopo ed obiettivi della sperimentazione

Una esperienza di valutazione quantitativa del livello di rischio d’area è stata effettuata, presso APAT, utilizzando il codice di calcolo VariarGIS (v. 3.0) nell’ambito di una sperimentazione estesa all’area industriale di Augusta – Priolo – Melilli (SR). Un’analisi dell’effettivo livello di rischio di origine industriale in un territorio, come quello di Siracusa, caratterizzato da una notevole concentrazione di attività produttive e di intensi flussi commerciali, che coesistono con elementi sensibili quali centri abitati, vie di comunicazione, etc., costituisce un utile supporto per le Autorità responsabili della pianificazione territoriale e della gestione delle emergenze, al fine di contenere il rischio per la popolazione e l’ambiente. In tal senso il lavoro condotto, tenendo conto della realtà esistente presso la zona industriale di Siracusa e della realistica disponibilità di dati in zona, ha permesso di testare lo strumento di calcolo su un’area di sicuro interesse anche ai fini della valutazione dell’effetto domino tra installazioni ed impianti a rischio limitrofi. L’attività svolta ha avuto, inoltre, l’obiettivo di consentire un raffronto con lo Studio di Sicurezza Integrato d’Area, già realizzato ed in corso di valutazione da parte delle Autorità competenti nell’area di Augusta-Priolo-Melilli (RSIA Novembre 2007 [6]), nel quale la ricomposizione del rischio è stato eseguita mediante il codice ARIPAR-GIS (v.

3.0), anche ai fini di valutare le eventuali differenze nelle potenzialità e risultanze ottenibili dai due strumenti per il calcolo del rischio attualmente disponibili. Il codice VariarGIS, utilizzato nella sperimentazione condotta, si pone quindi quale alternativa indipendente per lo studio dei rischi d'area, essendo impostato su criteri, modelli ed assunzioni espliciti e trasparenti, secondo l'attuale stato dell'arte e la normale pratica internazionale invalsa nel settore dell'analisi di rischio. Va sottolineato che l'attività è tuttora in fase di continuo aggiornamento, sulla scorta, tra l'altro, delle informazioni e dati di ingresso al sistema di calcolo che man mano si rendono disponibili. A tale proposito si fa notare che lo studio svolto finora ha preso in considerazione il contributo all'effettivo livello di rischio derivante dalle installazioni industriali, di tipo fisso, operanti nell'area, rimandando l'analisi del contributo relativo al trasporto di sostanze pericolose lungo la rete stradale, ferroviaria e la rete di condotte che trasportano fluidi pericolosi al di fuori dei recinti degli stabilimenti di spedizione o destinazione ad una prossima fase dell'attività di studio. Il presente lavoro va quindi interpretato anche quale spunto per successivi test e verifiche e per ulteriori suggerimenti in merito a particolari attività di ricerca nel settore dell'analisi e controllo del rischio industriale.

3.2 Metodologia utilizzata nella ricomposizione del rischio

La sperimentazione di utilizzo del codice di calcolo VariarGIS (v. 3.0) è stata impostata suddividendo innanzitutto l'area oggetto di studio in tre distinti ambiti, data la particolare conformazione ed estensione di territorio su cui sono distribuiti gli stabilimenti industriali, corrispondenti ad una Area Nord (zona di Augusta), Area Centro (zona di Melilli - Priolo), Area Sud (zona a sud di Priolo). Nel sistema sono stati inseriti informazioni e dati georeferenziati, reperiti attraverso la consultazione delle fonti disponibili presso APAT (ARIA-334 e Tabelle riassuntive ipotesi incidentali dei Rapporti di Sicurezza di alcuni stabilimenti dell'area) e di quelle rese disponibili ad APAT (dati di input del codice di calcolo ARIPAR e RSIA), in merito alle caratteristiche di seguito indicate.

- Popolazione distribuita nell'area (tipologia e presenza numerica) e classi di stabilità atmosferica. Le differenti categorie di popolazione, distribuite nei vari punti sensibili (alberghi, centri sportivi, commercio, lavoratori, svago, ospedali, residenti, scuole, etc.), godono di una certa probabilità di presenza nei 24 momenti in cui viene suddiviso l'anno (distribuzione della popolazione tra i 12 mesi dell'anno per i quali si ha una probabilità di giorno e notte), e all'interno di ciascun momento, è possibile che questa categoria si trovi all'interno (mitigazione indoor) o all'esterno delle strutture. I dati meteo, anch'essi considerati nei 24 momenti dell'anno, sono relativi alla distribuzione con cui si presentano le varie classi di stabilità atmosferica nella zona, la direzione del vento, nonché la sua velocità.
- Stabilimenti ed impianti (confini perimetrali e lay-out). Nel codice VariarGIS il macro-raccoglitore delle informazioni è l'impianto che al suo interno racchiude le informazioni relative a sorgenti, top e scenari associati. Logicamente la relazione tra i vari elementi è la seguente: l'impianto contiene vari elementi sorgente, su ciascun elemento Sorgente possono essere ipotizzate varie rotture (Top Events), le quali possono a loro volta evolvere in diversi Scenari. Tra le proprietà degli impianti c'è il numero di lavoratori e loro eventuale dotazione in termini di DPI;
- Sorgenti di rischio (apparecchiatura, sostanze connesse, sistema antincendio). Le sorgenti sono la base su cui vanno caricate le informazioni relative a Top Event e Scenari. Al fine di caratterizzare la sorgente è possibile agire sulla geometria che assume l'apparecchiatura (puntuale o lineare), sulle proprietà di resistenza termica e probabilità di non efficacia del sistema antincendio (calcolo dell'effetto domino dovuto a scenari di incendio), sulla sostanza normalmente contenuta in essa (caratteristiche chimico-fisiche e di tossicità). Per le sorgenti puntuali è poi possibile definire anche la tipologia di apparecchiatura (serbatoio atmosferico o in pressione - piccolo apparecchio - serbatoio allungato). Per le sorgenti lineari è invece possibile definire il DN e la posa (rack, trincea, etc.) oltre che la risoluzione con cui si vuole discretizzarle.
- Top-events (frequenza, descrizione evento). I top-events sono i contenitori degli scenari, potendo essere identificati con una frequenza di rottura ed eventuale descrizione della causa iniziatrice.

- Scenari di danno con riferimento a:

- o Frequenza incidentale. La frequenza di accadimento è quella propria dello scenario (ricavata dall'albero degli eventi): il codice di calcolo VariarGIS associa la probabilità delle classi meteo a seconda della distribuzione statistica inserita per la ricomposizione (risulta comunque possibile andare a definire con che probabilità lo scenario può accadere in ciascuno dei 24 momenti dell'anno). Se la sorgente su cui si sta caricando lo scenario è di tipo lineare è possibile esprimere la frequenza al metro o quella cumulata su tutta la tratta.
- o Tipologia e distanze di danno per classe atmosferica. Inserita la frequenza si può passare ad inserire la tipologia di scenario che si sta considerando (i vari tipi di incendi, esplosioni, dispersioni tossiche) e successivamente le distanze di danno. Le distanze di danno sono quelle fornite dalle analisi di sicurezza e sono collegate all'informazione della classe di stabilità-velocità del vento con cui sono state calcolate (i due accorpamenti D-5 ed F-2 sono quelli comunemente utilizzati nei Rapporti di sicurezza più recenti ed in particolare in quelli relativi agli stabilimenti dell'area di Priolo, ragion per cui nello studio condotto si è fatto riferimento alle distanze di danno per questi due particolari accoppiamenti).
- o Effetto domino. Per gli scenari di domino è possibile specificare una probabilità di propagazione dello scenario a seconda dello scenario primario che porta al collasso dell'apparecchiatura, mentre la frequenza dello scenario indotto viene calcolata dall'algoritmo del codice Variar e non può essere visualizzata in quanto differenziata a seconda dello scenario di partenza di volta in volta considerato nella ricomposizione.

Il set di dati ed informazioni sopra ricordati sono stati analizzati al fine di eliminare eventuali incongruenze o discordanze, attribuendo così valori univoci (con specifico riferimento alle frequenze di accadimento dei top-events e scenari incidentali e distanze di danno ad essi connesse). Allo stato attuale, l'applicazione consta di circa 1.600 scenari incidentali inseriti nel codice di calcolo Variar per lo studio della ricomposizione del rischio d'area (tali da comprendere l'intero set di ipotesi incidentali da impianti fissi sulla base delle fonti sopra citate).

Per il calcolo delle ricomposizioni è necessario definire un dominio di calcolo. VariarGIS utilizza come dominio di calcolo delle griglie a maglie quadrate sulle quali vengono calcolati gli effetti degli scenari. Nella fase di ricomposizione viene considerato come punto di esposizione il centro di ogni singola cella. Per ognuno di questi ultimi, il codice carica in automatico tutte le informazioni riguardanti popolazione, punti sensibili, etc. In seguito, cella per cella, viene calcolato il valore di rischio individuale e rappresentato sulla griglia attraverso le aree iso-rischio, distinte cromaticamente a seconda del valore di frequenza associato (occ/anno). In merito alla scelta della griglia su cui effettuare il calcolo di ricomposizione, è facile intuire che, considerando come punto di esposizione il centro di ogni maglia singola della griglia, si ottengono risultati più precisi e meglio aderenti alla realtà scegliendo celle con passo di calcolo sufficientemente "piccolo". Tale passo, in vero, dovrebbe essere messo in relazione con le distanze di danno degli scenari più significativi considerati nell'area oggetto della ricomposizione e, normalmente, dovrebbe essere tale da non influenzare eccessivamente i risultati del calcolo ovvero non variare molto all'interno della maglia stessa. Un autorevole riferimento internazionale come il CPR 18 E (Guidelines for Quantitative Risk Assessment – Purple Book [1]), nel caso di distanze di danno stimate per gli scenari significativi inferiori o comparabili a 300 m, suggerisce per la dimensione del passo della griglia di calcolo un valore non superiore a 25 m mentre, per distanze di danno stimate superiori a 300 m, un valore anche di 100 m. Sulla scorta di tali considerazioni, sono state quindi impostate le singole griglie di calcolo delle sotto aree di studio, differenziando il passo base delle celle in funzione della massima estensione delle conseguenze dello scenario incidentale di volta in volta considerato, approfondendo di volta in volta il dettaglio. Nello specifico, è stata effettuata una prima applicazione considerando un passo base di 150 m per le singole griglie, ottenendo i primi risultati della ricomposizione del rischio. Le medesime griglie sono state successivamente approfondite mediante la scelta di un passo di calcolo inferiore (100 m), per poi passare ad un grado di dettaglio maggiore nelle zone (coperte dalle griglie con celle di passo 100 m) caratterizzate dalla presenza di scenari incidentali di incendio, quali pool fire, jet fire, flash fire, etc.,

con effetti fisici dell'ordine del centinaio di metri (la maggioranza degli scenari ipotizzati nell'area di studio rientrano in tale categoria, del resto). Su tali zone, al fine di disporre di un dominio di calcolo più adatto alle esigenze di ricomposizione dell'area, sono state individuate e selezionate le celle di calcolo di copertura e successivamente suddivise in 4 parti, ottenendo così nuove griglie di calcolo con passo base di 50 m. Alla luce degli output ottenuti dal sistema, ancora poco dettagliati per taluni scenari di danno, si è optato per un grado di approfondimento ulteriore: la scelta di una maglia di calcolo di passo base pari a 25 m è parsa una opportuna alternativa tra le esigenze di dettaglio richieste per uno studio di ricomposizione di rischio d'area, in linea, del resto, con le autorevoli indicazioni in materia sopra ricordate (CPR 18 E [1]), e le tempistiche richieste dagli algoritmi di calcolo del codice VariarGIS, queste ultime influenzate notevolmente dal numero di celle totali che compongono la griglia di calcolo (si tenga presente la dimensione dell'area coperta dalla sperimentazione, anche se suddivisa in tre sotto-aree di studio). Si consideri che, per la fase di calcolo definitiva (passo base della cella pari a 25 m), il sistema ha impiegato in media 110 minuti primi per effettuare la ricomposizione del rischio sulla griglia di una delle tre aree di studio (numero di celle di calcolo pari a 34740, equivalenti ad una estensione della griglia di 21.71 km²), una volta inseriti in input gli scenari, settato il codice ed eseguite le operazioni preliminari (Processore 2xIntel(R) Xeon(tm) HyperThreading CPU 3.06 GHz – 1 GB di RAM). Alla luce di quanto detto si sottolinea comunque che, in una successiva fase di sperimentazione del sistema e di continuazione dell'attività di ricerca finora condotta, sarebbe interessante spingere ulteriormente il calcolo ad un livello di dettaglio ancora maggiore, magari solo su alcune zone dell'area di studio opportunamente scelte e vagliate. Relativamente al processo di calcolo operato dal sistema, esso consiste in una fase preliminare in cui si esplicano i seguenti algoritmi:

- generazione tabella bersagli: vengono analizzate tutte le sorgenti di danno, su cui sono caricati scenari primari, generando l'elenco di tutti i possibili bersagli che uno scenario primario può colpire, generando, in tal caso, uno scenario indotto;
- calcolo dei coefficienti: a partire dalle distanze di danno inserite, si calcolano tutti i parametri necessari alla valutazione degli effetti fisici degli scenari incidentali a distanze diverse;
- calcolo dell'effetto domino: esegue l'algoritmo dell'effetto domino considerando tutte le sorgenti e gli scenari inseriti per esse.

Il lancio della simulazione finale, una volta raccolte e confrontate le varie combinazioni di scenari presenti nel data-base, dopo aver processato le informazioni di input mediante gli algoritmi accennati, presenta un duplice scopo: da un lato il lancio della ricomposizione del rischio vera e propria, dall'altro il disegno del massimo involuppo degli effetti degli scenari incidentali in base alle soglie descritte nel D.M. 9 maggio 2001, quale eventuale supporto per finalità di pianificazione territoriale. Il tracciamento degli involuppi avviene esclusivamente sulla base delle distanze di danno inserite nella fase di input, in riferimento alle quattro soglie di vulnerabilità indicate nel D.M. 9 maggio 2001, ipotizzando le condizioni peggiori che di volta in volta si presentano per il singolo scenario.

In merito alla ricomposizione del rischio, ricollegandosi a quanto già accennato circa le caratteristiche del sistema VariarGIS, è necessario determinare, ad opera del codice di calcolo, per ogni punto ad una qualsiasi distanza dalla sorgente di danno, la probabilità con cui lo scenario incidentale considerato evolva nella direzione del punto stesso. È immediato intuire che, ai fini della corretta gestione e lancio della simulazione di ricomposizione del rischio d'area, la conoscenza del lay-out di impianto e l'eventuale disposizione di strutture interposte tra la sorgente dell'incidente ed il punto in considerazione sia di fondamentale importanza. Nel punto P, il rischio individuale (locale) $R_{i,xy,m}$ (occ di morte/anno), per lo scenario "i" considerato e per il momento "m" dell'anno (probabilità nei 12 mesi dell'anno per i quali si ha una probabilità di giorno e notte), si determina moltiplicando la probabilità di morte $p_{d,i,xy}$ per la frequenza reale $f_{i,xy,m}$ con cui il punto P(x,y) viene investito dall'effetto fisico dello scenario "i" nel momento "m":

$$R_{i,xy,m} = p_{d,i,xy} * f_{i,xy,m} \quad (1)$$

con:

$$f_{i,xy,m} = (f_i * p_{evento,m}) * p_{i,xy,m} \quad (2)$$

dove: f_i = frequenza con cui si presenta lo scenario “i”; $p_{i,xy,m}$ = probabilità che lo scenario “i”, nel momento “m”, evolva verso il punto in questione.

Per quanto riguarda la probabilità $p_{i,xy,m}$, si possono distinguere vari casi:

- in caso di UVCE, BLEVE, oppure irraggiamento da pozza (pool-fire) o da flash-fire, il sistema considera cautelativamente unitaria tale probabilità, supponendo che l'incidente produca gli stessi effetti su ogni punto di una circonferenza con centro nel punto stesso in cui si trova la sorgente;
- nel caso di un jet-fire, si calcola nel modo seguente:

$$p_{i,xy,m} = \frac{\alpha_{jet}}{360^\circ} \quad (3)$$

dove α_{jet} è l'angolo di apertura medio del jet, stimato dal sistema solitamente in 20° , sulla base di osservazioni sperimentali riportate da A. L. Cude ed altri [7];

- nel caso di una dispersione, essa varia a seconda della probabilità di direzione del vento nei diversi periodi dell'anno: il codice di calcolo tiene conto di questo, in base ai dati meteo caricati nel database, assegnando una maggiore probabilità di letalità nelle zone “sottovento”.

Relativamente alla valutazione del rischio collettivo, con calcolo delle curve F-N, il codice valuta la densità di popolazione e di lavoratori presenti all'interno dell'area presa in considerazione (ivi inclusi gli impianti e gli stabilimenti), oltre ai punti sensibili, quelli cioè dove si possono trovare elevate concentrazioni di popolazione, come ad esempio asili, scuole, chiese, ospedali, etc. Risulta quindi chiaro che, oltre alle stesse informazioni necessarie per la stima del rischio individuale, il calcolo del rischio collettivo richiede anche una definizione della situazione demografica all'interno dell'area di studio. Occorrono cioè informazioni e dati, quanto più aggiornati e veritieri, in merito al tipo di popolazione (lavoratori, residenti, studenti, etc.), al fattore di presenza (fissa, fluttuante, occasionale, etc.), al numero di presenze ed ai fattori di mitigazione applicabili. La sperimentazione condotta, allo stato attuale, non consente la valutazione del rischio collettivo che insiste sull'area oggetto di studio. Al momento, l'assenza di informazioni precise e puntuali, in merito alla posizione di punti ritenuti sensibili, entità e probabilità di presenza della popolazione ad essi associata, nonché la presenza di lavoratori all'interno degli stabilimenti, ha reso il calcolo del rischio collettivo e l'eventuale analisi dello stesso poco significativi. In una successiva fase dell'attività oggetto della sperimentazione presente, si potrà comunque concentrare l'attenzione sul calcolo del rischio collettivo, prendendo anche in considerazione le ulteriori fonti di pericolo presenti nell'area di interesse, quali i trasporti di sostanze pericolose lungo la rete stradale, ferroviaria e la rete di condotte che trasportano fluidi pericolosi al di fuori dei recinti degli stabilimenti di spedizione o destinazione, così come già ribadito in merito al calcolo del rischio da impianti fissi.

4. PRIMI RISULTATI DELLA SPERIMENTAZIONE: ALCUNI CASI STUDIO

Nel seguito vengono riprodotti alcuni esempi dei risultati (Figure 1 - 9), fino ad ora conseguiti, derivanti dall'esperienza di utilizzo del codice di calcolo VariarGIS III (v. 3.0), effettuata presso APAT secondo la metodologia esposta. Sono state scelte, a campione, alcune porzioni di territorio caratterizzate dalla presenza di scenari incidentali, rappresentativi del rischio da impianti fissi, connessi con l'area industriale, sui cui effetti è stata condotta la simulazione ad opera del sistema di calcolo. In particolare, vengono forniti i disegni dei massimi involucri degli effetti degli scenari di danno (fasce distinte cromaticamente in base alle soglie descritte nel D.M. 9 maggio 2001: Figure 1, 4, 7) e la rappresentazione su griglia del valore di ricomposizione del rischio individuale (calcolato dal

codice) mediante aree iso-rischio (celle distinte cromaticamente a seconda del valore di frequenza associato in termini di occasioni di morte/anno: Figure 2, 5, 8).

Viene infine presentato un primo raffronto di massima dei risultati ottenuti nella sperimentazione (mappe di ricomposizione del rischio) con le medesime porzioni di territorio rappresentate nello Studio di Sicurezza Integrato d'Area, già realizzato ed in corso di valutazione da parte delle Autorità competenti nell'area di Augusta – Priolo - Melilli (RSIA Novembre 2007 [6]), nel quale la ricomposizione del rischio è stata eseguita mediante il codice ARIPAR-GIS 3.0 (Figure 3, 6, 9). A tal proposito vanno fatte alcune precisazioni. Innanzitutto si sottolinea che i risultati forniti dal sistema ARIPAR sono relativi ad uno studio di rischio a carattere integrato, considerante i contributi al rischio derivanti sia dalle installazioni industriali fisse che dal trasporto di sostanze pericolose lungo la rete stradale, la linea ferroviaria e la rete di condotte che trasportano fluidi pericolosi al di fuori dei recinti degli stabilimenti di spedizione o destinazione. In riguardo a ciò si è già avuto modo di evidenziare il carattere sperimentale dell'attività condotta presso APAT, e la sua condizione attuale di “work in progress”, che comunque non esclude una prossima fase di applicazione sulla tematica “trasporti” e quindi di ricomposizione globale del rischio d'area. La distribuzione del rischio individuale, nelle elaborazioni del codice ARIPAR-GIS, viene rappresentata mediante un insieme di punti organizzati in una griglia a maglie quadrate di passo base pari a 150 m (la scelta sembra sia stata dettata in parte dalla estensione stessa dell'area di studio e in parte da limitazioni del codice di calcolo per quanto riguarda il numero massimo di punti sorgente rappresentabili e di punti di calcolo). In corrispondenza di ciascun punto è associato il valore di rischio che viene convenzionalmente esteso a tutta la cella di cui il punto rappresenta il centro (rappresentazione del rischio per punti). La rappresentazione del rischio individuale mediante una superficie continua (rappresentazione tramite fasce di isorischio, utile tra l'altro al confronto con le rappresentazioni del codice VariarGIS) avviene tramite l'interpolazione dei valori di rischio, associati a ciascun punto della griglia, utilizzando algoritmi di interpolazione che consentono la stima dello stesso anche in posizioni non coincidenti con i punti di calcolo. L'impostazione del codice VariarGIS, nella presente attività sperimentale, ha permesso l'utilizzo di griglie per la ricomposizione aventi passo base pari a 25 m, il che comporta un grado di dettaglio sicuramente maggiore rispetto ad una cella di passo pari a 150 m. Tale scelta, inoltre, sembra meglio rispondere alle esigenze esplicitate dal CPR 18 E [1] in merito alla non influenzabilità dei risultati di calcolo in presenza, in particolare, di scenari di danno con distanze dell'ordine del centinaio di metri.

Da quanto detto emergono differenze tra i due sistemi di calcolo della ricomposizione dei rischi d'area (alcune delle quali sintetizzate nel seguito in Tabella 1); tuttavia il codice VariarGIS, utilizzato nella sperimentazione condotta, si pone di certo quale valida alternativa indipendente per lo studio dei rischi d'area, essendo impostato su criteri, modelli ed assunzioni espliciti e trasparenti, secondo l'attuale stato dell'arte e la normale pratica internazionale invalsa nel settore dell'analisi di rischio.

Tabella 1. Principali differenze individuate nella sperimentazione tra ARIPAR-GIS e VariarGIS.

Parametro analizzato	Sistema ARIPAR-GIS 3.0	Sistema VariarGIS III
Limitazioni codice calcolo ricomposizione	Numero massimo punti sorgente rappresentabili (500) e punti di calcolo	Tempistiche di elaborazione della macchina (CPU) utilizzata
Suddivisione studio	3 progetti differenziati per impianti fissi, condotte, strade e ferrovie	Sottozone di interesse per particolare conformazione geografica e territoriale (finalità di carattere pratico)
Griglia di calcolo ricomposizione	Utilizzo di maglie di calcolo di passo base pari a 150 m	Passo base maglia calcolo 25 m con possibilità di affinare ulteriormente mediante suddivisione singola cella
Grado di dettaglio nella rappresentazione risultati ricomposizione	Scarso dettaglio per scenari con effetti fisici dell'ordine del centinaio di metri	Dettaglio accurato (rappresentazione soglie di vulnerabilità e rischio associato per le varie tipologie scenari)

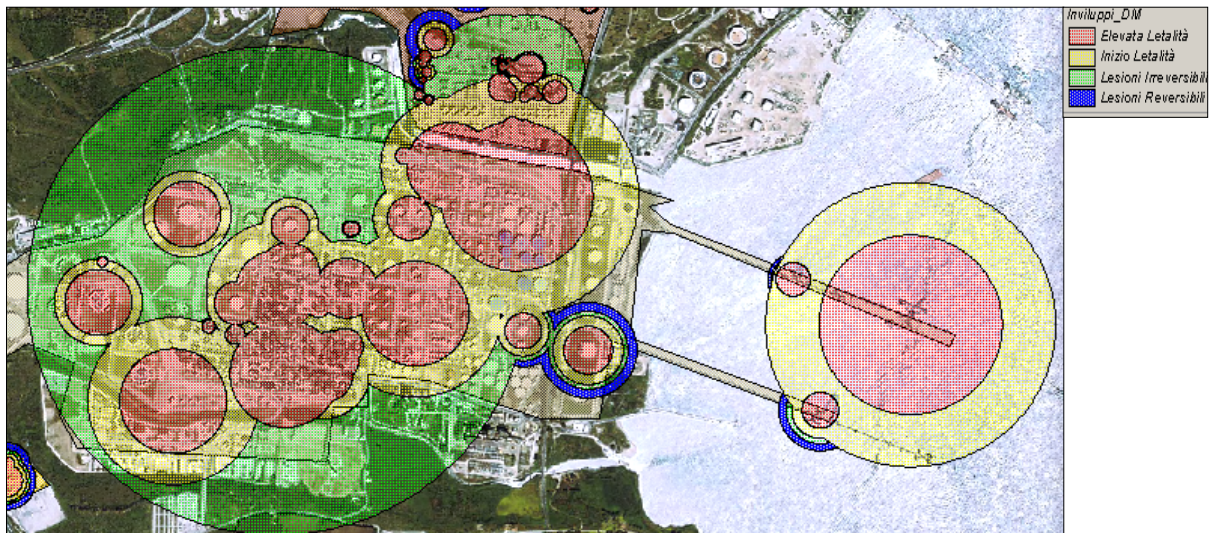


Figura 1. Caso studio 1: Involuppo degli scenari incidentali secondo VariarGIS



Figura 2. Caso studio 1: Curve iso-rischio secondo VariarGIS (installazioni fisse)

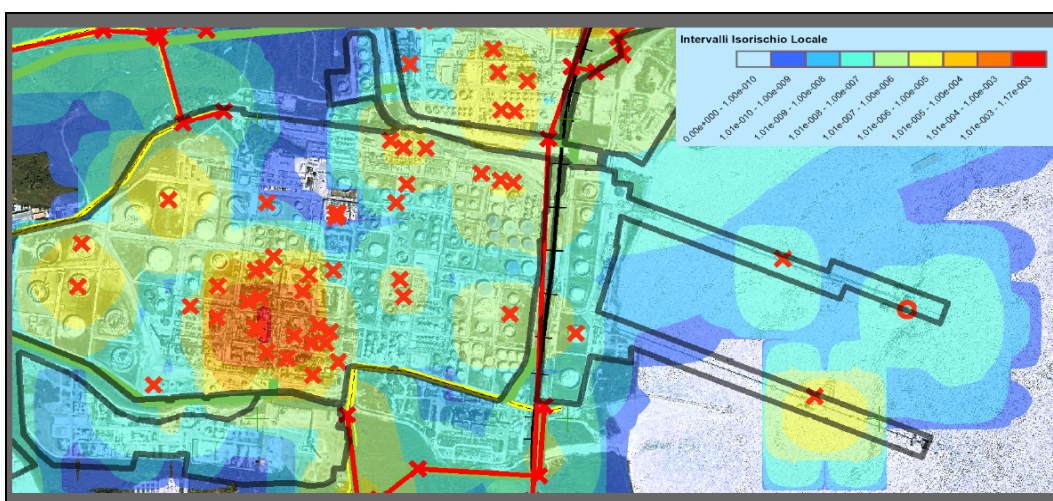


Figura 3. Caso studio 1: Elaborazioni curve iso-rischio secondo ARIPAR GIS (studio integrato)



Figura 4. Caso studio 2: Inviluppo degli scenari incidentali secondo VariarGIS

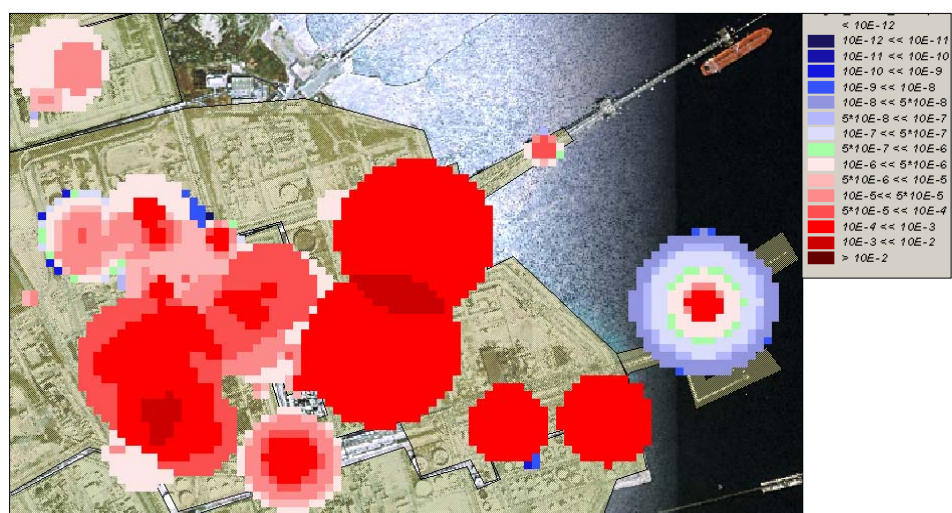


Figura 5. Caso studio 2: Curve iso-rischio secondo VariarGIS (installazioni fisse)

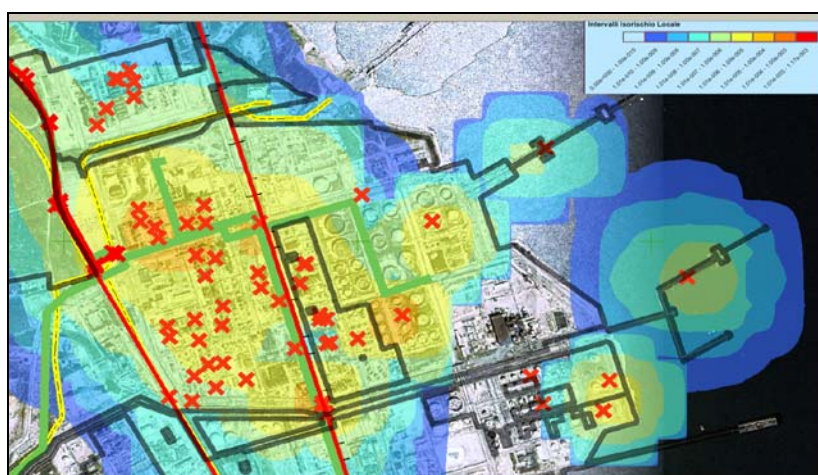


Figura 6. Caso studio 2: Elaborazioni curve iso-rischio secondo ARIPAR GIS (studio integrato)

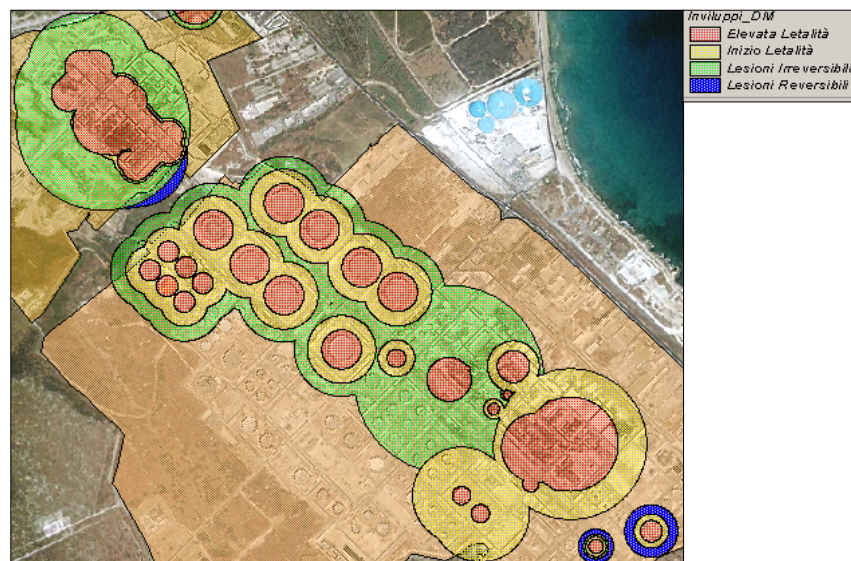


Figura 7. Caso studio 3: Inviluppo degli scenari incidentali secondo VariarGIS

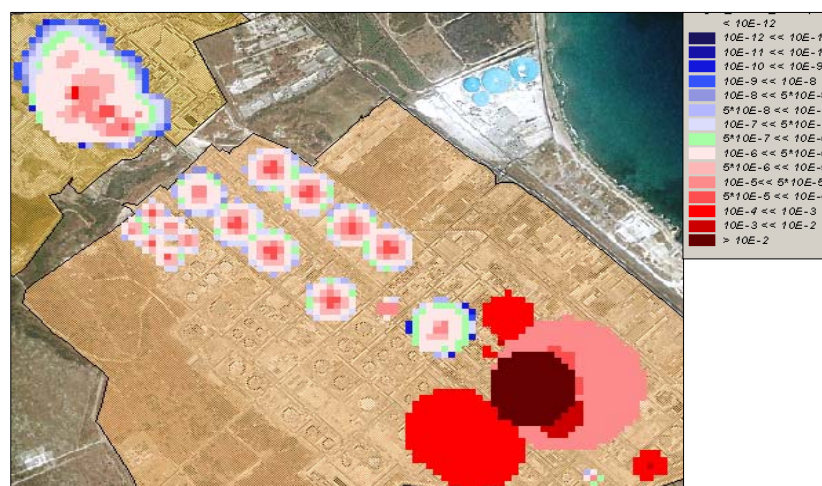


Figura 8. Caso studio 3: Curve iso-rischio secondo VariarGIS (installazioni fisse)

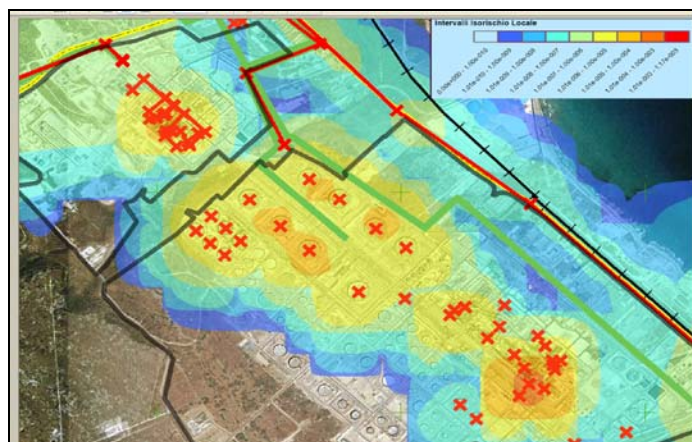


Figura 9. Caso studio 3: Elaborazioni curve iso-rischio secondo ARIPAR GIS (studio integrato)

Dai raffronti effettuati, basati sulle immagini qui rappresentate (Figure 1 - 9), si individuano alcune conclusioni di massima in merito all'utilizzo del codice VariarGIS per l'attività di sperimentazione:

- si evince una sostanziale omogeneità di risultati tra i due codici di calcolo in termini di effetti sulle aree circostanti le sorgenti degli scenari incidentali ipotizzati (estensione delle aree di danno), a meno di qualche evidenza più marcata riguardante il coinvolgimento di più unità ed apparecchiature di tipo fisso nel disegno degli involucri;
- le fasce di iso-rischio costruite dal VariarGIS risultano mediamente più estese e caratterizzate da valori di frequenza (occ/anno) leggermente maggiori rispetto alle elaborazioni del codice ARIPAR-GIS (nei casi più evidenti i valori di rischio differiscono di 1 – 2 ordini di grandezza). Ciò potrebbe spiegarsi con il maggior livello di dettaglio delle elaborazioni di VariarGIS per l'utilizzo di una maglia di calcolo più piccola, che ha permesso di meglio apprezzare scenari incidentali con distanze di danno più limitate (normalmente caratterizzati da frequenze più alte).

Si riportano infine commenti e linee di sviluppo riguardanti l'attività fino ad ora condotta testando il codice per la ricomposizione del rischio VariarGIS 3.0 sull'area industriale di Priolo-Augusta-Melilli.

- VariarGIS, ponendosi quale alternativa indipendente per lo studio dei rischi d'area, può costituire un utile supporto per le Autorità responsabili della pianificazione territoriale e della gestione delle emergenze in aree ad elevata concentrazione di stabilimenti industriali a rischio di incidente rilevante, consentendo di limitare il rischio per la popolazione e l'ambiente.
- Il lavoro può costituire una base per la valutazione di eventuali differenze nelle potenzialità e risultanze ottenibili da più strumenti per il calcolo del rischio attualmente disponibili in Italia, rappresentando uno stimolo per un utilizzo indipendente presso più valutatori, consentendo nel contempo una interazione man mano che si rendono disponibili ulteriori dati ed informazioni.
- Il carattere sperimentale dell'attività non esclude applicazioni su altre tematiche (contributo al rischio d'area dei trasporti su rete stradale, ferroviaria e di condotte, curve F-N, etc.), potendosi interpretare anche quale spunto per successivi test e verifiche e per ulteriori suggerimenti in merito a particolari attività di ricerca nel settore dell'analisi e controllo del rischio industriale.

RICONOSCIMENTI

Si ringraziano i colleghi ing. A. Ricchiuti per la supervisione generale, ing. G. Capponi per il supporto in fase di analisi e controllo dei risultati e dott. F. Astorri per le informazioni inerenti le tematiche GIS.

RIFERIMENTI

- [1] Committee for the Prevention of Disasters, Guidelines for Quantitative Risk Assessment – Purple Book – CPR 18 E, 1999, Sdu Uitgevers, Den Haag.
- [2] E.C. Joint Research Centre – Institute for the Protection and Security of the Citizen, Protezione Civile – Regione Emilia Romagna, DICMA - Università di Bologna, ARIPAR System for area risk analysis and control – Reference Manual – Version 3.1, 2004.
- [3] ARPA Veneto, Ente della Zona Industriale di Porto Marghera, Studio Integrato d'Area di Porto Marghera, Servizio Rischio Industriale e Bonifiche (SRIB), 2005, Venezia.
- [4] Autorità Portuale di Venezia, ARPA Veneto, Linee Guida per la Redazione del Rapporto Integrato di Sicurezza Portuale, Servizio Rischio Industriale e Bonifiche (SRIB), 2007, Venezia.
- [5] ARPA Veneto, VariarGIS III: Codice di calcolo per la ricomposizione dei rischi d'area – Il modello per l'analisi del rischio nelle installazioni fisse – Manuale d'uso, Servizio Rischio Industriale e Bonifiche – Uff. Rischio Industriale ed Emergenze, 2006, Venezia.
- [6] Snamprogetti, Confindustria Siracusa, Studio di Sicurezza Integrato di Area – Priolo – Melilli – Augusta, Novembre 2007.
- [7] F. P. Lees et al., Loss Prevention in the Process Industries, 1996, Butterworth - Heinemann, Oxford (UK).