

# **HARIA-2: UNA METODOLOGIA PER L'ANALISI E LA PIANIFICAZIONE DELLE EMERGENZE TECNOLOGICHE. SVILUPPO DELLA MODELLISTICA PER LA SIMULAZIONE DEGLI SCENARI INCIDENTALI.**

**R. BOVALINI, A. DE VARTI, M. MAZZINI, M. PETEA.**

**Università di Pisa**

**Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione**

**Via Diotisalvi, 2**

**56126 PISA**

## **1. INTRODUZIONE**

L'obiettivo del progetto di ricerca HARIA-2 è sviluppare un sistema di supporto per i responsabili della pianificazione dell'emergenza, che, considerando il sistema fisico all'origine della emergenza, la popolazione e gli altri bersagli dotati di diversi gradi di vulnerabilità ed il sistema di protezione civile, nei limiti del possibile, permetta di tenere conto della dinamica del processo.

L'attività di ricerca si sta sviluppando da quasi cinque anni, tenendo conto della evoluzione delle tecnologie della informazione e comunicazione e delle conoscenze sul comportamento della popolazione in situazione d'emergenza. Le caratteristiche del sistema HARIA 2 sono state delineate, assumendo come primari utilizzatori gli organismi incaricati della pianificazione e della gestione dell'emergenza esterna di impianti a rischio rilevante, nelle diverse aree del territorio nazionale.

Il lavoro di ricerca è stato articolato nello sviluppo di un dimostratore e di un prototipo applicato a impianti o aree a rischio ed aveva già prodotto due anni fa risultati di un certo interesse [1], [2], evidenziando peraltro la necessità di modifiche e miglioramenti per rendere il software più adatto all'uso da parte di organismi aventi la responsabilità della pianificazione dell'emergenza esterna. Inoltre il software doveva essere completato, con l'implementazione del modulo **Creazione Scenari Dinamici** [2]. L'attività di sviluppo del sistema **HARIA-2** negli ultimi due anni è stata pertanto concentrata nell'evoluzione dei pacchetti software relativi all'analisi degli scenari incidentali. In particolare, è stata eseguita un'approfondita revisione della struttura e dei contenuti del modulo **Creazione Scenari Statici**, per rendere l'architettura del codice più versatile e modulare, e completare il programma con i modelli matematici necessari a simulare correttamente le sequenze incidentali oggetto di studio; il compimento dell'impegno ha permesso la messa a punto della versione **3.0** del modulo citato. Inoltre è stata avviata l'implementazione del modulo **Creazione Scenari Dinamici**, che peraltro necessita ancora della fase di validazione e probabilmente anche di perfezionamenti.

L'attività di verifica e sviluppo è descritta con qualche dettaglio nei successivi paragrafi; vale la pena di notare che nello svolgimento del lavoro si è sempre cercato, comunque, di soddisfare l'esigenza di semplicità di utilizzo del programma da parte di operatori non particolarmente esperti.

## **2. SVILUPPO DELLA STRUTTURA INFORMATICA DEL MODULO CREAZIONE SCENARI STATICI**

### **2.1 Considerazioni generali**

Il software **HARIA-2** è stato realizzato con lo scopo di fornire un supporto informatico all'attività di analisi e pianificazione delle emergenze tecnologiche; in quest'ottica, sono integrati dei modelli di simulazione delle sequenze incidentali, con moduli di raccolta, gestione e controllo delle informazioni necessarie alla corretta esecuzione.

Le tre applicazioni principali che compongono il pacchetto informatico sono:

- il modulo **HARIA-2 (GIS)**, per la memorizzazione e la gestione delle informazioni relative ad uno specifico territorio, e la rappresentazione in forma georeferenziata, rispetto alle informazioni territoriali, dei risultati delle simulazioni incidentali;
- il modulo **Creazione Scenari Statici**, per l'attuazione delle simulazioni, in base ai parametri incidentali ipotizzati, utilizzando i modelli fisici implementati, anche sotto forma di programmi eseguibili compilati in modo indipendente;
- il modulo **Sostanze**, per la gestione dei dati relativi alle proprietà chimico-fisiche delle sostanze.

Le informazioni necessarie al funzionamento del sistema sono gestite attraverso un archivio dati di tipo

Microsoft Access, strutturato in tre database principali (Territoriale, Scenari, Sostanze).

## 2.2 Il linguaggio di programmazione

L'esperienza maturata nell'utilizzazione del software e la necessità di implementare la capacità di simulazione e di gestione dei dati del sistema, hanno imposto un riesame generale del sistema **HARIA-2**; a questo scopo, è stata eseguita una radicale ristrutturazione da un punto di vista informatico.

Le scelte progettuali alla base della precedente versione del sistema, per quanto già sufficientemente flessibile, non potevano supportare integralmente le possibilità di sviluppo e di integrazione predisposte per migliorare l'efficacia e la fruibilità del pacchetto. Quest'esigenza ha imposto una valutazione preliminare, finalizzata ad individuare e mantenere gli aspetti qualitativamente validi, per poi pianificare l'attività di perfezionamento necessaria.

Una prima osservazione riguarda il linguaggio adottato per la scrittura del codice, il **Microsoft Visual Basic 6**; questo strumento consente una veloce costruzione dell'interfaccia utente, e un facile accesso ai database di tipo Access, utilizzati per la gestione dei dati funzionali. Allo stesso tempo, però, si presenta essenzialmente come un linguaggio proprietario, e non corrisponde, di fatto, ad alcuno standard; questa condizione rende meno facile, se non quasi impossibile, l'implementazione di ulteriori moduli compilati, ad esempio, in linguaggio C e C++, ormai assai diffusi per la predisposizione di programmi di tipo scientifico-matematico.

In relazione alle considerazioni proposte, è stato deciso di riscrivere il codice: l'intervento ha riguardato essenzialmente il modulo **Creazione Scenari Statici**, mentre gli altri moduli manterranno la struttura attuale, oltre che per un'esigenza di utilizzo, anche per consentire un 'testing' più efficace delle soluzioni adottate. Il linguaggio di programmazione è stato scelto in modo da soddisfare i seguenti criteri:

- tempi di sviluppo degli applicativi;
- flessibilità e livello di standardizzazione;
- adattabilità alle problematiche affrontate;
- reperibilità di eventuali librerie per la risoluzione di problemi particolari.

Il linguaggio C++, in linea generale, presenta una buona corrispondenza alle necessità evidenziate; in particolare, è stato scelto il compilatore **Borland C++ Builder v. 5.0**, strumento di tipo **RAD (Rapid Application Development)**, con caratteristiche molto simili a quelle del **Visual Basic** per quanto riguarda lo sviluppo grafico, ma che consente di utilizzare la potenza del C++ anche nello standard ANSI.

Il risultato finale è rappresentato dalla realizzazione di uno strumento informatico aperto, per quanto possibile, anche a contributi esterni.

## 2.3 Evoluzione dell'architettura del codice

La logica alla base della struttura del codice sorgente era stata pensata in relazione alle caratteristiche di funzionalità del programma **HARIA-2**, e in particolare del modulo **Creazione Scenari Statici**. Un'attenta analisi evidenziò che l'implementazione delle nuove caratteristiche richiedeva un intervento, alcune volte sostanziale, sulle routine del codice, tra loro strettamente interagenti. Per questo motivo, come facilmente prevedibile, l'attività di sviluppo ha generato una serie di errori, anche per effetti collaterali non previsti, non facilmente identificabili nel flusso del programma.

Oltre a quanto evidenziato, alcune considerazioni risultavano dall'esperienza d'uso del software: in particolare, la scelta di una banca dati centralizzata, pur presentando degli innegabili vantaggi dal punto di vista della gestione delle informazioni, aveva come conseguenza una minore flessibilità circa il loro trasferimento fra computer diversi. In questa condizione, erano richieste installazioni identiche del software sui computer interessati, a meno di interventi 'manuali' sul database centrale, non sempre compatibili con la competenza di un utente medio. La possibilità e la facilità dell'interscambio dei dati, peraltro, è di estrema importanza in considerazione della natura del programma e delle sue finalità.

Le considerazioni proposte hanno indotto ad una sostanziale modifica dell'architettura del modulo **Creazione Scenari Statici**, finalizzata non solo ad eliminare le lacune evidenziate, ma anche per renderlo, per quanto possibile, più versatile per ulteriori sviluppi futuri.

L'intervento sostanziale è stato realizzato nell'ambito delle strutture dati utilizzate; in particolare, sono considerate le informazioni relative agli impianti, ai componenti e agli scenari, che hanno ancora per riferimento principale il territorio al quale sono collegate. I dati così organizzati costituiscono un insieme indipendente, anche da un punto di vista fisico, per facilitare il trasporto da un PC ad un altro (fig. 1). Questa configurazione consente di mantenere un ordine ed un collegamento logico nella memorizzazione delle informazioni, e dall'altro di trasportare i blocchi così individuati; a questi, infatti, vengono a corrispondere fisicamente le directory del disco rigido contenenti i dati e quanto altro necessario all'esecuzione della simulazione.

La compatibilità con il modulo **HARIA-2 GIS** è mantenuta attraverso la possibilità di effettuare una copia delle informazioni nel database centralizzato, che può anche rappresentare un backup di sicurezza, e di prevedere alcune modifiche strettamente necessarie al recupero delle informazioni da elaborare.

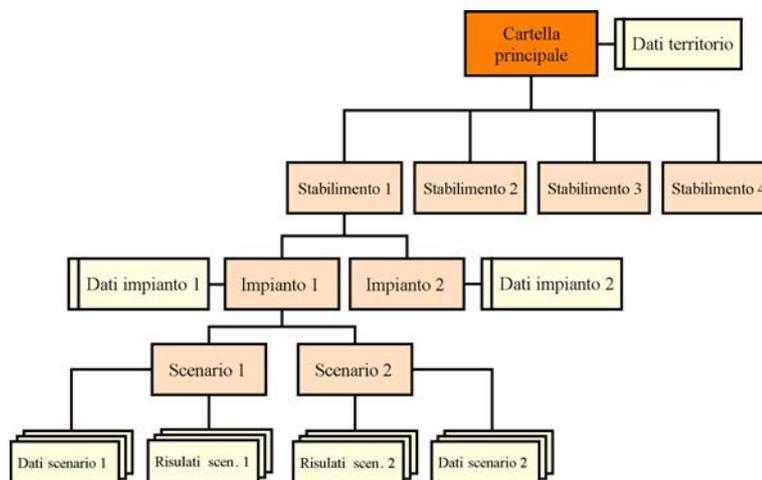


Figura 1. Assetto organizzativo delle informazioni nel data-base territoriale di HARIA 2

In merito al supporto modellistico, il software ha mantenuto una struttura fortemente modulare, all'interno del quale sono individuati in modo preciso interfacce, strutture dati e formati di input/output dei vari modelli. Ciascun modulo interno, definito dai suoi aspetti funzionali, si trova ad operare come una "black box", attraverso la quale scorre un flusso di informazioni di caratteristiche ben definite, tali da consentire le necessarie elaborazioni. Questa logica agevolerà maggiormente l'implementazione di nuovi modelli matematici, senza necessità di intervento su moduli collegati.

### 3. PERFEZIONAMENTO DELLA MODELLISTICA DEL MODULO CREAZIONE SCENARI STATICI

#### 3.1 Introduzione

Il lavoro di messa a punto del modulo **Creazione Scenari Statici**, oltre che gli aspetti strettamente informatici, ha riguardato il perfezionamento e l'implementazione della modellistica riguardante la simulazione degli scenari incidentali.

La scelta, l'ottimizzazione e il collegamento dei modelli per la rappresentazione dei fenomeni chimico-fisici, che determinano le conseguenze di una sequenza incidentale, sono stati guidati dall'esigenza di una rappresentazione **dinamica** degli eventi, dove l'aggettivo intende una descrizione capace di rappresentare l'evoluzione spaziale e temporale della concentrazione d'inquinante o del flusso energetico, nelle diverse condizioni meteorologiche e impiantistiche, cioè nelle diverse possibili condizioni al contorno. La modellistica attualmente implementata in **HARIA-2** si presenta relativamente semplificata, ma non elementare, ed è in grado di fornire risultati utili nei limitati tempi di attesa che saranno consentiti da un'eventuale applicazione del codice anche nella gestione delle emergenze.

Una particolare attenzione è stata rivolta al perfezionamento degli strumenti a disposizione dell'utente, in merito alla gestione dei dati di input: a questo proposito sono stati predisposti un set di strumenti per la modifica, in relazione ai parametri di simulazione più idonei, delle dimensioni del dominio di calcolo, e delle celle in cui questo è suddiviso (fig.2); la congruenza con i dati orografici iniziali è mantenuta attuando una interpolazione bidimensionale.

Infine, per quanto riguarda l'interfaccia di dialogo con l'utente del modulo **Creazione Scenari Statici** (fig. 3), si è cercato di renderla maggiormente intuitiva, senza peraltro perdere il carattere tecnico che il programma possiede.

#### 3.1 Implementazione del processore meteorologico WINDS

Il calcolo del campo cinetico territoriale, essenziale al fine di valutare la fenomenologia della dispersione in atmosfera di sostanze aeriformi neutrali e pesanti, è attuato, in questa nuova versione nel codice **HARIA-2**, mediante l'utilizzo del processore meteorologico **WINDS**. A questo proposito, è stato eseguito uno studio

specifico, in modo tale da verificarne le potenzialità del codice in determinate situazioni meteorologiche: questo impegno derivava dalla necessità di attuare dei miglioramenti per ciò che riguarda il calcolo del campo di vento, in precedenza stimato mediante il modello **WEST**, integrato nel codice **AVACTA**.

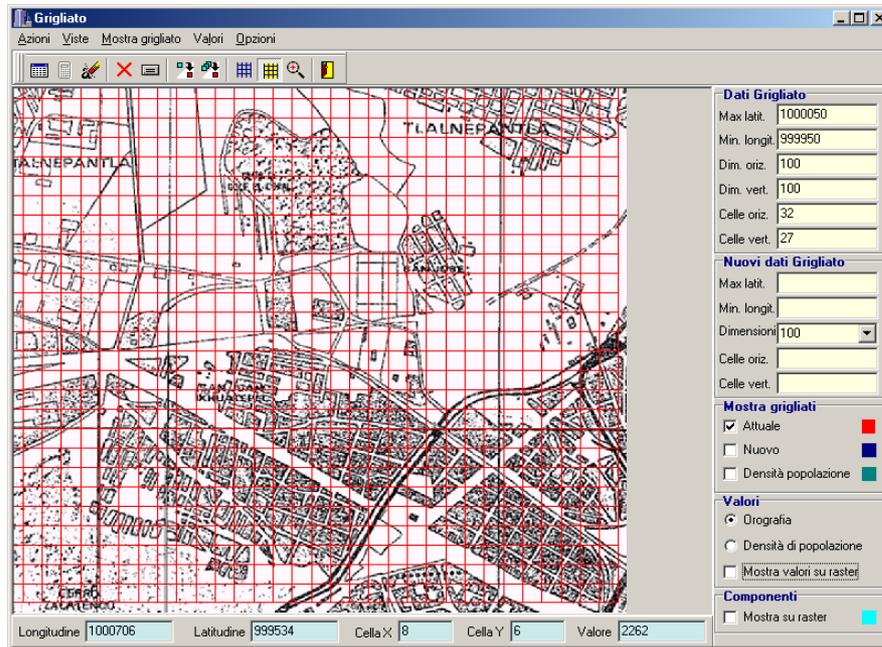


Figura 2: Interfaccia di dialogo del tool per la gestione dei dati territoriali

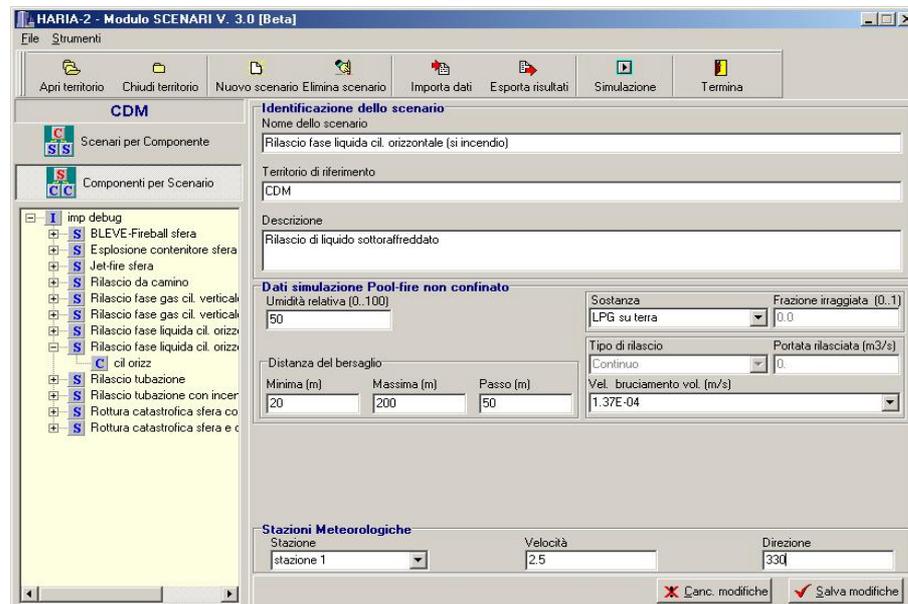


Figura 3: Interfaccia di dialogo del modulo **Creazione Scenari Statici**

I risultati di questo miglioramento dimostrano che il nuovo programma, oltre ad essere uno strumento versatile, genera un campo cinetico congruente sul territorio, anche per velocità del vento assai basse (0.1 m/s, ved. fig. 4); in altre parole, **WINDS** fornisce un valore finito, per direzione e intensità del vento, in ogni cella del dominio di calcolo. Inoltre, anche gli effetti di canalizzazione derivanti da modesti dislivelli orografici, risultano stimati con buona approssimazione.

### 3.2 Implementazione del codice **DISPLAY-1** versione 1.2

In merito ad un'ottimale messa a punto in seno al sistema **HARIA-2**, sono state apportate una serie di

modifiche al programma di simulazione della dispersione atmosferica di nubi pesanti **DISPLAY-1**, suggerite dai risultati ottenuti nell'ambito della fase di validazione del software. In questo contesto, è stata accertata la necessità di perfezionare il modello affinché possa valutare i parametri caratteristici della dispersione

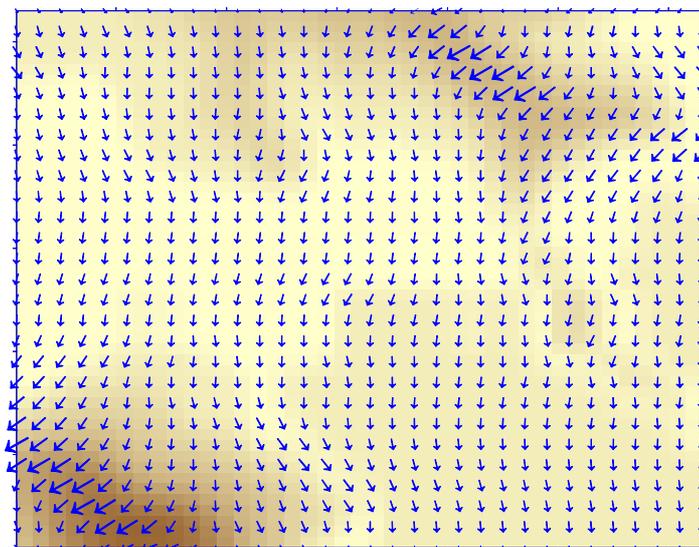


Figura 4: Campo cinetico per il territorio di Mexico City (direzione del vento 0° Nord)

una direzione curvilinea, e, in qualche modo, stimare gli effetti derivanti da una conformazione orografica complessa. Il modello, nella versione **1.1**, prevedeva soltanto la possibilità di definire una velocità del vento costante nel dominio di calcolo, ma variabile, in intensità, lungo la verticale al suolo; l'implementazione predisposta nella versione **1.2** consente di considerare l'intensità e la direzione del vento variabili, secondo le informazioni elaborate dal processore meteorologico integrato.

In sostanza, ricordando che il modello **DISPLAY-1** è monodimensionale, è stato possibile intervenire soltanto sul comportamento del centro di massa della nube, vale a dire, nella cella del dominio di calcolo nella quale questo è presente, istante per istante; quest'ipotesi di lavoro sottintende che, per tutta la sua larghezza, ortogonale alla direzione del vento, la nube mantiene le caratteristiche peculiari del suo centro di massa.

La soluzione utilizzata per adattare il codice alle nuove specifiche, senza peraltro stravolgerne le caratteristiche, anche in relazione alla necessità di non dover rivedere completamente il complesso di interazioni attualmente predisposte tra il sistema **HARIA-2** e il modello **DISPLAY-1**, è quella di modificare soltanto gli indispensabili aspetti informatici del programma. Così facendo, si è mantenuta inalterata la procedura di input e output originaria, predisponendo soltanto un "input-patch", che precisa le informazioni per una corretta definizione del campo di vento e dell'orografia del territorio oggetto della simulazione.

Da un punto di vista operativo, per quanto riguarda il campo cinetico considerato nella simulazione, la nuova versione del codice valuta preventivamente la reale traiettoria del centro di massa della nube, associando a questa il valore dell'intensità del vento lungo essa, secondo le informazioni di output fornite dal processore meteorologico, integrato nel sistema **HARIA-2**, e in funzione delle condizioni di posizione imposte al momento del rilascio in atmosfera. La stima della traiettoria, intesa come individuazione della posizione dei centri dei volumi di calcolo del codice **DISPLAY-1**, all'interno delle celle interessate dallo spostamento della nube, e del campo di vento ad essi associato, è attuata mediante un processo iterativo di confronto rispetto alla matrice orografica considerata; per soddisfare l'esigenza di congruenza tra il posizionamento della sorgente di rilascio, con riferimento alla griglia del dominio, e il primo volume di calcolo del codice, è stata predisposta una procedura per attuare l'allineamento.

I parametri essenziali in questa fase preliminare sono specificati al codice **DISPLAY-1** attraverso la ricostruzione della griglia caratteristica del dominio interessato dal fenomeno di dispersione, specificando in ogni cella i valori delle componenti della velocità del vento. In realtà, il modello simula in ogni caso una dispersione rettilinea (la natura monodimensionale del codice non può essere alterata), tenendo però in considerazione il modulo della velocità del vento che si ha lungo il percorso effettivo. Così facendo, dopo aver riprodotto la traiettoria effettiva mediante una serie di spezzate (in sostanza si definisce una sorta di ascissa curvilinea), sfruttando le informazioni fornite in output dal codice **DISPLAY-1**, è possibile una visualizzazione **GIS** dell'effettivo sviluppo della nube di gas, in relazione ai suoi parametri caratteristici (concentrazione, dimensioni...).

Il codice **DISPLAY-1** non è in grado di considerare un'orografia territoriale complessa, ma solo la

presenza di ostacoli, come barriere e edifici. Da questo discende che non è possibile specificare una struttura “a terrazze” dell’orografia, considerando, inoltre, che si otterrebbe un’eccessiva diluizione del gas, con conseguente sottostima delle concentrazioni; infine, dal punto di vista computazionale, la gestione di ostacoli posizionati a 90° diventerebbe eccessivamente onerosa. La soluzione, adottata per contemplare anche gli effetti derivanti da una specifica conformazione territoriale, è quella di definire, il livello orografico delle singole celle del dominio di calcolo, in modo tale da poter calcolare, quantomeno, la pendenza caratteristica del suolo, indice in ogni caso importante ai fini della simulazione.

La fig. 5 evidenzia l’asimmetria della nube di propano a seguito di una dispersione simulata dal codice **DISPLAY-1**, a fronte del campo di vento evidenziato.

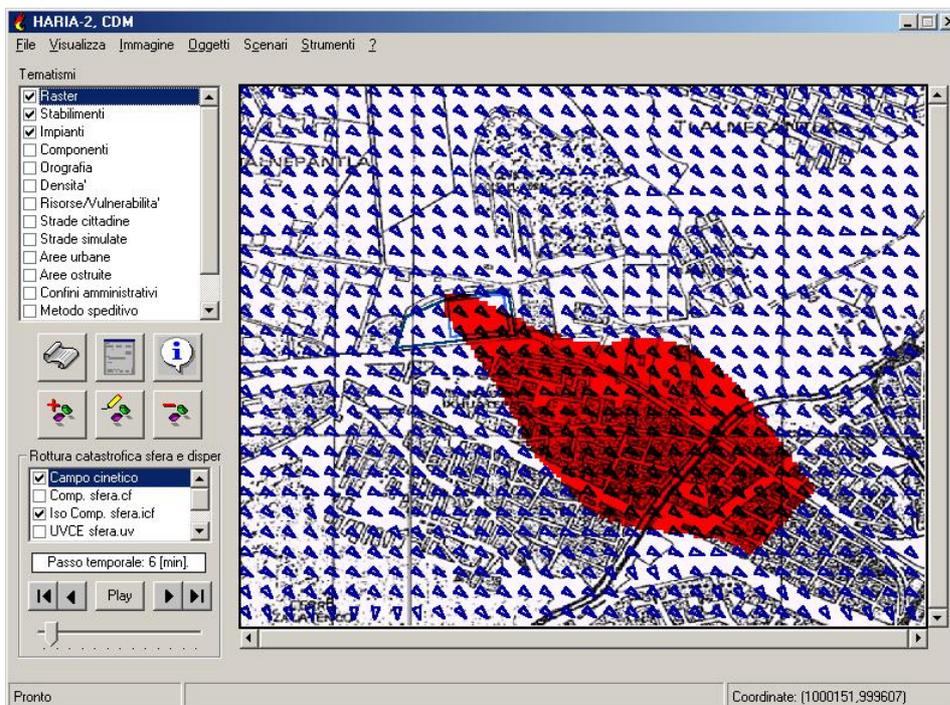


Figura 5: dispersione di una nube di propano a seguito della rottura del recipiente

### 3.3 Implementazione di nuovi modelli di incendi ed esplosioni

Al fine di rendere completo lo spettro di condizioni simulabili mediante il sistema informatico **HARIA-2**, è stata implementata nella nuova versione del codice una serie di modelli di analisi degli scenari incidentali, non previsti dettagliatamente nelle specifiche iniziali, messi a disposizione dal Centro Comune di Ricerca di Ispra.

I modelli in questione, cosiddetti “di trasmissione”, riguardano la fenomenologia incidentale seguente il rilascio in atmosfera; in particolare, sono stati integrati modelli per la valutazione dell’irraggiamento derivante da “jet-fire” e “pool-fire” (in quest’ultimo caso, diversi per emissioni istantanee o continue, e per l’eventuale presenza di confinamento), e per la stima degli effetti di sovrappressione conseguenti ad esplosioni fisiche e **BLEVE**.

Il fine di questo sviluppo del package è di rendere, in qualche maniera, possibile la simulazione di incidenti complessi per **effetto domino**, caratteristico di molti sinistri già avvenuti e in ogni modo probabile in siti dove si riscontra la presenza di diverse attività potenzialmente pericolose, anche in spazi ristretti.

L’esecuzione di questi modelli può essere sia “diretta” (imposta dall’utente), nel caso in cui sia necessario rilevare particolari condizioni di riferimento, sia “di processo”: in quest’ultimo caso, è il sistema **HARIA-2** che verifica, in relazione alle caratteristiche condizioni di input imposte nella definizione della sequenza incidentale da simulare, quale modello è necessario eseguire, e ricava i parametri in ingresso necessari. Le informazioni di output dei diversi modelli sono presentate unicamente in forma testuale: dal momento che non è un’applicazione che produce un effetto diretto alla popolazione, non è necessario proporre una rappresentazione **GIS**.

Le considerazioni circa l’eventualità che l’**effetto domino** si sviluppi sono affidate all’utente, che decide quali sequenze incidentali simulare. In ogni modo, per agevolare una valutazione delle possibili evoluzioni di una data condizione, è stata predisposta una tabella di riferimento per una ‘conversione’ rilascio energetico – danno strutturale (fig. 6).

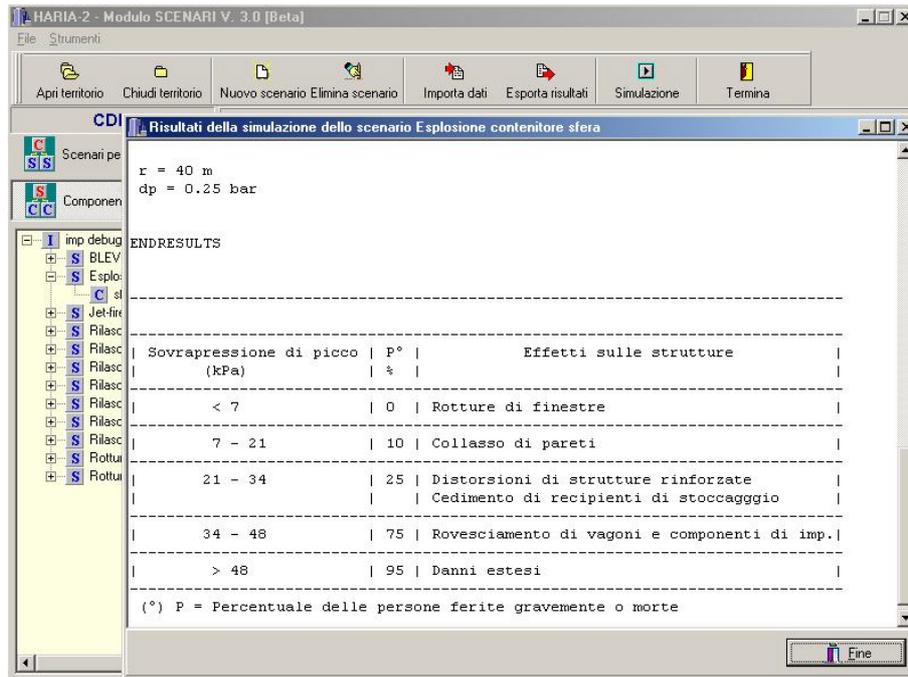


Figura 6: Tipica finestra di dialogo per l'esecuzione dei modelli di trasmissione

#### 4. SVILUPPO DELLA STRUTTURA INFORMATICA DEL MODULO CREAZIONE SCENARI DINAMICI

Il diagramma di flusso del modulo Creazione Scenari Dinamici è riportato in Fig. 7.

Il punto di partenza è l'archivio dei dati territoriali, in particolare di quelli relativi alla distribuzione della popolazione, alla rete stradale ed alla disponibilità e localizzazione delle risorse umane e dei mezzi per l'intervento della protezione civile.

Nel caso di esplosioni e fire-ball, è possibile soltanto pianificare gli interventi di soccorso. Anche se questa situazione è la più frequente, per il momento non è considerata in HARIA 2, lasciandola a futuri sviluppi; del resto i dati ed i modelli implementati dovrebbero consentire di trattare anche questo caso.

Il resto della discussione si riferisce pertanto ai rilasci tossici.

In precedenza, l'esecuzione del modulo Creazione Scenari Statici ha consentito la suddivisione del territorio in zone:

- di pericolo**, con concentrazione superiore ad IDLH (Immediately Dangerous for Life and Health);
- di allarme**, con concentrazione compresa fra LOC (Level of Concern) ed IDLH;
- sicura** (esternamente alla precedente).

La pianificazione dell'emergenza riguarda le prime due zone e la prima azione prevista è in generale il dispiegamento delle squadre di intervento sul territorio per il controllo degli accessi e delle uscite da tali zone. Al momento dell'incidente, la popolazione si troverà in generale sia all'interno di centri di vulnerabilità che distribuita sul territorio. Si assume che le persone nei centri di vulnerabilità, sia rigidamente controllati (caserme, prigionie) che controllati (scuole, ospedali, alberghi), abbiano tutte un comportamento guidato. Per quelle presenti in altri centri di vulnerabilità (chiese, supermercati, stadi, camping) si applica invece il modello valido per la popolazione distribuita sul territorio. L'applicazione ai dati di distribuzione della popolazione del pacchetto software XX consente di determinare in ogni cella i gruppi di persone a comportamento guidato, autonomo, random e statico. A questo punto si hanno 2 possibilità, a seconda che si preveda o no l'evacuazione.

Se l'evacuazione non viene attuata, l'unica azione di mitigazione delle conseguenze possibile, oltre al controllo degli accessi e delle uscite dalla zona di pericolo, è il rifugio di emergenza. Il modello che calcola i relativi fattori di riduzione della dose viene applicato al gruppo a comportamento "guidato", mentre per tutte le altre persone si calcolano le conseguenze direttamente dai dati del modulo Creazione Scenari Statici.

Se invece, particolarmente nella zona a) e/o per alcuni centri di vulnerabilità (scuole, ospedali) è prevista l'evacuazione, questa viene simulata con una serie di modelli, il cui cuore è il modello di traffico in transitorio. Questo presuppone un completo controllo degli accessi e delle uscite, con tutti gli incroci

“semaforizzati” per l’intervento delle squadre di soccorso. In questo modo, suddivisa la zona da evacuare in settori in base alla posizione della sorgente di rilascio ed alla direzione del vento, in ciascun settore viene costruito dal sistema informatico un grafo stradale ad albero, con la radice (punto di raccolta) nella zona sicura e che ad ogni istante ha soltanto una serie di rami percorribili; gli altri rami, connessi al precedente da incroci a 3 o 4 vie, sono chiusi all’estremità e consentono in ciascun passo temporale ingressi, ma non uscite. Quando scatta un semaforo, l’albero di evacuazione viene modificato e lo stesso succede quando una diramazione è completamente svuotata. I vari rami del grafo stradale sono associati alle celle con cui è descritto il territorio, suddividendoli in tratti di egual lunghezza  $\Delta x$ , ciascuno associato alla cella che lo contiene. Le immissioni dei mezzi di trasporto avvengono in tali tratti  $\Delta x$ , secondo quanto specificato dall’utente. Questi deve specificare i relativi “generation rates” (numero di mezzi che si immettono e ritardo iniziale rispetto al segnale di inizio di evacuazione) in base ai risultati dell’applicazione del modello XX, inglobando in un unico gruppo le persone presenti nella cella a comportamento guidato, autonomo o random, in base all’ipotesi di completo controllo degli accessi. Il gruppo con comportamento statico non ha invece alcuna reazione e rimane sempre nella sua posizione. L’applicazione del modello di Greenshield, già descritto in [...], consente di ricavare la distribuzione di popolazione sul territorio durante tutto il transitorio e quindi, sulla base del tempo di permanenza delle persone in ciascuna cella, il calcolo della dose ricevuta dai vari gruppi e quindi delle conseguenze.

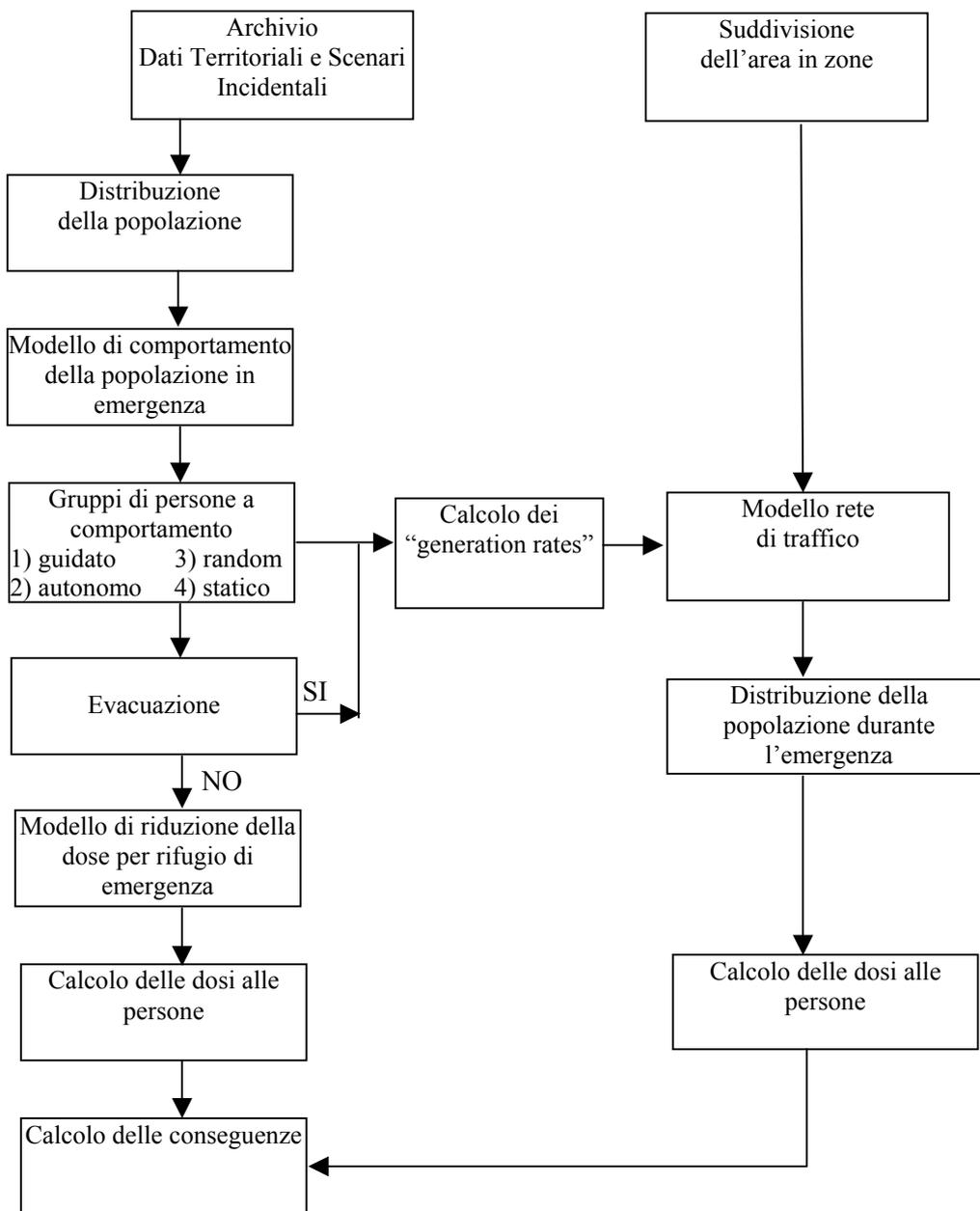


Figura 7. Diagramma di flusso del modulo Creazione Scenari Dinamici

## 5. CONCLUSIONI

La modellistica adottata, testata e implementata nel sistema informatico integrato **HARIA-2**, anche per effetto dell'ultimo lavoro di revisione e miglioramento del modulo **Creazione Scenari Statici**, descrive con un buon grado di dettaglio i fenomeni fisici di interesse, e permette un'esecuzione quasi automatica del codice, imponendo di conseguenza poche scelte all'utente; quest'ultima condizione garantisce un'elevata confrontabilità di risultati ottenuti da operatori diversi, in diverse situazioni.

La selezione dei modelli ha seguito la linea di ottimizzazione tra la necessità di una generazione di output congruenti in tempi abbastanza brevi e la possibilità di predisporre dei "link" con i moduli che forniscono una descrizione di natura dinamica. In quest'ottica, la selezione presentata nel documento sembra del tutto in linea con le esigenze di progetto. Inoltre, la struttura strettamente modulare del codice consente un'agevole sostituzione delle routine di calcolo, nel caso in cui si rendessero necessarie ulteriori modifiche o perfezionamenti.

Più problematica è invece la situazione per quanto concerne il modulo **Creazione Scenari Dinamici**. Il tempo richiesto dalla completa riscrittura, revisione e miglioramento del precedente modulo ha lasciato poco spazio e risorse limitate all'implementazione del nuovo modulo, che pertanto deve essere ancora valicato. E' inoltre prevedibile che le sue prime applicazioni imporranno ulteriori modifiche e miglioramenti, per avere un prodotto finito di qualità adeguata.

## BIBLIOGRAFIA