

Analisi del rischio e gestione dell'emergenza idrogeologica mediante GIS e sistemi di supporto alle decisioni

I. FRIGERIO (*), F. FACCIN (*) & M. LA VALLE (°)

ABSTRACT

Analisi del rischio e gestione dell'emergenza idrogeologica mediante GIS e sistemi di supporto alle decisioni

The objective of this work was to draw up a Municipality Emergency Plan, implemented in a information support, in order to manage a Hydrogeological Emergency. The landslide occurrence probability needs the drafting of a Civil Protection Plan able to reliably tackle the management of emergencies. The study of the hazard area together with its vulnerability, enables to analyze and to make a zonation of the risk within the same area. This information is necessary to develop the Emergency Procedures to be applied on the occasion of a Landslide event.

The use of Geographic Information Systems makes more efficient the contemporary management both of the cartography of the area and of useful databases concerning for example Civil Protection resources and structures required to overtake the emergence. This approach leads up to computerize and speed up the reply of the structures involved in an emergency situation, leading to a significant reduction of the response time by the staff that manage the emergency operations, and leading to an increase of the qualitative efficiency response.

INTRODUZIONE

I concetti di previsione e prevenzione dai rischi naturali costituiscono, nell'insieme delle attività di gestione delle catastrofi, la fase più importante e delicata, in quanto richiedono un'adeguata conoscenza delle condizioni del territorio. Da un punto di vista legislativo, questi concetti sono stati introdotti in Italia con l'istituzione del Servizio Nazionale della Protezione Civile (Legge 24/2/1992 n. 225) il quale assolve principalmente la funzione di tutelare l'incolumità dei cittadini, i beni, gli insediamenti e l'ambiente dai danni o dal pericolo di danni derivanti da calamità naturali, attraverso attività di previsione, prevenzione, soccorso e superamento delle emergenze.

L'obiettivo di questo lavoro è stato quello di elaborare un Piano di Emergenza Comunale, implementato su un supporto informatico, al fine di gestire un'emergenza idrogeologica che interessa il Comune di Corvara in Badia.

La pianificazione e la gestione delle emergenze sono legate tra loro: una struttura efficiente di gestione delle emergenze non può essere improvvisata con successo nel momento di massima crisi, ma deve essere precedentemente

strutturata, avendo una pianificazione dei disastri come requisito fondamentale. Negli ultimi tempi, le attività di prevenzione e pianificazione hanno ricevuto un grosso aiuto dai sistemi informatici in grado di raccogliere, archiviare, gestire ed analizzare ingenti banche dati; in particolare, l'esperienza raggiunta nell'utilizzo dei Geographical Information Systems (GIS) ha evidenziato le grandi potenzialità di tali sistemi per l'analisi dei rischi e per il controllo del territorio. In un sistema informativo nel quale i dati riguardano soggetti ed oggetti, è risultata di fondamentale importanza la possibilità di automatizzare i processi organizzativi, consentendo a chi gestisce il sistema di descrivere formalmente le procedure e di disporre di un sistema software mediante il quale eseguirle e monitorarne l'andamento attraverso strumenti denominati "workflow management". Un sistema GIS integrato con tali strumenti mette a disposizione del decisore un mezzo attraverso il quale governare le procedure associate ad ogni entità trattata dal sistema (sia esso un evento, una risorsa o una persona), progettandole in fase di pianificazione e attivandone l'esecuzione in fase di emergenza. Al dato geografico vengono così associate informazioni sui flussi, sullo stato dei processi e sulla loro analisi, questo permette di indagare profondamente le relazioni esistenti tra cartografia, persone coinvolte, risorse e mezzi della struttura comunale di Protezione Civile, in modo da poter intervenire più efficacemente al cambiamento delle condizioni al contorno.

AREA DI STUDIO

L'area di Corvara in Badia è situata nella parte centrale delle Dolomiti e rientra all'interno della Provincia Autonoma di Bolzano. La valle è delimitata a sud-ovest dalle imponenti pareti dolomitiche del Gruppo del Sella (3151 m), a nord del Gruppo Puez-Gardenaccia (3025 m) e Pralongià (2138 m) ed è impostata nei terreni della successione bacinale permotriassica. Dal punto di vista climatico l'area risente in modo molto modesto delle correnti temperate adriatiche, così che il clima risulta temperato freddo.

Le temperature minime restano costantemente, o quasi, al di sotto dello zero nel periodo che va da metà novembre alla seconda metà di aprile, mentre i valori massimi superano raramente lo zero nel trimestre dicembre-febbraio. Il manto nevoso è presente in modo persistente sul fondovalle nel

(*) Università Degli Studi di Milano, Via Celoria 26, 20126 Milano

(°) Università di Milano Bicocca, Piazza della Scienza 1, 20126 Milano

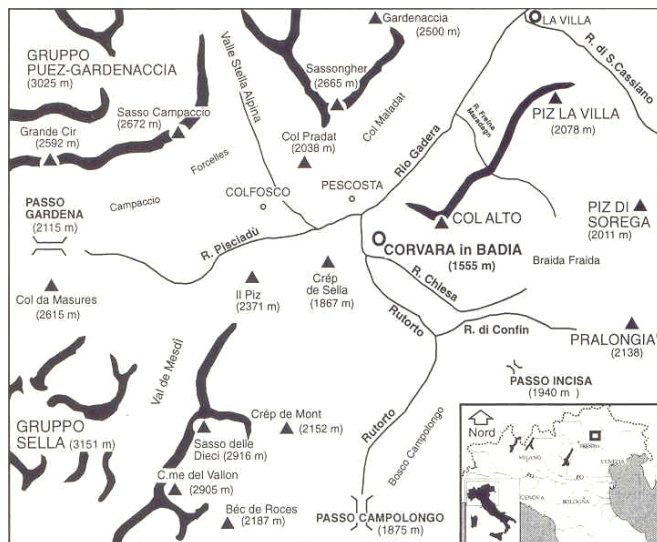


Fig. 1 - Inquadramento geografico dell'area di studio.

IDENTIFICAZIONE DELL'EVENTO FRANOSO E SUA CARATTERIZZAZIONE

La prima fase di lavoro è stata quella di definire uno scenario di pericolosità da frana in modo tale da mappare e caratterizzare le aree suscettibili ad un ipotetico collasso del versante. L'intero comune di Corvara in Badia è stato classificato in zone omogenee in accordo con il loro grado di suscettibilità.

Questa classificazione è stata ottenuta tramite l'analisi di mappe di suscettibilità (reperibili presso il database del



Fig. 2 - Ortofoto dell'area di Plan Pezziè.

progetto ALARM) e l'applicazione del metodo statistico Weights of Evidence (progetto ALARM).

La carta risultante è stata utilizzata per identificare le "zone critiche", ossia aree caratterizzate da un'alta suscettibilità e, contemporaneamente, dalla presenza di elementi vulnerabili. Tra queste, l'area di Plan Pezziè è stata scelta come sito-test per la presenza di debris-flows, attualmente quiescenti, con un'area sorgente di 248 428 m² e un'area di deposizione di 1 278 927 m².

In questa fase di progetto è stato quindi identificato e

all'interno dello scenario; la magnitudo e il tempo di ritorno del fenomeno franoso sono stati dedotti dall'analisi dei dati disponibili legati alla storia franosa dell'area oggetto di studio e delle sue vicinanze. I dati storici, reperiti dal catalogo AVI e da letture relative alle cronache locali, hanno interessato principalmente eventi più distruttivi: sottostimando la probabilità di ricorrenza ma fornendo informazioni utili sugli effetti fisici del danno stesso.

ANALISI DELLA PERICOLOSITA'

Sulla base del Metodo Svizzero, la valutazione dei parametri fisici caratterizzanti l'evento quali velocità e severità geometrica (intensità) combinati con la probabilità di ricorrenza del fenomeno franoso, hanno permesso di effettuare una zonazione dell'area coinvolta in diverse classi di pericolosità. Un valore di intensità da medio ad alto e un periodo di ricorrenza dell'evento minore di 30 anni, ha permesso di assegnare all'area sorgente un livello di pericolosità pari ad **H4**.

Per l'area di deposizione è stato invece calcolato un valore di intensità moderato; sono stati definiti due differenti periodi di ricorrenza dell'evento: il primo periodo, stimato in un intervallo di tempo compreso tra 30 e 100 anni, ha permesso di assegnare, alla porzione di area deposizionale a monte dell'abitato, un livello di pericolosità pari ad **H3**.

Il secondo periodo di ricorrenza, stimato in un intervallo di tempo compreso tra 100 e 300 anni, ha consentito di attribuire alla porzione di area deposizionale a valle dell'abitato, un livello di pericolosità pari ad **H2**. Quest'ultimo valore è stato valutato tenendo conto che l'area interessata ha subito diversi lavori antropici di contenimento difensivo.

ANALISI DELLA VULNERABILITA'

La caratterizzazione e la distribuzione spaziale degli

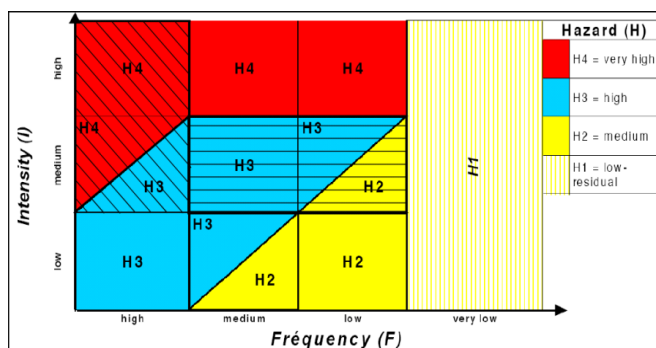


Fig. 3 - Matrice del Metodo Svizzero (Heinimann et al., 1998; Raetzo et al., 2002) per la definizione dei livelli di pericolosità (intensità e frequenza). Le linee diagonali e orizzontali rappresentano i livelli di pericolosità che sono stati assegnati rispettivamente all'area sorgente e all'area deposizionale, all'interno dello scenario di Plan Pezziè.

elementi presenti all'interno dell'area di Plan Pezziè ha permesso di comprendere meglio gli effetti fisici che gli elementi stessi subirebbero a seguito del verificarsi dell'evento franoso. Sono stati inventariati e digitalizzati sia

pubblici sia a infrastrutture come condotte forzate, acquedotti e strade.

In questa parte di studio la vulnerabilità è stata espressa usando un valore euristico che considera gli effetti fisici che le infrastrutture e l'assetto urbano possono subire a seguito del verificarsi di un ipotetico evento franoso; questi possono essere suddivisi in:

1. Danno estetico
2. Danno funzionale
3. Danno strutturale

ANALISI DEL RISCHIO

Per i beni inventariati è stato definito un livello di rischio combinando le classi di pericolosità con il grado degli effetti fisici che ci si aspetterebbe in seguito all'evento di debris flow. Le classi di pericolosità variano da H2 (per l'area di deposizione) ad H4 (per l'area sorgente) mentre i danni estetici e funzionali, in relazione alla tipologia e alla distribuzione spaziale degli elementi vulnerabili, variano dalla parte più bassa dell'area di deposizione fino ai settori dove sono presenti gli edifici. Sono state così definite cinque classi di rischio:

STIMA ECONOMICA DEI DANNI DIRETTI

I danni diretti sono correlati ai danni materiali che gli elementi esposti possono subire; essendo delle perdite

Livello di pericolosità	Effetti Fisici (Danni)	Livello di rischio
H1	Estetico	Molto basso
H2	Estetico	Basso
H2	Funzionale	Moderato
H3	Funzionale	Alto
H4	Strutturale	Molto Alto

Tab. 1 – Stima qualitativa del livello di rischio dell'area di studio basata sui livelli di pericolosità e gli effetti fisici. Il livello della pericolosità H2 implica due differenti livelli di rischio sulla base del tipo di elementi a rischio e la loro distribuzione spaziale in relazione alla sorgente di pericolo.

tangibili è stato possibile quantificarli attraverso due tipologie di costi:

1. costo di ricostruzione
2. costo di ristrutturazione

Questi necessitano sia di operazioni di recupero che operazioni di ristrutturazione che sono diverse a seconda della tipologia di elementi che vengono considerati. La disponibilità dei dati storici ha consentito di valutare solamente il danno estetico e funzionale. La valutazione dei costi volti alla ricostruzione e alla ristrutturazione, calcolati sia su unità volumetriche che su unità di area, è stata effettuata mediante degli indici specifici relativi alle sei

Per l'analisi economica sono stati utilizzati diversi valori di mercato, tra cui costi di ricostruzione, riparazione e indici relativi a prezziari della zona (espressi in €/m, m², m³, o in % e dedotti da stime empiriche elaborate da ingegneri, architetti e da valutazioni svolte da società edili locali). Questi valori sono stati applicati ai beni vulnerabili in modo da ottenere un equivalente monetario atteso.

La somma dei costi totali parziali degli edifici a rischio di danneggiamento ammonta a 7 459 612 euro mentre il totale parziale dei costi relativi alle infrastrutture ammonta a 1 453 398 euro per una stima totale del danno diretto quantificabile in 8 913 000 euro.

GESTIONE DELL'EMERGENZA: PROTEZIONE CIVILE

I Sistemi Informativi Territoriali rappresentano una

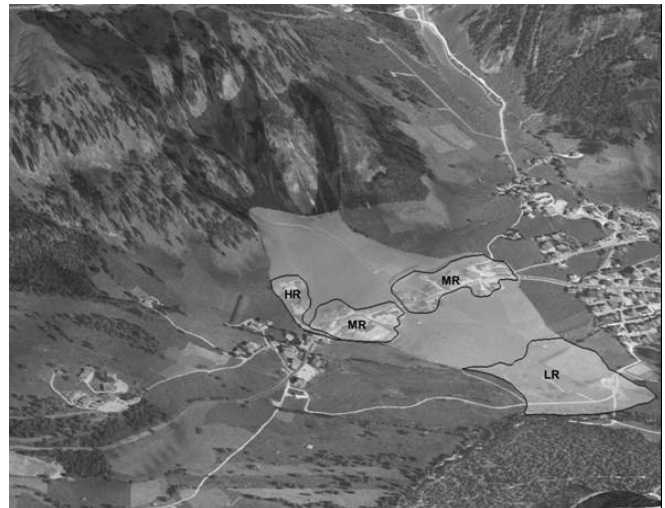


Fig. 4 – Rappresentazione della distribuzione spaziale dei differenti livelli di rischio. I settori scuri e chiari simboleggiano rispettivamente la sorgente e le aree di deposizione del debris flow (Digital Elevation Model e Ortofoto Digitali: Provincia Autonoma di Bolzano). HR: rischio alto; MR: rischio moderato; LR: rischio basso.

risorsa preziosa per la gestione delle emergenze in quanto sono in grado di integrare e coordinare i dati relativi sia al territorio che a tutte le risorse, strutture e enti che vengono interpellati conseguentemente al verificarsi di un evento calamitoso. I dati riguardanti sia la parte cartografica che le strutture, gli enti e le risorse necessarie al superamento delle emergenze sono stati georeferenziati e archiviati in un database; sono state allestite mappe sia in formato raster che vettoriale, e infine sono state compilate le relative tabelle degli attributi. Per implementare il Piano di Protezione Civile su un supporto informatico è stato utilizzato PETER (Protezione ed Emergenze del Territorio).

Questo software, sviluppato da GLOBO s.r.l., è in grado di supportare la costituzione e il mantenimento di un piano di Protezione Civile. PETER si configura come un'evoluzione dei Sistemi Informativi Territoriali che consente di passare da un SIT "statico" a un SIT "dinamico": è in grado, cioè, di

associare a dati cartografici non solo una serie di dati alfanumerici organizzati in tabelle, ma anche procedure, attraverso l'integrazione nel software di moduli di workflow management. La dinamicità dell'applicativo consente il monitoraggio in tempo reale di attività, procedure e flussi di informazione in modo da supportare con maggiore efficienza la gestione territoriale e la stesura di linee guida per l'emergenza.

La comunicazione attraverso telefonia mobile e fax degli enti e delle persone coinvolte assume un ruolo chiave con cui una corretta pianificazione può interagire con la gestione dell'emergenza; fax precompilati, rubriche telefoniche aggiornate, tools di messaggistica e telefonia, integrazione con dispositivi radiomobili sono tra i possibili metodi con cui un SIT dinamico può realmente essere legato all'intervento sul territorio.

CONCLUSIONI

L'analisi socio economica riveste una imprescindibile valenza per la determinazione del rischio dell'area, per la comprensione delle tipologie di danni originabili e per la loro quantificazione. Una valutazione di "rischio economico", a priori consente una migliore efficienza nella gestione, prevenzione e mitigazione sul territorio, garantendo una allocazione migliore delle risorse della società in modo da ottimizzare una corretta gestione delle emergenze.

La disponibilità di banche dati continuamente aggiornate e multi-scala costituisce la condizione primaria per la realizzazione di un Piano di Protezione Civile. Un Sistema Informativo come PETer automatizza e velocizza le azioni da svolgere per fronteggiare una situazione di emergenza, conducendo ad una sensibile riduzione dei tempi di intervento da parte delle strutture e dei soggetti coinvolti e ad un aumento nell'efficienza di risposta in termini qualitativi; l'integrazione, all'interno di tale applicativo, di strumenti SIT e di moduli per la gestione dei processi decisionali (in termini di flussi di azioni) è in grado di ottimizzare il collegamento interno fra i centri di comando che costituiscono la struttura comunale di Protezione Civile. E' proprio dalla coordinazione e dalla sincronizzazione dei passi necessari alla gestione delle emergenze che dipende in modo significativo l'esito degli interventi.

REFERENCES

ALARM (2004) - *Assessment of Landslide Risk and Mitigation in Mountain Areas*. EC Contract No. EVG1-CT-2001-00038.

ALEXANDER D. (1998) - *How are emergency plans written, tested and revised? In: "La Protezione Civile verso gli anni 2000". La sfida dei grandi rischi alla soglia del nuovo millennio*. Firenze 3-8 Novembre.

ASHBY G.L. (2002) - *Development of a Risk Management Strategy for Part of State Highway 73 in the South Island of New Zealand*. New Zealand Society for Risk

CANUTI P., CASAGLI N. (1996) - *Considerazioni sulla valutazione del rischio di frana*. Atti Convegno Fenomeni franosi e centri abitati, Bologna, 27 Maggio 1994, 57 pp.

CARDINALI, M., REICHENBACH, P., GUZZETTI, F., ARDIZZONE, F., ANTONINI, G., GALLI, M., CACCIANO, M., CASTELLANI, M., & SALVATI, P. (2002) - *A geomorphological approach to estimate landslide hazard and risk in urban and rural areas in Umbria, central Italy*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 2, 57-72.

CORSINI A., MARCHETTI M., SOLDATI M. (2001) - *Holocene slope dynamics in the area of Corvara in Badia (Dolomites, Italy): chronology and paleoclimatic significance of same landslide*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., 127-139.

CORSINI A., PANIZZA M., PASUTO A., SILVANO S., SORPAES C., SOLDATI M. (1998) - *Indagini preliminari per la definizione della pericolosità da frana nella conca di Corvara in Badia (Dolomiti)*. Mem. Soc. Geol. It., 54, 207-224.

DMTP (DISASTER MANAGEMENT TRAINING PROGRAMME) (1994) - *Vulnerability and Risk Assessment*. Module prepared by Coburn, A. W., Spence, R. J. S., and Pomonis, A. Cambridge Architectural Research Limited. The Oast House, Malting Lane, Cambridge, UK, 68.

DRABEK, T.E., & G.J. HOETMER (1991) - *Emergency Management: Principles and Practice for Local Government*. International City Management Association, Washington, D.C., 416 pp.

POLELI M. (2000) - *Trattato di estimo*. Maggioli, Rimini.

STERLACCHINI S. (2000) - *Sistemi informativi geografici per la valutazione della pericolosità da frana*.

UNDRO (1991) - *Mitigation Natural Disasters: Phenomena and Option, A manual for policy Makers and Planners*. United Nation Organization, New York.

VARNES D.J., (1958) - *Landslides Types and Processes*. Hrb Spec. Rep., 29, Washington.