

ArcGIS 8.3 per l'analisi di pareti rocciose instabili nelle Dolomiti (Bolzano, Italia)

ArcGIS 8.3 for the analysis of unstable rocky escarpments in the Dolomites (Bolzano, Italy)

PIACENTINI D. (*)

RIASSUNTO - Le pareti rocciose instabili possono dare origine a vari tipi di fenomeni franosi (crolli, ribaltamenti, ecc) che, per la loro elevata velocità, sono notevolmente pericolosi, indipendentemente dai volumi coinvolti. L'analisi della massima propagazione delle frane di crollo su vasta area risulta di norma difficoltosa in quanto i principali metodi oggi utilizzati sono concepiti per essere applicati unicamente lungo profili di caduta predefiniti.

In occasione dei lavori che il Gruppo di Geomorfologia dell'Università di Modena e Reggio Emilia ha intrapreso per la realizzazione di una cartografia della pericolosità geologica su un'area di circa 250 km² (parte del foglio n. 028 "La Marmolada", Progetto CARG), si è deciso di sperimentare un metodo di analisi tridimensionale per la valutazione della pericolosità da frana di crollo, applicabile su vaste porzioni di territorio. E' stato prescelto a tal fine il metodo "zenitale" (ONOFRI & CANDIAN, 1979; BUWAL, 1998; JABOYEDOFF & LABIOUSE, 2003) che permette di individuare in forma preliminare le aree di maggiore criticità. Avvalendosi di tecniche GIS sono stati messi a punto procedimenti semi-automatici per l'identificazione delle aree di potenziale distacco e di massima propagazione dei crolli.

Nel presente lavoro tutte le elaborazioni sono state condotte con ESRI® ArcGis 8.3 e sono state concepite per essere riproducibili, previo specifico adattamento, per un'ampia varietà di aree con caratteristiche geologiche, geomorfologiche e climatiche differenti.

PAROLE CHIAVE: ArcGis 8.3, Spatial Analyst, crolli di roccia, zone di propagazione, Dolomiti.

ABSTRACT - The unstable rocky walls can originate various types of landslides (rock-falls, topples, etc), that due to their high velocity, are very dangerous, independently from the involved volumes. The analysis of the maximum rock-fall's run-out zone at regional scale is difficult because current methods are applicable only along pre-defined fall profiles. The Geomorphology group of the University of Modena and Reggio Emilia is involved in the CARG (Cartografia Geologica) project, with the scientific coordination of Prof. Mario Panizza: its task is to build an experimental hazard map in part of the sheet n. 028 "La Marmolada". For this map a three-dimensional method for the recognition, analysis and management of maximum run-out

(*) Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, piacentini.daniela@unimore.it

zones of rock-falls at regional scale has been developed. The test site is located in the Dolomites, Autonomous Province of Bolzano. In this area important mountain groups as the Sella, the Puez-Odle and the Gardenaccia are frequently interested by rock-falls events.

In relationship to the dimension of the study area (around 250 km²) the method developed by various authors (ONOFRI & CANDIAN, 1979; BUWAL, 1998; JABOYEDOFF & LABIOUSE, 2003) has been applied: this method identifies areas which may be more hazardous. Using GIS have been constructed semi-automatic procedures for the identification of starting points and of maximum run-out zones. In the present job all the elaborations have been done with ESRI® ArcGis 8.3 and conceived to be reproducible, also in other areas, with different morphological, geological, geomorphological and climatic characteristics.

KEYWORDS: ArcGis 8.3, Spatial Analyst, rock-falls, run-out zone, Dolomites

1. - PREMESSA

Le pareti rocciose instabili possono dare origine a vari tipi di fenomeni franosi (crolli, ribaltamenti, ecc) che, per la loro elevata velocità, sono notevolmente pericolosi, indipendentemente dai volumi coinvolti.

di analisi sono concepiti per essere applicabili secondo profili di caduta predefiniti.

L'analisi della propagazione lungo profili, per quanto questi siano numerosi e rappresentativi del versante oggetto dello studio, non descrive infatti adeguatamente la reale traiettoria di caduta dei massi, in quanto non è possibile tenere in considerazione eventuali deviazioni rispetto ai percorsi prestabiliti. Inoltre, vengono individuate solo limitate porzioni del versante, rischiando così di escludere dall'analisi possibili aree di *target* delle traiettorie e quindi di sottostimare gli effetti del fenomeno.

Da queste considerazioni è nata l'esigenza di affrontare il problema della propagazione dei crolli secondo un approccio tridimensionale, basando l'analisi su parametri di ingresso facilmente reperibili e fornendo, mediante simulazioni realizzabili in tempi contenuti, informazioni riguardo alle zone potenzialmente pericolose, per le quali siano necessarie ulteriori indagini di dettaglio.

Le elaborazioni realizzate a tal fine nel presente lavoro sono state condotte in ambiente GIS (Esri® ArcGis 8.3) e sono state

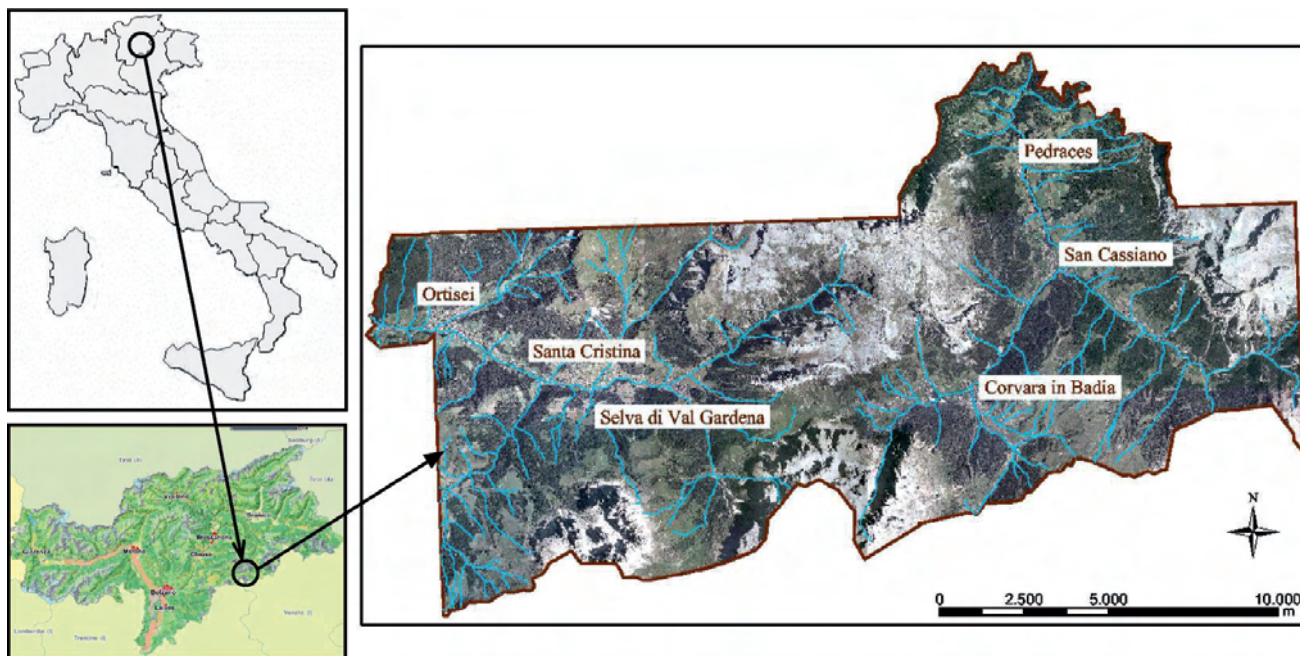


Fig. 1 - Inquadramento geografico dell' area di studio.
- Geographical setting of study area.

La stima della massima propagazione delle frane di crollo su vaste aree risulta spesso difficoltosa in quanto i principali metodi

concepiti per essere riproducibili in modo semi-automatico, previo specifico adattamento, per un'ampia varietà di aree con ca-

ratteristiche geologiche, geomorfologiche e climatiche differenti.

2. - INTRODUZIONE

In occasione dei lavori che il Gruppo di Geomorfologia dell'Università di Modena e Reggio Emilia ha intrapreso, con il coordinamento scientifico del Prof. Mario Panizza, per la realizzazione di una cartografia della pericolosità geologica (parte del foglio n. 028 "La Marmolada", Progetto CARG), sono stati testati nuovi metodi per la valutazione della pericolosità da frana per crollo applicabili anche su vaste porzioni di territorio.

Il presente lavoro riguarda in particolare la sperimentazione tridimensionale del metodo "zenitale", sviluppato da vari autori (ONOFRI & CANDIAN, 1979; BUWAL, 1998; JABOYEDOFF & LABIOUSE, 2003), applicata ad una vasta area di studio con numerose pareti rocciose soggette a fenomeni di crollo.

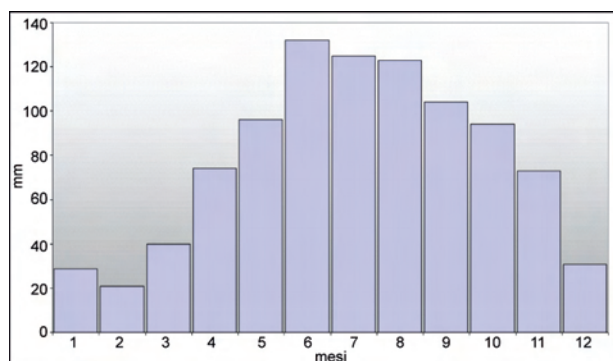


Fig. 2 - Precipitazioni medie mensili (1924-2002).
- Mean monthly rainfalls (1924-2002).

L'abbondante casistica a disposizione ha permesso di verificare l'attendibilità del metodo adottato e di identificare i parametri capaci di influenzare i fenomeni di caduta.

3. - AREA DI STUDIO

L'area di studio (fig. 1) si estende per circa 250 km² nella Provincia Autonoma di Bolzano e comprende una porzione delle Dolomiti: l'Alta Val Badia e la Val Gardena, con i comuni di Ortisei, Selva di Valgardena, Santa Cristina, Corvara in Badia e Badia. Al

suo interno si possono osservare le vette del Conturines (3064 m), del Sella (3151 m), del Puez-Odle (3025 m), del Sasso Lungo (3179 m) e del Sasso Piatto (2853 m).

Il paesaggio è quello tipico di questa parte delle Alpi, contraddistinto da pareti rocciose calcareo-dolomitiche sub-verticali che si alternano a pendii dolci modellati su substrato pelitico-marnoso-arenaceo con componente vulcanoclastica.

Il clima è tipicamente alpino con inverni relativamente lunghi e rigidi e con estati brevi e temperate. Il totale annuo di precipitazione è circa 800 mm; i mesi più piovosi sono quelli tardo primaverili ed estivi (giugno, luglio, agosto) mentre i minimi di piovosità si registrano in inverno (fig. 2). Da un'analisi di dettaglio condotta sui dati pluviometrici relativi a 4 stazioni di misura (Ortisei, Selva di Valgardena, Corvara in Badia, Longiaru) si è inoltre potuto constatare come gli eventi meteorologici dell'Alta Val Badia si discostino leggermente da quelli della Val Gardena, presentando valori più elevati delle precipitazioni intense da 1 a 5 giorni (fig. 3).

Nell'area sono presenti boschi e prati, in buona parte adibiti a pascolo. L'intervento antropico principale è legato tuttavia agli insediamenti urbani, alle infrastrutture viarie e allo sviluppo delle attività sciistiche. Il ter-

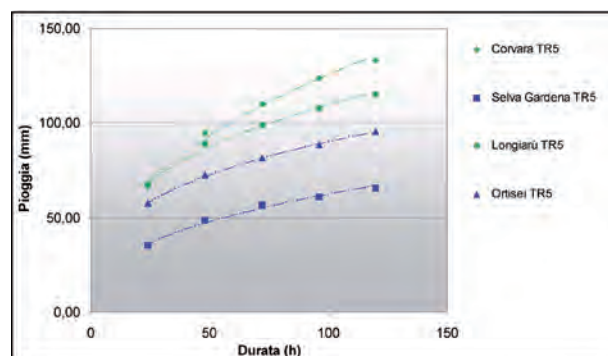


Fig. 3 - Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per precipitazioni intense da 1 a 5 giorni (1924-2002).
- Probable rainfall graph considering precipitation from 1 to 5 days (1924-2002).

ritorio è diffusamente interessato da processi geomorfologici connessi principalmente all'azione dei ghiacciai, delle acque correnti superficiali, della forza di gravità e dell'uomo.

4. - APPROCCIO METODOLOGICO

Lo studio è stato svolto secondo più fasi di approfondimento, applicando, con un approccio tridimensionale in ambiente GIS, il metodo “zenitale” proposto da vari Autori (ONOFRI & CANDIAN, 1979; BUWAL, 1998; JABOYEDOFF & LABIOUSE, 2003).

Innanzitutto sono stati stabiliti i criteri di scelta delle aree di potenziale distacco; successivamente il modello zenitale è stato calibrato con adeguate traiettorie. Sono stati così messi a punto procedimenti semi-automatici per l'identificazione delle aree sorgenti di crolli e delle massime distanze di propagazione delle masse franate, avvalendosi dell'estensione di ArcGis 8.3 *Spatial Analyst*.

4.1. - AREE DI POTENZIALE DISTACCO DEI CROLLI

Trattandosi di un metodo da sviluppare a scala regionale non era possibile effettuare il rilevamento di dettaglio delle discontinuità e l'analisi mirata dei cinematismi locali di rottura. Si è dovuto così ricorrere a differenti criteri di selezione delle potenziali aree di distacco.

Dapprima, secondo un semplice criterio morfologico, sono stati testati come “punti di distacco” i tratti del pendio con inclinazione maggiore di 33° (in accordo con le traiettorie proposte in BUWAL, 1998), di 40° e di 45° (JABOYEDOFF & LABIOUSE, 2003).

Al criterio morfologico è stato poi affiancato un criterio litologico consistente nella selezione, come “punti di distacco”, di quelle zone contraddistinte da determinate inclinazioni e appartenenti a litologie che possono dare origine a fenomeni di crollo.

I risultati delle differenti selezioni sono stati poi confrontati e verificati direttamente sul terreno in diverse aree campione (i risultati per una di queste sono presentati nelle figg. 4, 5).

Il confronto ha evidenziato differenze significative e da un'analisi comparativa è emerso che, prendendo in considerazione unicamente le litologie che possono dare origine a fenomeni di crollo, il numero dei potenziali punti di distacco si riduce di un terzo.

La differenza numerica diminuisce però man mano che aumentano i valori di inclinazione del pendio: se per un'inclinazione maggiore di 33° si ha una diminuzione del numero dei punti di distacco dal 24% al 17%

(rispetto al totale), per un'inclinazione maggiore di 45° la diminuzione varia dal 12% al 10% (fig. 6).

In considerazione dei risultati emersi e delle peculiarità dell'area di studio, si è quindi deciso di utilizzare il solo criterio dell'inclinazione del pendio >33°, essendo quello più significativo oltre che maggiormente cautelativo.

4.2. - AREE DI POSSIBILE PROPAGAZIONE DEI CROLLI

Per definire le aree di possibile propagazione dei crolli sono state analizzate diversi angoli traiettografici in modo da verificare quale simulazione meglio si adattasse alla realtà dell'area di studio. In particolare si è deciso di applicare gli angoli minimi di 27,15° e di 33° proposti rispettivamente da ONOFRI & CANADIAN (1979) (fig. 7) e da BUWAL (1998) (fig. 8).

L'analisi dei risultati ha messo in evidenza come il valore di 27,15° fosse ampiamente sovrastimato per l'area di studio e che quello di 33° meglio rappresentasse la distribuzione dei crolli rilevati sul terreno. A luoghi anche questo secondo valore è risultato sovrastimato rispetto alla situazione reale per cui sono tuttora in corso verifiche per calcolarne l'attendibilità attraverso opportuna taratura condotta con analisi cinematiche.

Lo studio effettuato ha permesso comunque di ottenere una zonazione preliminare del territorio esaminato. Confrontando infatti le zone di massima propagazione con le zone vulnerabili è possibile evidenziare le situazioni che richiedono un maggior dettaglio di analisi (fig. 9)

5. - CONCLUSIONI

Lo studio effettuato mediante GIS ha dimostrato che, dopo una prima fase di taratura e verifica abbastanza lunga e delicata, è possibile eseguire in modo rapido ed efficace analisi preliminari sufficientemente attendibili anche per territori vasti.

Tali analisi permettono di identificare le aree che presentano pericolosità per crollo e confrontarle con le condizioni di vulnerabilità presenti ai fini della valutazione del rischio.

Questo procedimento permette di focalizzare gli studi di dettaglio in siti specifici ridu-

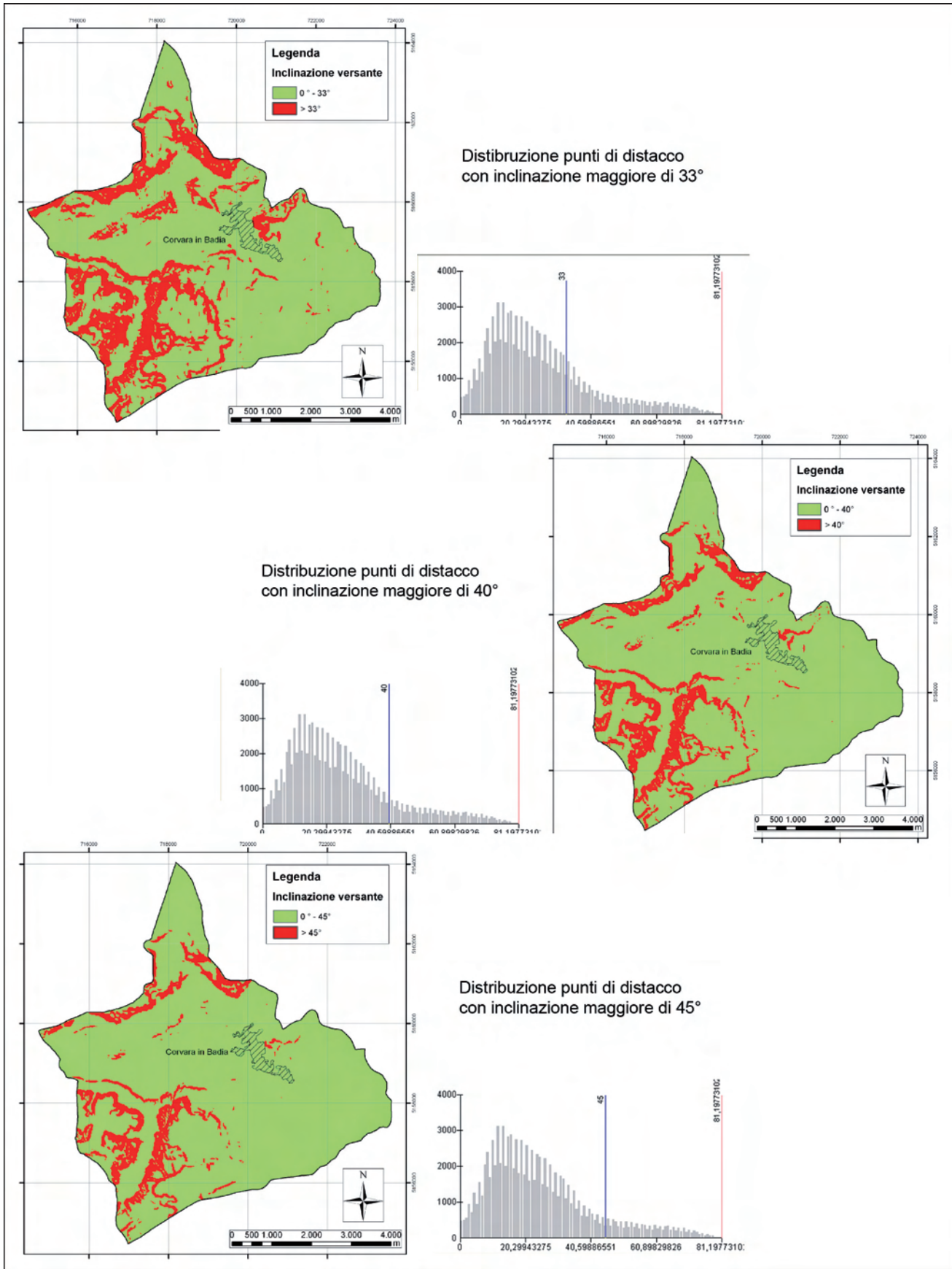


Fig. 4 - Punti di distacco con inclinazione del pendio $> 33^\circ$, $> 40^\circ$, $> 45^\circ$.
 - Starting points with slope $> 33^\circ$, $> 40^\circ$, $> 45^\circ$.

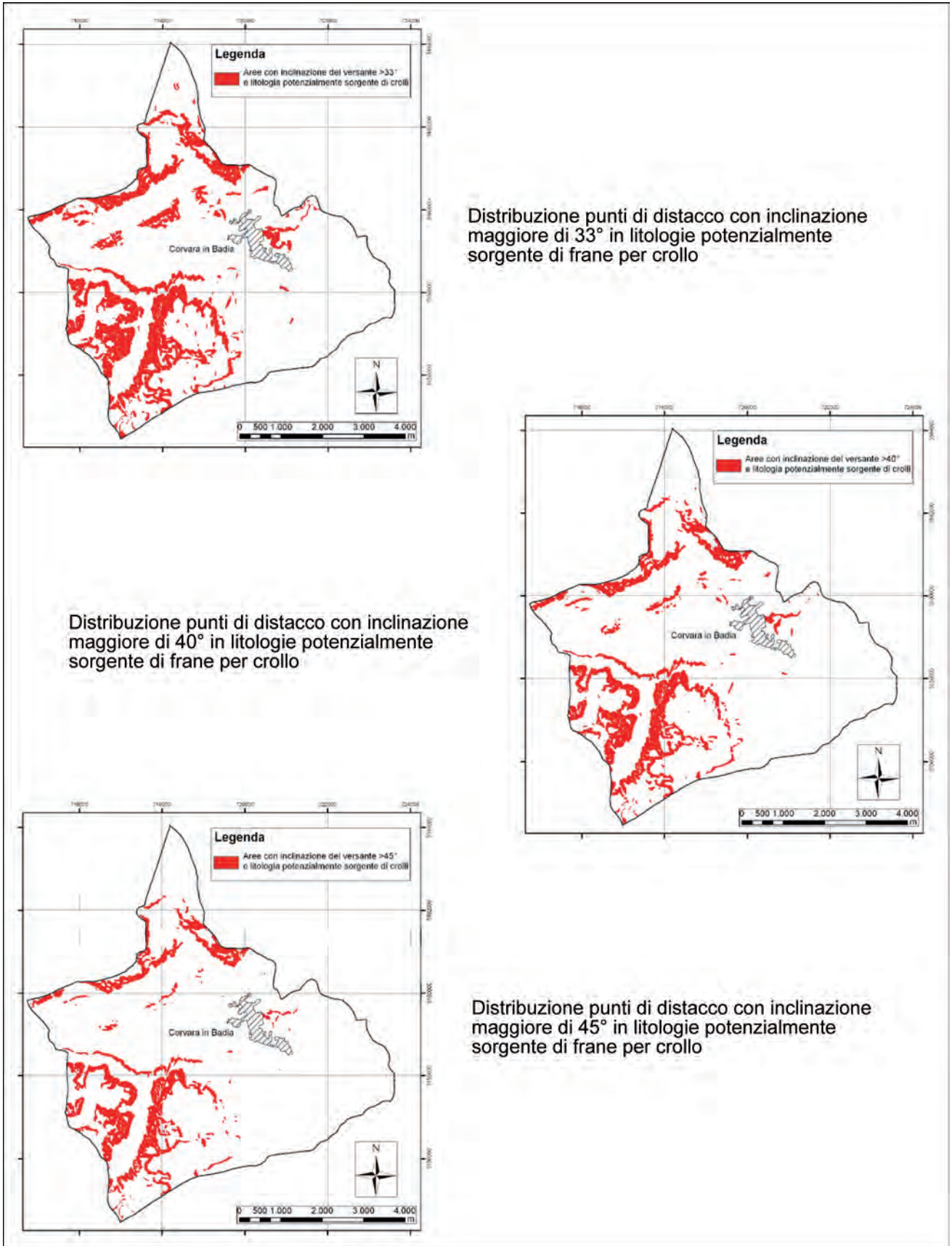


Fig. 5 - Punti di distacco su base litologica e con inclinazione del pendio >33°, >40°, >45°.
 - Starting points selected in function of lithology and with slope >33°, >40°, >45°.

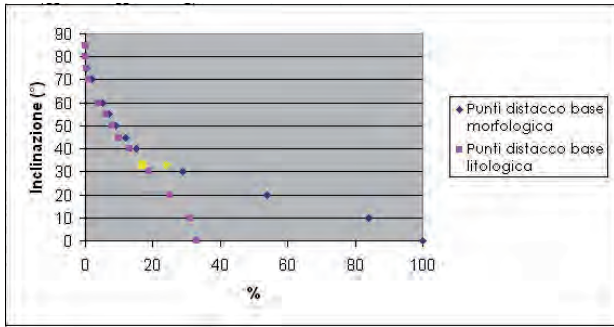


Fig. 6 - Grafico della percentuale dei punti di distacco in rapporto all'inclinazione del versante.
- Ratio between percentage of starting point and slope angle.

ciendo notevolmente i tempi di indagine. Attualmente sono in corso analisi di tipo cinematico volte a verificare la corretta taratura dei parametri traiettografici da utilizzare. Il metodo sperimentato nell'area dolomitica sarà applicato anche ad aree appenniniche per verificarne la riproducibilità.

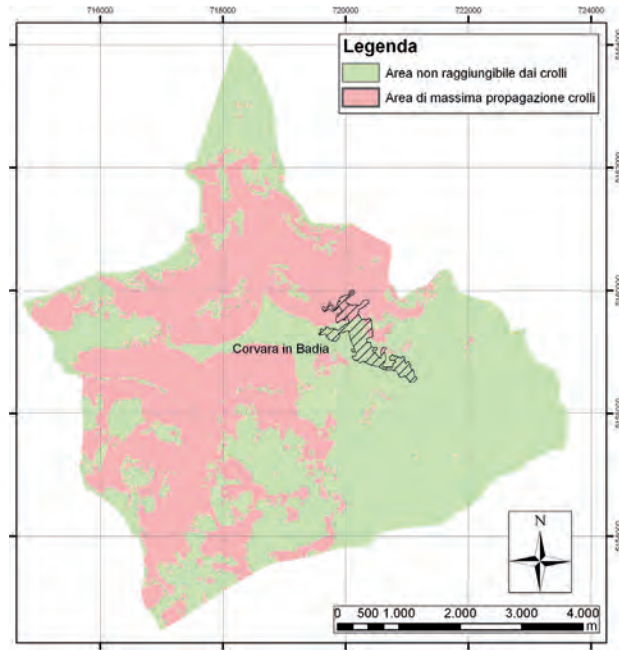


Fig. 8 - Aree di massima propagazione secondo il metodo BUWAL (1998).
- Maximum run-out zones according to the method BUWAL (1998).

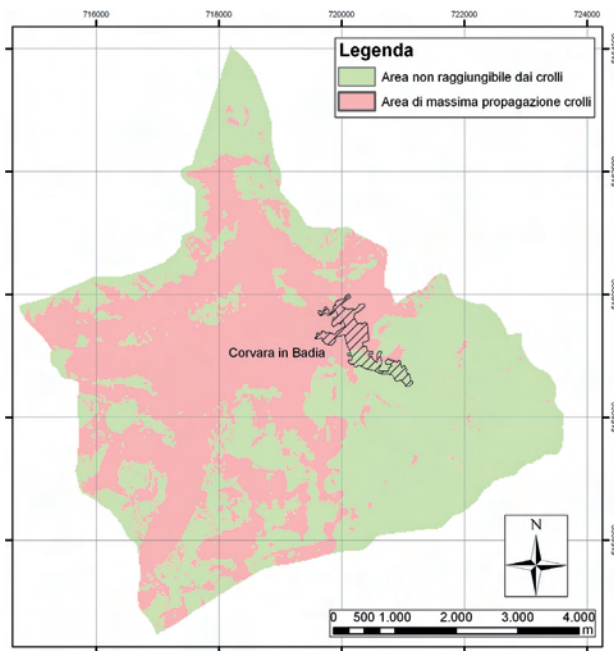


Fig. 7 - Aree di massima propagazione secondo il metodo di ONOFRI & CANADIAN (1979).
- Maximum run-out zones according to the method of ONOFRI & CANADIAN (1979).

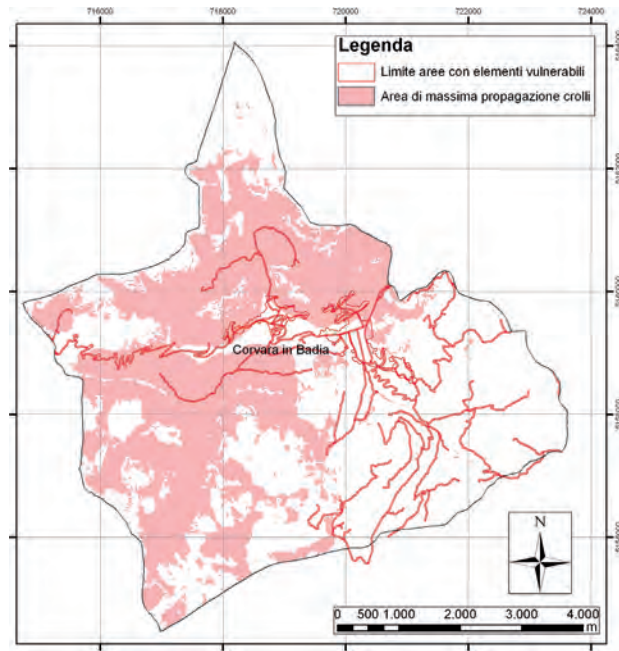


Fig. 9 - Confronto tra aree di massima propagazione dei crolli e aree vulnerabili.
- Comparison between maximum run-out zones and vulnerable areas.

BIBLIOGRAFIA

BUWAL (1998) - *Methoden zur analyse und bewertunvon naturgefahren*. Umwelt-Materialien Nr.85, Naturgefahren. Hrsg.: Bundesamt fur Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), Bern.
JABOYEDOFF M. & LABIOUSE V. (2003) - *Preliminary assesment of rockfall hazard based on GIS data*. ISRM

- *Technology roadmap for rock mechanics*. South African Institute of Mining and Metallurgy, vol. 1: pp. 575-578.
ONOFRI R. & CANDIAN C. (1979) - *Indagine sui limiti di massima invasione dei blocchi rocciosi franati durante il sisma del Friuli del 1976*, pp. 42, Regione Autonoma Friuli-Venezia-Giulia, CLUET.