

**IDENTIFICAZIONE DI POTENZIALI**

# **AREE** **DI DISTACCO** **VALANGHE**

**Risultati preliminari dell'applicazione di una procedura automatica GIS in Valle d'Aosta**

**Margherita Maggioni**

**Michele Freppaz**

Università degli Studi di Torino,  
Di.Va.P.R.A.- Laboratorio  
Neve e Suoli Alpini  
Ufficio Neve e Valanghe,  
Regione Autonoma Valle d'Aosta

**Marco Bergero**

**Lorenzo Bertranda**

Nelle regioni alpine esistono diversi strumenti per la rappresentazione delle zone esposte al pericolo di valanghe. Alla base di tali cartografie vi sono principalmente le informazioni relative agli eventi valanghivi verificatisi in passato. Ogni regione presenta sul proprio territorio alcune zone già note storicamente come valanghive ed altre ritenute sicure. Tuttavia, possono esistere zone dove in passato non sono stati registrati eventi valanghivi, che però presentano caratteristiche predisponenti il distacco di masse nevose.

In questo lavoro si intende identificare le potenziali aree di distacco valanghe nel comprensorio sciistico di Pila, in Valle d'Aosta, mediante l'integrazione delle informazioni sulle valanghe storiche con quelle recuperate durante i sopralluoghi e con i risultati di una procedura automatica GIS per la identificazione di potenziali aree di distacco (PRA). Tale procedura è stata sviluppata presso il SLF di Davos (CH) e si basa sull'analisi delle caratteristiche topografiche del terreno (elaborate a partire dal DEM), quali per es. pendenza ed esposizione, al fine di individuare le zone con le caratteristiche maggiormente predisponenti il distacco di valanghe.

Nell'area di studio, il confronto dei risultati della procedura automatica, ancora in fase di sperimentazione, con i dati storici e con quelli rilevati su campo nella stagione 2005-2006 ha mostrato come essa sia in grado di identificare con buon accordo le zone già note e come abbia identificato anche aree non presenti nel Catasto Regionale Valanghe, dove sono state però rilevate valanghe di piccole-medie dimensioni durante la stagione 2005-2006.

In conclusione, l'utilizzo della procedura automatica GIS identifica le zone potenzialmente propense al distacco di valanghe sulla base delle caratteristiche topografiche del terreno e quindi si rivela uno strumento prezioso di supporto ai professionisti per la definizione di aree di distacco valanghe in regioni prive di dati storici.



## INTRODUZIONE

Nell'ambito della Convenzione della Regione Autonoma Valle d'Aosta, Assessorato Territorio,

Ambiente e Opere Pubbliche con il Laboratorio Neve e Suoli Alpini dell'Università di Torino per la "Consulenza e supervi-

sione scientifica in materia di prevenzione dei rischi pedo-ambientali e valanghivi nel territorio della Valle d'Aosta", in Valle d'Aosta è stato condotto uno studio sulle metodologie utili per l'identificazione di potenziali aree di distacco di valanghe.

Nelle regioni alpine esistono diversi strumenti per la rappresentazione delle zone esposte a pericolo di valanghe, quali le Carte di Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV) ed i Piani delle Zone Esposte alle Valanghe (PZEV).

Per le CLPV, ad esempio, la metodologia standard di realizzazione prevede l'individuazione dei siti valanghivi mediante fotointerpretazione di aerofotogrammi estivi, l'esecuzione di sopralluoghi con raccolta di testimonianze orali ed infine la verifica dei dati di terreno con informazioni storiche (Cordola et al, 2006). La redazione delle PZEV implica diverse attività, quali la raccolta dati (valanghe storiche, sopralluoghi, rilievi topografici, etc.), l'elaborazione dati (fotointerpretazione, analisi nivometeorologiche, etc.), la modellazione del fenomeno ed infine il tracciamento della carta (Barbolini, 2005).

La differenza fondamentale tra le due carte sta nella classificazione, nelle PZEV, del pericolo valanghe in base alle pressioni d'impatto attese, calcolate con modelli di dinamica, mentre nelle CLPV vengono fornite solo indicazioni legate alla estensione dei fenomeni.

Tra gli input fondamentali dei modelli di dinamica vi è il volume iniziale della valanga, determinato sulla base dello spessore di neve al distacco e dell'area di distacco.

Come definire la zona di distacco di una valanga, se non sono disponibili buone informazioni



Fig. 1 - Comprensorio sciistico di Pila (Com. di Gressan, AO).

Fig. 2 - Valanga distaccata artificialmente tramite Gaz-Ex.



relative ad eventi avvenuti in passato?

In letteratura esistono numerosi lavori che riconoscono l'inclinazione del terreno come il fattore determinante per la possibilità di distacco di una massa nevosa su un pendio (McClung e Schaerer, 1993; Schweizer, 2003). Maggioni (2005) combina differenti fattori topografici allo scopo di creare in un GIS una procedura automatica per la definizione di potenziali aree di distacco valanghe (da qui in poi chiamate "PRA", da Potential Release Area).

L'idea sviluppata da Maggioni (2005) viene qui ripresa ed applicata al territorio del comprensorio sciistico di Pila (Comune di Gressan, AO) allo scopo di valutarne l'applicabilità e confrontare i risultati con le valanghe storiche disponibili nel Catasto Regionale Valanghe e le valanghe rilevate durante la stagione invernale 2005-2006.

## AREA DI STUDIO

Il comprensorio sciistico di Pila è ubicato sulla destra orografica della valle principale della Dora, nella zona sovrastante la città di Aosta nel territorio del Comune di Gressan (Fig. 1).

La morfologia del comprensorio è costituita da un'ampia conca che si estende da Ovest verso Est ed ha come estremi la P.te de la Pierre ad Ovest (2653 m s.l.m.) ed, indicativamente, il Col di Chamolè ad Est (2641 m s.l.m.). L'anfiteatro è compreso tra i 1841 m s.l.m. dell'abitato di Pila fino ai 3090 m s.l.m. della P.ta de la Valletta. L'esposizione principale è quella Nord.

La società Pila SpA, gestore del comprensorio sciistico, si è dotata di un piano di sicurezza piste che prevede l'utilizzo del distacco artificiale di valanghe tramite impianti Gaz-Ex. Dodici

Gaz-Ex sono stati posizionati accuratamente nelle zone ritenute propense al distacco di valanghe che possono interessare le piste da sci (Fig. 2).

## MATERIALI E METODI

Le potenziali aree di distacco di valanghe (PRA) nel comprensorio sciistico di Pila sono state individuate tramite analisi di terreno, studio delle Carte Tecniche Regionali al 10.000, analisi dei dati reperibili nel Catasto Regionale Valanghe e applicazione di una procedura automatica di definizione delle PRA che spiegheremo in dettaglio di seguito.

Durante la stagione invernale 2005-2006, si sono inoltre effettuati diversi sopralluoghi per la perimetrazione ed il rilievo fotografico delle valanghe segnalate all'Ufficio Neve e Valanghe dai responsabili della sicurezza piste della Pila SpA. In caso di fenomeni valanghivi in zone accessibili con gli sci, si è provveduto alla loro perimetrazione mediante GPS (Fig. 3), altrimenti, in caso di valanghe avvenute in zone ripide e di difficile accesso, ci si è limitati ad una buona documentazione fotografica.

La procedura automatica di definizione delle PRA è stata applicata al modello digitale del terreno (DEM) della zona di studio, input fondamentale dell'algoritmo sviluppato in un GIS presso l'Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe di Davos.

Tale algoritmo nasce con lo scopo di poter essere uno strumento di supporto ai professionisti per la definizione di aree di distacco valanghe in regioni prive di dati storici.

La Fig. 4 riassume le diverse fasi della procedura (a, b e c), composta da selezioni successive



Fig. 3 - Rilievo GPS.

Fig. 4 - Diagramma di flusso con i passaggi della procedura automatica di definizione delle PRA (da Maggioni, 2005).

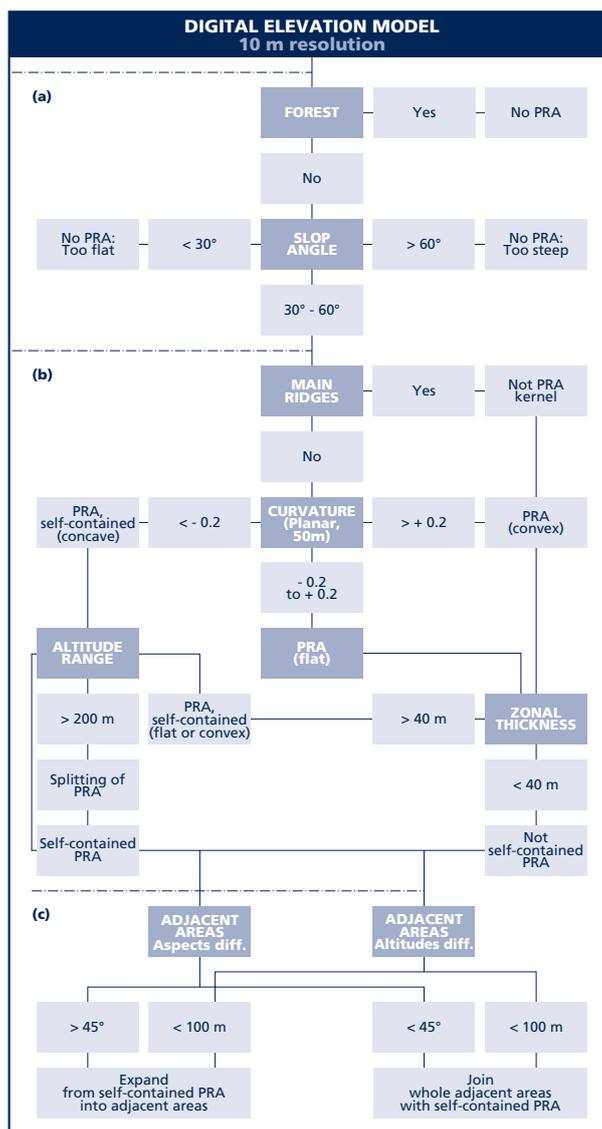


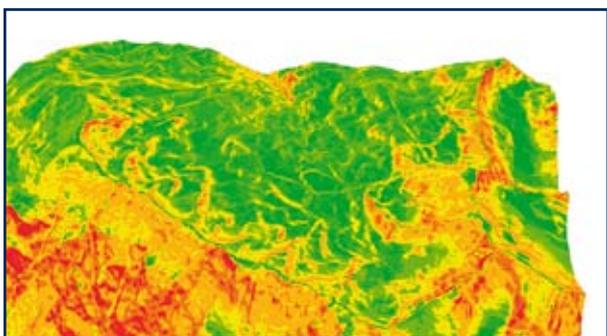
Fig. 5 - Carta delle pendenze per l'area di studio (vista verso Nord - orientazione come le CTR). I colori caldi indicano inclinazioni superiori a 30°, mentre le gradazioni di verde le pendenze inferiori.

operate sul DEM in relazione alle caratteristiche topografiche e di forma del terreno.

**(a) identificazione di potenziali zone di distacco**

Numerosi studi mostrano come una copertura forestale con specifiche caratteristiche sia uno strumento di prevenzione contro il distacco di valanghe (Schneebeli e Bebi, 2004), perciò le zone che presentano copertura forestale vengono escluse da quelle considerate potenzialmente valanghive.

Fig. 6 - Rappresentazione di diversi elementi geomorfologici mediante un DEM (da Fischer et al., 2003).



L'angolo d'inclinazione di un pendio è il principale fattore topografico che influenza il distacco di valanghe; qui, in seguito a ricerca bibliografica (Salm et al., 1990; McClung e Schaerer, 1996; Schweizer et al., 2003), si è deciso di considerare come inclinazioni critiche quelle comprese tra 30 e 60° (Fig. 5).

**(b) suddivisione della macro regione in sottozone di distacco**

In questa fase vengono utilizzati criteri legati alla presenza di creste, alla curvatura del terreno, alla dimensione e quota delle PRA per dividere la macro regione identificata nel punto (a) in sottoaree, che possono essere relate ad eventi distinti.

Le linee di cresta, principali e secondarie, delineano cambiamenti di esposizione e separano differenti bacini collettori, individuando quindi differenti bacini valanghivi. Le creste vengono determinate in modo automatico dall'algorithm, analizzando ogni singola cella del DEM in relazione a quelle vicine (Fig. 6).

Anche la curvatura (plan curvature in GIS), rappresentante la forma del terreno in direzione perpendicolare alla massima pendenza, viene determinata

in modo automatico secondo Zevenbergen e Thorne (1987) ed utilizzata per definire zone concave, convesse o piatte. Sono stati adottati i seguenti criteri:

per le zone concave: plan curvature  $\leq - 0.2$  1/100 m

per le zone piatte:  $- 0.2$  1/100 m  $<$  plan curvature  $< + 0.2$  1/100 m

per le zone convesse: plan curvature  $> + 0.2$  1/100 m

Essendo le celle del DEM ridimensionate a 50 m, solo i cambiamenti a larga scala vengono considerati. La scelta del valore 0.2 1/100 m corrisponde ad un'elevazione di 2.5 m su 50 m (Schmid e Sardemann, 2003), quindi una cella con plan curvature = - 0.2 è considerata una PRA concava.

Per non incorrere nella determinazione di numerose piccole aree di distacco, è stato adottato il valore di 5000 m<sup>2</sup> come dimensione minima per una PRA.

Le PRA così definite vengono separate se il dislivello al loro interno supera i 200 m. Tale valore è stato deciso arbitrariamente e proviene dall'analisi di eventi osservati.

**(c) unione ed espansione delle PRA**

Per questo ultimo passo i criteri utilizzati sono l'esposizione e la quota.

Aree adiacenti vengono accorpate se la differenza di quota è minore di 100 m e l'esposizione principale differisce di meno di 45°.

L'output finale dell'algorithm è un file raster dove ad ogni cella del DEM della zona in esame viene attribuito un codice di identificazione che la definisce come appartenente ad una potenziale area di distacco o no (Fig. 7).

**RISULTATI**

L'applicazione della procedura automatica ha portato alle identificazione di potenziali aree di



distacco che sono state successivamente confrontate coi dati storici e con i rilievi eseguiti sulle valanghe avvenute nella stagione invernale 2005-2006 (Fig. 8). Si vuole precisare che, per il confronto con il Catasto Regionale Valanghe, ci si è avvalsi delle informazioni presenti nella cartografia digitale realizzata nel 2004 dalla Società Informatica Valle d'Aosta (INVA). In tale cartografia viene riportata la perimetrazione del massimo evento storico registrato lungo ogni percorso valanghivo del territorio valdostano.

All'interno del comprensorio sciistico di Pila vengono segnalati storicamente una ventina di percorsi valanghivi, di diversa dimensione. La sovrapposizione tra la cartografia dell'INVA e le PRA mostra un buon accordo generale: il 87 % delle PRA viene identificato all'interno delle aree valanghive note.

Si sono analizzati singoli casi per capire dove la procedura automatica è riuscita a definire le aree correttamente e dove invece i risultati sono poco realistici. E' bene precisare che la bontà dei risultati è stata valutata soggettivamente dagli autori, tramite analisi di carte topografiche e sopralluoghi, e non mediante strumenti statistici oggettivi.

La Fig. 9 mostra il versante a Nord del Point Du Drinc: il Catasto Regionale presenta due valanghe; la procedura automatica ha identificato quattro PRA; nei sopralluoghi dell'inverno 2005-2006 sono state rilevate tre valanghe.

La sovrapposizione dei tre elementi risulta in un ottimo accordo. Si noti come all'interno della valanga più occidentale siano state individuate due distinte PRA che si sovrappongono completamente alle valanghe rilevate in campo. La suddivisione di tale

### OUTPUT DELLA PROCEDURA AUTOMATICA DI DEFINIZIONE DELLE PRA IN UN'AREA ALL'INTERNO DEL COMPRESORIO SCIISTICO DI PILA

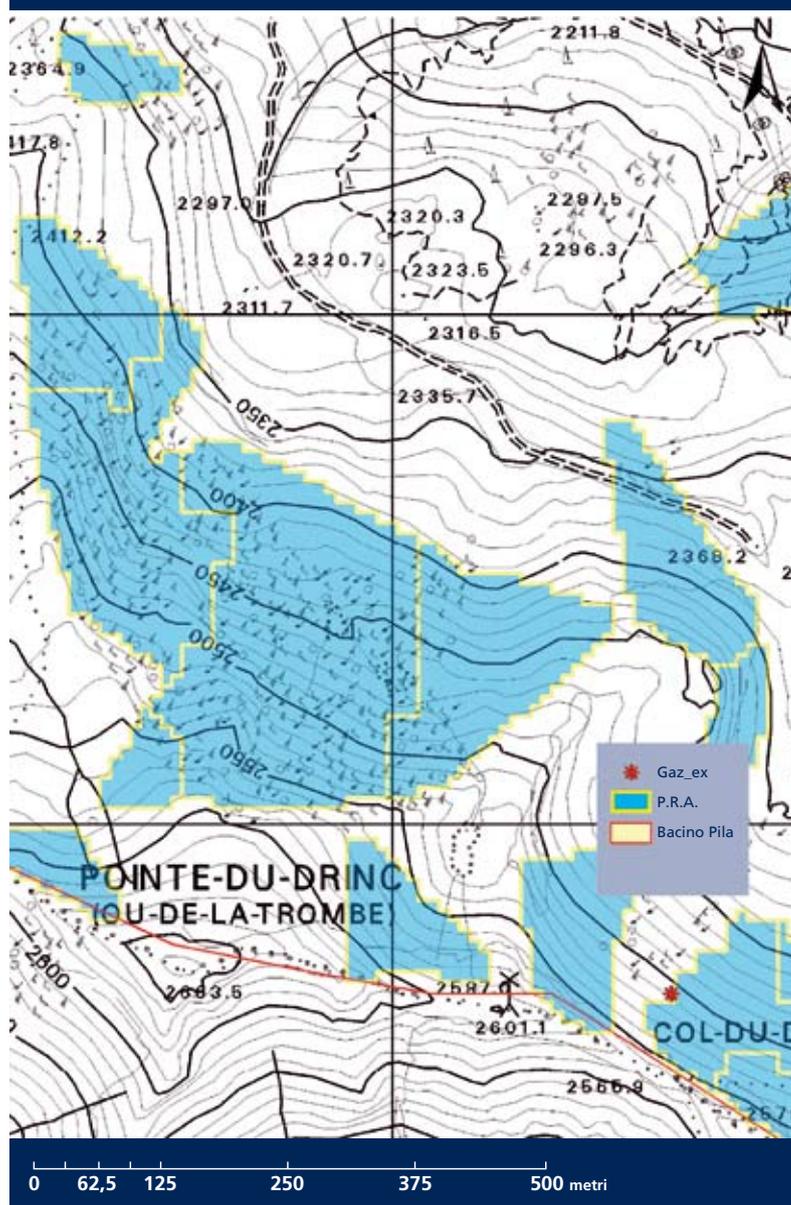


Fig. 7  
(Elemento della CTRN ceduto in data 05.12.2006 n. 1072)



zona in sottoaree permette di individuare le potenziali aree di distacco di valanghe di minore dimensione. Probabilmente, se

le due sottoaree si distaccassero contemporaneamente, si genererebbe una valanga che potrebbe scorrere più a valle (quota 2250

m s.l.m.) come disegnato nel Catasto

In altre situazioni, invece, le PRA definite dalla procedura automatica si sovrappongono ai dati già presenti nel Catasto, ma i loro confini non individuano zone che, dall'analisi delle carte topografiche o dai sopralluoghi, possono essere effettivamente considerate come sottoaree legate a possibili eventi di minore dimensione.

Un altro caso è quello in cui la procedura automatica ha individuato delle PRA in zone al di fuori delle aree valanghivite note e dove sono stati rilevati eventi valanghivi nella stagione 2005-2006. In tal caso, le nuove valanghe (sempre di piccola dimensione) sono state perimetrare, ben documentate ed inserite nel Catasto Regionale Valanghe.

In conclusione, confrontando

### CONFRONTO TRA LE PRA, IL CATASTO REGIONALE VALANGHE E LE VALANGHE DEL 2005 - 2006

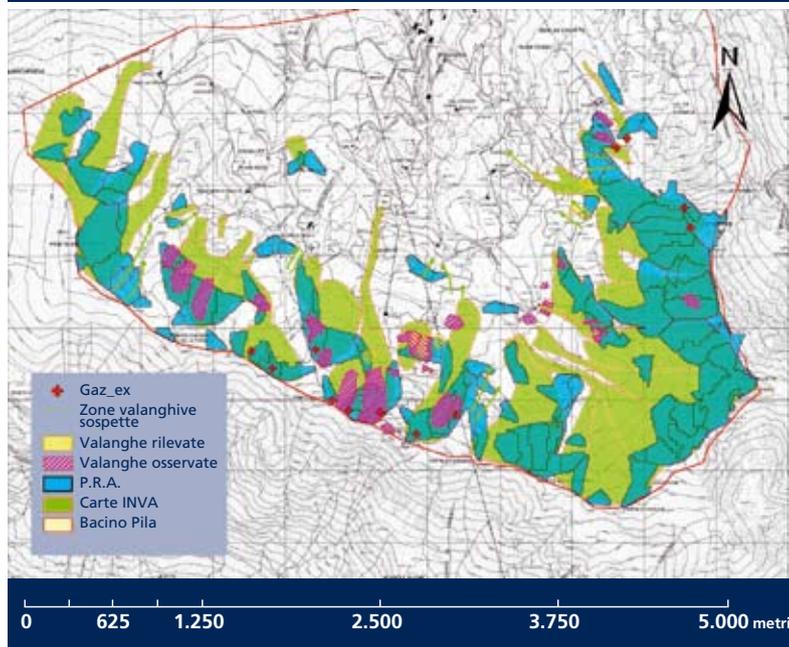
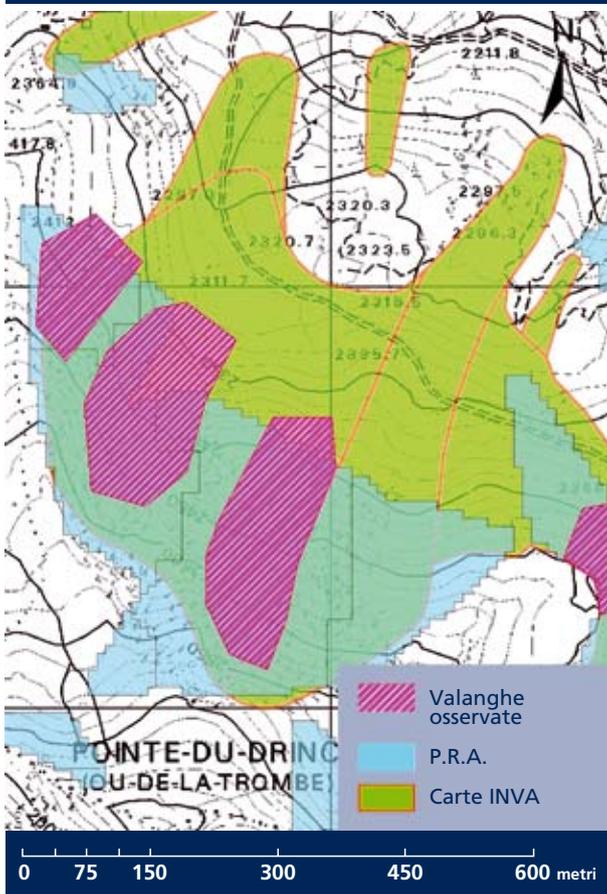


Fig 8  
(Elemento della CTRN ceduto in data 05.12.2006 n. 1072)

Fig. 9  
(Elemento della CTRN ceduto in data 05.12.2006 n. 1072)

### BUON ACCORDO TRA LE PRA, IL CATASTO REGIONALE VALANGHE E LE VALANGHE DEL 2005 - 2006



le PRA con le valanghe registrate nel Catasto Regionale e con le valanghe osservate nel 2005-2006 si possono fare le seguenti considerazioni.

Delle 34 valanghe, di piccole e medie dimensioni, censite nella stagione invernale 2005-2006, 24 eventi (70%) sono già riportati nel Catasto Regionale Valanghe. Delle stesse 24, in 16 casi (67%) la valanga si è staccata in una zona in cui è stata individuata una PRA. Sul totale delle 34 valanghe censite, 23 eventi (70%) si sono verificati all'interno di una PRA. Sui 34 eventi rilevati, il 30% risulta al di fuori delle zone note al Catasto Regionale Valanghe. È interessante notare come un terzo di tali valanghe si stacchino da una zona definita come PRA dalla procedura automatica.

## CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Nell'area di studio considerata, i risultati ottenuti dall'applicazione della procedura automatica di definizione di potenziali aree di distacco di valanghe ha mostrato come essa possa essere di supporto nell'identificazione dei terreni propensi al distacco di valanghe.

E' una procedura sperimentale, che cerca di tradurre in operazioni oggettive e ripetibili tutto il bagaglio di informazioni presenti in letteratura in materia di fattori predisponenti il distacco di valanghe.

L'introduzione di ulteriori caratteristiche del terreno, quali per esempio la copertura vegetazionale e la rugosità, potrebbe migliorare la procedura. Inoltre, la sua applicazione in un numero maggiore di casi studio risulta necessaria per confermare o meno la bontà dei risultati ottenuti nei casi finora studiati. Un buon accordo tra le PRA ed i dati storici in numerose aree di studio



significherebbe che tale procedura può essere di aiuto nella definizione di potenziali aree di distacco in aree prive di informazioni su eventi avvenuti in passato. Resta indubbio il fatto che la gestione del rischio valanghivo, per esempio in un comprensorio sciistico, deve comprendere diverse procedure, che vanno dal riconoscimento dei terreni potenzialmente valanghivi, al monitoraggio delle condizioni nivometeorologiche fino alla gestione attiva del rischio mediante per esempio distacco artificiale e/o chiusura delle piste in caso di pericolo elevato.

## Ringraziamenti

*Questo lavoro è stato realizzato nell'ambito della Convenzione tra la Regione Autonoma Valle d'Aosta - Assessorato Territorio, Ambiente e Opere Pubbliche e l'Università degli Studi di Torino, DIVAPRA - LNSA, per la "Consulenza e supervisione scientifica in materia di prevenzione dei rischi pedo-ambientali e valanghivi nel territorio della Valle d'Aosta".*

*Si ringrazia la Società Pila SpA per il supporto logistico ed in particolare Alex Crudo per la disponibilità e l'entusiasmo mostrato verso questo lavoro.*

*Si ringraziano Urs Gruber e Ross Purves per il prezioso aiuto nella realizzazione della procedura automatica GIS.*

## Bibliografia

- AINEVA e Dipartimento di ingegneria idraulica e ambientale dell'Università di Pavia, 2005. Linee guida metodologiche per la perimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanghe. pp. 177.
- Cordola Marco, Prola Maria Cristina, Bonansea Enrico, Pispico Rocco, Papa Gabriele e Ristagno Claudia, 2005. SIVA: Sistema Informativo Valanghe. Un servizio WEBGIS di ARPA Piemonte a supporto della pianificazione territoriale. Neve e Valanghe 55.
- Fisher, P., Wood, J., & Cheng, T. (2003). Where is Helvellyn? Fuzziness of multi-scale landscape morphometric. Transactions of the Institute of British Geographers 29 (1), 106-128.
- Maggioni Margherita, 2005. Avalanche Release Areas and Their Influence on Uncertainty in Avalanche Hazard Mapping. Tesi di Dottorato presso il dipartimento di Geografia dell'Università di Zurigo e l'Istituto Federale Svizzero per lo Studio della Neve e delle Valanghe di Davos, Svizzera.
- McClung, D. e Schaerer, P., 1993. The Avalanche Handbook. The Mountaineers, Seattle, WA. ISBN 0-89886-364-3. pp. 273.
- Salm, B., Burkard, A. e Gubler, H., 1990. Berechnung von Fließlawinen: eine Anleitung fuer Praktiker mit Beispielen. Mitteilung 47, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung.
- Schmid, U. G. & Sardemann, S., 2003. High-frequency avalanches: release area characteristics and run-out distances. Cold Regions Science and Technology 37, 439-451.
- Schneebeli, M. e Bebi, P., 2004. Hydology: Forest and Snow and Avalanche Control: pp 397 - 402 In: Burley, J., J. Evans and J. A. Youngquist (Eds.) Encyclopedia of Forest Science. Elsevier, London.
- Schweizer, J., Jamieson, B. e Schneebeli, M., 2003. Snow avalanche formation. Reviews of Geophysics 41(4), 1016.
- Zevenbergen, L. W. & Thorne, C. R. (1987). Quantitative analysis of land surface topography. Earth Surface Process and Landforms 12, 47-56.