



Internationales Symposion INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA IN CONOIDE ALLUVIAL FAN HAZARD: EVALUATION AND ZONATION

Dario Fontan¹, Ilaria Stringa¹, Antonio Dematteis¹

RIASSUNTO

Nella pianificazione territoriale delle aree dei fondovalle alpini in cui lo sviluppo urbano e produttivo è fortemente condizionato dalla presenza di conoidi alluvionali la valutazione della pericolosità geologica assume un ruolo molto importante. Il metodo proposto consente di valutare la pericolosità associata ai processi geologici dei conoidi alluvionali attraverso due fasi. Nella prima fase è calcolato un indice di pericolosità del bacino di alimentazione. La seconda fase permette di valutare un indice di pericolosità del conoide tramite la sovrapposizione di diversi parametri significativi legati alla morfologia del conoide, all'energia e alla frequenza dei processi geologici attesi e alla pericolosità del bacino di alimentazione, precedentemente calcolata. Il metodo, applicato su 11 conoidi ricadenti in Piemonte (Alpi occidentali, Italia) nell'ambito di studi a scala comunale per la pianificazione territoriale, ha fornito risultati interessanti e elementi per ulteriori sviluppi.

Parole chiave: Conoidi, Pericolosità, Pianificazione territoriale

ABSTRACT

The territorial planning on alluvial fan areas must be evaluated by avoiding the hazards or reducing potential damages. In this paper the hazard is evaluated with a two-step approach. In the first step the hazard index of the catchment basin is calculated. The second step allows to estimate an hazard index of the alluvial fan through the GIS intersection data concerning the morphology, the entity and the frequency of the geologic processes and the hazard index of the catchment basin, previously calculated.

This new method has been applied in eleven catchment basins and related alluvial fans in Piemonte region (Western Alps, Italy) and interesting results were achieved with application in territorial planning.

Key words: Alluvial Fan, Hazard, Territorial planning

¹ SEAconsulting S.r.l., Via Cernaia 27, 10121 Torino, Italy (Tel.: +39-011-516-29-39; Fax: +39-011-511-91-85; email: fontan@seaconsult.it)

PREMESSA

In ambiente alpino, i processi di erosione e sedimentazione che hanno formato e formano gli apparati conoidali sono prevalentemente associati a piene torrentizie con elevato trasporto solido (*water flooding*) e a fenomeni di trasporto di massa (*debris-flow*). Tali processi possono coinvolgere insediamenti abitativi e infrastrutture o provocare un repentino incremento dell'apporto solido ai corsi d'acqua recettori con conseguenti rischi di inondazione, erosione, ecc. L'energia e la frequenza di tali processi dipendono dalle caratteristiche del sistema "bacino di alimentazione – conoide". Tale sistema è controllato da molteplici fattori tra cui la quantità d'acqua a disposizione (condizioni climatiche), le caratteristiche geologiche e geomorfologiche del bacino di alimentazione e del conoide (pendenza, quantità e tipologia dei sedimenti a disposizione, ecc.).

Di seguito viene proposto un metodo, chiamato AFHE (*Alluvial Fan Hazard Evaluation*), che consente di valutare la pericolosità dei conoidi alluvionali. Il metodo si basa sulla considerazione che i processi geologici che concorrono alla definizione della pericolosità del conoide (es. debris-flow, piene torrentizie) sono gli stessi che lo hanno formato. Riportando su cartografie tematiche G.I.S (sistemi Informativi Geografici) i parametri legati all'energia e alla frequenza dei processi passati (es. granulometria dei depositi superficiali, vegetazione, eventi alluvionali pregressi) e attesi (legati al bacino di alimentazione) e le caratteristiche morfologiche attuali del conoide (es. pendenza, aree rilevate o depresse, interventi antropici), si ottiene una carta della pericolosità estesa a tutto il conoide che definisce la pericolosità in ogni punto. Il metodo proposto quindi si sviluppa in due fasi: nella prima fase è calcolato l'indice di pericolosità totale del bacino di alimentazione (HI_{CB}); nella seconda fase la zonizzazione della pericolosità del conoide (HI_{AF}) è determinata dalla sovrapposizione degli strati informativi, tra i quali uno è costituito dall'indice di pericolosità totale del bacino di alimentazione (HI_{CB}), precedentemente calcolato.

INDICE DI PERICOLOSITÀ TOTALE DEL BACINO DI ALIMENTAZIONE (HI_{CB})

L'indice di pericolosità totale (HI_{CB}) del bacino di alimentazione è il prodotto tra la propensione al dissesto del bacino di alimentazione e l'entità possibile del dissesto, intesa come quantità effettiva di materiale coinvolgibile (magnitudo).

La somma della propensione del versante a produrre e trasferire materiale verso il reticolo idrografico (PI_{SLO}), e della propensione di quest'ultimo a trasferirlo verso l'apparato di conoide (PI_{CHA}) rappresenta la propensione al dissesto del bacino di alimentazione (TPI). Gli indici di propensione al dissesto del versante e del reticolo idrografico sono calcolati in modo che siano compresi tra 0 (propensione al dissesto nulla) e 1 (propensione al dissesto massima). La loro somma, normalizzata al massimo valore teorico (2), rappresenta l'indice di propensione al dissesto (TPI) del bacino di alimentazione. Tale indice è poi moltiplicato per lo spessore medio dei depositi mobilizzabili² presenti nel bacino (definito magnitudo, M_m) normalizzato alla magnitudo massima presunta (M_{max} , arbitrariamente assunta pari a 10 m). L'indice di pericolosità totale del bacino di alimentazione varia tra 0 (pericolosità bassa) e 1 (pericolosità molto elevata), ed è calcolato con la seguente formula:

$$HI_{CB} = [(PI_{SLO} + PI_{CHA})/2] \cdot M_m/M_{max}$$

Gli indici PI_{SLO} e PI_{CHA} descrivono i processi fisici, vegetazionali, geomorfologici e geoidrologici che concorrono all'erosione del versante, intesa sia come erosione (concentrata e diffusa) sia come "frane superficiali". Tali processi sono stati descritti attraverso due modelli

² La magnitudo (M_m) comprende eventuali depositi di origine antropica.

geologico–geomorfologici molto semplici. Tali modelli si basano sull'assunto che, durante un evento pluviometrico, la ripartizione tra ruscellamento e infiltrazione è regolata da cinque fattori: la geomorfologia (pendenza del versante e del reticolo idrografico), la geologia superficiale (litologia), lo stato della superficie del suolo (pedologia, copertura vegetale, umidità), la presenza della falda superficiale e la regimazione delle acque e la sistemazione dei suoli (pratiche agricole, drenaggi, derivazioni, urbanizzazione, pratiche agricole ecc.). Tale ripartizione influisce pesantemente sulla propensione al dissesto del bacino di alimentazione, in quanto il ruscellamento (*runoff*) condiziona le portate liquide e solide e l'infiltrazione determina l'instabilità dei pendii (frane).

Nel **modello geologico–geomorfologico del versante**, la stabilità del pendio dipende dalla pendenza, dalle caratteristiche geotecniche dei terreni e dalla tipologia e sviluppo della copertura vegetale. Le caratteristiche geotecniche (angolo di attrito, coesione, ecc.) sono descritte dalla granulometria e dalla struttura dei depositi. La tipologia e lo sviluppo della copertura vegetale sono strettamente connessi alle condizioni climatiche (pioggia) e al tipo di deposito. Non viene considerato il ruolo del suolo. Il modello ipotizza che le proprietà litotecniche dei depositi di versante e il grado di infiltrazione dipendano dalla tipologia e dal grado di ricoprimento della vegetazione (Tucker & Bras, 1999) e dalla presenza di frane (sia superficiali che profonde).

Il **modello geologico–geomorfologico del reticolo idrografico** considera che i processi che permettono al materiale mobilizzato di raggiungere il conoide siano principalmente due: il trasporto solido (sospensione, rotolamento e saltamento) e le lave torrentizie (*debris-flow*). Tali processi dipendono essenzialmente dalla pendenza dell'asta, dalla tipologia del materiale presente, dalla presenza di opere trasversali (fattori antropici) e dalla pioggia di evento.

I modelli analizzati possono essere descritti da sistemi nei quali i parametri considerati interagiscono in maniera globale. PI_{SLO} e PI_{CHA} sono quindi calcolati con l'utilizzo della Teoria dei Sistemi, attraverso l'interazione di otto *parametri* ritenuti fondamentali (Tab. 1) che rappresentano i sistemi analizzati (modelli versante e reticolo idrografico).

Tab. 1: elenco dei parametri fondamentali utilizzati per il calcolo di PI_{SLO} e/o di PI_{CHA} .

Tab.1: fundamental parameter utilised in the PI_{SLO} and/or of PI_{CHA} calculation.

Sigla	Descrizione	Description	PI
RE	Erodibilità del substrato roccioso = $f(\text{geologia})$	Rock erodibility = $f(\text{geology})$	PI_{SLO}
SE	Erodibilità dei depositi sciolti = $f(\text{granulometria})$	Soil erodibility = $f(\text{grain-size})$	PI_{SLO}
SLO	Pendenza media	Medium slope	PI_{SLO} e PI_{CHA}
CLI	Clima = $f(\text{intensità di pioggia})$	Climate = $f(\text{rainfall intensity})$	PI_{SLO} e PI_{CHA}
GEOT	Proprietà geotecniche dei depositi sciolti= $f(\text{phi, granulometria, frane})$	Geotechnic proprieties of soil = $f(\text{phi, grain-size, landslides})$	PI_{SLO} e PI_{CHA}
I	Infiltrazione = $f(\text{granulometria, frane})$	Infiltration = $f(\text{grain size, landslides})$	PI_{SLO}
V	Vegetazione = $f(\text{tipo e densità})$	Vegetation = $f(\text{type and density})$	PI_{SLO}
HF	Fattori antropici= $f(\text{briglie, sistemazioni di frane, ecc..})$	Human factor = $f(\text{barrier, landslides mitigation, etc.})$	PI_{CHA}

Nel sistema versante la copertura vegetale riduce l'erodibilità del suolo e migliora l'infiltrazione per mezzo degli apparati fogliari (funzione della densità e tipologia delle piante), e riduce la propensione al dissesto in quanto gli apparati radicali aumentano la coesione apparente. Nel sistema reticolo idrografico la pendenza dell'asta influenza la presenza di opere trasversali, che saranno più numerose tanto maggiore è la pendenza; a loro

volta le opere trasversali riducono la pendenza dell'asta e influenzano la granulometria dei sedimenti in alveo trattenendo il materiale fine (crf. Fig. 1).

La complessità delle interazioni tra i parametri, non completamente rappresentabile con semplici metodi numerici, è stata analizzata utilizzando il “Fully-Coupled Model” (FCM) elaborato da Jiao e Hudson (1995): questo metodo a partire dalle relazioni dirette di causa - effetto coinvolgenti ciascuna coppia di parametri fondamentali, risale alle interazioni globali. Le molteplici interazioni tra tutti i parametri considerati sono inserite in una matrice d'interazione binaria (BIM) in cui l'interazione tra le coppie di parametri viene definita attraverso valutazioni empiriche semi-quantitative (Jiao e Hudson, 1995). In Fig. 1 è riportata la BIM relativa con tutte le interazioni binarie considerate tra i vari parametri del modello relativo al reticolo idrografico.

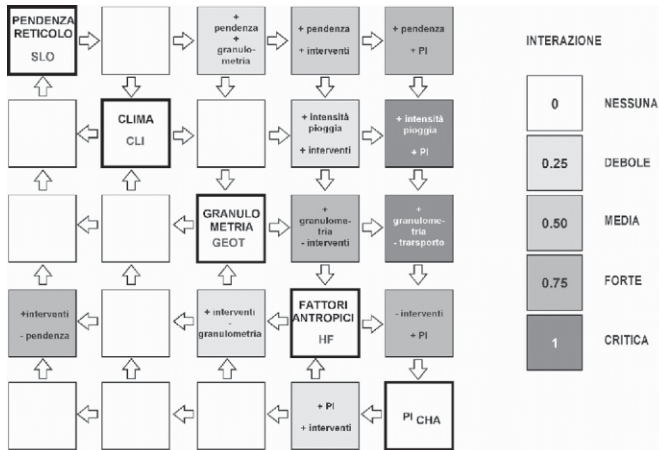


Fig. 1: matrice di interazione binaria (BIM) del reticolo idrografico, con l'indicazione dei valori assegnati al grado di interferenza; la stessa BIM è riportata in forma numerica nella Fig. 2.

Fig. 1: binary interaction matrix (BIM) for the hydrographic network, with the interaction values between parameters; the same BIM in represented in numerical form in the Fig.2.

Applicando un procedimento matematico (recursione lineare con la formula canonica di Jordan) dalle matrici di interazione binaria (BIM) si ottengono le matrici di interazione globale (GIM, Fig. 2) che permettono di valutare i pesi che ogni parametro esercita sulla pensione al dissesto (Fig. 3).

Binary Interaction Matrix (BIM)					Global Interaction Matrix (GIM)				
0,00	0,00	-0,25	-0,50	0,75	0,74	0,00	-0,10	-0,35	0,20
0,00	0,00	0,00	-0,25	1,00	-0,30	1,00	0,17	-0,40	0,65
0,00	0,00	0,00	-0,75	1,00	-0,59	0,00	1,35	-0,79	0,31
0,75	0,00	-0,25	0,00	0,75	0,59	0,00	-0,35	0,79	0,69
0,00	0,00	0,00	-0,25	0,00	-0,15	0,00	0,09	-0,20	0,83

Fig. 2: valori numerici della BIM (a sinistra) e della GIM (a destra) relative al reticolo idrografico.

Fig. 2: numeric values of the BIM (left) and GIM (right) for the channel.

I risultati, espressi in percentuale, sono riportati nei diagrammi a barre di Fig. 3.

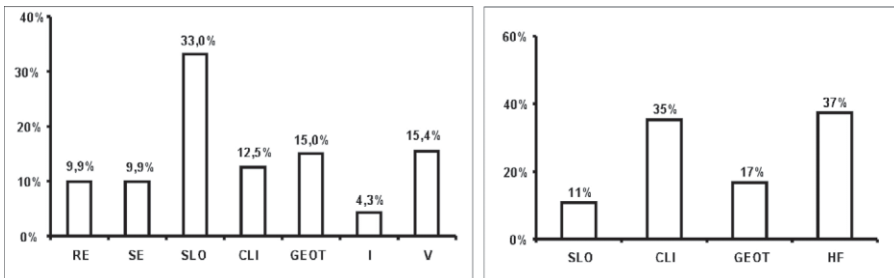


Fig. 3: diagrammi a barre indicanti i pesi percentuali di ogni parametro derivati dalle GIM e relative al versante (sinistra) e al reticolo idrografico (destra).

Fig. 3: bar diagrams showing the weight percent of the considered parameters respect to the propension index relative to the slope (left) and to the channel (right).

I pesi percentuali così calcolati rappresentano l'influenza globale dei parametri considerati e sono validi per qualsiasi bacino. L'indice di pericolosità è determinato in base a *variabili* (V_n) che quantificano i parametri considerati in ogni bacino. Gli indici di propensione al dissesto PI_{SLO} e PI_{CHA} corrispondono alla sommatoria del prodotto tra il peso di ogni parametro e il valore delle rispettive variabili (Tab. 2).

Tab. 2: esplicitazione delle formule utilizzate per il calcolo di PI_{SLO} e PI_{CHA} .

Tab. 2: PI_{SLO} e PI_{CHA} calculation formulas.

$$PI_{SLO} = RE \times V_{RE} + SE \times V_{SE} + SLO \times V_{SLO} + CLI \times V_{CLI} + GEOT \times V_{GEOT} + I \times V_I + V \times V_V$$

$$PI_{CHA} = SLO \times V_{SLO} + CLI \times V_{CLI} + GEOT \times V_{GEOT} + HF \times V_{HF}$$

Calcolo delle variabili

Il calcolo delle variabili viene effettuato con strumenti GIS suddividendo i bacini di alimentazione, per i diversi parametri considerati, in "oggetti geografici" omogenei, sia areali (versante) che lineari (reticolo idrografico). Ad ogni "oggetto geografico" viene associato un coefficiente con valore compreso tra 0 e 1, funzione della differente propensione al dissesto.

La variabile corrisponde alla sommatoria, normalizzata all'area totale del bacino o alla lunghezza totale del reticolo idrografico, dei prodotti tra la superficie o lunghezza degli "oggetti" e i rispettivi coefficienti.

In questo lavoro, gli "oggetti geografici" omogenei sono stati individuati sulla base delle cartografie tematiche prodotte nell'ambito degli studi geologici per i Piani Regolatori Comunali (in Piemonte ai sensi della L.R. 56/1977 e ss.mm e della Circ. P.G.R. 7/LAP 1996 e s.m.).

Di seguito vengono riportati i criteri utilizzati per l'attribuzione del coefficiente funzione della propensione al dissesto:

Pendenza (SLO): corrisponde alla tangente della pendenza media del versante e del reticolo idrografico.

Erodibilità dei depositi sciolti (SE), parametri geotecnici (GEOT) e infiltrazione (I): tali coefficienti sono funzione della granulometria dei depositi e sono valutati attraverso coefficienti empirici ripresi da Marie (1984), D'Agostino (1996) e Brochot (1997) (Tab. 3). Nel caso del reticolo idrografico i coefficienti (C_i) sono applicati solo nel caso in cui il corso d'acqua incide i propri sedimenti; negli altri casi si assume che i sedimenti incisi siano in disequilibrio con il corso d'acqua e quindi si assegna loro il valore massimo (1).

Tab. 3: coefficienti assegnati ad ogni litologia che descrivono l'erosibilità (Ce: depositi di versante; Cl: depositi lungo il reticolo), i parametri geotecnici (Cp) e l'infiltrazione (Ci).

Tab. 3: lithology coefficients indicating the erodibility (Ce: slope deposits; Cl: channel deposits), geotechnical properties (Cp) and the infiltration (Ci).

Litologia	Coefficienti			
	C _e	C _l	C _p	C _i
Detriti a grossi blocchi, tipo grain-supported (diametro medio > m). Es. detriti di falda, rock-glaciers, campi di detrito, ecc.)	0,2	0,2	0,1	1
Detriti (diametro medio compreso tra 1 m e 1 dm) tipo grain-supported (es. detrito di falda, campi di detrito)	0,4	0,5	0,2	0,9
Detriti fini tipo grain-supported (depositi misti, glaciali, fluvio-glaciali, alluvioni, colluvium ecc.)	0,8	0,8	0,3	0,5
Terre, detriti fini, detriti di tipo matrix-supported (es. depositi glaciali, fluvio-glaciali, alluvioni, colluvium, detriti fini, sabbie, limi ecc.)	1	1	0,9	0,2

Erodibilità del substrato roccioso (RE): i diversi litotipi costituenti il substrato roccioso sono stati suddivisi in quattro gruppi in base alle caratteristiche di alterabilità e del grado di fratturazione e sono stati caratterizzati da coefficienti empirici (Ce) derivanti dai lavori di Marie (1984), D'Agostino (1996) e Brochot (1997) (Tab. 4)

Tab. 4: coefficienti di erosione del substrato roccioso.

Tab. 4: rock erosion coefficients.

Gruppi	Litologie	Coeff. erod. (C _e)
formazioni rocciose coerenti		
a	graniti, rocce vulcaniche, prasiniti	0,1
b	molasse, calcari massicci, arenarie	0,2
c	gneiss, micascisti compatti, peridotiti, serpentiniti	0,8
formazioni rocciose fratturate		
d	Dolomie, quarziti, breccie e conglomerati, arenarie, carniole, calcari marnosi, serpentiniti	1
e	calcescisti, scisti, micascisti	0,8
formazioni rocciose poco coerenti		
f	marne, scisti, scisti+arenarie, scisti argillosi, flysch	0,6
formazioni solubili e incoerenti		
g	gessi, anidriti, serie oligo-mioceniche del bacino piemontese	1

Vegetazione (V): l'influenza della copertura vegetale sulle proprietà litotecniche dei depositi di versante è rappresentata da due coefficienti (Tab. 5) che considerano l'aumento della coesione apparente determinato dagli apparati radicali (CV_i), in funzione della tipologia e del grado di ricoprimento (densità) della copertura vegetale (CV_d).

Fattori antropici (HF): il valore della variabile relativa ai fattori antropici lungo le aste corrisponde alla sommatoria di tutti i tratti di pendenza inferiore a 10° presenti a monte delle briglie, normalizzato alla lunghezza totale del reticolo idrografico. Per quanto riguarda il versante, le varie tipologie dei fattori antropici che influenzano l'indice di propensione al dissesto (drenaggi, sistemazioni di frane, ingegneria naturalistica, piantumazioni, ecc.) sono considerate nelle rispettive variabili, applicando a tali aree un coefficiente pari a zero. Le frane sono considerate nella variabile infiltrazione (I) assegnando coefficienti 1 alle frane

quiescenti e attive che coinvolgono terre e detriti e 0.7 alle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante (DGPV). Non sono considerate le frane per crollo.

Tab. 5: tipologia e valore dei coefficienti CVt e CVd.

Tab. 5: type and values of CVt e CVd coefficient.

Tipologia	Coefficienti CVt
Aree rocciose/aree antropizzate	0
Bosco	0.2
Arbusteto	0.75
Prato	0.9
Suolo affiorante	1

Densità	Coefficienti CVd
Alta	0.2
Media	0.75
Bassa	1

Variabile relativa al *clima (CLI)*: le lave torrentizie e le frane si verificano in occasione di eventi pluviometrici intensi (Govi et al., 1985), ma le condizioni pluviometriche d'innescio variano in funzione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, vegetazionali, ecc. di ogni bacino e in genere sono funzione delle durate e delle intensità medie. Dato che la maggiore difficoltà che si incontra nella determinazione delle soglie pluviometriche è la mancanza di pluviometri nelle zone d'interesse e dato che, nella maggior parte dei bacini (Bianco e Ruberto, 2000), le registrazioni storiche non sono significative per caratterizzare gli eventi concomitanti alle lave torrentizie, la teoria dei sistemi semplifica il problema in quanto si assume che i coefficiente varino tra 0 (assenza di pioggia) e 1 (evento massimo).

I risultati ottenuti applicando la metodologia ai bacini studiati sono riportati nella Tab. 6. Essi si riferiscono a condizioni di piogge estreme (il valore CLI nella BIM assume valore critico e la variabile pluviometrica di ogni bacino è sempre 1).

Tab. 6: Risultati del metodo per i bacino studiati. PI: indice di propensione al dissesto del bacino versante (slo) e del reticolo idrografico (cha). TPI: indice di propensione al dissesto totale del bacino di alimentazione; M_m : magnitudo coincidente con lo spessore medio (metri) dei materiali mobilizzabili presenti nel bacino e lungo il reticolo idrografico; HI_{cb} : indice di pericolosità totale del bacino di alimentazione.

Tab. 6: Results for catchment basin studied. PI: propension index relative to the slope (slo) and to the channels (cha); TPI: total propension index of catchment basin; M_m : magnitude (mean depth of the material in the catchment basin; HI_{cb} : hazard index of the catchment basin.

Bacini	PI_{SLO}	PI_{CHA}	TPI	M_m	HI_{CB}
Scaglione	0,53	0,87	0,70	0,88	0,06
Corrente	0,45	0,90	0,67	1,22	0,08
Pissaglio	0,45	0,89	0,67	7,51	0,50
Moletta	0,48	0,85	0,67	1,33	0,09
Grilli	0,41	0,89	0,65	1,01	0,07
Grancomba	0,54	0,90	0,72	2,89	0,21
Giandula	0,43	0,89	0,66	1,55	0,10
Gerardo	0,53	0,88	0,70	5,24	0,37
Gelassa	0,49	0,90	0,70	0,82	0,06
Rocciamelone	0,46	0,84	0,65	1,84	0,12
Mignana	0,49	0,82	0,65	1,00	0,07

Modulando i coefficienti associati ai parametri, il metodo consente di calcolare PI_{SLO} e PI_{CHA} e successivamente HI_{AF} , ipotizzando cambiamenti pluviometrici, vegetazionali (es. aree percorse da incendi, cambi climatici) e geomorfologici (Fontan e Stringa, 2003).

In particolare i rapporti tra PI_{SLO} e PI_{CHA} , calcolati rispettivamente con coefficienti pluviometrici pari a 1 e 0, rappresentano indici di disequilibrio (DI_1 e DI_0) che indicano il disequilibrio tra la propensione del versante a produrre materiale e quella del reticolo a rimuoverlo (Fig. 4).

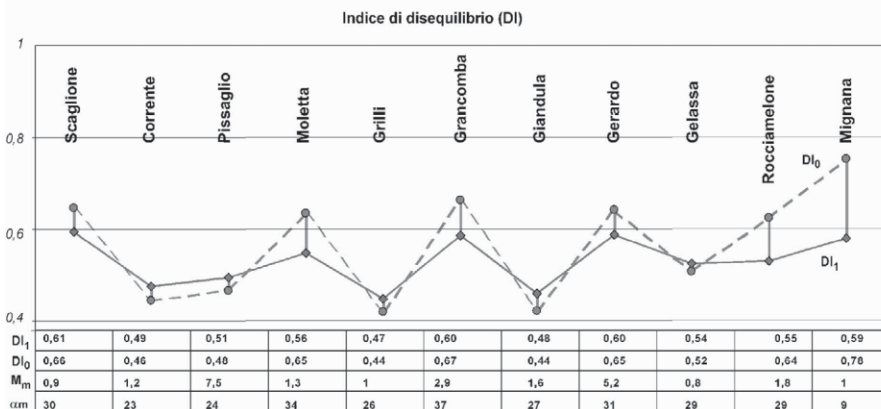


Fig. 4: Indici di Disequilibrio calcolati sia in assenza di piogge (situazione normale DI_0) sia assumendo una pioggia con intensità massima (evento, DI_1). Sono inoltre indicati per comparazione i valori della magnitudo (M_m) e della pendenza media dei bacini di alimentazione (α_m).

Fig. 4: Disequilibrium Index calculated with (DI_1) and without (DI_0) intense rain-fall. Magnitude (M_m) and the catchment medium slope (α_m) are also reported.

Valori inferiori all'unità indicano che la propensione all'erosione è maggiore di quella al deposito (i bacini di alimentazione sono tendenzialmente in erosione); valori intorno ad 1 indicano una sostanziale parità delle due propensioni; valori superiori all'unità indicano bacino tendenzialmente in deposito. Inoltre differenze poco elevate tra i due indici indicano che la tendenza dei bacini a produrre materiale e la tendenza del reticolo idrografico a rimuoverli è poco dipendente dalle piogge, ossia il bacino si "ripulisce" con eventi piovosi anche non eccezionali. Viceversa, il materiale è generalmente mobilizzato durante eventi eccezionali. È interessante notare che i bacini di alimentazione con differenze maggiori sono quelli che hanno inciso maggiormente il substrato (Rocciamelone, Moletta, Mignana).

Le correlazioni dei risultati ottenuti con altri indici (es. Melton, 1965) e con i valori di magnitudo forniti da altri metodi speditivi (es. Tropeano e Turconi, 1999; Takei, 1984; Rickenmamm, 1997; Hampel, 1977; Van Dine, 1985; Bianco e Franzi, 2000; Bottino e Crivellari, 1998) non sono ottime in quanto, a differenza del metodo AFHE, tali metodi dipendono dall'area del bacino.

ZONIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL CONOIDE (HI_{AF})

Analogamente a quanto previsto nelle metodologie di Aulitzky (1982) e di Ceriani et al. (1998), l'attività del conoide è valutata attraverso la sovrapposizione di n strati informativi (SI) relativi a diversi parametri significativi. Attraverso un *software* GIS, il conoide è suddiviso in aree omogenee (*grid* con celle di lato pari a 5 m) rispetto all'energia ed alla frequenza dei processi geomorfologici osservati, potenziali e storici, a cui sono assegnati valori compresi tra 0 (influenza sulla pericolosità bassa) e 1 (elevata). Sono considerati gli

strati informativi relativi alla pericolosità del bacino di alimentazione che viene associata a tutta la superficie del conoide, alle caratteristiche geomorfologiche (presenza di canali di scarico, di aree rilevate o depresse, di lobi o accumuli di colate detritiche pregresse), alla frequenza degli eventi pregressi (serie storiche, danni), alla tipologia del suolo e della copertura vegetale, all'energia dei processi (pendenza, granulometria) e all'attività, intesa come sintesi soggettiva delle precedenti informazioni.

La formula di calcolo, applicata ad ogni cella, è la seguente:

$$HI_{AF} = (SI_1 + SI_2 + SI_3 + \dots + SI_n)/n$$

Tab. 7: valori dei pesi assegnati ai tematismi utilizzati.

Tab.7: values of weight assigned of each layer.

Sigla	Valore		
	0	0.5	1
1 HI_{CB}	Vedi Tab. 6		
2 Canali di deflusso	assenza	Presenti ma non riattivabili	attivi e riattivabili
3 Aree rilevate o depresse	lievi dossi, aree rialzate	Inviluppo della superficie media	aree depresse
4 Analisi storica	no eventi	aree allagate (solo evento 2000, valore 0.8)	aree allagate ed alluvionate
5 Colate detritiche pregresse	assenza	-	es. lobi di accumulo, arginature, solchi d'erosione
6 Copertura vegetale	-	prativi, campi coltivati, aree urbanizzate	vegetazione ripariale
7 Pendenza media	<4°	4°-11°	>11°
8 Granulometria	ghiaie e ciottoli prevalenti	ghiaie e ciottoli con piccoli massi (<10mc)	presenza di grandi massi (> 10 mc)
9 Criticità di deflusso	aree non allagabili	-	aree potenzialmente allagabili
10 Attività	porzioni di conoide non attive	-	porzioni di conoide attive

Quando i canali di deflusso sono difficilmente individuabili e la superficie del conoide appare ondulata, la presenza di aree rilevate o depresse assume un ruolo importante, soprattutto per quanto riguarda il deflusso della portata liquida. Rispetto all'inviluppo della superficie media, a cui è assegnato valore 0,5, alle aree rilevate, corrispondenti a lievi dossi ecc. e alle aree depresse (resti di canali ecc.) è assegnato rispettivamente un valore di 0 e 1.

Dall'analisi storica degli eventi alluvionali derivano vari strati informativi in relazione ai dati disponibili; nel caso specifico sono state considerate le cartografie degli effetti associati agli eventi alluvionali del 1957, 1972, 1973, 1977 e 2000 e i dati storici (puntuali), resi disponibili dal Settore Studi e Ricerche Geologiche - Sistema Informativo Prevenzione Rischi - dell'ARPA Piemonte o desunte dalla bibliografia (Tropeano et al., 1999).

Le aree corrispondenti a chiari indizi di colate detritiche pregresse, come per esempio lobi di accumulo, arginature, solchi di erosione ecc., possono essere sia individuate sul terreno sia desunte da indicazioni bibliografiche. Ove non fossero disponibili informazioni relative a serie storiche, la tipologia della copertura vegetale può fornire indicazioni circa la frequenza degli eventi alluvionali.

Le criticità di deflusso, individuate mediante verifiche idrauliche con tempo di ritorno duecentennale, permettono di tenere conto della funzionalità idraulica delle opere di

sistemazione, di individuare sezioni idrauliche non verificate e perimetrare, anche utilizzando il criterio geomorfologico, le aree soggette al passaggio di acqua/materiale. Il campo dell'inclinazione del pendio entro cui può innescarsi, propagarsi ed arrestarsi una colata è tratta da PWRI (1984).

La sintesi di tutte le informazioni disponibili, ulteriori considerazioni riguardanti la valutazione della magnitudo con altre metodologie e in base a valutazioni soggettive legate a fattori i cui effetti non sono facilmente cartografabili (es. presenza di canali apicali molto incisi, tratti di aste in roccia, presenza di vasche di sedimentazione ecc.) consentono di individuare e delimitare porzioni di conoide a differente attività.

Un esempio dei risultati ottenuti è riportato in Fig. 5.

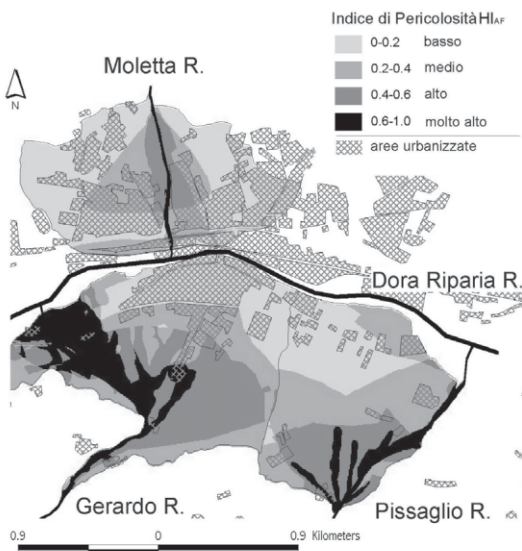


Fig. 5: esempio della zonizzazione dell'indice di pericolosità dei conoidi alluvionali ottenuto con la metodologia AFHE.

Fig. 5: alluvial fan hazard index zonation example derived from the AFHE method.

CONCLUSIONI

Il metodo AFHE consente di valutare la pericolosità del conoide in base alle caratteristiche geomorfologiche, sedimentologiche, alla frequenza ed energia dei processi agenti in conoide tenendo conto di una prima valutazione della pericolosità del bacino di alimentazione rispetto a fenomeni erosivi (trasporto solido intenso e lave torrentizie). Nonostante il limitato numero di casi analizzati, rappresentativi di un'area piuttosto ristretta, i risultati ottenuti sono incoraggianti: la metodologia permette, infatti, di valutare un indice di pericolosità utilizzando strumenti GIS, di raffrontare bacini di ambienti diversi dato che il metodo è indipendente dall'area del bacino, e di simulare la variazione della pericolosità ai cambiamenti vegetazionali, climatici, ecc. Quanto descritto rappresenta la prima applicazione di una nuova

metodologia che può essere implementata considerando più parametri e dettagliando con più accuratezza le variabili e i rispettivi coefficienti. L'applicazione del metodo ad ogni singola cella consentirebbe di determinare le soglie d'innescò e le magnitudo in maniera dinamica, modulando le precipitazioni. Tali implementazioni costituiscono la naturale evoluzione del metodo che, in virtù della sua semplicità di acquisizione dati, può permettere il monitoraggio in tempo reale di vaste aree.

BIBLIOGRAFIA

- Aulitzky, H. (1982); "Preliminary two-fold classification of torrents." *Int. Symp. Interpraevent, Bad Ischl, Austria*, 4, 285-309
- Bianco G., Franzì L. (2000); "Estimation of debris flow volumes from storm events". *Second International Congress on Debris Flows Hazard Mitigation*, Taipei, Taiwan, August 2000 (in stampa).
- Bianco, G., Ruberto, G. (2000): "Condivisione di metodi e conoscenze sui processi di lave torrentizie per la difesa di centri abitati" *Progetto INTERREG II Italia - Francia 1994-99*. Azione 5, 135-143.
- Bottino G., Crivellari R. (1998); "Analisi di colate detritiche connesse con l'evento alluvionale del 5-6 Novembre 1994 nell'anfiteatro morenico di Ivrea". *Atti del Convegno - Rischio idrogeologico, opere di difesa ed uso del territorio nel Canavese - Ivrea 8-9 Maggio 1998*.
- Brochot S. (1997); "Approches globales pour l'estimation de l'érosion torrentielle (apports des versant et production de sédiments)". *Université Européenne d'Eté sur les Risques Naturels*, Module 2.
- Ceriani, M., Fossati, D. Quattrini, S. (1998); "Valutazione della pericolosità geologica sulle conoidi". *Professione geologo*, 6, 23-31.
- D'Agostino V., Cerato M., Coali R. (1996); "Il trasporto solido di eventi estremi nei torrenti del Trentino orientale". *Internationales symposium Interpraevent 1996*, Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band I, pp. 377-386.
- Fontan, D., Stringa I. (2003); "Interactions among climate, soil and vegetation: modelling and evaluation of the catchement basin hazard". *EUG, Geophysical Research Abstract*, Vol. 5, 09918.
- Govi M., Mortara G., Sorzana P. (1985); "Eventi idrologici e frane". *Geol. Appl. e Idrog.*, vol. XX, parte 2, 359-375.
- Hampel R. (1977); "Geschlebewirtschaft in Wildbachen". *Wildbach und Lawinenverbau*, vol. 41, 3-34.
- Jiao, Y, Hudson, J.A. (1995); "The Fully Coupled Model for rock engineering sytems". *Int. J. Rock Mech. & Geomech. Abstr.*, 32, 491-512.
- Marie R. (1984); "Méthodologie de programmation des actions de Restauration des terrains en montagne. Phase d'élaboration des éléments techniques d'aide à la décision. Le cas de la Maurienne". *CERREP*
- Melton, M.A., (1965); "The geomorphological and paleoclimatic significance of alluvial deposits in southern Arizona". *J. Geol.* 73, 1-38.
- Mortara G., Tropeano D. (1978); "Eventi di piena nei bacini dei rii gerardo e Perilleux in Val di Susa (1972-1973)". *Bollettino dell'Associazione Mineraria Subalpina*, anno XV, 2, 303-324.
- PWRI (1984); "Basics of planning measures against debris flow; planning countermeasures against debris flow". *Design Booklet, Technical Standards for Erosion and Sediment Control, Public Works Research Institute, Ministry of Construction, Japan*.

- Rickenmann (1997); "Méthodes empiriques pour l'estimation des laves torrentielles". *Risques torrentiels: érosion et crues- Université Européenne d'Eté sur les Risques Naturels*.
- Takei A. (1984); "Interdependence of sedimen budget between individual torrents and a river-system". *Internationales symposium Interpraevent 1984*, Villach, Austria, Vol.2, pp.35-48.
- Tropeano D., Govi M., Mortara G., Turitto O., Sorzana P., Negrini G., Arattano M. (1999); "Eventi alluvionali e frane nell'Italia Settentrionale-Periodo 1975-1981". *CNR-IRPI e GNDCI*, 279 pp. (U.O. 1.29).
- Tropeano D., Turconi L. (1999); "Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini delle Alpi Occidentali e Centrali". *Pubbl. n° 2058 del GNDI*.
- Tucker G.E., Bras R.L. (1999); "Dynamics of Vegetation and Runoff Erosion". *Department of Civil and Environmental Engineering Massachusetts Institute of Technology Cambridge, MA 02139* (<http://platte.mit.edu/~child/Lit/vegfr.pdf>). 15 pp.
- Van Dine D. F. (1985); "Debris flow and debris torrents in the Southern Canadian Cordillera". *Canadian geotechnical Journal*, vol. 22, 44-68.