

Le colate detritiche quali effetti indiretti del terremoto: l'evento del 9 giugno 1987 nel torrente Vegliato (Gemona del Friuli)

Alessandro Coccolo*, Federico Sgobino**

* C.P. Ingegneria, Gemona del Friuli

** Comunità Montana del Gemonese, Gemona del Friuli

SUMMARY

In this paper the authors report the results of a study concerning debris flow problems in Vegliato drainage basin (Gemona del Friuli, UD). In particular the debris flow which occurred on the 9th of June 1987 was studied; the analyses carried out demonstrate that the peak discharge event was ten times greater than the 200 year water flood discharge, estimated by rational formula. Since the latter represents an ordinary design value for mitigative engineering measures in mountain streams, it is possible to understand the potential undervaluation of this type of phenomenon.

INTRODUZIONE

I corsi d'acqua montani del Friuli-Venezia Giulia sono spesso sede di fenomeni di trasporto solido di massa denominati colate detritiche o lave torrentizie. Tra le cause predisponenti assumono fondamentale importanza sia l'elevata sismicità del territorio, tale da produrre cospicui franamenti (Fig. 1), sia l'alta erodibilità dei bacini idrografici, spesso costituiti da rocce argillitiche o siltitiche, gessi, ammassi morenici o detritici. Tra le cause scatenanti va soprattutto ricordata la frequenza di eventi pluviometrici particolarmente intensi e di breve durata, tali da saturare gran parte dei materiali sciolti presenti nelle aste torrentizie e negli accumuli di versante. Si deve purtroppo osservare che, a fronte di un'imponente diffusione di questi fenomeni altamente distruttivi, manca nella nostra regione una concreta campagna di ricerca scientifica sull'argomento, tale da fornire gli indispensabili criteri di dimensionamento delle opportune opere di sistemazione. Conseguentemente, la progettazione degli interventi è spesso affrontata secondo un approccio quasi esclusivamente idraulico, che prescinde dalla valutazione delle azioni dinamiche della colata e dei massi ciclopici in essa trasportati e sovente porta a scelte progettuali del tutto inadeguate (ponti di luce insufficiente, opere trasversali con notevole superficie esposta all'impatto).

Di seguito vengono brevemente ricordate le caratteristiche generali dei *debris flows*, vengono illustrate alcune considerazioni sull'evoluzione morfologica del torrente Vegliato e riportati i risultati dell'analisi a posteriori dell'evento in esame.

CARATTERISTICHE GENERALI DEI DEBRIS FLOWS

Il termine colata detritica (*debris flow*) viene utilizzato per indicare un movimento in massa costituito da una parte liquida, formata da acqua o fango, e da una frazione solida di granulometria variabile dalle sabbie ai blocchi, nonché una eventuale parte organica rappresentata, ad es., da tronchi d'albero. L'innescò del fenomeno è possibile in seguito a un apporto consistente di acqua (piogge intense), tale da produrre una parziale o completa saturazione degli ammassi sciolti. Spesso il processo viene accelerato da occasionali frane di crollo, le quali possono diminuire la pressione effettiva di confinamento dei depositi e favorire così la mobilitazione della massa fluidificata. Una volta che il processo si è innescato ha inizio la fase di corsa, in cui si possono verificare arature o depositi, a seconda del valore assunto da alcuni parametri caratteristici quali la pendenza dell'alveo, l'angolo di attrito interno del materiale trasportato e la concentrazione della fase solida. Il movimento della colata si conclude con la fase di deposito e successivo arresto, che normalmente coincide con il raggiungimento di un'area ampia, caratterizzata da bassi valori della pendenza e alta permeabilità. Durante tale fase il fronte della colata, spesso caratterizzato dalla presenza di grossi massi, decelera gradualmente, fino ad arrestarsi in uno spazio denominato *runout distance*.

Dal punto di vista ingegneristico, le grandezze caratteristiche di un *debris flow*, da ricercare attraverso analisi a posteriori, sono la velocità del fronte d'onda, il volume globale mobilitato nel corso di un singolo

evento (*event magnitude*) e la portata di picco (*peak discharge*), che si manifesta immediatamente dopo il passaggio del fronte d'onda e persiste per un lasso di tempo difficilmente superiore al minuto.

Per quanto riguarda la stima della velocità raggiunta da una colata detritica, essa è direttamente legata al modello reologico assunto per la massa fluente. Nel caso di materiali granulari viene generalmente accettato un comportamento di tipo dilatante (Takahashi, 1991), o, in alternativa, laminare viscoso (Hungar *et al.*, 1984). In entrambe le situazioni la quantificazione della velocità risulta agevole non appena determinata la pendenza dell'alveo e la probabile altezza del fronte d'onda, in base alle tracce lasciate dal passaggio della colata. In alternativa, in situazioni come quella in esame in cui tratti d'alveo si sviluppano in curva, è possibile valutare la velocità sulla base della sovrelevazione verso l'esterno subita dal fronte in quella particolare condizione di flusso.

Dati caratteristici sui *debris flows* dei torrenti montani del Friuli, basati su osservazioni non strumentali, sono stati raccolti da Querini (1985 e 1986). Arattano *et al.* (1996) riportano invece i risultati degli studi compiuti sul bacino sperimentale del torrente Mo-

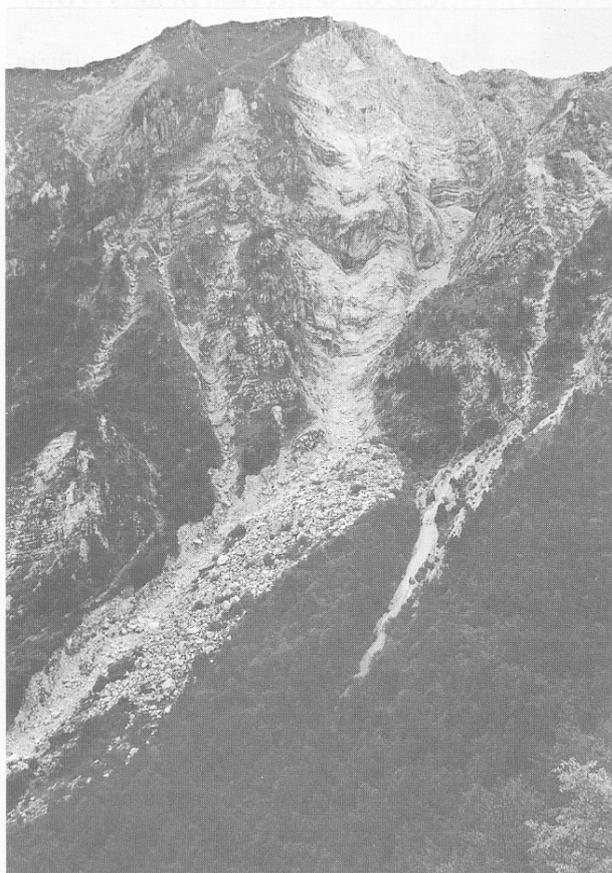


Figura 1. Accumulo di frana risalente al 15 settembre 1976, dopo la mobilitazione conseguente alla colata detritica del 9 giugno 1987. Rockfall accumulation which occurred on the 15th of September 1976, after the partial mobilization due to the debris flow of June 9, 1987.

scardo (4.2 km², Alpi Carniche), dove dal 1985 è in atto un'attività di monitoraggio delle colate detritiche. A tutt'oggi in tale bacino sono stati registrati undici eventi di *debris flow*, caratterizzati da velocità comprese nell'intervallo 1÷10 m/s, portata di picco di 3÷88 m³/s, magnitudo pari a 3800÷19000 m³. Per confronto gli studi canadesi (Hungar *et al.*, 1984; VanDine, 1985) riportano valori di velocità di 3÷12 m/s, volume globale mobilitato generalmente minore di 60000 m³ (max 500000 m³), portata di picco non superiore a 600 m³/s.

EVOLUZIONE MORFOLOGICA

Il torrente Vegliato scende dalle prime pendici prealpine, alle spalle dell'abitato di Gemona, per confluire poi nel fiume Ledra. Il suo bacino è compreso fra le dorsali del M. Cjampon (1709 m) e del M. Cuarnan (1372 m) che si aprono a ventaglio sul Campo di Osoppo. Al suo sbocco in pianura il corso d'acqua ha edificato un caratteristico cono di deiezione di dimensioni veramente eccezionali. Esso possiede, infatti, uno sviluppo di oltre 3,6 km di arco frontale e un raggio di ben 2,0 km (Fig. 2-a).

Il torrente ha scavato il suo letto lungo il margine destro della struttura, mentre quello opposto è solcato solo da una piccola incisione che raccoglie le acque provenienti dal versante settentrionale del M. Cuarnan, denominata rio Grideule (Fig. 2-b).

Notizie storiche sull'evoluzione del corso d'acqua sono molto difficili da reperire, tuttavia, quelle poche in nostro possesso sono già sufficienti per un inquadramento generale dei fenomeni. Osservando il tracciato delle antiche mura cittadine, risalenti al XIV° secolo, colpisce il loro particolare andamento a cuneo rivolto verso monte (Fig. 2-b). Ciò fa sorgere il dubbio che esse possedessero in origine anche una funzione protettiva nei riguardi delle alluvioni. La necessità di una tale opera di difesa, del resto, è dimostrata dal fatto che in quei tempi erano possibili eventi assai pericolosi per la cittadina. Documenti storici riportano, infatti, che nel 1430 lo straripamento del Grideule (oggi perennemente asciutto) asportò parte del cimitero del Duomo e trascinò bare fino in località Paludo. Con tutta probabilità il fenomeno "fu conseguente al fatto che in quel periodo il corso del Vegliato non era ancora stabile sulle posizioni attuali, ma poteva interessare tutto l'apice del conoide. È probabile quindi che l'erosione rovinosa del Grideule sia stata in effetti conseguente agli apporti straordinari del Vegliato che si sono riversati in esso" come afferma Stefanini (1980) in un suo recente studio. Si trattò sicuramente di un evento di inusitate proporzioni, e che, proprio per questo, fa sorgere il dubbio sia stato l'effetto di una colata detritica, riversatasi in direzione dell'odierno rio Grideule. L'attuale alveo torrentizio è scavato all'interno di un più antico solco, con sponde divergenti di

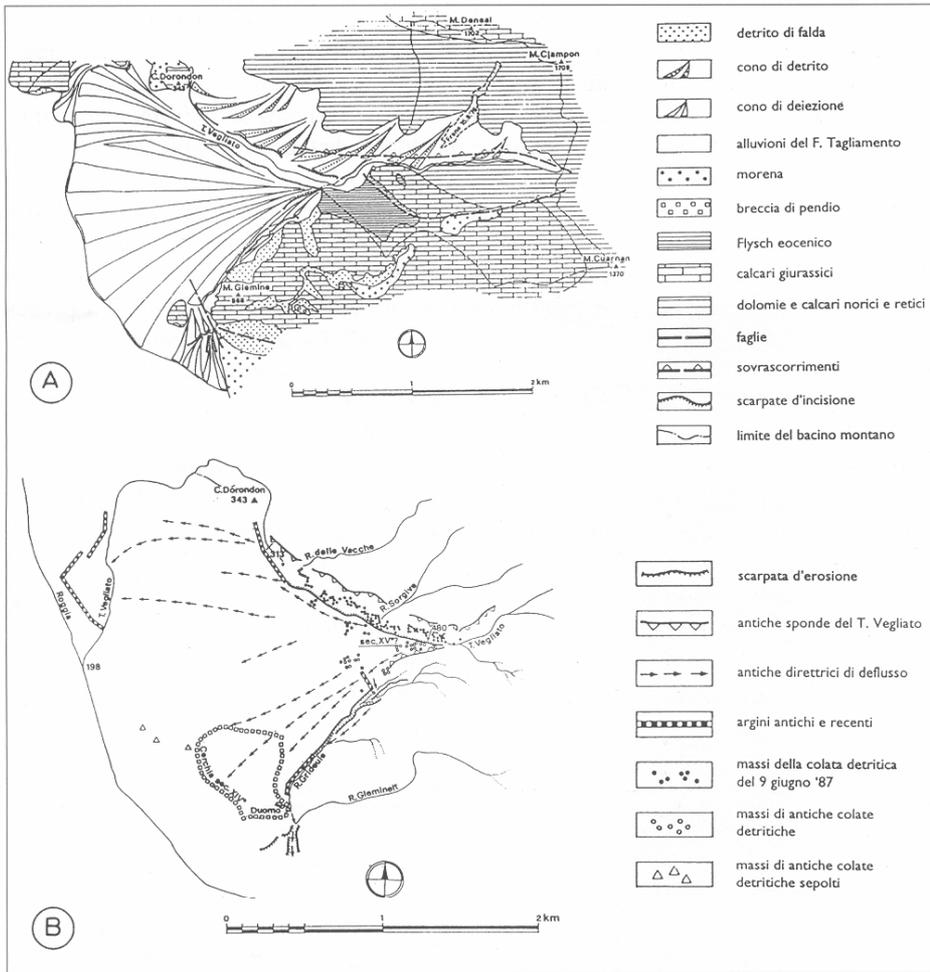


Figura 2. (a) Carta geologica schematica del bacino del torrente Vegliato. (b) Carta geomorfologica del cono di deiezione di Gemona. (a) Geological map of the Vegliato drainage basin. (b) Geomorphological map of Gemona alluvial fan.

circa 30° e tali di consentire al torrente di divagare su tutto il conoide. È molto probabile che queste rappresentino le sponde del torrente in un periodo anteriore al XV° secolo. Più a valle, poi, sono stati rilevati diversi alvei abbandonati di cui quello più evidente, dopo aver lambito l'antica sponda, scende in direzione della cittadina inserendosi successivamente nel Gridoule, probabile direttrice dell'alluvione risalente al 1430. Proprio lungo questo tracciato è stato notato, poi, un antico argine avente il chiaro scopo di deviare le acque in direzione del vicino rio (Fig. 2-b).

Per individuare le tracce di antiche colate detritiche, sono stati rilevati tutti i massi di volume superiore al metro cubo sporgenti dal terreno o affiorati entro scavi fondazionali (Fig. 2-b). La loro natura litologica è risultata sempre dolomitica, palesando così la loro provenienza dal versante meridionale del monte Cjampon (Fig. 2-a). L'accumulo più a monte presenta caratteristiche di freschezza tali da farlo ritenere il più recente fra quelli rilevati. Esso quindi rappresenta la traccia dell'ultima colata detritica riversatasi al di fuori dell'attuale alveo, ed è probabile che risalga proprio all'evento del 1430. Il suo accumulo certamente contribuì alla deviazione definitiva del corso d'acqua verso l'attuale tracciato, anche se determinanti furono al-

tre cause quali la tendenza naturale all'affossamento dell'alveo e la diversa erodibilità delle sponde. Le ricerche eseguite, poi, consentono di escludere decisamente la possibilità che la deviazione sia dovuta a fenomeni franosi avvenuti dalle pendici del Cuarnan, dato che nessun masso fra quelli rilevati sul conoide risulta essere costituito da litotipi eocenici, giurassici o cretaci che provverebbero una tale provenienza.

Osservando infine le antiche stampe del Liruti, contenute nel suo "Notizie di Gemona", si può desumere che nel XVIII° secolo il torrente si era già stabilizzato sul margine destro del cono di deiezione, salvo naturalmente passare a sud del colle Dorondon. Da allora non si ha notizia di particolari eventi, se si eccettuano i lavori di sistemazione idraulica, iniziati negli anni trenta e che deviarono il corso d'acqua lungo l'attuale tracciato.

Il giorno 15 settembre 1976, in seguito alla scossa sismica di magnitudo 6.1, si staccò un'enorme frana dalle pendici montuose comprese fra le cime del M. Cjampon e del M. Deneâl (Crete Porie) per un volume stimato di circa 250000 m³. Essa, abbattutasi sul fondovalle, intasò completamente la forra del torrente omonimo, producendo un accumulo di massi e detriti che si arrestò all'altezza dell'isoipsa 850 m (Fig.

3). Con le piene successive all'evento franoso si verificarono alcuni fenomeni di colata detritica le cui dimensioni furono all'inizio piuttosto contenute e che risultarono dalla mobilitazione del margine destro del grande accumulo, dove iniziava a riformarsi il solco torrentizio originario. Colate detritiche si produssero sicuramente in occasione delle piogge cadute il giorno 13 ottobre 1976 (70 mm in 3 ore), e, soprattutto, del giorno 2 agosto 1983 (106 mm in 3 ore).

RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO 9 GIUGNO '87

Nelle prime ore del mattino del 9 giugno 1987 si abbatté su Gemona un forte temporale, caratterizzato da una precipitazione totale pari a 124.6 mm. Il *debris flow* che ne seguì ebbe origine nel grande accumulo di frana che ingombrava il medio corso dell'affluente rio Crete Porie (Fig. 3). Qui si produsse il completo svuotamento della forra tra le isoipse 1050 e 1200 m (Fig. 4), con esposizione della roccia costituente il fondo (Fig. 5), nonché un notevole ampliamento e approfondimento del solco torrentizio già parzialmente eroso tra gli 850 e i 1050 m (Fig. 4). Ad innescare il fenomeno fu una piccola frana staccatasi dalle ripide pareti sommitali del Monte Deneal, al margine superiore della grande nicchia di distacco risalente al 15 settembre '76.

La stima del materiale coinvolto nella colata (*event magnitude*) è stata eseguita attraverso il rilievo topografico speditivo di 16 sezioni trasversali, valutando sul posto sia l'erosione complessiva sia quella precedente all'evento del '87. La massa mobilizzata, determinata con il metodo delle sezioni ragguagliate, è risultata pari a 80000÷90000 m³. Di essi almeno 35000 m³ si sono arrestati all'altezza della prima briglia del rio Crete Porie, anche a causa di alcuni massi ciclopici fermatisi in prossimità di quel manufatto. La massa rimanente, valutabile in circa 45000÷55000 m³, si è riversata verso valle, travolgendo nella sua corsa i due ponti della pista forestale (Fig. 6) e danneggiando in modo grave gran parte delle briglie esistenti.

La fase di rallentamento e successivo arresto del fronte (*runout distance*) ha avuto inizio non appena rag-

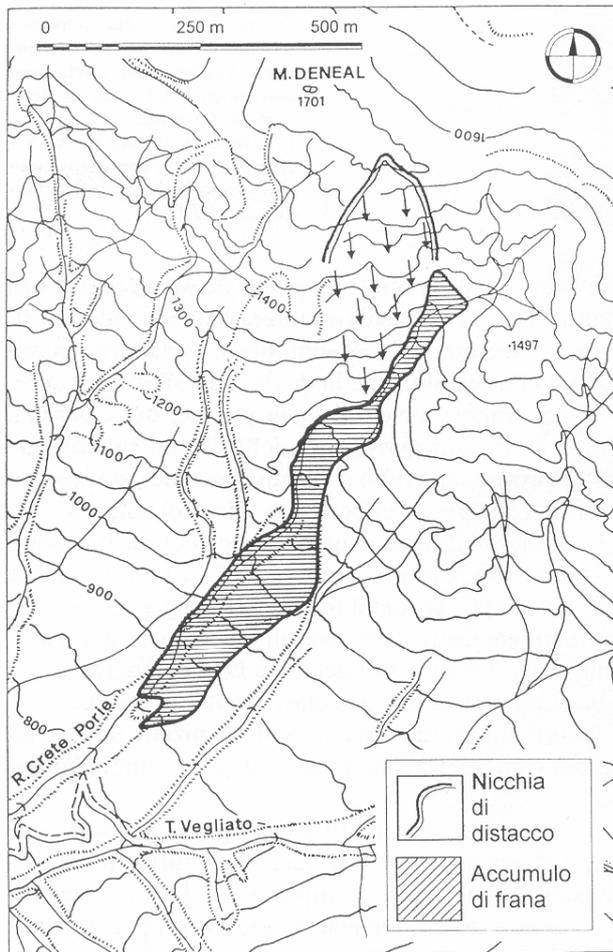


Figura 3. Nicchia di distacco e zona d'accumulo della frana del 15 settembre 1976.
Main scarp and accumulation zone of rockfall which occurred on the 15th of September 1976.

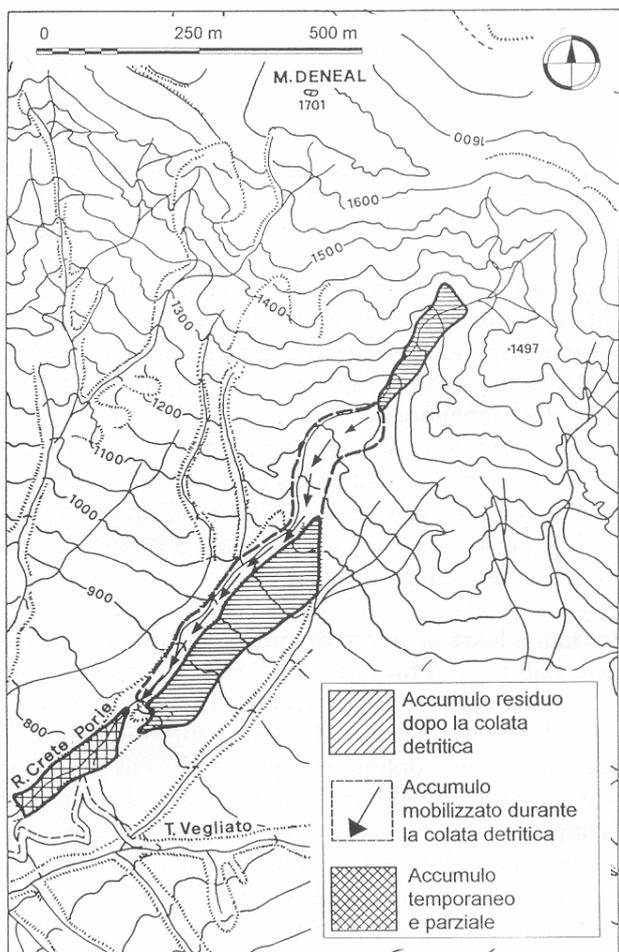


Figura 4. Accumulo di frana dopo l'evento del 9 giugno 1987.
Rockfall accumulation after the event of June 9, 1987.



Figura 5. Alto corso del rio Crete Porie, zona d'origine della colata detritica.
Upper reach of Crete Porie creek, source area of debris flow.



Figura 6. Ponte travolto dalla colata detritica del giugno 1987, che ne ha asportato completamente l'impalcato. Il franco di sicurezza era stato dimensionato considerando solamente la portata liquida del torrente.
Bridge demolished during the June 1987 debris flow; its deck was swept away by impact loads due to boulders carried in the flow. The clearance was designed taking into account the water flood discharge only.

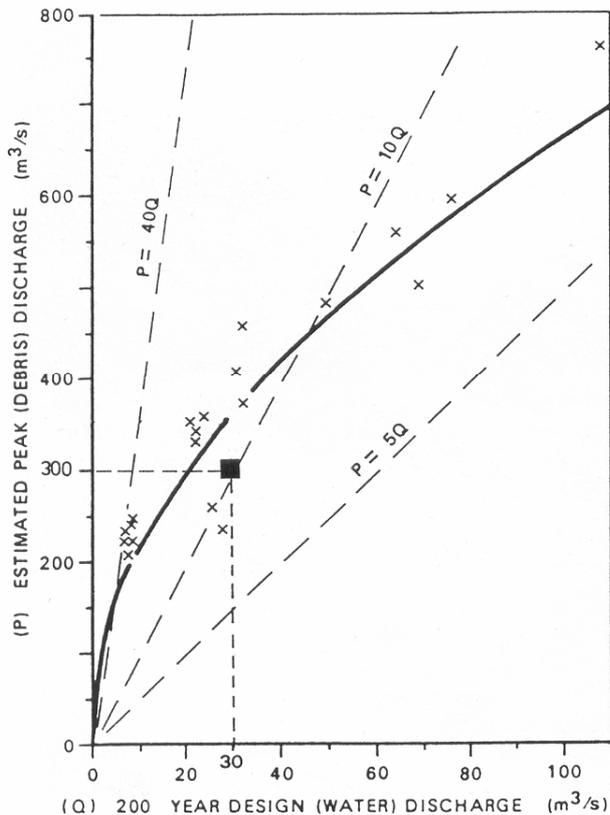


Figura 7. Relazione tra la portata di piena bicentennale (Q) e la portata di picco stimata (P) delle colate detritiche accadute in torrenti canadesi dell'Howe Sound. Nel grafico è stato inserito anche l'evento del torrente Vegliato, che risulta caratterizzato da un rapporto $P/Q = 10$ (VanDine (1985), modificato).

Estimated peak debris discharge (P) vs. estimated 200 year design water flood discharge (Q) for canadian creeks subjected to debris flows along Howe Sound. The graphical representation contains also the Vegliato event, which is characterized by a ratio $P/Q=10$ (after VanDine, 1985).

giunto il cono di deiezione, a causa dell'allargamento della sezione trasversale del torrente e dell'insorgere di deflussi sub-alveo dovuti al progressivo aumento di permeabilità. Tale fase si è protratta per circa 300÷400 m. Successivamente la piena del torrente in corso ha modificato drasticamente i depositi, ridistribuendoli su di una lunghezza di circa 1200 m. In tale tratto si sono osservati 120÷130 blocchi di volume 3÷40 m³ (Fig.

2-b). Complessivamente la massima distanza planimetrica percorsa dal fronte detritico è stata di circa 2800 m. La velocità del fronte del *debris flow* è stata valutata attraverso la relazione proposta da Hungr *et al.* (1984), tarata sulla base delle tracce lasciate dalla sovrapposizione del pelo libero in un tratto di torrente in curva (*forced vortex superlevation equation*). I resti di alcune briglie distrutte a monte e le lesioni sugli alberi ivi presenti hanno permesso di stimare un dislivello del pelo libero di circa 3-4 m e quindi una velocità del fronte di circa 8 m/s.

La portata di picco (*peak discharge*) è stata calcolata in base alla velocità e alle sezioni trasversali rilevate nello stesso tratto. Il valore trovato è risultato prossimo a 300 m³/s, circa dieci volte maggiore della portata di piena bicentennale attesa per il corso d'acqua in esame, valutata attraverso la formula razionale in circa 30 m³/s (Fig.7).

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Arattano M., Mortara G., Deganutti A.M., Marchi L. (1996), *Esperienze di monitoraggio delle colate detritiche nel torrente Moscardo (Alpi Carniche)* in Quaderni di studi e di documentazione - 20 / Studi sui Debris Flow, Associazione Georisorse e Ambiente, Torino, 33-43.
- Hungr O., Morgan G.C., Kellerhals R. (1984), *Quantitative analysis of debris torrents hazards for design of remedial measures*. Canadian Geotechnical Journal, 21, 663-677, Ottawa.
- Querini R. (1985), *Le lave torrentizie*. In Alto (Società Alpina Friulana), 67, 84-90, Udine.
- Querini R. (1986), *Le lave torrentizie nelle Alpi e Prealpi Carniche e Giulie. Nuovi contributi e conoscenze*. L'Italia Forestale e Montana, XLI (5), 279-300, Firenze.
- Stefanini S. (1980), *Idrogeologia* in Comune di Gemona del Friuli, Studio geologico per la ricostruzione, Gemona del Friuli, 27-40.
- Takahashi T. (1991), *Debris Flows*, 165, Rotterdam, A.A. Balkema.
- Vandine D.F. (1985), *Debris flows and debris torrents in the southern canadian cordillera*, Canadian Geotechnical Journal, 22, 44-68, Ottawa.