



Internationales Symposion INTERPRAEVENT 2004 – RIVA / TRIENT

LA COLATA DETRITICA SUL VERSANTE DEL PRÀ DELL'ACQUA A ROMAGNANO (TRENTO)

THE ROMAGNANO DEBRIS FLOWS

Roberto Coali¹ e Andrea Franceschini²

RIASSUNTO

Sempre più frequentemente si registrano fenomeni di dissesto che riguardano da vicino centri abitati e zone di fondovalle. Nel caso in esame, si è verificato un processo di frana e di colata detritica in corrispondenza dei depositi quaternari di origine glaciale e gravitativa che sovrastano la valle dell'Adige, nel sobborgo di Romagnano, alle porte della città di Trento.

L'analisi del fenomeno si è basata sulle osservazioni dirette eseguite immediatamente dopo l'evento, sulle ricerche storiche e sulle indagini di natura idrogeologica e geomorfologica che hanno supportato la redazione del progetto ed i lavori di sistemazione idraulico-forestale.

Tali attività, e gli approfondimenti eseguiti durante la realizzazione degli interventi, hanno consentito di individuare le cause predisponenti ed i fattori che hanno originato l'evento, nonché i punti di debolezza della sistemazione realizzata nei primi anni del '900, in seguito ad un evento franoso con caratteristiche simili, ma del quale si era persa memoria.

Key words: colata detritica, sistemazioni idraulico-forestali, Trentino.

ABSTRACT

This study analyses a triggering of debris flow due to landslide in the quaternary deposits and talus debris on the slopes of Adige Valley. The phenomenon has triggered in the country of Romagnano, near Trento City. The analysis is based on post-event field observations, historical evidences and hydrogeologic and geomorphologic investigations carried out to support the planning and the execution of the hydraulic engineering project.

These activities have permitted to evaluate the causes and the triggering factors of the event, and also the low efficiency of the contromasures that have been realized at the beginning of 20th century to oppose a similar phenomenon.

Key words: debris flow, torrent control, Trentino.

¹ Provincia Autonoma di Trento, Servizio Sistemazione Montana, Via G.B. Trener, 3 - 38100 Trento, Italia
(email: roberto.coali@provincia.tn.it)

² Provincia Autonoma di Trento, Servizio Geologico, Via Roma, 50 - 38100 Trento, Italia
(email: andrea.franceschini@provincia.tn.it)

INTRODUZIONE

Nell'ambito degli eventi alluvionali del novembre 2000, che hanno interessato gran parte del territorio provinciale, ha destato notevole impressione ed interesse la colata detritica che ha colpito la parte nord-ovest dell'abitato di Romagnano, sobborgo del Comune di Trento.

In seguito alle forti e persistenti precipitazioni dei giorni precedenti, domenica 19 novembre poco dopo le ore 19, è franata la testata della vallecola che solca il versante boscato posto a monte della chiesa, dove un tempo c'erano le prese del vecchio acquedotto.

I rumori provocati dal franamento - "un boato come un temporale"- hanno allarmato parte della popolazione che ha iniziato ad abbandonare le case pensando ad un terremoto. Lo smottamento, con un fronte di 50 metri, ha interessato un'area di circa 2000 m².

La massa detritica, fluidificata e movimentata dalle emergenze idriche che alimentano il Rio Prà dell'Acqua, ha innescato una colata di fango e detriti che, dopo una corsa di circa duecento metri travolgendo alberi e terreni coltivati, ha investito la chiesa, l'oratorio, le scuole e la parte vecchia dell'abitato di Romagnano.

La massa franata è stata stimata in circa 4.000 m³, ai quali vanno sommati i detriti movimentati lungo il percorso della colata, che ha raggiunto un volume complessivo valutato in circa 6.000 metri cubi.



Fig. 1: Colata detritica del 19 novembre 2000, che ha colpito il sobborgo di Romagnano.

Fig. 1: View of the debris flow in the country of Romagnano (19th November 2000).



Fig. 2: La colata è stata innescata dal franamento di una porzione del versante (novembre 2000).

Fig. 2: The debris flow has been triggered by a slope failure (November 2000).

Lungo le strade e nelle pertinenze delle abitazioni investite, la colata ha lasciato depositi con altezze da uno a tre metri ed il fronte di arresto, in corrispondenza della piazza, presentava un'altezza di circa 80 centimetri. Fortunatamente, non vi sono state né vittime, né feriti; le strade erano deserte e l'impatto della colata è stato assorbito dalla chiesa, che è stata direttamente investita dalla prima ondata di fango e che ha fatto da scudo al paese. Circa 500 persone sono state evacuate dalle case ubicate nella parte storica del sobborgo.

Questa memoria intende fornire un contributo alla conoscenza di questi fenomeni, attraverso l'approfondimento di un caso rappresentativo, caratterizzato dalle ridotte dimensioni del bacino e dal rinvenimento di vecchie opere di sistemazione idraulico-forestale realizzate dopo un analogo evento di colata registrato nei primi anni del secolo scorso.

CARATTERISTICHE DEL BACINO

Il bacino del Rio Prà dell'Acqua si trova ai piedi del versante destro della valle dell'Adige (Trentino centrale), nell'interzona di Romagnano, delimitata a Sud dalla Valle della Calcara ed a Nord dalla Valle delle Gole o Roggia di Ravina (Fig. 3-4).

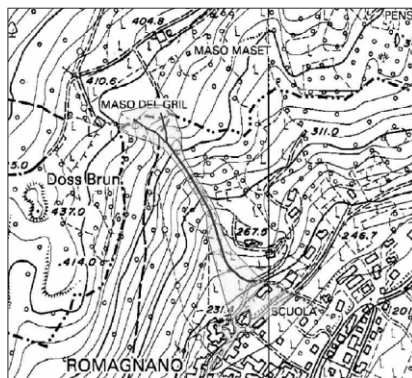
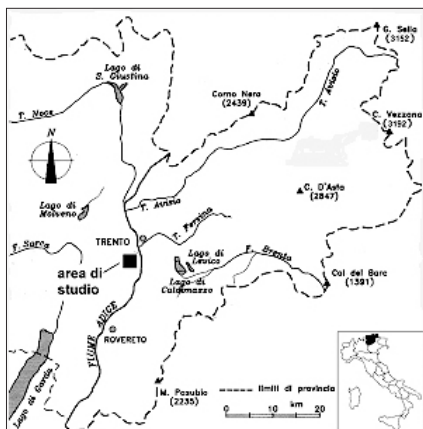


Fig. 3-4: Inquadramento geografico area di studio
Fig. 3-4: Location maps of the study area

Per una corretta impostazione degli interventi di sistemazione del dissesto è stata effettuata un'analisi geomorfologia ed idrogeologica del bacino, con l'applicazione di un software specifico per il calcolo delle portate. Nell'applicazione del modello idrologico afflussi-deflussi sono state introdotte alcune semplificazioni derivate dall'impossibilità di descrivere in dettaglio i fenomeni carsici presenti nella parte centro-superiore del bacino e dall'assenza di grandezze idrologiche misurate (precipitazioni e portate). Nonostante le semplificazioni introdotte, i dati registrati presso le stazioni pluviometriche limitrofe ed una sommaria taratura con l'evento del 19 novembre 2000, hanno consentito di produrre dei risultati attendibili.

Tab. 1: Principali caratteristiche morfometriche del bacino
Tab. 1: Morphometric characteristics of studied basin

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE

Area totale del bacino	0,605 km ²
Quota minima	262 m s.l.m.
Quota media	687 m s.l.m.
Quota massima	1276 m s.l.m.
Pendenza media	73.5 %
Esposizione media (E-SE)	100.5 °

L'uso di un modello numerico applicato al territorio ha permesso di ottenere una dettagliata conoscenza della morfologia e di altri aspetti significativi, i quali si rivelano di fondamentale importanza per lo sviluppo di numerose applicazioni, tra cui quelle di carattere idrologico. L'assetto vegetazionale del bacino è condizionato dalla morfologia del terreno.

Nella parte centro-superiore, dove la morfologia del terreno è più accidentata, sono presenti dei cedui la cui massa non supera i 50 m³ ad ettaro (cedui scadenti).

In corrispondenza delle zone più acclivi la densità si riduce drasticamente (rupi boscate) fino agli affioramenti rocciosi. La zona intermedia del bacino presenta delle condizioni più favorevoli; il substrato di origine glaciale consente la formazione di terreni più profondi, con boschi di faggio a cui si associano altre latifoglie e conifere. Le zone a monte del conoide, e quella compresa fra l'inizio del ciglio del terrazzo morenico, vedono la presenza di superfici coltivate (vigneti e frutteti), intervallate da una fascia di bosco dove le specie prevalenti sono quelle del ceduo termofilo.

CARATTERISTICHE DEL CORSO D'ACQUA

L'elevata permeabilità della parte media e superiore del bacino comporta l'assenza di un reticolo idrografico permanente. L'acqua si infiltra nei depositi detritici ed emerge nella parte inferiore del bacino e sul conoide, in corrispondenza del terrazzo morenico dove sono presenti diverse sorgenti (zona di transizione fra il bosco ed i coltivi).

Nella parte centrale del bacino, al piede del versante roccioso, si possono osservare delle tracce di deflusso superficiale che si manifesta solo durante gli eventi pluviometrici più intensi. Tuttavia, le portate di piena s'infiltrano a monte del terrazzo morenico, in corrispondenza dei detriti di falda e di una significativa depressione del terreno. Queste condizioni favoriscono un deflusso sottosuperficiale e profondo non trascurabile; l'acqua che s'infiltra nel terreno defluisce per via sottosuperficiale, allungando i tempi di risposta del bacino ed attenuando il picco di piena. Ne consegue un periodo di esaurimento molto prolungato, che giustifica la presenza di numerose sorgenti nella fascia compresa fra le quote 300 e 390 metri.

A valle del terrazzo morenico, i deflussi delle due sorgenti principali si incanalano nella vallecola del Prà dell'Acqua che, all'altezza delle prime abitazioni di Romagnano, viene incanalata nella rete delle acque bianche del vecchio sobborgo edificato sul conoide.

Gli eventi alluvionali che hanno interessato il bacino del Prà dell'Acqua, hanno confermato che le venute d'acqua presenti nella parte terminale del bacino si possono ingrossare al punto tale da saturare il versante e innescare il collasso del terreno ubicato sul cambio di pendenza in corrispondenza del terrazzo morenico.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il substrato litoide nell'area è costituito dalla successione sedimentaria Permo-Triassica, ed in particolare dalla formazione della Dolomia della Valsugana, costituita in prevalenza da calcari dolomitici e calcari marnosi contenenti una frazione silicoclastica, interessato da strutture tettoniche prevalentemente riconducibili al sistema "giudicariense" (NNE-SSW). E' osservabile in affioramento in prossimità dell'incisione del rio Prà dall'Acqua, evidenziando un elevato grado di fratturazione riconducibile alla presenza di una dislocazione tettonica.

Stratigraficamente superiori a tale formazione, sono presenti livelli terrigeni, costituiti in prevalenza da marne e calcari marnosi con scarsi livelli argillitici appartenenti alla formazione delle "Zwischenbildungen"; nell'area non ne sono segnalati affioramenti.

I depositi quaternari, si presentano costituiti da elementi granulari in matrice limoso-sabbiosa; la genesi è mista, sia di tipo glaciale che gravitativi, ma la scarsità di affioramenti, non consente di ricostruire i limiti geometrici e le caratteristiche stratigrafiche di questi depositi.

INDAGINI GEONOSTICHE

Nella primavera-estate 2001 è stata eseguita una campagna di indagini geonostiche e precisamente alcune indagini elettriche, della sismica a rifrazione e dei sondaggi meccanici, ubicati alla testata del movimento franoso, in corrispondenza del Prà dell'Acqua.

Geofisica

La campagna di indagini geofisiche è consistita in tre profili di imaging elettrico per una lunghezza complessiva di 360 m e cinque profili sismici a rifrazione per una lunghezza complessiva di 400 m. Le indagini geoelettriche sono state effettuate al fine individuare la modalità della circolazione idrica sotterranea; i profili sono stati ubicati rispettivamente immediatamente a monte della nicchia di frana (profilo 1), all'interno del vigneto circa 60 m a monte del profilo precedente (profilo n. 2) e immediatamente a valle di Maso Maset (profilo n. 3).

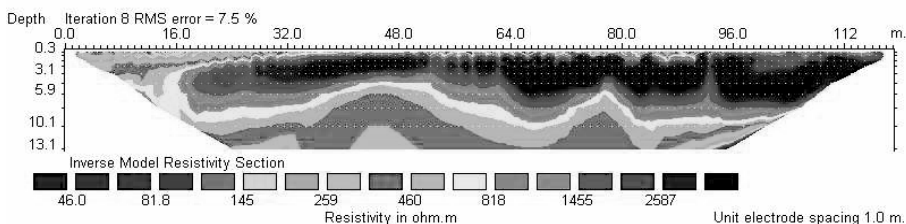
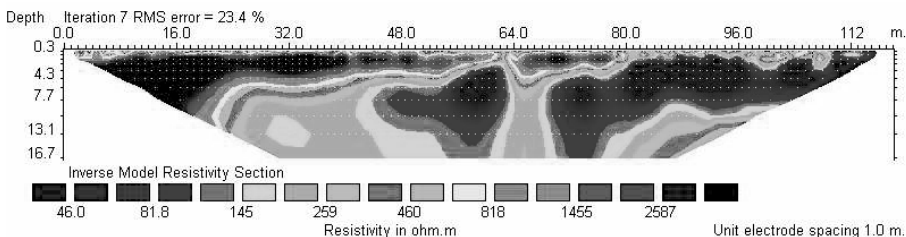


Fig. 5: Profilo di resistività n. 1

Fig. 5: Soil resistivity profile n. 1

Fig. 6: Profilo di resistività n. 3

Fig. 6: Soil resistivity profile n. 3



I primi due profili mostrano la presenza di un livello superficiale, dello spessore di 6 - 13 m, con valori di resistività superiori a $1000 \Omega \cdot m$ (Fig. 5); inferiormente si rileva una diminuzione dei valori di resistività con minimi di circa $40 - 50 \Omega \cdot m$ (Fig. 6).

Sono stati realizzati cinque profili sismici a rifrazione con metodo tomografico dei quali 3 in corrispondenza dei profili elettrici. La coltre superficiale, scarsamente addensata ha una profondità media di 5 m.

Inferiormente le velocità aumentano considerevolmente, come nel profilo n. 2 dove a profondità maggiore dei 12-15 m le velocità superano i 3000 m/s e possono essere ragionevolmente attribuite al substrato roccioso in buono stato di conservazione. Il profilo n. 4, ubicato a monte della nicchia di frana, mostra velocità massime inferiori a $1500 - 1600 \text{ m/s}$.

Sondaggi meccanici

Sono stati eseguiti cinque carotaggi a monte della nicchia di frana; con lo scopo di tarare le indagini geofisiche e giungere ad un modello geologico dell'area che consentisse di chiarire, sotto l'aspetto idrogeologico e geotecnico, la genesi della frana.

I sondaggi hanno evidenziato una situazione alquanto complessa, che alla luce di quanto emerso anche nella campagna geofisica, può essere schematizzata assumendo la presenza di tre litotipi distinti, costituiti da un deposito gravitativo, formato in prevalenza da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa con alternanze di livelli sabbiosi e sabbioso limosi, sovrastante un deposito di origine glaciale costituito in prevalenza da limo sabbioso e limo argilloso inglobante sovente ghiaia e ciottoli, a sua volta sovrapposto al substrato litoide costituito dalla formazione della Dolomia della Valsugana. Essa appare in quasi tutti i sondaggi estremamente cataclasata al punto da giungere, a tratti, ad un aspetto descrivibile come ghiaino monogenico con sabbia. La fascia cataclastica, a quanto osservato sia nei sondaggi che dal rilievo superficiale è molto estesa, particolarmente in senso verticale.

Nel sondaggio S1 è stato installato un tubo piezometrico che dalla data di realizzazione ha mostrato una quota piezometrica relativamente costante, posta a circa 6.5 m di profondità.

Sintesi delle indagini eseguite

Il confronto tra indagini dirette ed indirette ha consentito di estendere i dati ottenuti tramite il sondaggio meccanico all'intera area indagata con le prospezioni geofisiche.

Si osserva come il deposito gravitativo presenti velocità delle onde di compressione (V_p) comprese tra i 300 ed i 1400 m/s e che le velocità del deposito glaciale giungano a superare i 2000 – 2200 m/s circa. Il confronto tra sondaggi meccanici e profili di resistività mostra come il passaggio tra deposito gravitativo e morena di fondo corrisponda approssimativamente ad una decisa diminuzione dei valori di resistività; per il deposito gravitativo essi sono superiori a 1000 $\Omega \cdot m$ mentre il

deposito glaciale viene individuato con valori di circa 500 $\Omega \cdot m$.

E' possibile affermare che la circolazione idrica si sviluppi in corrispondenza del contatto litologico tra deposito glaciale e substrato roccioso, nell'area a monte della nicchia di frana, e all'interno del deposito gravitativo in quella sovrastante.

Le caratteristiche geologiche del sito sono state schematizzate nella figura 7, dove viene proposta una sezione geologica schematica della parte superiore della nicchia di frana.

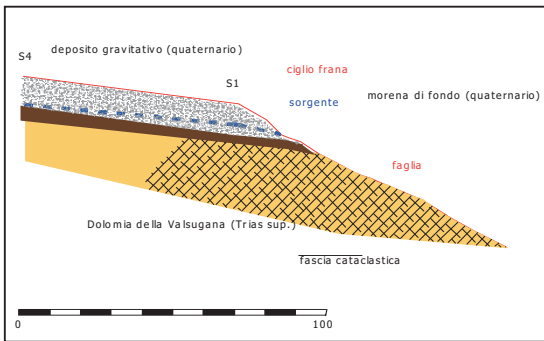


Fig. 7: Sezione geologica schematica

Fig. 7: Schematic geological cross-section

Il substrato roccioso, costituito dalla formazione delle Dolomia della Valsugana, è interessato da una dislocazione tettonica che lo ha fortemente cataclasato; i risultati delle indagini sismiche fanno ritenere che la dislocazione tettonica si sviluppi lungo l'incisione del Rio Prà dell'Acqua e che tenda a lambire l'edificio di Maso Maset. Superiormente al substrato è pre-

sente una morena di fondo, che appare non omogenea litologicamente; lo spessore di tale livello è di alcuni metri, ma con consistenti variabilità. Superiormente, è presente un deposito gravitativo la cui distinzione dal substrato roccioso cataclasato appare sovente difficoltosa; ciò è spiegabile presupponendo che il materiale originario eroso e in breve rideposto ad opera delle acque superficiali, provenisse da scarpate rocciose poste a breve distanza, litologicamente analoghe al substrato presente e caratterizzate esse stesse da intensa cataclasi.

Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica, è stata eseguita sulla base di 23 prove SCPT realizzate all'interno dei fori di sondaggio per la determinazione del valore dell'angolo di resistenza al taglio (ϕ), e da valutazioni empiriche per il valore della coesione (c) e del peso di volume (γ). I parametri così stimati sono i seguenti:

- deposito gravitativo: $\phi = 33^\circ$, $c = 4 \text{ kPa}$, $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$
- deposito glaciale: $\phi = 30^\circ$, $c = 0 \text{ kPa}$, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

ANALISI MOTI DI FILTRAZIONE E VERIFICHE DI STABILITÀ

Al fine di modellizzare il ruolo svolto dalla circolazione idrica ipogea nell'origine del movimento franoso, è stata effettuata un'analisi dei moti di filtrazione di una sezione posta in corrispondenza della sorgente più occidentale. Ciò ha poi consentito di introdurre l'andamento delle pressioni interstiziali nelle verifiche di stabilità e verificare le variazioni del coefficiente di stabilità del pendio, al variare della quota della piezometrica. La situazione idrogeologica dell'area è così schematizzata:

- deposito gravitativo con spessore medio di 9-11 m, molto permeabile $k_s = 10^{-2} \text{ m/s}$;
- deposito glaciale con spessore tra 2 e 5 m, praticamente impermeabile; $k_s = 10^{-7} \text{ m/s}$;
- substrato calcareo praticamente impermeabile; $k_s = 10^{-7} \text{ m/s}$.

Nella figura n. 8 è evidenziata la situazione che più si avvicina a quella media con profondità del livello piezometrico in S1 pari a circa 6.5 metri e portata complessiva delle emergenze idriche pari a 8 l/s.

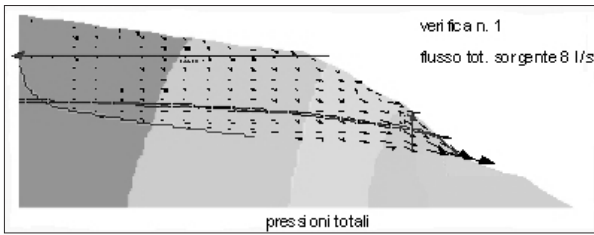


Fig. 8: Analisi dei moti di filtrazione

Fig. 8: Infiltration fluxes analysis

La simulazione è stata poi effettuata in modo da aumentare la portata di efflusso sul pendio e di conseguenza il livello piezometrico all'interno del versante sino alla sua quasi saturazione totale: situazione che determina un efflusso pari a circa 23 l/s. A partire dalla situazione media sono state eseguite differenti

analisi di stabilità globale in diverse situazioni idrogeologiche utilizzando il metodo dell'equilibrio limite, dalla situazione con assenza di circolazione idrica sino alla saturazione quasi totale del versante. Quest'insieme di verifiche ha consentito di redigere il grafico di figura 9, che mette in relazione le variazioni del valore del coefficiente di sicurezza (colore rosso) e dell'altezza di falda all'interno del versante (colore blu), con le variazioni di portata

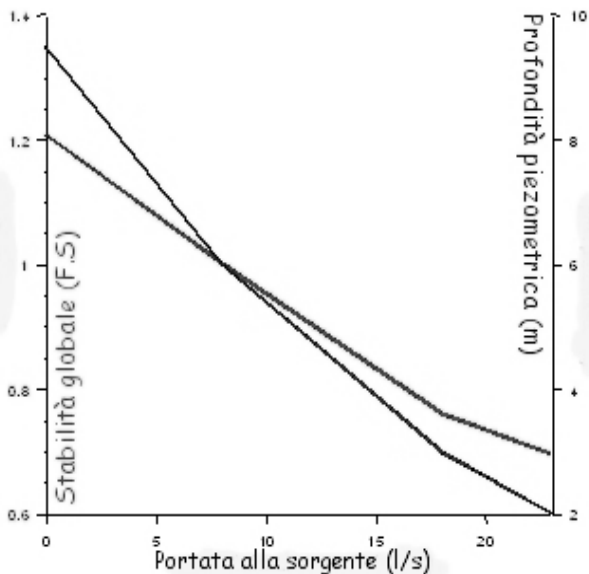


Fig. 9: Rapporto tra portate sorgenti, livello piezometrico e F.S. relativo alla stabilità globale del versante.
 Fig. 9: Global stability of the slope: relationships between water source discharge, water table level and safety factor (F.S.).

in corrispondenza della sorgente. Le analisi di stabilità mostrano come, con la falda posta ad una profondità di circa 7 m, il F.S. sia pari a circa 1.1; mentre, con un raddoppio della portata attuale (da 8 a 18 l/s) il valore del coefficiente di sicurezza diminuisce del 24% e la piezometrica aumenta del 50%. Tali valutazioni hanno permesso di fornire indicazioni progettuali per la sistemazione del versante dove rivestono una particolare importanza il drenaggio, la raccolta e l'allontanamento delle acque sotterranee.

MODELLAZIONE IDROLOGICA E SIMULAZIONE DELL'EVENTO DEL 2000

Il calcolo dell'idrogramma di piena per diversi tempi di ritorno è stato eseguito utilizzando un modello di simulazione afflussi-deflussi, che utilizza le equazioni proposte dal Soil Conservation Service - SCS (1972) consentendo di calcolare la pioggia efficace o volume di deflusso. Il modello di simulazione afflussi-deflussi è parte integrante del software G.I.S. WODITEM, il quale applica il metodo in modo "distribuito" all'interno dell'area analizzata.

Nel caso del bacino del Rio Prà dell'Acqua le condizioni di elevata permeabilità e il deflusso superficiale per lo più assente nella parte medio-alta, impediscono la formazione di un reticolo idrografico esteso. Il reticolo idrografico si manifesta solo a valle del terrazzo morenico e pertanto è stato scelto un valore dell'area minima contribuente in grado di produrre deflusso (area di soglia) piuttosto alto e tale da ricalcare con il reticolo sintetico quello reale.

La propagazione della pioggia efficace alla sezione di chiusura avviene in modo cinematico, sulla base dei percorsi calcolati dalla mappa dell'area drenata, mentre il tempo di propagazione è funzione della distanza e della velocità.

Nel caso specifico del Rio Prà dell'Acqua sono stati utilizzati dei valori di velocità nel reticolo idrografico, ove presente, conformi a quelli riportati in letteratura tecnica in condizioni di piena (da 2.0 a 3.0 m/s), mentre per la velocità di versante sono stati usati valori molto bassi (da 5 a 10 mm/s), in modo tale da rappresentare il lento deflusso sottosuperficiale.

Prima di passare al calcolo delle portate di progetto si è voluto testare la bontà dei parametri adottati simulando l'evento di pioggia del 16-19 novembre 2000, per il quale erano noti alcuni elementi utili per una verifica, seppure approssimata, del modello afflussi-deflussi. L'analisi delle altezze di pioggia registrate non ha evidenziato dei valori particolari di scroscio.

Tuttavia, un evento di pioggia come quello registrato nei giorni precedenti la colata può destare delle preoccupazioni ed essere causa di dissesti, soprattutto se si colloca al termine di un lungo periodo piovoso, come nell'autunno 2000.

La causa scatenante la colata detritica del 19 novembre 2000 è stata l'elevata imbibizione del versante, come conseguenza di un periodo particolarmente piovoso culminato il giorno 18 novembre con piogge piuttosto intense. La figura 10 riporta i valori di pioggia cumulata registrati alla stazione pluviometrica di Trento (rete CAE). Complessivamente, nei mesi di settembre, ottobre e novembre 2000, sono caduti più di 700 mm di pioggia.

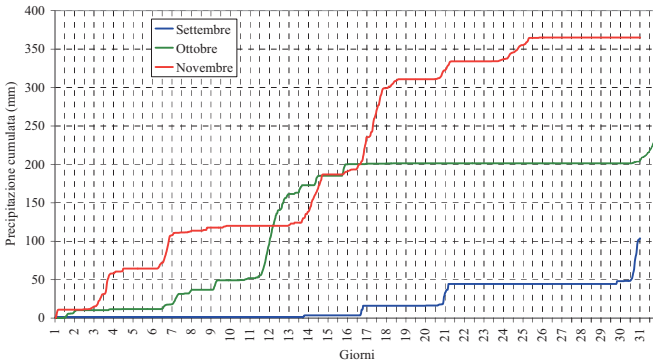


Fig. 10: Valori di pioggia cumulata - mesi di Settembre, Ottobre, Novembre 2000 (stazione di Trento (rete CAE).

Fig. 10: Cumulative rainfall – months September, October, November 2000 (Trento rain station – CAE).

Ipotizzando che la massima portata si sia registrata in un intervallo di tempo immediatamente precedente all'innescò della frana (ore 19.⁰⁰ del 19 novembre 2000) si è agito sul parametro di esaurimento e sulla velocità di versante fin tanto da ottenere un idrogramma di piena accettabile (Fig. 11). Il picco di portata di 0.206 m³/s, secondo i risultati forniti dal modello afflussi-deflussi, si è verificato alle ore 19.²⁰, mentre il collasso del versante si è registrato alle ore 19.⁰⁰, con un secondo rilascio di materiale dopo circa un'ora.

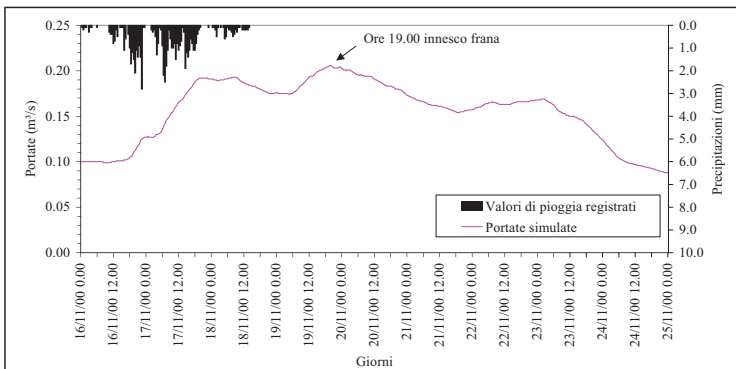


Fig. 11: Idrogramma simulato evento del 16-18 novembre 2000.

Fig. 11: Simulated hydrograph of the 16-18th November 2000

Mediante il modello distribuito afflussi-deflussi è stato eseguito il calcolo della portata di progetto necessaria per un corretto dimensionamento delle opere di sistemazione e delle tubazioni per il convogliamento delle portate di piena all'interno dell'abitato. Nel caso specifico del bacino del Rio Prà dell'Acqua le simulazioni sono state condotte ipotizzando delle condizioni di umidità pregressa del terreno prossime alla saturazione.

L'analisi delle portate massime ottenute con ietogrammi costanti di durata crescente ha consentito di individuare la durata delle precipitazioni critiche per i diversi tempi di ritorno indagati, corrispondenti a circa 58.15 ore per $T_r=50$, 30.45 ore per $T_r=100$ e 24.5 ore per $T_r=200$ anni. Tempi così lunghi si spiegano con il lento deflusso delle acque per vie sottosuperficiali. Come prevedibile l'adozione di ietogrammi differenti si ripercuote sul risultato delle portate di progetto, ma le differenze sono minime.

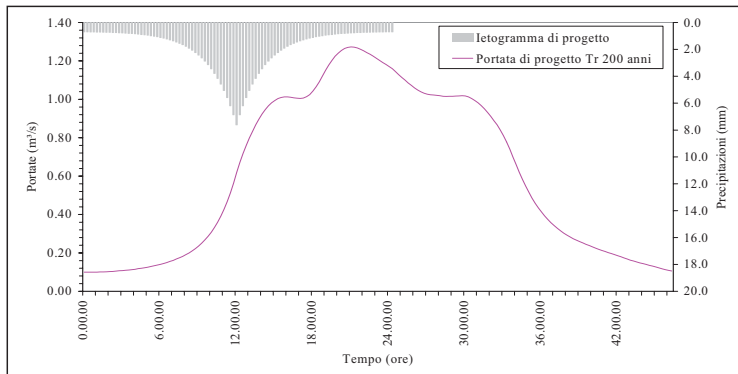


Fig. 12: Ietogramma ed idrogramma di progetto con tempo di ritorno di 200 anni.

Fig. 12: Design Rainfall and runoff simulation with a 200 years return period.

La figura 12 riporta l'idrogramma di progetto ottenuto adottando un ietogramma di Wallingford per un tempo di ritorno pari a 200 anni. La forma un po' "anomala" dell'idrogramma di piena è da ricondurre all'influenza delle caratteristiche del bacino, che condizionano la propagazione e la concentrazione dei deflussi sotterranei.

ANALISI STORICA DEGLI EVENTI ALLUVIONALI

Nel ricordo degli abitanti di Romagnano è ancora vivo l'evento calamitoso del 27 settembre 1942, quando una colata detritica proveniente dalla Val Calcara inghiainò i coltivi a lato della parte meridionale del sobborgo. Nonostante gli elevati quantitativi di ghiaia e detriti convogliati dalla piena, che occuparono un'area di circa 6 ettari, il nucleo storico del sobborgo fu salvato dall'azione deviatrice di un vecchio muraglione a secco -"il roston"- messo in luce dall'evento e realizzato probabilmente dopo gli eventi alluvionali degli anni 1882-85.

Altre memorie, tramandate dagli anziani del paese, parlano anche di una frana che interessò il versante a monte della chiesa, nella località "Prà dell'Acqua". A tale evento, fa riferimento la tradizione del canto e della processione del "Te Deum" che il 2 dicembre si celebrava ogni anno nel sobborgo di Romagnano. Racconta il Gorfer che *".. nel giorno di Santa Bibbiana di molto tempo fa, una valanga di acqua e di sassi si avventò sul paese. Il prete uscì con il Santissimo seguito dalla folla processionalmente, dirigendosi verso la fiumana, la quale si arrestò, si divise in due rami e il paese fu salvo"*.

Le ricerche d'archivio, compiute dopo la colata del 2000 hanno recuperato solamente gli atti di collaudo dei lavori eseguiti negli anni 1905-1906 sul conoide di Romagnano.

Da tali documenti si ricava che, il 31 marzo 1904, la valle del Rio Prà dell'Acqua fu interessata da una colata detritica, anche in quel caso originata dal versante sovrastante l'abitato e scesa sul conoide invadendo la chiesa e parte del centro storico.

Lo smottamento del novembre 2000 ha messo in luce parte delle opere realizzate nei primi anni del novecento, ed in particolare tre vecchie briglie di consolidamento in pietrame e malta ed alcuni tratti della cunetta che convogliava i deflussi fino al centro abitato. La presenza delle vecchie briglie, mai rilevate in precedenza perché coperte dal detrito boscato, ha mantenuto la stabilità di quel tratto di versante, limitando notevolmente l'azione di scavo della colata.

Probabilmente, nel corso degli anni, dopo gli interventi di sistemazione del dissesto, la valle del Rio Prà dell'Acqua è stata interessata da lavori di movimentazione e riporto di materiale, conseguenti agli eventi bellici o connessi alle prime operazioni di bonifica agraria. Tali manomissioni del terreno e l'abbandono delle opere di captazione delle acque per uso potabile hanno comportato il progressivo seppellimento dell'impluvio e dei manufatti di consolidamento presenti sul versante. La ripetizione del fenomeno franoso dopo circa 100 anni dall'ultimo evento noto, può essere ricondotta alla mancata manutenzione delle canalette in pietrame che convogliavano l'acqua delle sorgenti principali nel sottostante serbatoio dell'acquedotto potabile. In particolare, la sorgente superiore, in sponda destra, veniva convogliata verso quella sottostante, sulla sponda opposta, mediante una canalizzazione, che tagliava trasversalmente la parte superiore della nicchia di frana. Nell'autunno 2000, il forte incremento dei deflussi delle sorgenti, non più convogliati dalle vecchie cunette ormai sepolte, ha imbibito il versante fino a determinarne il collasso. Per questo motivo, i nuovi interventi di sistemazione hanno convogliato i deflussi mediante cunette aperte, disposte lungo le linee di massima pendenza, evitando pericolosi percorsi con andamenti trasversali al corpo di frana.

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE

L'evento alluvionale del novembre 2000 ha messo in luce la notevole pericolosità del conoide e del versante boscato che sovrasta parte del sobborgo di Romagnano. La pericolosità dell'impluvio del Rio Prà dell'Acqua era già stata rilevata dalle cartografie di zonizzazione delle aree a rischio, anche se non erano stati previsti fenomeni in grado di interessare il centro abitato. Quanto verificatosi nel novembre 2000 può essere ritenuto un evento estremo (centenario), che si è già verificato due volte nell'arco di un secolo e che può essere preso come riferimento per la progettazione degli interventi di ripristino e messa in sicurezza.

In questo contesto, il Servizio Sistemazione Montana è stato chiamato a realizzare gli interventi di sistemazione idraulico-forestale sulla parte di bacino posta a monte del centro storico di Romagnano, anche se tale ambito non rientrava nelle competenze idrauliche e patrimoniali della Provincia Autonoma di Trento. Dopo i primi interventi di somma urgenza, i lavori sono stati eseguiti nel biennio 2001-2002 sulla base di una progettazione esecutiva suddivisa in due stralci per motivi di urgenza e finanziamento:

- a) il progetto del 15 gennaio 2001, prevedeva quelle opere ed interventi che potevano essere prontamente realizzati senza bisogno di particolari indagini e studi (viabilità ed infrastrutture di cantiere, opere di drenaggio, prime briglie di consolidamento del corpo franoso e del canale inciso dalla colata, canalizzazione dell'alveo sul conoide);
- b) con il secondo progetto, del 16 luglio 2001, redatto sulla base degli approfondimenti idrogeologici eseguiti dal Servizio Geologico, è stato eseguito il completamento degli interventi di consolidamento della frana e dell'alveo, con opere di sostegno e canalette in pietrame e calcestruzzo. Inoltre, sono state captate le risorgive principali con due gallerie drenanti ed è stato completato il drenaggio ed il consolidamento del corpo franoso, con lavori di bioingegneria. L'intervento ha visto anche la realizzazione di una briglia selettiva a fessura, con filtro metallico e bacino di contenimento, in grado di laminare il materia-

le detritico potenzialmente convogliato sul conoide in seguito all'eventuale collasso di altre porzioni dei versanti limitrofi all'area consolidata (volume invasabile di circa 2500 m³); questa opera, voluta dalla popolazione, ha la funzione di favorire la trattenuta e la deposizione del materiale solido che potrebbe causare pericolosi intasamenti della condotta di attraversamento dell'abitato di Romagnano.



Fig. 13: Vecchie briglie messe in luce dalla colata – parte alta del canalone (dicembre 2000)

Fig. 13: Old consolidation dams discovered by the debris flow – upper part of the gully (Dec. 2000).



Fig. 14: Opere di consolidamento e interventi di sistemazione – parte centrale canalone (aprile 2002)

Fig. 14: Consolidation measures in the central part of the gully (April 2002).

Ringraziamenti

Si ringraziano il dott. Diego Sonda per la collaborazione nella modellazione idrologica, il personale del Servizio Geologico per l'esecuzione delle indagini geofisiche e geotecniche, nonché il personale tecnico e le maestranze del Servizio Sistemazione Montana che hanno curato i rilievi di campagna, i tracciamenti topografici e l'esecuzione dei lavori in economia ed amministrazione diretta.

BIBLIOGRAFIA

- Cazorzi F., (1996) – Watershed Oriented Digital Terrain Model. Manuale per l'utente. Laboratorio IDEA (Idrologia Difesa del Suolo Ecologia e Ambiente) Agripolis, Università di Padova.
- Borga M., Dalla Fontana G. (2000) – Analisi di frequenza dei massimi annuali di precipitazione e derivazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica. Rapporto interno, Dipartimento Territorio e Sistemi Agro-Forestali, Università di Padova.
- Dalla Fontana G., Cazorzi F. (1999) – Analisi territoriale e idrologica – calcolo dell'idrogramma di progetto per definite sezioni di chiusura. Laboratorio IDEA Agripolis, Università di Padova.
- Gorfer A. (1959) – Le valli del Trentino. *Trentino occidentale* – Ed. Manfrini, Calliano, p. 189.
- Sonda D. (2001) – Relazione idrologica Rio Prà dell'Acqua, studio commissionato dal Servizio Azienda Speciale di Sistemazione Montana della Provincia autonoma di Trento.