



a frana della Thurwieser si è attivata repentinamente il 18 settembre attorno alle 13.40 ed è stata ripresa con telecamera da un operatore dilettante, fortuitamente presente sulla cima del Monte Forcellino. Il collasso ha interessato parte del versante sud della punta Thurwieser (q. 3657,6 della CTR al 10.000), tra le quote 3.250 e 3.600 circa. Qui si ricostruirà la dinamica del dissesto individuandone le cause e proponendo una corretta delimitazione dei volumi e delle aree interessate.

Inquadramento geografico e geologico

La cima della Thurwieser (3.652. m), area da cui si è staccata la frana, segna il confine fra la Lombardia ed il Trentino Alto Adige e più precisamente delimita il territorio della Provincia di Sondrio da quello della Provincia di Bolzano (fig. 1). Tutta l'area interessata è compresa nei limiti del Parco Nazionale dello Stelvio. Il fenomeno franoso si è innescato sulla parete sud della Thurwieser

Thurwieser, l'8 settembre 2004, frana la cima in Alta Val Zebrù

(eliminando così per sempre la prima via alpinistica di salita alla cima) ed ha fatto sentire i suoi effetti in tutta la Val Marè, affluente idrografico destro della più famosa Val Zebrù. Questa è orientata all'incirca E-W fra l'abitato di Sant'Antonio Valfurva (1.360 m) e la cima del Gran Zebrù (3.851 m) e mostra una sovrapposizione di impronte glaciali e torrentizie che ne caratterizzano la morfologia. La parte alta della valle, fra la cima dei Forni e la Thurwieser, evidenzia la caratteristica forma ad U tipica della sovraescavazione determinata dall'erosione glaciale. In questa parte sono ancora presenti numerosi ghiacciai (Vedretta dello Zebrù, del Gran Zebrù, della

Luca Dei Cas*, Gregorio Mannucci**,
Domenico Tropeano***

* SERVIZIO TERRITORIO ED AMBIENTE, COMUNITÀ MONTANA ALTA VALTELLINA

** UNITÀ ORGANIZZATIVA SERVIZIO GEOLOGICO, ARPA LOMBARDIA

*** ISTITUTO PER LA RICERCA E LA PROTEZIONE IDROGEOLOGICA, CNR

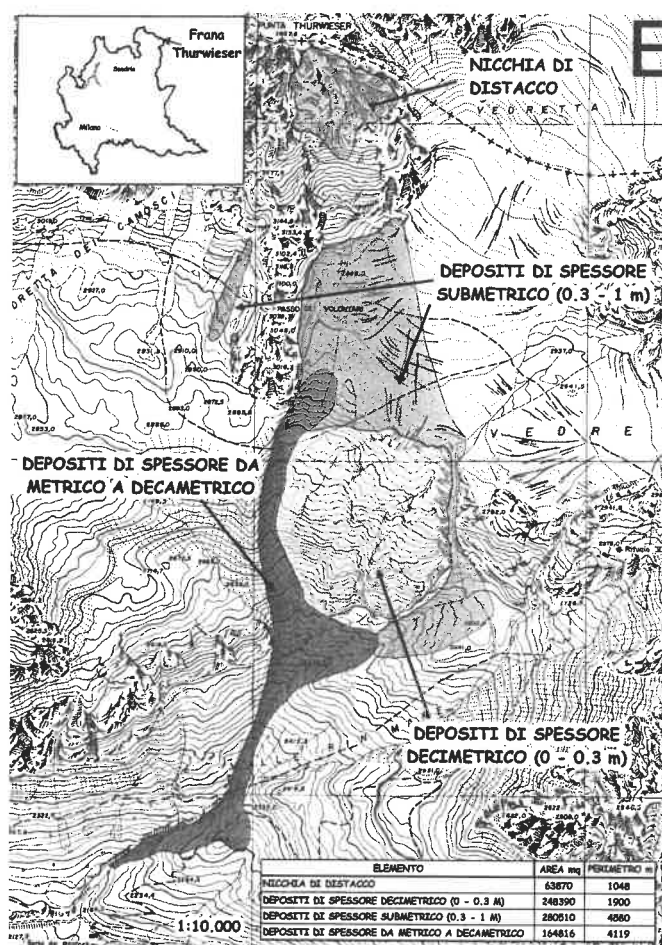
Miniera, dei Castelli e del Confinale) che caratterizzano il paesaggio di alta montagna. Nella parte mediana ed inferiore la valle assume invece una più marcata incisione a V con il tratto terminale (dalla località Ardof allo sbocco), talora con caratteri morfologici di una vera e propria forra. Dal punto di vista geologico-strutturale la Val Zebrù è impostata sull'omonima linea ("Linea dello Zebrù" Auct.) che, lungo il fianco vallivo destro ad una quota compresa fra 2.500 e 2.200 metri circa, separa le sovrastanti rocce sedimentarie della Falda Ortles (principalmente Dolomia del Cristallo) dal basamento metamorfico della Falda Campo di età paleozoica (prevalentemente filladi e micascisti). Questa peculiarità caratterizza l'intero ambiente vallivo che si presenta infatti con pendenze e vegetazione completamente differenti fra il versante esposto a meridione e quello esposto a settentrione. Il materiale di frana staccatosi dalla Punta Thurwieser ha percorso non meno di 2.6 Km (misurati in pianta) arrestandosi a quota 2.220 circa all'interno dell'alveo del Rio Marè. La Val Marè è attraversata, tra i 2.450 m.slm ed i 2.550 m.slm., dalla sopramenzionata Linea dello Zebrù dove l'affioramento di banchi di Dolomie dall'aspetto caotico e prive di stratificazione ne evidenziano la presenza. Nella parte più rilevata le ripide pareti rocciose, costituite dalla successione sedimentaria dell'Ortles, incombono sulle lingue glaciali e sui loro recenti depositi che spesso costituiscono creste moreniche significative. La piramide della Thurwieser è caratterizzata dall'alternanza di dolomie grigie ben stratificate (Dolomia del Cristallo) e calcari neri, talora con giunti marnosi. La giacitura, che nell'intera Val Zebrù vede una prevalenza di immersione verso NW (quindi a "reggipoggio"), sul lato est della nicchia di frana sembra ruotare evidenziando una complessiva immersione verso sud. L'intera massa carbonatica è interessata da numerosi sistemi di fessurazione sub-verticali, spesso marcati da colorazioni rossastre (fig. 2) conseguenti a fenomeni di alterazione-ossidazione ad opera delle acque di percolazione e di fusione. Nelle porzioni più tettonizzate sono presenti rocce cataclastico-milonitiche, anch'esse fortemente alterate, che di certo hanno contribuito a destabilizzare il versante sud della punta Thurwieser.

Situazione riscontrata

Nelle giornate del 20 e 21 settembre gli autori si sono recati in Val Marè per esaminare la situazione. Come si può vedere dalla cartografia allegata (fig. 1) la massa principale della parete dolomitica staccata-

si dalla Thurwieser è stata contenuta entro il canale, in cui scorre il torrente epiglaciale costituente il ramo destro del Rio Marè, fuoriuscendone in parte, secondo direzioni tangenti verso SE, ed andando così a sormontare alcune prominente rocciose tra le quote di 2.800 e 2.600 metri.

Gli accumuli di maggior evidenza, a forma subtriangolare, incastrati in morfologie depresse legate a vecchi percorsi glaciali, con morene laterali ben visibili, si riscontrano nella parte sommitale dell'accumulo (quota 2.800) e nella parte terminale del canale (quota 2.300 m). Il deposito franoso, che sui lati si rastrema sino ad annullarsi, ha riempito l'intera incisione per uno spessore massimo di circa 20-25 m. Ad est del corpo centrale la carta evidenzia due lobi posti a 2.650 metri e 2.330 metri che vanno rispettivamente a sovrapporsi a creste di morena della piccola età glaciale (fig. 3) ed a circa 150 metri della carrozzabile che sale al rifugio V° Alpini (fig. 4). Il rilevamento di terreno ha permesso di evidenziare come alcuni blocchi isolati si siano spinti in un raggio di qualche decina di metri all'intorno del corpo principale. Il detrito a grossi blocchi costituente il piede dell'accumulo presenta pezzatura estremamente eterogenea, con numerosi blocchi di volume tra



1. Cartografia dell'evento di frana.



2. Cima della Thurwieser.

10 e 20 m³ (fig. 5). Nell'accumulo di frana sono state rinvenuti frammenti di roccia fortemente alterata, con caratteristiche meccaniche assai precarie, simili a quelle di una sabbia ghiaiosa scarsamente cementata. Nella parte terminale della Vedretta di Zebrù (2.900 m circa) il crollo ha determinato un deposito di scarsa potenza (mediamente 50 cm) con presenza di blocchi metrici che testimoniano la presenza di ghiaccio nelle fratture della punta Thurwieser (fig. 6).

Al fine di poter procedere con una sommaria stima dei volumi coinvolti si è provveduto a confrontare l'areale dell'accumulo con la situazione della nicchia di distacco (a questo proposito è assai utile il confronto tra figure 7 ed 8 scattate rispettivamente prima e dopo il collasso). Per una migliore definizione l'area di accumulo è stata suddivisa in 3 zone con deposito decimetrico (compreso fra 0 e 0,3 m), submetrico

(compreso fra 0,3 ed 1 metro) ed aree con potenza maggiore (superiore al metro). Ricostruendo dalla cartografia esistente il profilo trasversale medio della Val Marè, anteriormente all'evento, e valutando il deposito attualmente presente (che in alcune limitate zone raggiunge anche i 15-20 metri) si è ipotizzato per quest'ultima area uno spessore medio del deposito pari a 7-8 metri. Sulla base di quanto detto, nonché di un fattore di rigonfiamento del 30%, è possibile valutare un volume di crollo di circa 1-1,2 milioni di mc. Tale valutazione ridimensiona in maniera significativa le precedenti stime variabili fra 5 e 15 milioni di mc. Va sottolineato come, un crollo di 5-15 milioni di mc, porterebbe a sopporre una potenza media, dell'accumulo principale, variabile fra 35 e 120 metri. È immediatamente evidente che tali spessori non sono compatibili con la situazione rilevata in Val Marè.



3. Sovrapposizione del deposito di frana alle morene della piccola età glaciale.



4. Il deposito di frana ha interrotto la carrozzabile che sale al rifugio V Alpini.



5. Si noti la dimensione dei massi presenti in prossimità della carrozzabile.

Analisi climatica e sismica

Al fine di ipotizzare le cause dell'insacco del franamento si sono analizzate le possibili componenti ambientali. Come già accennato il fenomeno ha avuto un'evoluzione repentina, anche se, dalle testimonianze raccolte, sembra che nel corso dell'estate si siano verificate a più riprese scariche di materiale dal



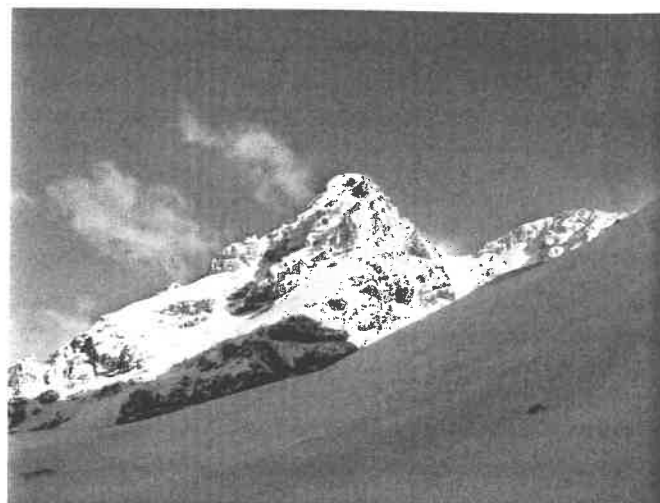
6. Blocco, con presenza di ghiaccio, staccatosi dalla Thurwieser.

versante, al punto da sconsigliare la via alpinistica. A posteriori questi fenomeni possono essere interpretati come indicatori di una più vasta instabilità, ma in realtà non sono disponibili dati e osservazioni sullo stato dell'ammasso roccioso prima del collasso, né sull'eventuale presenza di precursori di instabilità, quali fessurazioni o crolli di volumi rilevanti. Il meccanismo del franamento, di seguito descritto, ha indotto a ipotizzare il possibile innesco a seguito di eventi sismici, non rari in questa zona delle Alpi. Il bormiense è infatti caratterizzato da una discreta attività sismica con numerosi eventi registrati nell'area compresa tra l'Alta Valtellina, la Valfurva e l'Engadina. In particolare nel biennio 1999-2000 si sono localizzati nell'area compresa tra Bormio e l'Ortles numerosi epicentri, alcuni con magnitudo significativa - valore massimo 4.9 (29 dicembre 1999) - quindi sentiti dalla popolazione residente. Si sono pertanto richieste informazioni all'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) circa il rilevamento strumentale di "eventi pre-frana" di entità tale da correlare con il crollo, ma nessun evento significativo è stato registrato (Augliera comunicazione personale). Più interessante risulta invece l'analisi della situazione meteo climatica come risulta dall'analisi delle due tabelle sotto riportate, relative alle stazioni di Ruinon e di Prese Frodolfo distanti rispettivamente circa 7 e 6 km circa dalla punta Thurwieser.

I dati riportati indicano abbastanza chiaramente come nel corso dei giorni antecedenti il collasso il regime termico abbia subito una drastica variazione il giorno 17 settembre con un aumento consistente delle tempera-



7. La Cima della Thurwieser dopo l'evento di frana.



8. La Cima della Thurwieser prima dell'evento di frana (foto L. Martinelli).

I. Stazione Ruinon (quota 2.140).

	11/09/04	12/09/04	13/09/04	14/09/04	15/09/04	16/09/04	17/09/04	18/09/04
T °C aria minima	4.8	4.7	3.7	3.0	1.7	0.6	0.7	2.2
T °C aria massima	15.6	6.3	8.5	9.3	10.7	8.5	13.5	16.1
Escursione termica	10.8	1.6	4.8	6.3	9.0	7.9	12.8	13.9
Piogge cumulate	0.2 mm	13.6 mm	0.0 mm	13.2 mm	9.4 mm	9.8 mm	0.0 mm	0.0 mm

II. Stazione Prese Frodolfo (quota 1.250).

	11/09/04	12/09/04	13/09/04	14/09/04	15/09/04	16/09/04	17/09/04	18/09/04
T °C aria minima	10.3	9.1	8.5	6.8	6.3	5.3	4.7	5.3
T °C aria massima	19.5	12.0	14.0	13.9	13.2	11.6	15.4	16.9
Escursione termica	9.2	2.9	5.5	7.1	6.9	6.3	10.7	11.6
Piogge cumulate	0.0 mm	11.0 mm	0.0 mm	10.2 mm	9.4 mm	4.2 mm	0.0 mm	0.0 mm

ture. Forse ancor più significativo è il dato relativo all'escursione termica che ha il valore massimo di 13.9 gradi proprio il 18 settembre, giorno dell'evento. Meno significative appaiono invece le precipitazioni con entità complessivamente abbastanza ridotta (massima precipitazione cumulata giornaliera 13.6 mm il 12 settembre), anche su base settimanale con valori cumulati settimanali di 46.2 mm per Ruinon e 34.8 mm per Prese Frodolfo. Mancando una stazione di rilevamento in quota è abbastanza aleatorio proporre stime di temperature e piogge per l'area della nicchia, anche se utilizzando un gradiente medio di 0.6° C per ogni 100 m di quota è presumibile che le precipitazioni nella zona di nicchia siano state essenzialmente nevose, quindi con accumulo di un piccolo spessore di neve in seguito soggetto a fusione per repentino aumento delle temperature. Va inoltre ricordato che l'esposizione a sud della

nicchia di frana e il colore scuro della roccia di certo hanno contribuito ad elevare la temperatura degli affioramenti su cui poggiava la neve.

Dinamica dell'evento

In totale assenza di precipitazioni, intorno alle ore 13:40 del 18 settembre, si è verificato il crollo per ribaltamento e caduta libera (per almeno 250 m) di importanti masse rocciose dal contrafforte sud est di cima Thurwieser. L'elevata pendenza e la presenza di una lingua glaciale nella zona immediatamente a valle della nicchia hanno determinato uno scarso accumulo di materiale detritico che è invece traslato verso le quote minori. Gran parte del materiale mobilizzato si è "incanalato" nel sottostante rio Marè, tribu-

tario di destra del torrente Zebrù, generando una sequenza di processi che, nell'arco di poche decine di secondi, hanno portato a un cospicuo deposito di detriti soprattutto in prossimità della base del vallone predetto. Il fronte dei materiali di caduta si è in massima parte attestato intorno a quota 2.220, ovvero 300 metri a monte della località Baita del Pastore, ove transita la pista che conduce al Rifugio V° Alpini. Anche una presa idroelettrica posta all'incirca alla stessa quota della baita, in destra idrografica del rio Marè non è stata, per il momento interessata. Secondo un testimone oculare¹ la massa di frana sembra essere precipitata in modo improvviso e senza alcun segno premonitore: la medesima indicazione si ha osservando il filmato disponibile.

Al processo di prevalente *rockfall* è conseguito, perché imposto dalla sottostante morfologia, il convogliamento per rotolio e caduta delle porzioni di roccia e detrito (*rock avalanche*) che con infiniti urti reciproci sprigionavano, come in una reazione a catena, una densa nube di polveri e nell'istante successivo si è sviluppato un fenomeno di colata detritica a grossi blocchi (incluse porzioni con residui glacionivali) sovrascorso sull'accumulo di base, nel settore medio-alto, coinvolgente un volume assai minore di quello prodottosi per libera caduta a gravità nell'istante precedente. Tale morfologia è evidenziabile per un cordolo bilaterale a grossi blocchi che si raccorda frontalmente a un lobo arcuato di arresto.

La velocità complessiva del fenomeno può verosimilmente stimarsi superiore a 30 m/s (in alcuni tratti superiore a 40 m/s), come nella norma per fenomenologie di questo tipo.

Possibili cause d'innescio

Considerata la quota a cui è avvenuto il distacco e l'esposizione del versante si ritiene che particolarmente significativa sia l'azione degli agenti atmosferici, in particolare i cicli di gelo-disgelo, in concomitanza con l'instaurarsi del *permafrost* a profondità non note entro la compagine rocciosa. Se, per quanto detto nel paragrafo dedicato agli eventi sismici e climatologici, sono da escludersi cause legate a scosse sismiche e precipitazioni meteoriche, non altrettanto può dirsi per le condizioni determinate dai repentini aumenti di temperatura nei giorni precedenti la frana. Per quanto riguarda l'ipotesi dello scioglimento del *permafrost* sarà indispensabile approfondire l'analisi con ulteriori dati. È in corso di analisi la possibilità di

installare una stazione di rilevamento meteo-climatico presso il rifugio V° Alpini (quota 2.878).

Ipotesi su evoluzione futura e sviluppi del fenomeno

Alla data del sopralluogo erano ancor frequenti le scariche di "assestamento" collegate a detrito ancora instabile sottostante la zona di distacco. A giudicare dall'intensità, durata e frequenza dei boati (anche una scarica al minuto) si può argomentare che nelle ore centrali della giornata masse di diverse decine di metri cubi siano ancora discese sino a zone di temporanea rottura di pendio, per poi ridiscendere sino a una quota di riposo successiva. Crolli di assestamento sia in parete che, ancor più facilmente, nel canale detritico avvengono tuttora e certamente riprenderanno nelle stagioni tardoprimaverili ed estive negli anni seguenti, come casi analoghi, già osservati in Piemonte e Valle d'Aosta, lasciano supporre. Il materiale detritico di neo-apporto che attualmente invade il fondo e colma in gran parte l'incisione del rio Marè è destinato, in condizioni di deflusso ordinario, a interdigitarsi con apporti alluvionali soprastanti dal ramo destro e soprattutto sinistro del corso d'acqua. Certamente sarà inciso a sua volta e andrà a generare apporti consistenti di materiale solido alla fuoruscita dalla gola montana e lungo il piccolo conoide che oggi ne precede la confluenza nel Zebrù. Nel caso non improbabile di un evento di piena parossistica connesso a un forte temporale accompagnato da temperature straordinariamente elevate in quota e caduta di pioggia sul ghiacciaio soprastante, lo scenario che si prospetta è tipicamente di *dam break* e ne andrebbero verificati gli effetti (certamente critici) sulla base di opportuna modellistica di calcolo.

Per la fattiva collaborazione si ringraziano: Paolo Augliera (INGV), Fabrizio Bigioli, Luca Martinelli, Raffaele Occhi, Michele Russo, Laura Turconi

¹ Augusto Vitalini, intervistato in proposito, ha riferito che intorno alle 13:40 di sabato 18 settembre accudiva alla proprie faccende in prossimità della Baita del Pastore quando avvertiva improvvisamente un intenso e prolungato rumore «simile a quello di un elicottero che volava a bassa quota». Pochi istanti dopo vedeva il cielo oscurarsi per una densa nube di polvere scura e preso da comprensibile paura correva al riparo dietro un muro. Tutto sarà durato un minuto al massimo. Altro testimone, alle Baite Campo, circa 2 km a valle, avvertiva egualmente il fenomeno e percepiva un intenso odore "di polvere di calcare" sprigionatosi dall'impatto reciproco dei blocchi detritici, con effetti simili a un'esplosione come ben documentato da un videoamatore occasionale presente alla scena.