

CLAUDIO SMIRAGLIA (*)

MISURE DI VELOCITÀ SUPERFICIALE AL ROCK GLACIER ORIENTALE DI VAL PISELLA (GRUPPO DEL CEVEDALE, ALTA VALTELLINA) (**)

Abstract: SMIRAGLIA C., *Determination of surface velocity on the Val Pisella Eastern Rock Glacier (Upper Valtellina, Central Alps)* (ISSN 0084-8948, 1989).

The preliminary results of determination of surface velocity between 1986 and 1988 on the Val Pisella Eastern Rock Glacier (Upper Valtellina, Italy) are here reported. The maximum horizontal velocity is 40 cm per year in the central and upper part of the rock glacier tongue and it decreases toward the frontal and lateral margins. The flow vectors are perpendicular to the contour lines in the lowest sector of the tongue. From speed data, it is inferred that the rock glacier is some thousands years old.

KEY WORDS: Rock glacier, Periglacial geomorphology, Valtellina (Alps).

Riassunto: SMIRAGLIA C., *Misure di velocità superficiale al rock glacier Orientale di Val Pisella (Gruppo del Cevedale, Alta Valtellina)* (ISSN 0084-8948, 1989).

Vengono riportati i primi risultati delle misure di velocità superficiale effettuate fra il 1986 e il 1988 sul *rock glacier* orientale di Val Pisella in Alta Valtellina. Si sono registrate velocità massime di 40 cm all'anno nel settore centrale e più elevato della colata, mentre verso i bordi la velocità è praticamente nulla. Si sono anche evidenziate linee di flusso divergenti verso la parte terminale del *rock glacier*. Tenendo conto delle velocità misurate, si ipotizza che la formazione del *rock glacier* sia precedente alla Piccola Glaciazione.

TERMINI CHIAVE: Rock glacier, Morfologia periglaciale, Valtellina (Alpi).

INTRODUZIONE

La determinazione della velocità superficiale dei *rock glaciers*, e quindi della loro più o meno accentuata attività, è sicuramente uno dei temi di ricerca più interessanti di questo settore della geomorfologia. Nell'ambito dell'attività della Sezione Glaciologica del Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia CNR si è quindi deciso di intraprendere questo tipo di studio su un deposito detritico delle Alpi Lombarde, il *rock glacier* Orientale di Val Pisella. Situata in Alta Valfurva ai piedi delle Cime dei Forni (3 247 m), questa formazione è già stata oggetto di ricerca in varie occasioni (SMIRAGLIA, 1985; G.N.G.F.G., 1987). Durante lo *stage* del 1986 sono stati collocati un complesso di basi fisse di misura all'esterno della colata e una serie di punti di riferimento sulla sua superficie. Questi ultimi, in numero di cinquanta, risultano distribuiti in quattro transetti principali, dalla fronte (quota variante fra 2 825 e 2 848 m) fino a 2 970 m.

Le misure sono state effettuate con distanziamento ad onde WILD DI 4 (precisione ± 5 mm) e un teodolite WILD T 16 (approssimazione 0,001). Il rilievo, diretto dal geom. G. STELLA del Compartimento ENEL di Milano, è stato ripetuto nell'Ottobre 1988 e i risultati vengono presentati in questa nota.

RISULTATI DEL RILIEVO

Nell'Ottobre 1988 tutti i punti sono stati ribattuti (fig. 1) mediante misura diretta delle distanze e dei dislivelli e mediante misura calcolata, usando le basi di appoggio e gli angoli azimutali relativi. Per ogni punto è stato così ottenuto il vettore di spostamento 1986-1988. I valori medi annuali vanno da minimi di qualche millimetro a un massimo di 42 cm. Tenendo conto delle condizioni di operatività sul terreno (spostamenti difficili e posizioni quasi

(*) *Cattedra di Geografia dell'Università «G. D'Annunzio» di Chieti - Sede di Pescara.*

(**) *Ricerca effettuata con fondi MPI 60%. L'autore ringrazia il geom. G. STELLA che ha diretto i rilievi topografici del 1986 e del 1988, utilizzando la strumentazione gentilmente concessa dall'ENEL - Compartimento di Milano, e tutti coloro che hanno collaborato ai rilievi stessi (F. BARANZELLI, A. CASATI, G. CATASTA, C. POZZOLI, C. VOLTOLINI). Si ringrazia inoltre la Direzione e le guardie del Parco Nazionale dello Stelvio per l'insostituibile supporto logistico. Un ringraziamento infine al prof. G. OROMBELLI per gli utili scambi di idee e per la lettura critica del testo.*



FIG. 1. Battuta dei punti di riferimento per misura delle velocità superficiali al *rock glacier* Orientale di Val Pisella; a destra è visibile la ripida fronte della colata detritica (foto SMIRAGLIA, 17 Settembre 1988).

impraticabili che possono favorire errori, soprattutto nella verticalità dei prismi), si è deciso di non considerare le variazioni al di sotto dei 5 cm. Interpolando i valori medi annuali si sono tracciate le isolinee delle velocità superficiali (fig. 2 A). Dal disegno si può osservare come le velocità più elevate siano rilevabili nel settore superiore della colata e nella sua parte centrale, in corrispondenza delle inclinazioni più accentuate; in questa zona, dove sono localizzati i solchi longitudinali e mancano invece gli archi concentrici che caratterizzano il settore inferiore, avremmo un flusso distensivo. Verso valle e verso i margini esterni la velocità superficiale si riduce fino ad annullarsi nella zona frontale. Va tuttavia sottolineato il diverso comportamento dinamico di quest'area. L'isolinea 10 cm a^{-1} coincide quasi esattamente con il bordo superiore della fronte che è quindi in movimento, anche se lento, mentre il limite inferiore è praticamente immobile. Si osservi anche come lungo le fasce laterali del *rock glacier*, in corrispondenza dei due rilevati cordoni longitudinali, e particolarmente sulla sinistra idrografica, la velocità sia nulla. Interpolando i vettori misurati si sono tracciate le principali linee di flusso (fig. 2 B). Si osservi come le linee, parallele all'asse longitudinale della colata nel settore superiore, tendono sempre più a divergere nel tratto inferiore e nei pressi della fronte, dove si pongono quasi trasversalmente. Se si confronta la figura 2 B con lo schizzo geomorfologico della figura 6 pubblicato in G.N.G.F.G. (1987) si constata una buona coincidenza dei risultati. Numerosi sono infatti i blocchi, specialmente nel settore sinistro inferiore, che presentano un orientamento divergente rispetto all'asse longitudinale della colata. Il terzo elemento che emerge dal rilievo topografico è rappresentato dalle variazioni di altezza dei singoli punti, che sono comprese fra un massimo positivo di 5 cm a^{-1} e un massimo negativo di 30 cm a^{-1} .

I dati raccolti durante i rilievi topografici del 1986 e del 1988 consentono di introdurre altri tipi di problemi di particolare interesse, fra i quali spicca sicuramente l'età di formazione del *rock glacier*. Conoscendo infatti la velo-

cità e la distanza massima percorsa dai detriti (in pratica la lunghezza della colata), si dovrebbe ottenere una datazione di quando il detrito ha cominciato a fluire. Il problema è però piuttosto complesso. Si dovrebbe innanzitutto ritenere che la velocità non abbia subito variazioni sensibili nel tempo, assunto sul quale numerosi Autori concordano (MILLER, 1973; HAEBERLI & *alii*, 1979; HAEBERLI, 1985) mentre altri (come BARSCH & HELL, 1976; BARSCH, 1983) esprimono perplessità. In secondo luogo quale velocità utilizzare? Raramente vi è infatti coincidenza fra la velocità superficiale misurata e lo spostamento in massa del corpo detritico. Secondo WAHRHAFTIG & COX, 1959, la morfologia della fronte dei *rock glaciers* può fornire utili indizi sulla distribuzione verticale delle velocità. In particolare la velocità annua superficiale dovrebbe essere corretta secondo la formula $\bar{X} = \bar{V}_s (1 - h_t)$, dove \bar{V}_s è la velocità superficiale media parallela al pendio e h_t è il rapporto fra l'altezza del *talus* detritico ai piedi della fronte e l'altezza totale della fronte stessa.

Va infine sottolineato l'ambito morfocronologico nel quale è collocato il *rock glacier*. Per quanto riguarda la Val Pisella, il *rock glacier* Orientale è situato in un vallone al cui sbocco è posto un imponente e complesso cordone morenico, che per i suoi caratteri di morfologia e di copertura vegetale, può essere genericamente attribuito al Tardiglaciale. Ai piedi della morena si trova un *rock glacier* completamente inerbato e dalle forme smussate, la cui fronte si arresta a 2 650 m circa.

Pur tenendo conto delle osservazioni sopra riportate, è comunque possibile con i dati a disposizione ipotizzare un'età di formazione del *rock glacier*. Utilizzando come lunghezza massima un valore di 450 m, si può considerare una velocità superficiale media nel filone centrale di 20 cm a^{-1} oppure di 30 cm a^{-1} . Con $h_t = 0,3$ (si veda la descrizione della fronte in G.N.G.F.G., 1987), i valori sopra indicati andrebbero corretti rispettivamente in 14 cm a^{-1} e in 21 cm a^{-1} . Il tempo di trasporto del detrito dalla sommità alla fronte varierebbe quindi da 3 214 anni nel pri-

mo caso a 2 143 anni nel secondo. Siamo comunque abbondantemente al di fuori della Piccola Glaciazione, in accordo con quasi tutti gli Autori (BARSCH, 1969; WHITE, 1971; EVIN, 1983; HÖLLERMANN, 1983; HAEBERLI 1985; G.N.G.F.G., 1987), i quali ritengono che lo sviluppo dei *rock glaciers* attualmente attivi di medie dimensioni sia avvenuto lungo buona parte dell'Olocene.

Una conferma dell'ordine di grandezza indicato può venire anche dal calcolo delle portate. Il volume apparente del materiale che costituisce il *rock glacier* Orientale di Val Pisella (comprendendo dunque anche il ghiaccio interno) può essere valutato assumendo un'area di 90.000 m² e uno spessore minimo per tutta la colata di 15-20 m (lo spessore massimo della fronte è di 14 m); si otterrebbe un valore oscillante fra 1.350.000 m³ e 1.800.000 m³. Considerando una sezione trasversale nella parte superiore del *rock glacier* con un'area di circa 3 000 m², deriverebbero por-

dimensioni temporali sopra indicate, darebbe un tasso di erosione variante fra i 3,5 mm a⁻¹ e 2,3 mm a⁻¹ (in realtà tali valori dovrebbero essere ridotti in relazione alla presenza del ghiaccio, che dovrebbe costituire una percentuale notevole del volume del *rock glacier*, indicazioni sulle relazioni quantitative fra detrito e ghiaccio, nonché sulle caratteristiche di quest'ultimo, dovrebbero derivare dai rilievi geoelettrici previsti per l'estate 1989).

CONCLUSIONI

Il rilievo topografico sul *rock glacier* Orientale di Val Pisella, ripetuto a distanza di due anni, ha evidenziato senza alcun dubbio l'esistenza di un movimento superficiale arealmente differenziato e ha confermato l'attuale fase di atti-

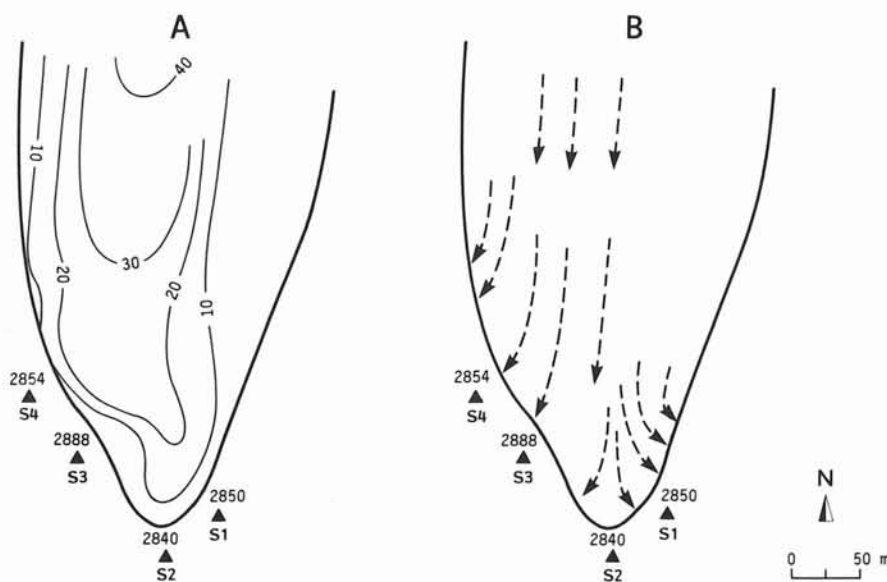


FIG. 2. *Rock glacier* Orientale di Val Pisella. Distribuzione delle velocità superficiali in cm a⁻¹ (A); principali linee di flusso (B).

tate comprese all'incirca fra 420 e 630 m³ a⁻¹. Correlando il volume totale e la portata annua, si otterrebbero, sempre ipotizzando che la velocità non abbia subito variazioni sostanziali, età comparabili con quelle precedentemente indicate (fra i 2 000 e i 4 000 anni BP circa). Va infine aggiunto che piccole morene, attribuibili alla Piccola Glaciazione, sono localizzate a quote più elevate del *rock glacier* ai bordi del circo che si apre verso NW.

Il detrito che costituisce il *rock glacier* Orientale di Val Pisella è stato evidentemente rimosso dalle pareti circostanti, che costituiscono un vero e proprio bacino di alimentazione. Utilizzando la formula $T_{vs} = T_{rg} \times R$ (WAHRHAFTING & COX, 1959), dove T_{vs} è lo spessore di roccia rimosso dalle pareti, T_{rg} è lo spessore del *rock glacier* e R il rapporto fra l'area del *rock glacier* e l'area del bacino di alimentazione, si ottengono indicazioni sul tasso di erosione. T_{vs} risulta infatti pari a 7 m, il che rapportato alle

velocità della colata, come era già stato ipotizzato in base a criteri morfologici e vegetazionali. È quindi opportuno che questo tipo di ricerca venga continuato sullo stesso corpo detritico e su altri *rock glaciers*, pur con i necessari perfezionamenti (vanno ridotti ad esempio i margini di errore delle misure sostituendo i segnali a vernice con supporti metallici che possano sorreggere i prismi senza oscillazioni e va ampliata la rete dei punti di misura). Sarà inoltre utile un monitoraggio aerofotogrammetrico per avere conferme sulle velocità superficiali e soprattutto indicazioni sulle loro variazioni nel tempo, almeno per quanto riguarda gli ultimi decenni. I risultati emersi dal rilievo topografico, uniti ad altri dati di terreno (in particolare sulla morfometria della fronte), si sono rilevati di notevole importanza anche per una prima quantificazione, seppure a livello di ordine di grandezza, di alcuni caratteri del *rock glacier*, come l'età di formazione e il tasso di erosione.

BIBLIOGRAFIA

- BARSCHE D. (1969) - *Studien und Messungen an Blockgletscher in Macun, Unterengadin*. Zeit. Geom., 8, 11-30.
- BARSCHE D. (1983) - *Blockgletscherstudien, Zusammenfassungen und offene Probleme*. Akad. Wiss. Göttingen Abh. Math., Phys. Kl., 35, 133-150.
- BARSCHE D. & HELL G. (1976) - *Photogrammetrische Bewegungsmessungen am Blockgletscher Murtel 1, Oberengadin, Schweizer Alpen*. Zeit. Gletscherk. Glazialgeol., 11, 111-142.
- EVIN M. (1983) - *Structure et mouvement des glaciers rocheux des Alpes du Sud*. Thèse 3^{ème} cycle Université de Grenoble, Institut de Géographie Alpine, 343 pp.
- GRUPPO NAZIONALE GEOGRAFIA FISICA E GEOMORFOLOGIA CNR (1987) - *Nuovi dati per lo studio dei rock glaciers del gruppo Ortles-Cevedale (Alpi)*. Riv. Geogr. It., 94, 425-450.
- HAEBERLI W. (1985) - *Creep of mountain permafrost. Internal structure and flow of alpine rock glaciers*. E.T.H., Zürich, 142 pp.
- HAEBERLI W., KING L. & FLOTTRON A. (1979) - *Surface movement and lichen-cover studies at the active rock glacier near the Grubengletscher, Wallis, Swiss Alps*. Arctic Alpine Res., 11, 421-441.
- HÖLLERMANN P. (1983) - *Blockgletscherstudien in europäischen und nordamerikanischen Hochgebirgen*. Akad. Wiss. Göttingen Abh. Math., Phys. Kl., 35, 116-119.
- MILLER C. D. (1973) - *Chronology of neogacial deposits in the Northern Sawatch Range, Colorado*. Arctic Alpine Res., 5, 385-400.
- SMIRAGLIA C. (1985) - *Contributo alla conoscenza dei rock glaciers delle Alpi Italiane: i rock glaciers del Monte Confinale (Alta Valtellina)*. Riv. Geogr. It., 92, 117-140.
- WAHRHAFTIG C. & COX A. (1959) - *Rock glaciers in the Alaska Range*. Bull. Geol. Soc. Am., 70, 383-436.
- WHITE S. E. (1971) - *Rock glaciers studies in the Colorado Front Range*. Arctic Alpine Res., 6, 43-64.

I.G.U. JOINT MEETING - ITALY 1988

Comunicazioni presentate al Simposio dei Gruppi di Lavoro dell'Unione Geografica Internazionale (U.G.I.) «Cartografia e rilevamento geomorfologici», «Geomorfologia delle pianure fluviali e costiere», «Morfotettonica» tenutosi a Firenze, Modena e Padova, 28 Maggio - 3 Giugno 1988.

Il tema principale del Simposio era «Rischio e pericolosità geomorfologici». Le comunicazioni inerenti questo tema sono in pubblicazione in un volume dei «Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria» - Supplemento II, 1989 (a cura di C. EMBLETON, P.R. FEDERICI & C. RODOLFI).

Un resoconto del Simposio è pubblicato su questo numero della rivista e rapporti specifici sono stati preparati e diffusi dai Presidenti dei Gruppi di Lavoro dell'U.G.I. (C. EMBLETON, M. OYA, M. PANIZZA).

Papers presented at the Symposium held in Firenze, Modena and Padova (Italy) 28 May - 4 June 1988 and arranged jointly by the I.G.U. (International Geographical Union) Working Groups «Geomorphological Survey and Mapping», «Geomorphology of fluvial and coastal plains», «Morphotectonics».

The theme of the Symposium was on Geomorphological Hazards. Publication of a volume of papers associated with the Symposium and on the theme of «Geomorphological Hazards» is planned for 1989 in the «Supplementi di Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria», Supplemento II, 1989 (C. EMBLETON, P.R. FEDERICI & G. RODOLFI editors).

A report of the Symposium is published in this number of the journal. Other reports were compiled by the Chairmen of the I.G.U. Working Groups (C. EMBLETON, M. OYA, M. PANIZZA).