

CONTRIBUTO ALLA CONOSCENZA DEI ROCK GLACIERS DELLA VALLE D'AOSTA SETTENTRIONALE E OCCIDENTALE

C. Vanuzzo

Dipartimento di Scienze della Terra e CNR Centro di Studio per la Geodinamica Alpina e Quaternaria, Milano

RIASSUNTO - *Contributo alla conoscenza dei rock glaciers della Valle d'Aosta settentrionale e occidentale* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 57-64 - Questo articolo rappresenta un contributo alla conoscenza della distribuzione e dei parametri morfometrici dei *rock glaciers* nel settore settentrionale e occidentale della Val d'Aosta. I dati analizzati sono stati ottenuti mediante l'analisi di foto aeree e indagini sul terreno. Per i 156 *rock glaciers* censiti è stata effettuata l'analisi statistica dei parametri morfometrici. È stata trovata una relazione significativa tra l'altitudine della isoterma annuale -1°C e la quota minima della fronte dei *rock glaciers* attivi. Con maggior dettaglio sono descritti il *rock glacier* del Lac Mort in Valpelline e quello del Lac de Goillet in Valtournanche, due forme particolarmente interessanti con caratteristiche morfologiche (fronte ripida, profilo superficiale convesso, copertura vegetale assente o scarsa), che permettono di classificarle come attive.

ABSTRACT - *Contribution to the knowledge of rock glaciers in northern and western Aosta Valley (NW Italy)* - Il Quaternario, 7(1), 1994, 57-64 - This paper focusses on the distribution and the morphometric parameters of rock glaciers in northern and western Val d'Aosta. A statistical evaluation of morphological features of 156 rock glaciers, identified from aerial photographs and during field surveys, indicates a significant correlation between the altitude of the -1°C annual isotherm and the lowest altitude of the front of active rock glaciers. The rock glaciers of Lac Mort in Valpelline and Lac de Goillet in Valtournanche are described in detail; their convex surface, with a markedly steep front and the absence of vegetation allows them to be classified as active rock glaciers.

Parole chiave: *Rock glaciers*, permafrost, Val d'Aosta.
Key-words: Rock glaciers, permafrost, Val d'Aosta.

1. INTRODUZIONE

Questa nota rappresenta un contributo alla conoscenza dei *rock glaciers* della Valle d'Aosta per quanto riguarda la loro distribuzione ed i parametri morfometrici che li caratterizzano.

Negli ultimi anni l'interesse per i *rock glaciers* è andato crescendo; indagini sul terreno e analisi di foto aeree hanno permesso di rilevare la notevole frequenza di questo fenomeno e di considerare quindi i *rock glaciers* forme caratteristiche dell'ambiente alpino e più in generale di tutti i sistemi montuosi caratterizzati da un clima sufficientemente secco e freddo: temperatura media annua e precipitazioni inferiori a 1°C e 2500 mm rispettivamente (Haeberli, 1985).

L'attenzione è rivolta allo studio della loro struttura interna, del meccanismo di flusso ed in particolare del loro significato come indicatori dell'esistenza di permafrost discontinuo.

Il termine *rock glaciers* indica "lingue di detrito che lentamente fluiscono o hanno fluito lungo versanti o nei fondovalle". I *rock glaciers* sono alimentati da coni, falde detritiche oppure da morene.

Si possono distinguere forme attive ed inattive; le prime sono tuttora dotate di movimento, presentano profilo superficiale convesso, fronte ripida, copertura vegetale e/o lichenica scarsa o assente, superficie instabile, sono localizzate al di sopra della quota a cui si incontra l'isoterma media annua -1°C e sono tuttora dotate di

movimento, le seconde sono ubicate a quota più bassa e sono ormai stabilizzate.

Lo studio in oggetto ha interessato i versanti nord e occidentale della Valle d'Aosta, su una superficie di circa 1280 km².

Le valli prese in esame sono state: la Val Ferret, la Val Veni, la Valle di Ollomont, la Valpelline, la Valle di St. Barthelemy, la Valtournanche, la Val d'Ayas, la Valle di Gressoney.

I *rock glaciers* sono stati individuati tramite l'analisi di foto aeree alla scala 1:15000 e, in parte, controllati sul terreno. La loro distribuzione è stata riportata sui fogli alla scala 1:100000. In Figura 1 è indicata la localizzazione delle forme individuate nella zona oggetto d'indagine.

Per ogni *rock glacier* è stata compilata una scheda, sulla quale sono stati riportati i dati morfologici e morfometrici utilizzati per elaborazioni statistiche.

I litotipi sui quali sono sviluppati in larga prevalenza i *rock glaciers* oggetto di questa ricerca sono schematicamente riassumibili come segue (Ministero Agricoltura e Foreste, *Carta della Montagna*, 2, 1976):

- Graniti, che costituiscono il massiccio del Bianco e la Serie di Arolla, che affiora nei rilievi che circondano la Valpelline e costituisce la base della cuspide del Cervino;

- Ofioliti e Pietre Verdi, che costituiscono con i calcescisti il Complesso dei Calcescisti con Pietre Verdi, che affiorano fra i massicci del Monte Rosa e del Gran Paradiso;

- Gneiss minuti, occhiadini e quarziticci, micascisti

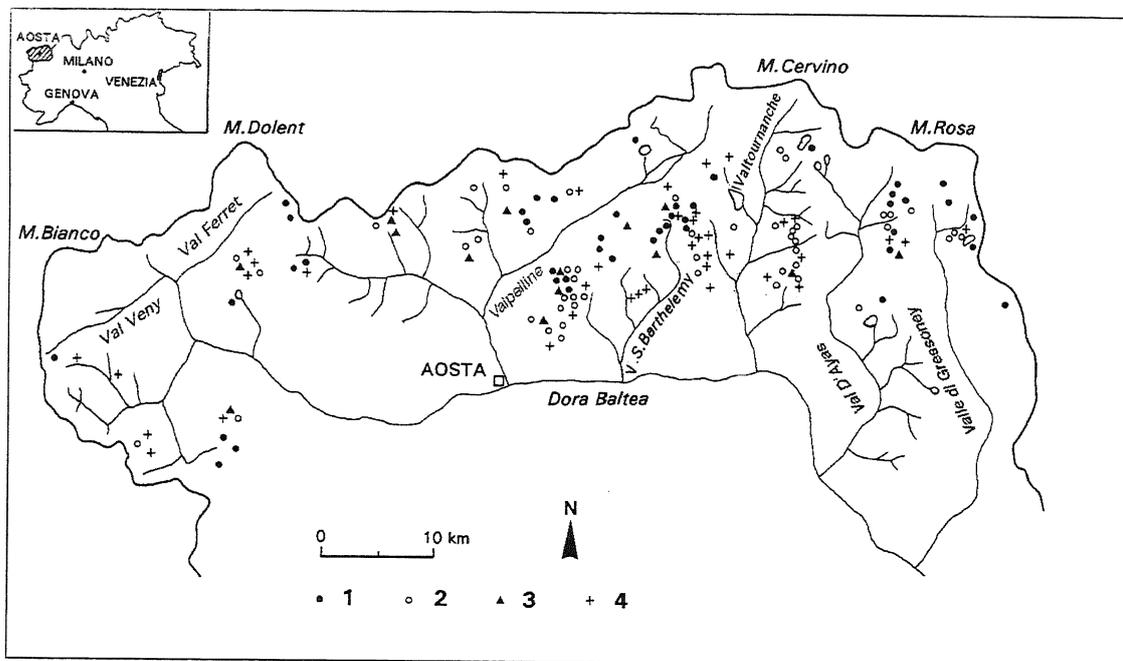


Fig. 1 - Localizzazione dei *rock glaciers* censiti: 1) *rock glaciers* attivi; 2) *rock glaciers* inattivi; 3) *rock glaciers* con attività incerta; 4) *rock glaciers* dubbi.

Location of the studied *rock glaciers*: 1) active *rock glaciers*; 2) inactive *rock glaciers*; 3) *rock glaciers* with uncertain activity; 4) dubious *rock glaciers*.

gneissici, granatiferi ed eclogitici, filladi, che affiorano nella zona Sesia-Lanzo ed in Valpelline, dove insieme alla Serie di Valpelline costituiscono l'elemento superiore della falda Dent Blanche.

Tutti i litotipi sopra descritti, pur offrendo una diversa resistenza agli agenti esogeni, sono sottoposti a fenomeni di degradazione, con la conseguente formazione di accumuli detritici ai piedi dei versanti, che vanno ad alimentare coni, falde detritiche e *rock glaciers*.

A questo proposito Barsch (1983) evidenzia il fatto che i *rock glaciers* sono presenti prevalentemente in sistemi montuosi costituiti da rocce cristalline, mentre sono più rari quelli costituiti da detriti provenienti da rocce sedimentarie.

2. AUTORI PRECEDENTI

La prima descrizione di un *rock glacier* risale al 1833 ed è dovuta a Steenstrup che descrisse il fenomeno in Groenlandia (Humlum, 1982), il termine *rock glacier* fu però coniato da Capps nel 1910 a seguito di studi svolti in Alaska. In Italia ritroviamo una prima nota di Herman (1929) su *rock glaciers* della Valsavaranche e di Nangeroni (1929), un lavoro successivo è quello di Capello (1947). Per quanto riguarda la panoramica internazionale, molto interessante è lo studio pubblicato nel 1959 da Wahrhaftig & Cox, che forniscono una valida interpretazione per la struttura interna e il meccanismo di flusso.

La letteratura più recente è ricca di pubblicazioni;

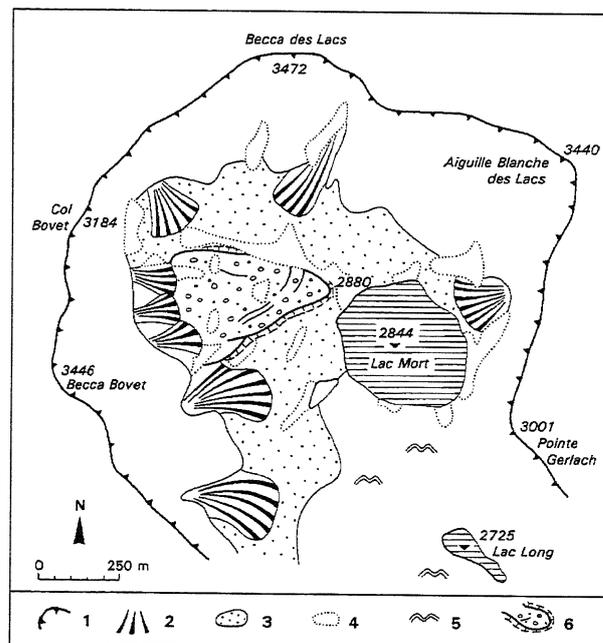


Fig. 2 - Schizzo geomorfologico dell'area in cui è localizzato il *rock glacier* del Lac Mort, Valpelline. Litologia del substrato: Gneiss a facies kinzigitica; Anfiboliti e Marmi con intercalazioni di Pegmatiti. Serie di Valpelline. 1) Orlo di cirque; 2) cono detritico; 3) falda detritica; 4) nevaio; 5) roccia montonata; 6) *rock glacier*.

Geomorphological sketch map of the area where Lac Mort *rock glacier* is located, Valpelline. Bedrock lithology: gneiss, kinzigite facies; amphibolites and marbles with intercalated pegmatite. Valpelline Series. 1) Edge of cirque; 2) talus cone; 3) scree slope; 4) snow bank; 5) ice smoothed rocks; 6) *rock glacier*.

per tutte si cita il testo di carattere generale di Giardino *et al.* (1987). Nello specifico per le Alpi si ricordano alcuni lavori, tra cui: Barsch (1971; 1983; 1988), Evin (1983, 1987), Haerberli (1985), Smiraglia (1985), Gruppo Nazionale di Geografia Fisica e Geomorfologia (1987), Belloni *et al.* (1988), Carton *et al.* (1988), Guglielmin (1991), Smiraglia (1992), Calderoni *et al.* (1993), Haerberli *et al.* (1993).

Per un'ampia panoramica si rimanda alla rassegna bibliografica di Dramis & Smiraglia (1986).

3. METODOLOGIA DELLA RICERCA

Da foto aerea sono stati censiti 156 *rock glaciers*. Per i più significativi si è proceduto ad un'indagine di dettaglio sul terreno. In questa fase sono state rilevate la quota minima, lo spessore e l'inclinazione della fronte. Si è inoltre proceduto all'osservazione, alla descrizione degli aspetti morfologici di ciascun *rock glacier* ed alla raccolta di una significativa documentazione fotografica.

A titolo di esempio si riporta quanto osservato per due forme attive, considerate particolarmente significative per dimensioni e ricchezza di aspetti morfologici.

Per questi motivi potrebbero essere oggetto di ulteriori indagini per quanto concerne il flusso e la struttura interna.

3.1 Il *rock glacier* del Lac Mort in Valpelline

Questo *rock glacier* è posto ad ovest del Lac Mort, nel circo glaciale delimitato dalla Becca des Lacs (3471 m), dalla Becca Bovet (3445 m), dall'Aiguille Blanche des Lacs (3439 m) e dal Point Gerlach (3008 m) (Fig. 2).

Il *rock glacier* raggiunge la quota massima di circa 2970 m; la fronte (Fig. 3), posta a quota 2880 m risulta nettamente rilevata rispetto alla topografia circostante e presenta chiaramente tre fasce sovrapposte: una superiore costituita da clasti molto grossolani, una intermedia caratterizzata da abbondante matrice fine con pochi clasti grossolani sparsi ed una inferiore che presenta clasti grossolani caduti dalla superficie.

Sulla fronte è presente solo qualche sporadica traccia di vegetazione.

Per giungere sulla superficie si risale lungo il margine destro, alla base del quale è presente un nevaio da quale emerge dell'acqua.

Sulla superficie del *rock glacier* si individuano numerose depressioni e solchi longitudinali e trasversali, che separano porzioni rilevate con andamento sinuoso. In alcune cavità si conservano anche in estate accumuli di neve; in testata si osservano nevai di modeste dimensioni. In questo *rock glacier* è stato osservato del ghiaccio, localizzato in cavità superficiali, con aspetto bolloso e complessivamente pulito.

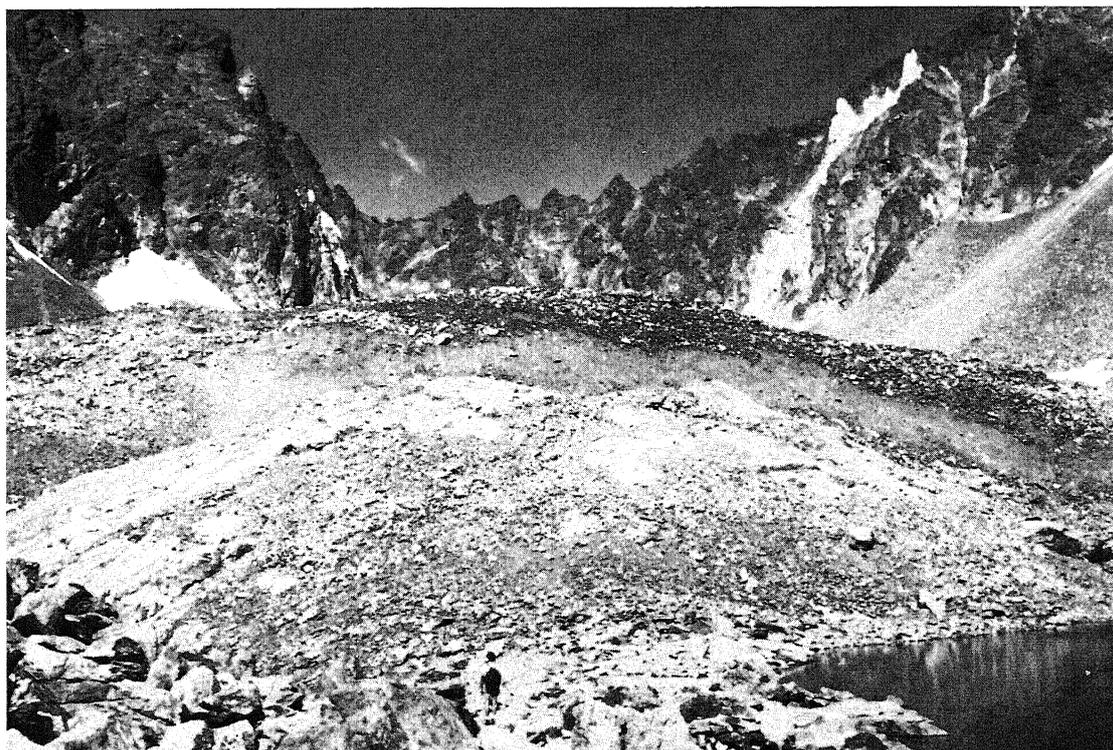


Fig. 3 - Il *rock glacier* del Lac Mort. Evidenti le tre fasce sovrapposte: quella superiore costituita da clasti grossolani, quella intermedia a matrice fine prevalente e quella inferiore che presenta clasti grossolani caduti dalla superficie.

Lac Mort rock glacier. The front shows three characteristic superposed bands: the upper formed by coarse angular blocks, the medium by prevailing fine matrix with angular clasts, and the lower presenting coarse angular blocks fallen from the surface.

La zona di alimentazione è costituita da una corona di creste molto degradate per crioclastismo, ai cui piedi sono presenti coni detritici che presentano granulometria più fine rispetto ai clasti che caratterizzano la superficie del *rock glacier*. Il contatto tra i coni detritici ed il *rock glacier* è caratterizzato da una forte contropendenza.

Le rocce del bacino di alimentazione sono gneiss a facies kinzigitica, anfiboliti e marmi con intercalazioni di pegmatiti.

3.2 Il *rock glacier* del Lac de Goillet in Valtournanche

Questo *rock glacier* è posto a sud del Lac de Goillet e si estende ai piedi dei rilievi della Gran Sometta (3165 m) e della Motta di Plete Orientale (3016 m) (Fig. 4).

La quota massima del *rock glaciers* è posta a circa 2900 m.

Il corpo detritico ha l'aspetto di una enorme colata, con struttura a più lobi, in cui porzioni rilevate con andamento sinuoso sono separate da depressioni, a volte occupate da neve.

La lingua appare ben rilevata rispetto al terreno circostante; è nettissimo il contrasto tra il suolo ricoperto da vegetazione e la colata detritica, non vegetata, che vi si appoggia sopra (Fig. 5).

Sulla superficie si osservano solchi trasversali, che delimitano creste con andamento sinuoso.

I clasti in superficie presentano una chiara struttura embriciata; nella porzione frontale del *rock glacier* si

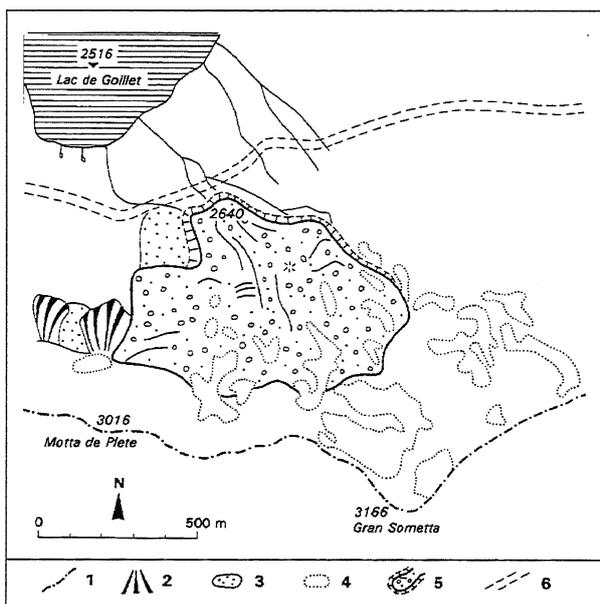


Fig. 4 - Schizzo geomorfologico dell'area in cui è localizzato il *rock glacier* del Lac de Goillet, Valtournanche. Litologia del substrato: Calcescisti e Prasiniti. 1) Linea di cresta; 2) cono detritico; 3) falda detritica; 4) nevaio; 5) *rock glacier*; 6) pista Ventina.
Geomorphological sketch map of the area were Lac de Goillet rock glacier is located, Valtournanche. Bedrock lithology: calcschists and prasinites. 1) crest-line; 2) talus cone; 3) scree slope; 4) snow bank; 5) rock glacier; 6) Ventina sky track.



Fig. 5 - Fronte del *rock glacier* del Lac de Goillet. Netto il contrasto tra il suolo vegetato e la colata detritica.

Lac de Goillet rock glacier front, showing a marked contrast between the grassy slope and the detritic flow.

rileva la presenza di un lungo e profondo solco trasversale, che termina con una cavità il cui fondo è occupato da ghiaccio.

La quota minima della fronte è posta a 2640 m e l'inclinazione è di circa 40°. La fronte, che è costituita prevalentemente da clasti a granulometria fine, presenta alla base numerose sorgenti.

Il bacino di alimentazione è costituito da calcescisti e prasiniti.

Entrambe i *rock glaciers* descritti presentano, sulla base di un confronto di foto aeree riportate in letteratura, le caratteristiche morfologiche (profilo superficiale convesso, fronte ripida, copertura vegetale assente o scarsa), che permettono di classificarli come attivi.

Per completare il quadro descrittivo di questi due *rock glaciers* va sottolineato il fatto che entrambi sono localizzati in zone occupate in un recente passato da ghiacciai.

Per quanto riguarda il *rock glacier* del Lac Mort, Sacco (1918) descrive il ghiacciaio pensile del Mont Ross (Becca Bovet), caratterizzato dalla presenza di "ampi depositi morenico-franoidi estesi, sparsi e poco potenti"; di questo ghiacciaio, nel Catasto del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Comitato Glaciologico Italiano, 1961, non si trova più traccia.

Il ghiacciaio della Gran Sometta viene citato da Sacco (1918), che descrive "ampi depositi morenici che spesso si confondono con detrito di falda". Questo ghiacciaio è riportato anche dal Catasto dei Ghiacciai Italiani (1961); oggi restano solo poche placche di ghiaccio in disfacimento.

4. MODELLI GENETICI

Le osservazioni riportate alla fine del paragrafo precedente, inducono ad affrontare il tema relativo alla genesi dei *rock glaciers*.

Dall'analisi dell'ampia bibliografia esistente, emergono due modelli genetici: *ice-cored* e *ice-cemented rock glaciers*.

Gli *ice cored rock glaciers* sono forme di origine glaciale, il cui interno è costituito da ghiaccio massivo, derivato da ghiacciai. Si sviluppano in seguito all'accumulo di detriti sulla porzione terminale del ghiacciaio.

Gli *ice-cemented rock glaciers* sono forme di origine non glaciale, legate all'esistenza di ghiaccio interstiziale, che cementa i clasti e vengono interpretati come un fenomeno di creep di sedimenti cementati da ghiaccio (permafrost).

Come ipotizzato da Giardino *et al.* (1987) diversi processi possono dare origine a forme simili. Anche i *rock glaciers* della Valle d'Aosta possono aver tratto origine sia da porzioni terminali di ghiacciai, ricoperte da una grande quantità di detriti che preservano la massa glaciale dalla fusione, sia da fenomeni di *creep* di permafrost.

La prima ipotesi può essere valida per tutte le forme che hanno alle spalle ghiacciai, glacionevati o che sono localizzate all'interno di circhi o su versanti occupati in un passato recente da ghiacciai; la seconda può attribuirsi ai *rock glaciers* sviluppati su versanti in aree che escludono la presenza in epoca recente di ghiacciai.

5. ANALISI DEI DATI OTTENUTI DALLE FOTOGRAFIE AEREE

Tra le 156 forme osservate ed identificate come *rock glaciers*, circa una cinquantina possono essere classificate come attive.

Mediante confronto con le carte topografiche alla scala 1:25000 sono stati presi in considerazione i seguenti parametri, come indicato da Belloni *et al.* (1988) e da Carton *et al.* (1988): quota minima e massima della fronte, lunghezza, larghezza, area, inclinazione, esposizione, localizzazione, quota massima del bacino di alimentazione, relazioni con corpi glaciali e con i limiti vegetazionali locali. Tali parametri sono stati successivamente utilizzati per elaborazioni statistiche, al fine di ottenere un quadro sintetico dei caratteri morfometrici dei *rock glaciers* delle valli citate.

Si precisa che i *rock glaciers* censiti sono stati sud-

divisi in 4 categorie: attivi, inattivi, dubbi, con attività incerta. Per quanto riguarda la localizzazione, di tutti i *rock glaciers* censiti il 67% è localizzato sui versanti, il 28.4% all'interno di circhi e solo una piccola percentuale è localizzata nei fondovalle o nei canaloni (Fig. 6).

Dall'analisi dei dati riguardanti l'esposizione di tutti i

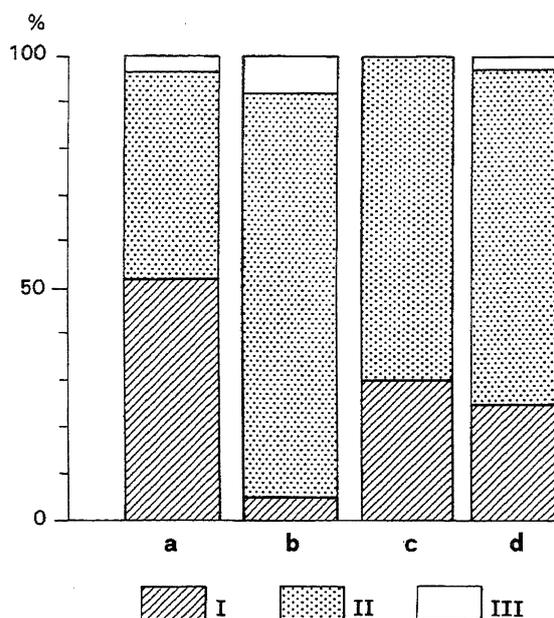


Fig. 6 - Localizzazione dei *rock glaciers*. I) circo; II) versante; III) altra localizzazione. a) *rock glaciers* attivi; b) *rock glaciers* inattivi; c) *rock glaciers* con attività incerta; d) *rock glaciers* dubbi.

Rock glacier location. I) cirque; II) slope; III) other location. a) Active rock glaciers; b) inactive rock glaciers; c) rock glaciers where activity evidence are uncertain; d) dubious rock glaciers.

rock glaciers, si osserva l'andamento unimodale dell'istogramma con prevalenza delle forme esposte a nord (33%). Nel settore NW, NE si concentra il 62% di tutti i *rock glaciers* (Fig. 7).

In particolare si osserva che l'85% dei *rock glaciers* attivi è esposto nei quadranti settentrionali, mentre il 75% di quelli inattivi è esposto nei quadranti orientali (NE, SE).

Per quanto riguarda l'analisi dei parametri morfometrici, in Figura 8 si osserva la distribuzione della quota minima della fronte dei *rock glaciers* attivi, il cui valore medio è di 2623 m. Ciò è significativo per quanto riguarda le relazioni con le condizioni climatiche.

Haeberli (1985) ritiene infatti che condizione necessaria per l'esistenza di *rock glaciers* attivi sia una temperatura media dell'aria di -1° o -2°C . Tale temperatura è la minima richiesta per l'esistenza di permafrost.

Dati relativi alle stazioni meteorologiche del Gabiet (Belloni *et al.*, 1988), del Lago Goillet (Giorcelli, 1986), del Monte Bianco e del Monte Rosa (Belloni *et al.*, 1993), e dati esposti presso il Museo di Scienze Naturali di St. Pierre (Aosta), hanno permesso di determinare,

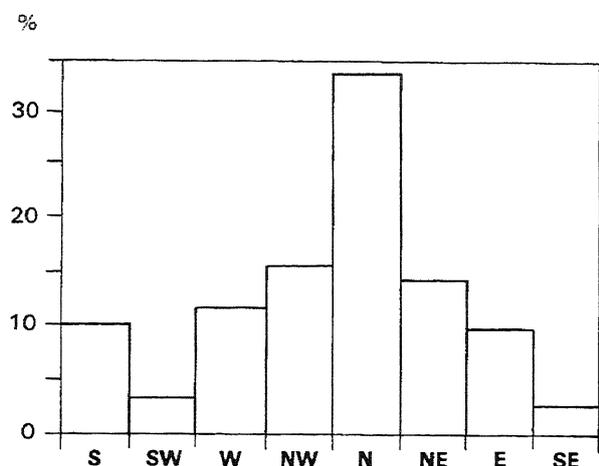


Fig. 7 - Istogramma dell'esposizione di tutti i *rock glaciers* censiti.
Histogram of the orientation of the studied *rock glaciers*.

utilizzando il gradiente termico verticale pari a $0.53^{\circ}\text{C}/100$ metri (Belloni, 1982), la quota media a cui è posta l'isoterma -1°C , che risulta essere pari 2634 m. Si verifica quindi una buona rispondenza tra la quota media (2634 m) a cui è localizzata l'isoterma -1°C e il valore medio (2623 m) della quota minima della fronte dei *rock glaciers* attivi.

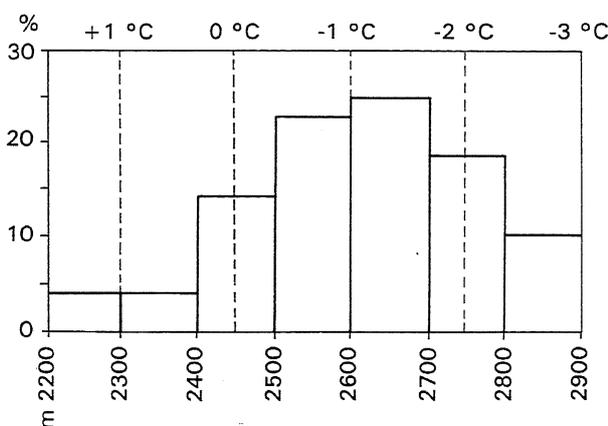


Fig. 8 - Istogramma della quota minima della fronte dei *rock glaciers* attivi. Sono riportati anche i valori altimetrici di alcune isoterme significative per la Val d'Aosta, dedotte da tavole esposte presso il Museo di Scienze Naturali di St. Pierre, Aosta.

Histogram showing the distribution of minimum altitude of the active *rock glaciers* front. Elevation of some isotherm, as inferred from tables from the Museum of Natural Science, St. Pierre Aosta, are also reported.

Anche in altri lavori analoghi svolti sulle Alpi italiane la quota media a cui è posta la fronte dei *rock glaciers* attivi risulta prossima alla quota media a cui è posta l'isoterma -1°C .

I dati contenuti nel lavoro di Belloni *et al.* (1988) che analizzano i *rock glaciers* del Gran Paradiso, del Monte Rosa, del Bernina, del Cevedale, delle Alpi Venoste e di quelle Noriche, mettono in evidenza come i *rock glaciers* attivi hanno la fronte posta alla quota media di 2624 m e che tale quota corrisponde a quella a cui è localizzata

l'isoterma media annua -1.8°C .

Ancora dal lavoro di Belloni *et al.* (1993), che analizza tutto l'arco alpino dalle Alpi Marittime alle Dolomiti, si osserva come la quota media (2527 m) a cui è posta la fronte dei *rock glaciers* attivi, corrisponde a quella a cui è localizzata l'isoterma media annua -1.5°C .

La fronte dei *rock glaciers* inattivi è invece posta alla quota media di 2261 m, che corrisponde a quella a cui è localizzata l'isoterma media annua 0.3°C .

Infine nel lavoro di Calderoni *et al.* (1993), che presenta i risultati di ricerche svolte in alta Valtellina, si osserva che la quota media della fronte dei *rock glaciers* attivi è posta a 2617 m, quota che coincide ancora con quella a cui è localizzata l'isoterma media annua -1°C . La quota della fronte dei *rock glaciers* inattivi è invece posta a 2457 m.

Tornando ai dati ottenuti in questa ricerca, per quanto riguarda i *rock glaciers* inattivi, il valore medio della quota della fronte è posto a 2301 m.

Per quanto riguarda i valori medi della quota massima dei *rock glaciers* si osserva che per quelli attivi tale quota è posta a 2768 m, mentre per quelli inattivi a 2423 m.

Va sottolineato che a differenza della quota minima raggiunta dalla fronte dei *rock glaciers*, quella massima non è sempre di facile individuazione. In genere viene fatta coincidere con i piedi del versante sotto il quale si sviluppa il *rock glacier*.

I parametri di lunghezza e larghezza sono analizzati negli istogrammi di Figura 9 e Figura 10. Le classi di massima frequenza, per quanto riguarda la lunghezza, sono poste tra 0 e 200 m (43%) e 200 e 400 m (35%).

Per quanto concerne la larghezza le classi di massima frequenza sono comprese tra 100 e 200 m (34%) e tra 200 e 300 m (29%).

In particolare si osserva che i *rock glaciers* attivi presentano un valore medio di lunghezza pari a 329 m, mentre quelli inattivi di 247 m.

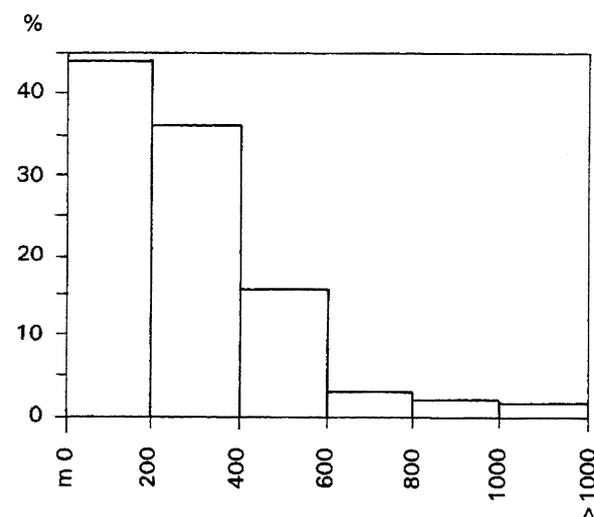


Fig. 9 - Istogramma della lunghezza di tutti i *rock glaciers* censiti.
Histogram of the length of studied *rock glaciers*.

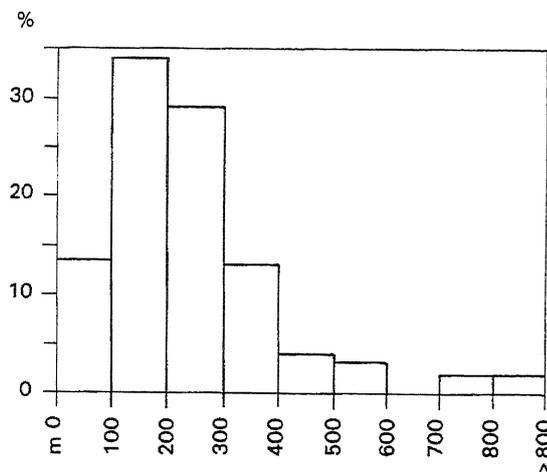


Fig. 10 - Istogramma della larghezza di tutti i *rock glaciers* censiti.
Histogram of the width of studied rock glaciers.

I valori relativi all'area dei *rock glaciers* sono quelli che presentano la massima dispersione; tuttavia si osserva la prevalenza numerica di forme con area limitata. Il massimo intervallo di frequenza è posto nella classe dimensionale inferiore a 0.03 km² (Fig. 11).

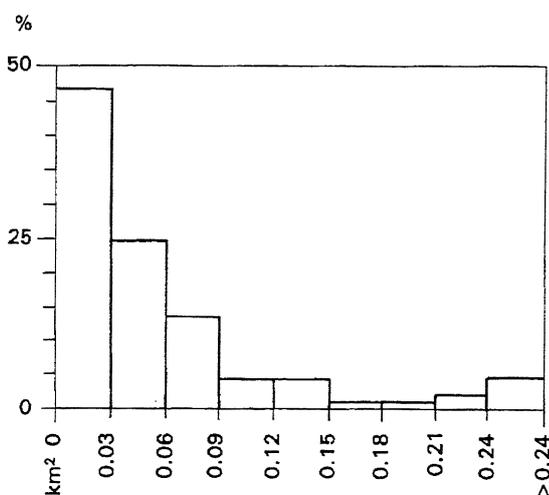


Fig. 11 - Istogramma dell'area di tutti i *rock glaciers* censiti.
Histogram of the area of studied rock glaciers.

Come per la lunghezza, anche il valore medio dell'area dei *rock glaciers* attivi è maggiore rispetto a quelli inattivi, rispettivamente 0.085 km² e 0.047 km².

Nel dettaglio il 51% dei *rock glaciers* considerati come attivi, presenta relazioni con nevai semipermanenti (Fig. 12).

Dai dati relativi alle relazioni con i limiti vegetazionali locali si osserva che il 75.5% dei *rock glaciers* attivi ha la fronte posta al di sopra del limite della vegetazione erbacea continua (Fig. 13).

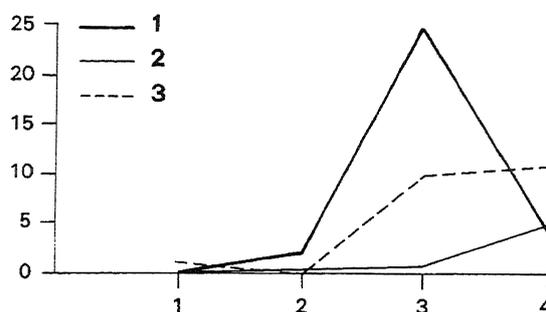


Fig. 12 - Relazione tra *rock glaciers* attivi, inattivi, dubbi e ghiacciai, glacionevati, nevai e morene contigue. Sull'asse delle ascisse: 1) ghiacciai; 2) glacionevati; 3) nevai semipermanenti; 4) depositi morenici. Sull'asse delle ordinate è indicato il numero di forme identificate.

Nel grafico i *rock glaciers* attivi sono rappresentati a linea continua e spessa (1); i *rock glaciers* inattivi a linea continua e sottile (2); i *rock glaciers* dubbi a linea tratteggiata (3).

Relationships between active rock glaciers, inactive rock glaciers, dubious rock glaciers and glaciers, glacierets, snow banks and morains. 1) glaciers; 2) glacierets; 3) semipermanent snow banks; 4) morainic deposits. The number of the identified forms is indicated on the vertical axis.

On the graphic active rock glaciers are represented by a continuous thick line (1); inactive rock glaciers by a continuous thin line (2); dubious rock glaciers by a thin dashed line (3).

6. CONCLUSIONI

Sebbene si tratti di un lavoro preliminare, che necessita di ulteriori approfondimenti e verifiche, i risultati relativi ai parametri morfometrici e climatici esaminati, ben si inseriscono nel quadro dei risultati presentati da Belloni *et al.* (1988), da Carton *et al.* (1988), da Calderoni *et al.* (1993), da Belloni *et al.* (1993), relativi ad alcuni

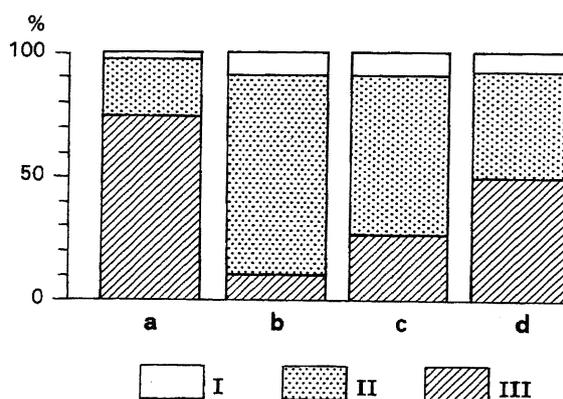


Fig. 13 - Relazioni tra la posizione della fronte dei *rock glaciers* e i limiti vegetazionali locali. I) fronte al di sotto del limite della vegetazione arborea; II) fronte al di sotto del limite della vegetazione erbacea continua; III) fronte al di sopra del limite della vegetazione erbacea; a) *rock glaciers* attivi; b) *rock glaciers* inattivi; c) *rock glaciers* con attività incerta; d) *rock glaciers* dubbi.

Relationships between the position of the rock glacier fronts and the local vegetation limits. I) front below the upper limit of tree-growth; II) front below upper limit of the continuous grassy vegetation; III) front above all vegetations zones; a) active rock glaciers; b) inactive rock glaciers; c) rock glaciers where activity evidences are uncertain; d) dubious rock glaciers.

gruppi montuosi dell'arco alpino italiano.

Pur non essendo stato possibile effettuare misure di movimento, le caratteristiche morfologiche osservate e la collocazione altimetrica, hanno consentito di separare chiaramente i *rock glaciers* osservati nelle due classi attivi/inattivi, con una percentuale di forme non chiaramente classificate.

Attraverso questa indagine, viene infine data una preliminare informazione della presenza e della distribuzione areale del permafrost discontinuo nel settore alpino della Valle d'Aosta settentrionale e occidentale.

RINGRAZIAMENTI

Si ringrazia il Prof. G. Orombelli per la lettura critica del lavoro.

BIBLIOGRAFIA

- Barsch D., 1971 - *Rock glaciers and ice-cored moraines*. Geogr. Ann., **53 A**, 203-206.
- Barsch D., 1983 - *Studi sui blockgletscher, riassunto e problemi aperti*. In: *Mesoformen des reliefs im heutigen periglazialraum*. Bericht über ein Symposium, Herausgegeben von H. Poser und Ekkard Schunke, Vandenhoeck Ruprecht in Göttingen.
- Barsch D., 1988 - *Rockglaciers*. In: *Advances in periglacial Geomorphology*, M. J. Clark (ed.), 5-197.
- Belloni S., 1982 - *Temperature medie annue e mensili nel Bacino Padano e Parametri Fisici Derivati*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **5**, 46-54.
- Belloni S., Pelfini M., Smiraglia C., 1988 - *Morphological features of the active rock glaciers in the Italian Alps and climatic correlations*. Proc. V Int. Conf. on Permafrost, Trondheim, Norway, **1**, 678-682.
- Belloni S., Carton A., Dramis F., Smiraglia C., 1993 - *Distribution of permafrost, glaciers, and rock glaciers in the Italian mountains and correlations with climate: an attempt to synthesize*. Proc. VI Int. Conf. on Permafrost, Beijing, China, **1**, 36-41.
- Calderoni G., Guglielmin M., Lozej A., Tellini C., 1993 - *Researches on rock glaciers in the Italian Central Alps (Valtellina, Sondrio, Italia)*. Proc. VI Int. Conf. on Permafrost, Beijing, China, **1**, 72-77.
- Capello C. F., 1947 - *Le pietraie semoventi delle Alpi Occidentali*. Natura, **38**, 17-23.
- Carton A., Dramis F., Smiraglia C., 1988 - *A first approach to the systematic study of the rock glaciers in the Italian Alps*. Proc. V Int. Conf. on Permafrost, Trondheim, Norway, **1**, 712-717.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche, Comitato Glaciologico Italiano, 1961 - *Catasto dei Ghiacciai Italiani*. Anno Geofisico 1957-58, **2, 3**, Torino.
- Dramis F. & Smiraglia C., 1986 - *I rock glaciers: problemi e metodi di studio*. Rassegna bibliografica. Riv. Geogr. Ital., **93**, 209-228.
- Evin M., 1983 - *Structure et mouvement des glaciers rocheux des Alpes du Sud*. Thèse 3ème cycle, Grenoble, Institut de Géographie Alpine.
- Evin M., 1987 - *Dynamique, répartition et âge des glaciers rocheux des Alpes du Sud*. Thèse lettres, Grenoble I.
- Giardino J.R., Shroder J.F., Vitek J.D., 1987 - *Rock glaciers*. Allen & Unwin, London.
- Giorcelli A., 1982-83 - *Condizioni meteorologiche al lago Goillet*. Revue Valdotaïne d'Historie Naturelle, **36-37**, 23-41.
- Gruppo Naz. Geografia Fisica e Geomorfologia, 1987 - *Nuovi dati per lo studio dei rock glaciers del Gruppo Ortles Cevedale (Alpi)*. Riv. Geogr. Ital., **94**, 425-450.
- Guglielmin M., 1991 - *I rock glaciers del Passo del Foscagno (Livigno, Sondrio)*. Natura Bresciana. Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia, **26**, 35-47.
- Haerberli W., 1985 - *Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers*. Mitteil. Versuch. Wasserbau, Hydrol. Glaz., **77**, 1-142.
- Haerberli W., Hoetzle M. & Keller F., 1993 - *Monitoring the long-term evolution of mountain permafrost in the Swiss Alps*. Proc. 6th Int. Cong. on Permafrost, Beijing, China, **1**, 214-219.
- Hermann F., 1929 - *I rock glaciers della Valsavaranche*. Natura, **16**, 139-142.
- Humlum O., 1982 - *Rock glaciers on Disko, Central West Greenland*. Geogr. Tidssk., **82**, 59-66.
- Ministero dell'Agricoltura e delle Foreste, Geotecneco, 1976, *Carta della montagna, 2*. Monografie Regionali: 1 Valle d'Aosta. Urbino.
- Nangeroni, 1929 - *Grotte e laghi subglaciali colate e mari di pietre*. Natura, **20**, 152-161.
- Sacco F., 1918 - *Il glacialismo antico e moderno della Valpelline*. Atti R. Accad. Sc. Torino, **53**.
- Sacco F., 1918 - *Il glacialismo antico e moderno del Cervino*. Atti Soc. Ital. Sc. Nat., **57**.
- Smiraglia C., 1985 - *Contributo alla conoscenza dei rock glaciers delle Alpi Italiane. I rock glaciers del Monte Confinale (Alta Valtellina)*. Riv. Geogr. Ital., **92**, 117-140.
- Smiraglia C., 1992 - *Observation on the rock glaciers of Monte Emilius (Valle d'Aosta, Italy)*. Proc. Int. Workshop on Permafrost and Periglacial Environment in Mountain Areas, Interlaken, 1991, Permafrost and Periglacial Processes, **3**, 163-168.
- Wahrhaftig C. & Coë A., 1959 - *Rock glaciers in the Alaska Range*. Bull. Geol., Soc. Am., **70**, 383-436.

Manoscritto ricevuto il 5. 7. 1993

Inviato all'Autore per la revisione il: 11. 3. 1994

Testo definitivo ricevuto il: 7. 4. 1994