

I ghiacciai di pietre (rock glaciers)

Pompeo Casati*

Sulle Alpi, a quote in genere superiori a 2500 m, i versanti o, più spesso, il fondo delle vallecole che terminano a monte in circhi glaciali, sono occupati da lingue di materiale detritico che scende in massa con lentissimo movimento: la velocità è variabile dal centimetro al metro circa per anno. Il punto di partenza nella formazione di questi corpi è un cono o una falda detritica, oppure una morena.

Per analogia con i ghiacciai — che si muovono con una velocità che è però sensibilmente più elevata — queste lingue detritiche sono state denominate «ghiacciai di pietre» o, se si preferisce usare il termine di lingua inglese, «rock glaciers». Pur avendo poco in comune con i ghiacciai, il nome dato dagli studiosi che inizialmente li presero in esame è rimasto, ed è stato tradotto letteralmente, oltre che in italiano, anche in tedesco (*Blockgletscher*) e in francese (*glaciers rocheaux*).

A quote inferiori si rinvengono ghiacciai di pietre spesso colonizzati dalla vegetazione, privi di movimento e perciò inattivi o, anche, fossili.

Le prime osservazioni furono effettuate agli inizi del secolo sulle montagne nordamericane e i risultati resi noti in pubblicazioni di cui la più conosciuta è quella di S. R. Capps (1910).

Sulle Alpi ricerche recenti furono svolte prevalentemente da studiosi francesi, tedeschi e svizzeri. Tra i primi devono essere ricordati particolarmente M. Evin ed A. Assier, tra i secondi specialmente D. Barsch e, tra gli elvetici, W. Haerberli, autore di una sintesi da cui sono stati estratti in larga misura i dati e alcune delle figure presentate in questo articolo.

Nelle Alpi italiane i ghiacciai di pietre furono poco studiati. A occuparsi in maniera specifica di questi fenomeni fu inizialmente (1925) F. Herman (Valsavarenche) e quindi C.F. Cappello, dapprima (1947) con una nota relativa alle Alpi Occidentali e successivamente (1959) con due articoli ben documentati riguardanti i *rock glaciers* della regione del Gran Paradiso, apparsi sulla Rivista Mensile del Club Alpino Italiano. Vi sono inoltre illustrazioni relative alla Valtellina (G. Nangeroni) e rappresentazioni cartografiche riguardanti l'Adamello (G. B. Castiglioni) e le Dolomiti (si veda il Foglio Marmolada alla scala 1:50.000 del Servizio Geologico d'Italia). Recentemente (1985) C. Smiraglia ha pubblicato i risultati di un'accurata analisi dei *rock glaciers* del M. Confinale, in Alta Valtellina, mentre lo stesso autore, con F. Dramis (1986) ha pubblicato una completa rassegna bibliografica e messo a fuoco i problemi e i metodi di studio relativi ai ghiacciai di pietre.

In passato il nome italiano usato per questi corpi detritici fu solitamente quello di «colate di pietre» oppure di «pietraie semoventi».

Morfologia

I *rock glaciers* nelle Alpi possono avere una lunghezza che varia da qualche centinaio di metri a oltre un chilometro: quello di Gruben, rappresentato nella fig. 1, è lungo circa 1300 m.

Nella parte inferiore hanno un profilo superficiale convesso e sono delimitati a valle da una ripida scarpata al cui piede si accumulano i blocchi precipitati dal ciglio superiore a causa del movimento dell'intero corpo detritico.

Le scarpate terminali, a causa della loro mobilità, si presentano prive di vegetazione, che può attecchire solo su quelle dei *rock glaciers* inattivi.

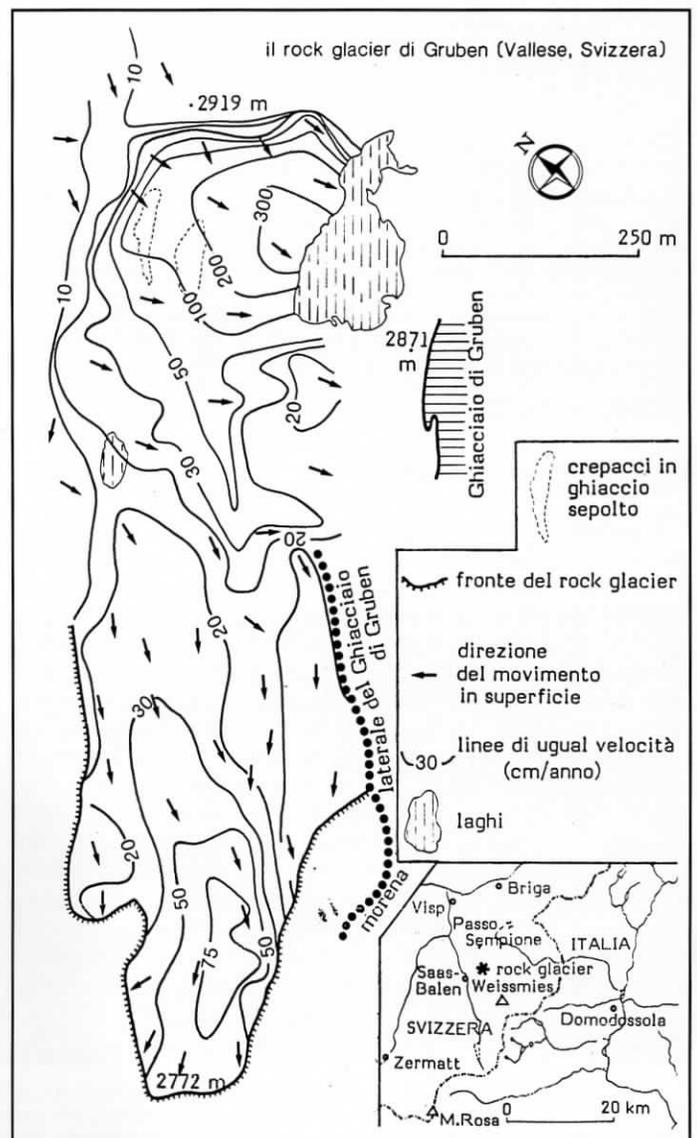


Fig. 1 - Il rock glacier di Gruben (Vallese, Svizzera) alla fronte dell'omonimo ghiacciaio ubicata in alto a destra. I movimenti superficiali sono stati determinati con analisi fotogrammetrica su fotografie aeree scattate il 24.9.1970 e il 2.10.1975. (Da W. Haerberli, semplificato).

* Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Milano.



Fig. 2 - Ghiacciai di pietre nell'alto Vallone di Laures (Brissogne, Aosta). La fronte di quello inferiore arriva a lambire il Lago Lungo, a quota 2632 m, ubicato appena fuori del campo della fotografia. In alto vi è il Colle di Leppe e, a destra, l'omonima punta (3305 m).

Caratteristica della parte inferiore è la presenza di una successione di *rughe* intervallate da *solchi*, le une e gli altri arcuati, ben evidenti sulle fotografie qui riprodotte (figg. 2-4). Queste strutture sono una prova del movimento, ma possono non essere



Fig. 3 - Ghiacciai di pietre nell'alto vallone di Comboè-Arbole (Aosta), sul versante sud-occidentale del M. Emilius, visibile in alto a sinistra. Nella parte centrale della fotografia è raffigurata una lingua ubicata a quota più elevata e ben distinguibile dalla sottostante perché costituita da detriti di colore differente. La fronte della lingua inferiore raggiunge la quota di 2625 m.

presenti ed in tal caso può risultare difficile distinguere i *rock glaciers* dagli altri corpi detritici. Le rughe infatti si formano solo in regime di flusso compressivo e non in regime distensivo che parimenti può interessare i ghiacciai di pietre e parti di essi. Se il flusso avviene «in compressione», un determinato tratto di *rock glacier* subisce un accorciamento; se «in distensione», un allungamento. Le variazioni di lunghezza possono essere compensate da corrispondenti cambiamenti in altezza o larghezza del tratto considerato (tutte queste considerazioni valgono anche per i ghiacciai).

Altre irregolarità superficiali ad andamento concavo o convesso, sono in relazione a formazione o scomparsa di ghiaccio superficiale e a variazioni di flusso nello spazio e nel tempo.



Fig. 4 - Particolare della lingua del rock glacier che appare al centro della figura precedente. La successione di rughe e solchi arcuati è una prova del movimento in massa.

Struttura interna

La parte più superficiale dei ghiacciai di pietre è costituita da blocchi di varie dimensioni, a volte anche considerevoli. Fino a non molti anni fa si avevano poche conoscenze sulla composizione interna: in questi ultimi tempi buone informazioni si sono ottenute con perforazioni, con scavo di trincee e con indagini geofisiche comprendenti prospezioni sismiche, geoelettriche, geotermiche, usando le riflessioni delle onde radio (radar) e con osservazioni idrologiche.

I risultati di tutti questi studi hanno mostrato che sotto lo strato a blocchi superficiale spesso alcuni metri, il resto della massa è formato in prevalenza da materiale a grana fine (limo, con sabbia e ghiaia). Questo materiale fine è perennemente gelato (*permafrost*) fino a profondità variabile da pochi decimetri a più di cento metri e contiene ghiaccio negli interstizi oppure in forma di lenti. La quantità di ghiaccio decresce da quasi il 100% presso la superficie superiore del *permafrost* («tavola del *permafrost*») al 50% a partire da pochi metri sotto questa superficie.

Spesso, al di sotto della zona gelata, al contatto con la roccia in posto, sono stati rinvenuti sedimenti non gelati sede di una falda acquifera.

Misure del movimento

L'entità del movimento è stata valutata specialmente con proiezioni fotogrammetriche e geodetiche. Si è già detto che le velocità orizzontali osservate sono dell'ordine del centimetro fino a circa un metro all'anno.

Nei casi in cui si è potuta rilevare la distribuzione delle velocità si è visto che i valori sono massimi in corrispondenza della parte centrale delle lingue e che decrescono verso i margini laterali e frontali.

Il movimento è configurabile come uno scivolamento alla base del *permafrost*, influenzato dalla pressione interstiziale esercitata dall'acqua nei pori del sedimento fine non gelato al contatto con la roccia in posto. Oltre a questo scivolamento basale deve esistere, analogamente a quanto avviene per i ghiacciai, uno scorrimento plastico (*creep*) nella massa permanentemente gelata.

L'inclinazione del pendio minima richiesta perché si possa produrre il movimento è stimata di circa 5°.

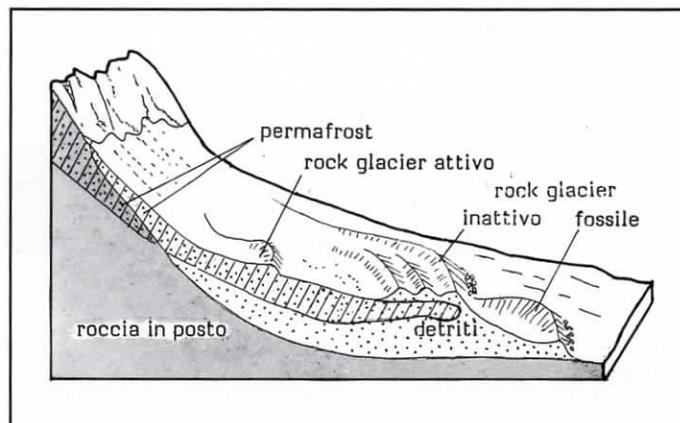


Fig. 5 - I ghiacciai di pietre sono corpi detritici che si muovono (ghiacciai di pietre attivi) o che si sono mossi (ghiacciai di pietre inattivi e fossili) in massa lentamente verso il basso. Il movimento è testimoniato anche dalle rughe e solchi superficiali nella zona della fronte dove il flusso avviene solitamente in regime compressivo. Essenziale perché i rock glaciers siano attivi è la presenza di sottosuolo permanentemente gelato (*permafrost*). Nelle Alpi il *permafrost* è discontinuo: le zone in cui il fenomeno compare sono intervallate da altre in cui è assente.

Condizioni ambientali di formazione dei ghiacciai di pietre

I parametri climatologici condizionanti l'esistenza dei *rock glaciers* attivi sono stati accuratamente studiati da Haeberli. I ghiacciai di pietre attivi richiedono *permafrost*, ubicazione sotto la linea di equilibrio accumulo-ablazione sui ghiacciai e precipitazioni medie annuali inferiori a circa 2500 mm (fig. 8).

La presenza del *permafrost* necessita temperature medie annue inferiori a 1-2°C; la linea di equilibrio è vincolante nel senso che nella zona di alimentazione dei ghiacciai, ubicata sopra tale linea, non si hanno significativi accumuli di detrito, ma solo roccia, firn e ghiaccio. È opportuno ricordare che la linea di equilibrio separa la zona di alimentazione da quella di ablazione sui ghiacciai: in pratica può essere osservata nella tarda estate come zona che delimita il ghiaccio vivo dalla neve sopra un ghiacciaio e, alle medie e basse latitudini, coincide con il limite delle nevi persistenti.

Nelle regioni a forte piovosità (superiore a circa 2500 mm/anno) la linea di equilibrio si abbassa talmente da scendere al di sotto del limite inferiore di distribuzione del *permafrost*: in tali regioni è allora impossibile che si formino *rock glaciers*.

Nelle Alpi i ghiacciai di pietre sono migliaia; allo studio di quelli della parte italiana della catena si stanno attualmente dedicando i ricercatori della Sezione Glaciologia del Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

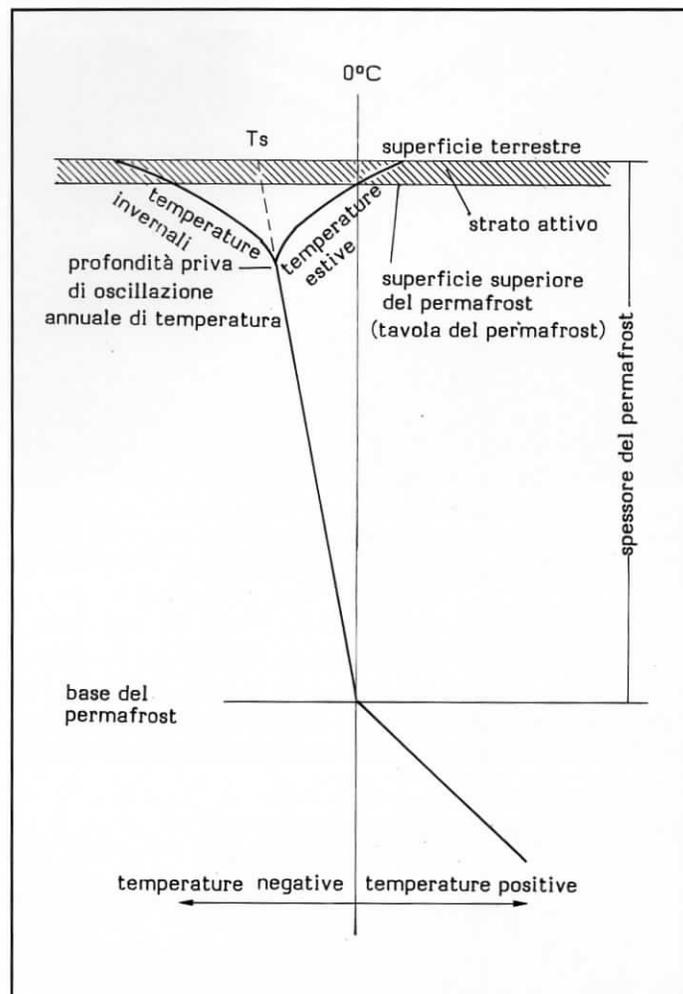


Fig. 6 - Il *permafrost* è una condizione di sottosuolo perennemente gelato che caratterizza le zone delle elevate latitudini e quelle di alta montagna. Lo strato attivo, di spessore variabile da zero a cinque metri, non è gelato durante l'estate. Lo spessore del *permafrost* varia da qualche decina di metri a oltre cento metri e, nelle regioni artiche, può raggiungere valori massimi di alcune centinaia di metri. In profondità, a causa del flusso di calore terrestre, il sottosuolo è sgelato a partire dalla base del *permafrost*.



Fig. 7 - Ghiacciai di pietre nel vallone di Lussert sul versante nord-est della costiera M. Grauson (m. 3240, al centro) - Punta Garin (m. 3448 a destra) nella regione del M. Emilius (Aosta). L'assenza di rughe e solchi presso la fronte ubicata a una quota di 2710 m, potrebbe indicare che il flusso — anziché «compressivo» qual è solitamente in tale punto — è «distensivo» a causa della morfologia del substrato, che qui ha un'accentuata pendenza. A destra vi sono le gradinate in roccia occupate dai quattro laghi di Lussert e, a sinistra sullo sfondo, Cogne e la Valnontey sovrastata dal Ghiacciaio della Tribolazione e dal Gran Paradiso. Al centro la Grivola si erge sul Ghiacciaio del Trayo.

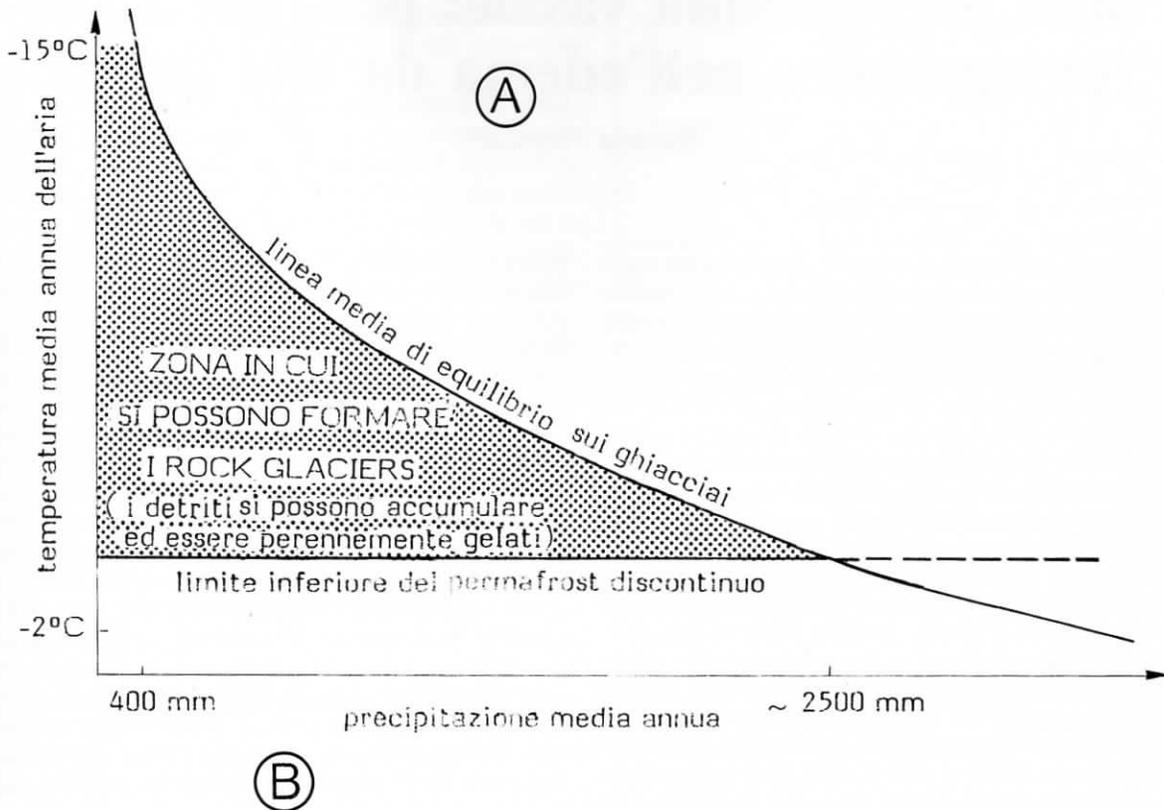


Fig. 8 - Condizioni ambientali che vincolano la possibilità di genesi dei rock glaciers attivi secondo W. Haeblerli. Nella zona A, corrispondente a quella di accumulo dei ghiacciai, non possono formarsi depositi di detriti. Nella zona B è assente il permafrost: in essa si possono accumulare i detriti ma non sono perennemente gelati. La zona puntinata è quella in cui si possono formare i rock glaciers.

Bibliografia

- BARSCHE V. D. (1983) - Blockgletscher-Studien. Zusammenfassung und offene Probleme. In: «Mesoformenti des Reliefs im heutigen Periglazialraum» (a cura di H. Poser ed E. Schunke), pp. 133-150, Göttingen.
- CAPELLO C. F. (1947) - Le «Pietraie semoventi» (rock glaciers) delle Alpi Occidentali. *Natura*, v. 38, pp. 17-23, Milano.
- CAPELLO C. F. (1959) - Prime ricerche sulle «pietraie semoventi» del settore montuoso del Gran Paradiso. *Riv. Mensile CAI*, v. 78, n. 9-10, pp. 294-300; n. 11-12, pp. 371-376, Torino.
- CAPELLO C. F. (1960) - Terminologia e sistematica dei fenomeni dovuti al gelo discontinuo. *Pubblicaz. n. 17 Fac. Magistero Univ. Studi di Torino*, 320 pp.
- CAPPS S. R. (1910) - Rock glaciers in Alaska. *Journ. of Geology*, v. 18, pp. 359-375.
- CASTIGLIONI G. B. (1961) - I depositi morenici del gruppo Adamello-Presanella con particolare riguardo agli stadi glaciali postwürmiani. *Mem. Istit. di Geol. e Mineral. Univ. di Padova*, v. 23, 122 pp., Padova.
- DRAMIS F. e SMIRAGLIA C. (1986) - I rock glaciers. Problemi e metodi di studio. *Rassegna bibliografica. Riv. Geogr. Ital.*, v. 33, pp. 209-228, Pisa.
- EVIAN M. e ASSIER A. (1983) - Glacier et Glaciers Rocheux dans le haut-vallon du Loup, (Haute-Ubaye, Alpes du Sud, France). *Zeitsch. für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, v. 19, n. 1, pp. 27-41, Innsbruck.
- HAEBERLI W. (1985) - Creep of mountain permafrost: internal structure and flow of alpine rock glaciers. *Mitt. der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie*, n. 77, 142 pp., Zürich.
- HERMAN F. (1925) - I rock glaciers della Valsavarenche. *Natura*, v. 16, n. 4, pp. 139-142, Milano.
- NANGERONI G. (1952) - I fenomeni di morfologia periglaciale in Italia. *Riv. Geogr. Italiana*, v. 59, n. 1, 15 pp., Firenze.
- NANGERONI G. (1954) - Neve-Acqua-Ghiaccio. Fenomeni crionivali delle regioni periglaciali nelle Alpi italiane. 43 pp. *CAI, Comitato Scient. Centr. Milano*.
- PARISI B. (1976) - Aspetti naturali caratteristici delle montagne lombarde, 193 pp. *CAI, Comitato Scient. Centr. Milano*.
- SERVIZIO GEOLOGICO d'ITALIA (1977) - Foglio 028 «La Marmolada» della Carta Geol. d'Italia scala 1:50.000. Roma.
- SMIRAGLIA C. (1985) - Contributo alla conoscenza dei rock glaciers delle Alpi Italiane. I rock glaciers del Monte Confine (Alta Valtellina). *Riv. Geogr. Ital.*, v. 92, n. 2, pp. 117-140, Pisa.