

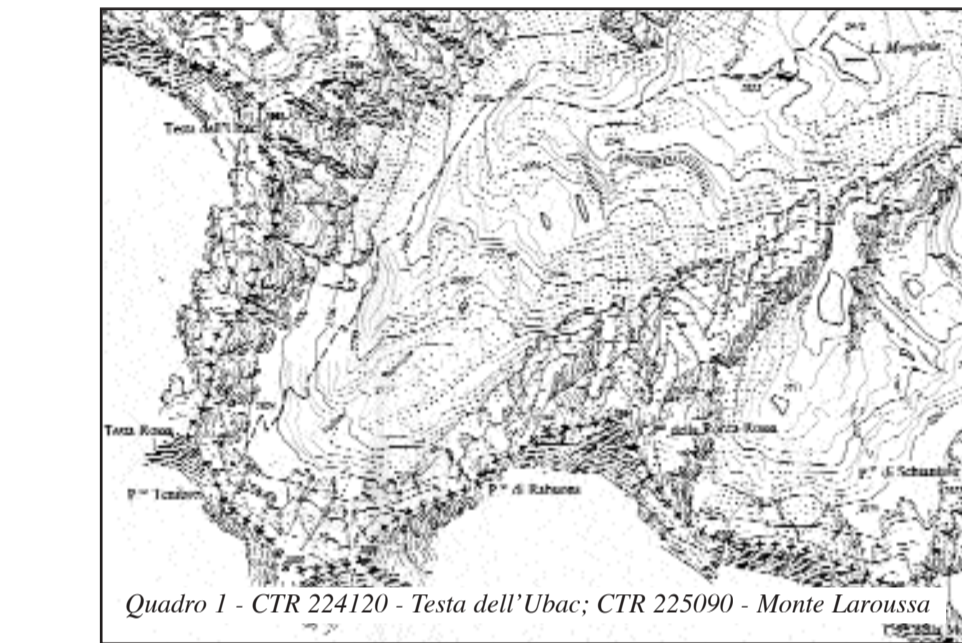
45. Rock glaciers ed altre forme periglaciali

MAURO GUGLIELMIN*

Università degli Studi dell'Insubria

Per «ambiente periglaciale» si intende un ambiente freddo, indipendentemente dalla distanza dai ghiacciai, sia nello spazio sia nel tempo. Si definisce dominio periglaciale l'insieme delle condizioni climatiche connesse all'ambiente periglaciale, contraddistinte da una temperatura media annua dell'aria inferiore o eguale a $+3^{\circ}\text{C}$ e da precipitazioni generalmente scarse e, comunque, sempre inferiori a 2000 mm all'anno.

L'agente morfogenetico prevalente in questo tipo di ambiente è il gelo, che si manifesta con diversi processi, i principali dei quali sono il «criosolleamento» (*frost heave*), la «reptazione crionivale» (*frost creep*), la «crioselezione» (*frost sorting*), la «gelifrazione» (*frost shattering*), il «crioclastismo» (*frost wedging*) e la «eiezione criogenica» (*frost jacking*).



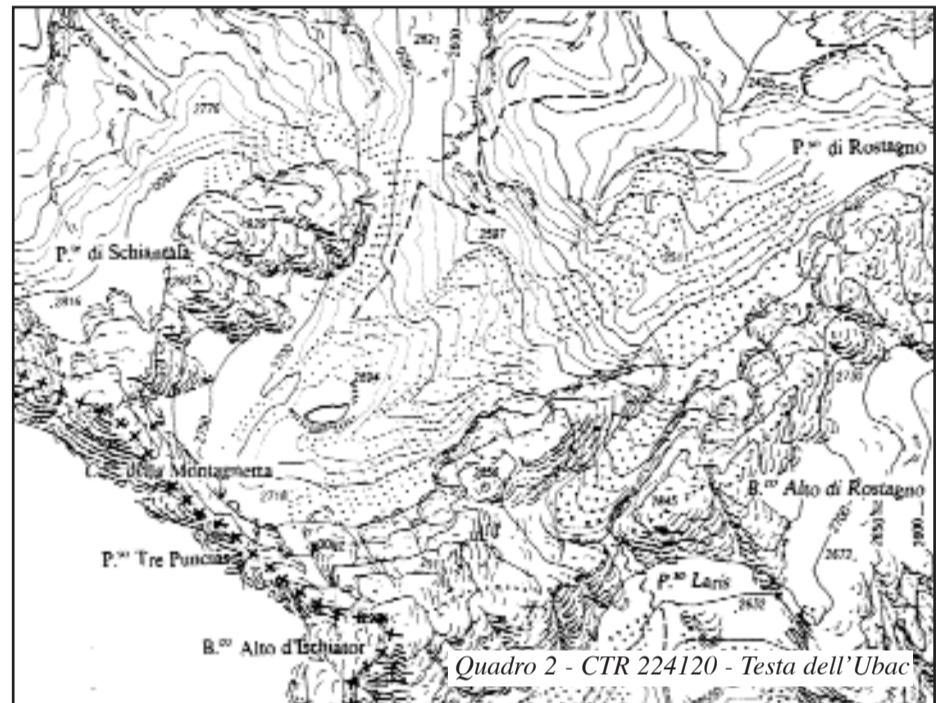
ne» (*frost sorting*), la «gelifrazione» (*frost shattering*), il «crioclastismo» (*frost wedging*) e la «eiezione criogenica» (*frost jacking*).

Quando le condizioni climatiche sono ancora più severe e la temperatura media annua dell'aria è inferiore a -2°C , nel sottosuolo si può avere il *permafrost*, definito come lo stato fisico di un «qualsiasi materiale che rimane al di sotto della temperatura di 0°C per più di due anni». Il *permafrost* può avere o meno ghiaccio al suo interno sia a causa della mancanza di acqua sia a causa dell'abbassamento del punto di congelamento dell'acqua (per esempio per la presenza di sali). La porzione più superficiale del *permafrost*, che durante l'estate supera la temperatura di 0°C , viene definito «strato attivo» ed è la sede dei principali processi morfogenetici che modificano il paesaggio. Le forme periglaciali sono numerose, quali suoli strutturati selezionati e non, lobi di geliflusso e soliflusso, terrazzette, campi di pietre, colate di pietre (*block streams*) ma quasi sempre non sono cartografabili se non a scala di grande dettaglio (1:5000 o superiori). L'unica forma certamente periglaciale, generata all'azione del *creep* del *permafrost* e cartografabile, è il «ghiacciaio di pietre» o *rock glacier*.

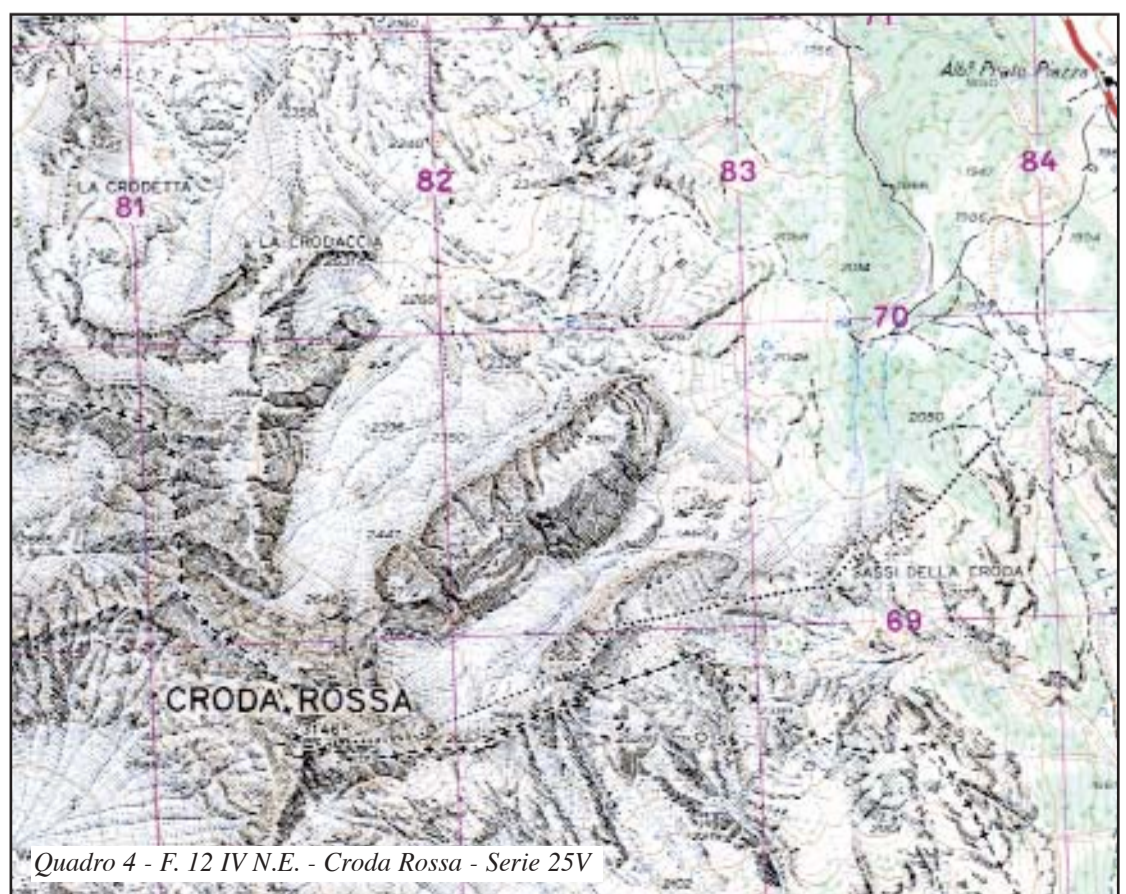
I *rock glaciers* o «ghiacciai di roccia» sono corpi detritici costituiti da clasti a spigoli vivi, nell'insieme caratterizzati da forma lobata o linguoide, simile a quella dei ghiacciai, da numerose strutture di flusso sulla superficie, nonché da fianchi e fronti molto ripide. Da un punto di vista morfologico si possono ulteriormente distinguere *rock glaciers* lobati, sviluppati principalmente in ampiezza e localizzati ai piedi di

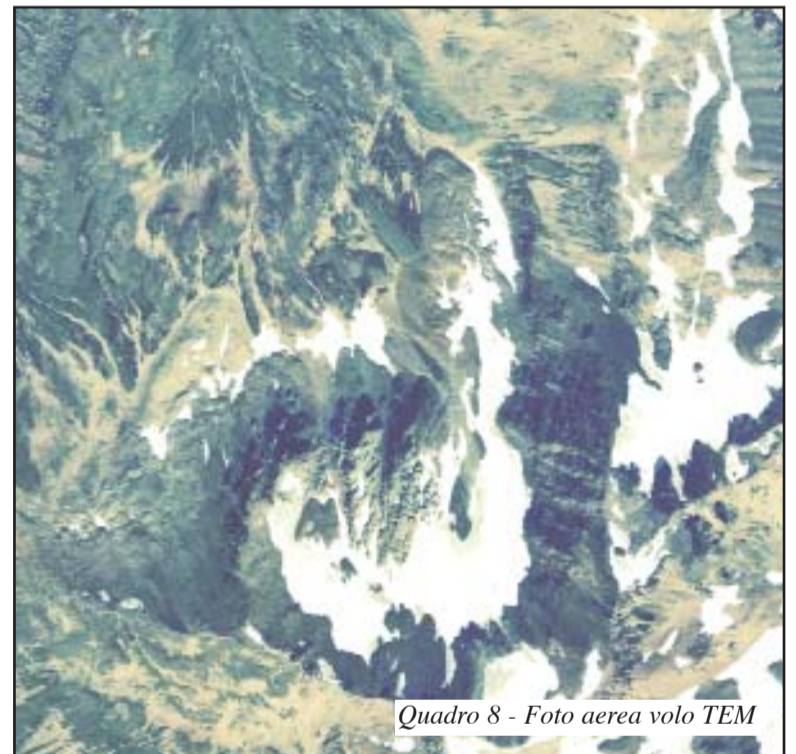
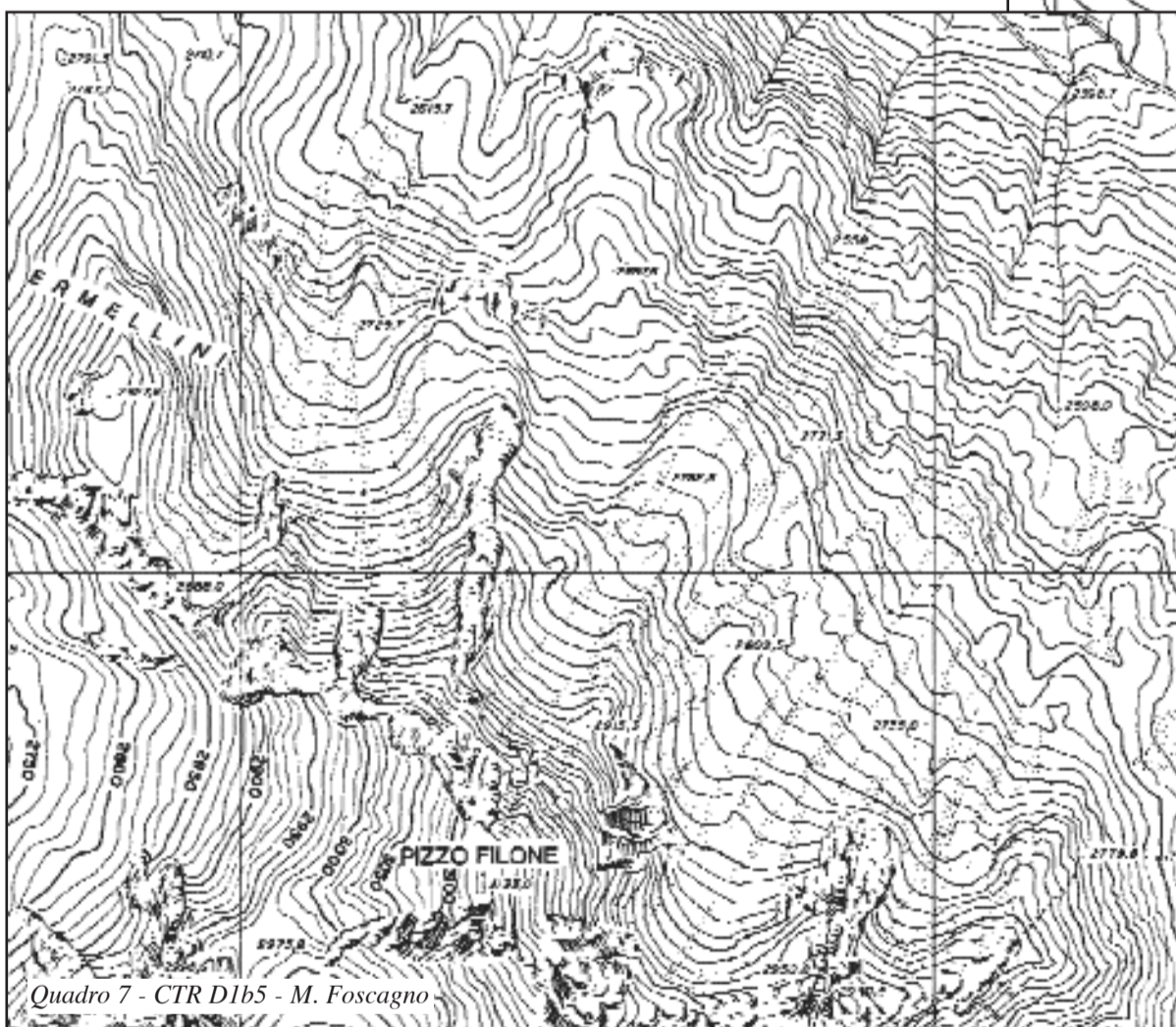
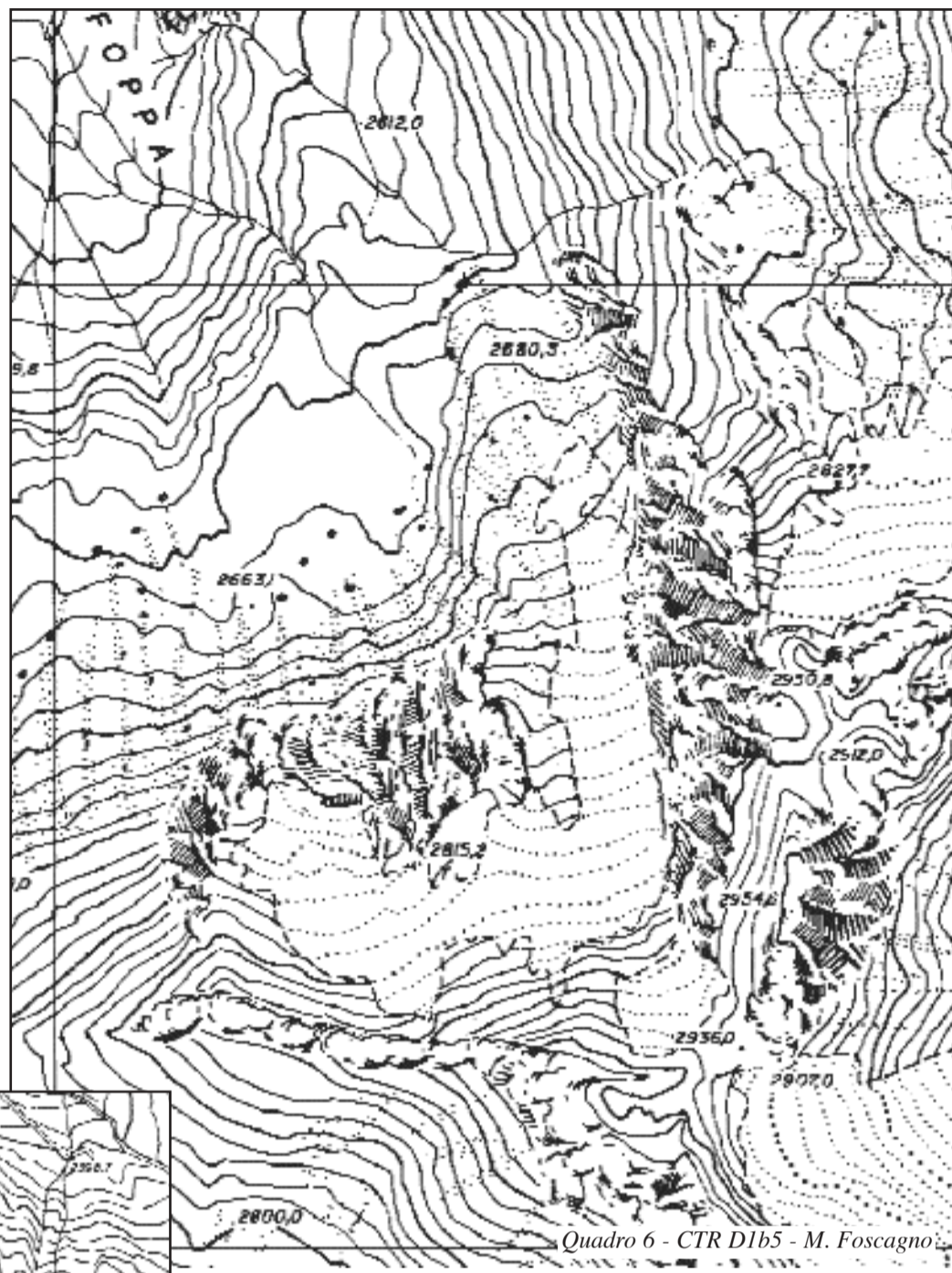
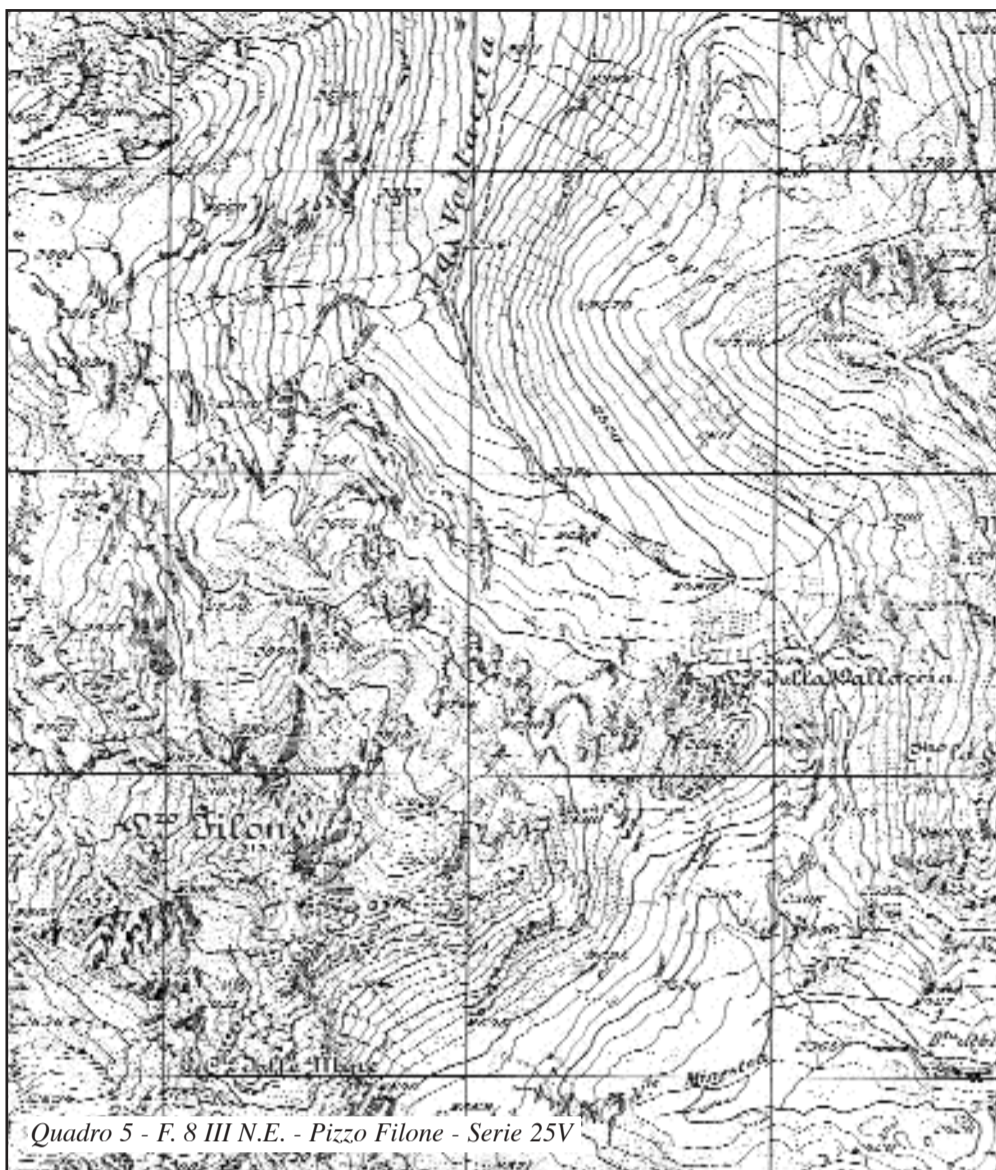
una falda detritica o di un cono detritico, e *rock glaciers* a lingua, sviluppati in lunghezza ed ubicati all'interno di un circo. Considerando, invece, solamente la collocazione geomorfologica ed il tipo di deposito che li costituisce, si possono distinguere i *rock glaciers* di *talus*, ubicati ai piedi di falde detritiche e da esse alimentati, dai *rock glaciers* detritici che sono costituiti da depositi glaciali.

I *rock glaciers* possono essere suddivisi sulla base della loro dinamica in «attivi», «inattivi» e «relitti». I *rock glaciers* attivi si muovono verso valle con un movimento superficiale dell'ordine di centimetri all'anno, presentano super-



fici instabili e fronti ripide anche più acclivi dell'angolo di riposo dei materiali che li costituiscono. Essi in genere contengono al loro interno ghiaccio massivo («*rock glacier* a nucleo di ghiaccio» o «*ice cored rock glacier*») o ghiaccio interstiziale, generato quest'ultimo dal congelamento di acqua circolante in condizioni di *permafrost* («*ice cemented rock glacier*»). In alcuni casi entrambi i tipi di ghiaccio possono coesistere nel medesimo *rock glacier*. Al contrario i *rock glaciers* inattivi non sono più in movimento e presentano superfici più stabili e fronti meno ripide dell'angolo di riposo; talvolta però, pur conservando ancora ghiaccio al loro interno, essi non si muovono più a causa della morfologia del substrato roccioso (che può presentare contropendenze) o in conseguenza della notevole profondità del ghiaccio contenuto (maggiore di 10 m) che non riesce più a determinare il movimento dell'intera massa. In genere il profilo longitudinale dei *rock glaciers* contenenti ghiaccio al loro interno è articolato, ma mediamente convesso, mentre dove il ghiaccio non è più presente, o lo è a notevole profondità, il profilo diviene mediamente concavo.



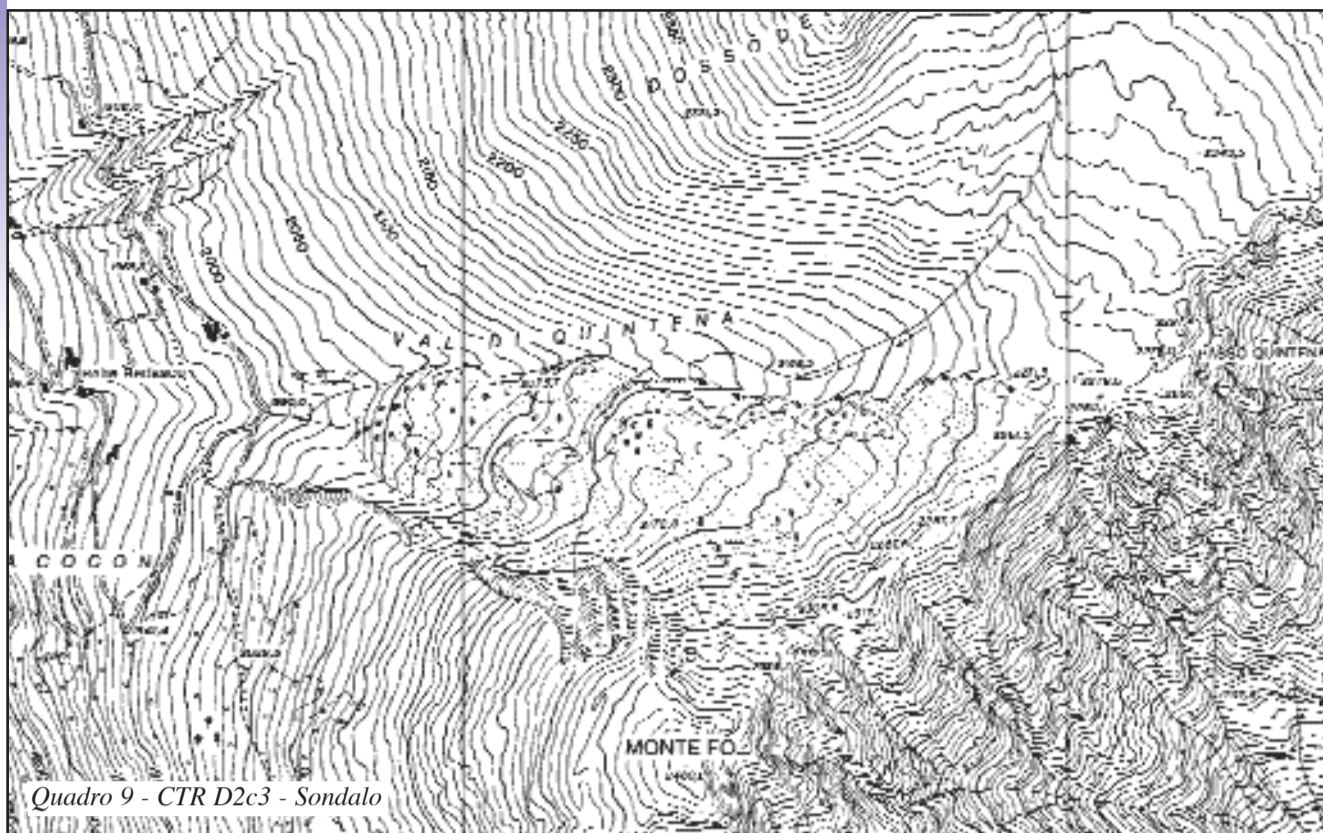


I *rock glaciers* inattivi che non contengono più ghiaccio al loro interno possono essere definiti «relitti» e sono spesso di difficile riconoscimento in quanto presentano strutture di collasso e depressioni imbutiformi che li rendono simili a certi accumuli di frana e a forme di «ghiaccio morto» (*hummocky moraine*). Geologicamente possono essere costituiti da diverse *facies* anche all'interno dello stesso corpo (*till* di ablazione, di alloggiamento, *facies* di versante, accumuli di frana, ecc.). La genesi dei *rock glaciers*, pur essendo tuttora dibattuta, si ritiene principalmente dovuta alla deformazione per *creep* del *permafrost* che fluendo verso valle dà origine alle caratteristiche strutture di flusso superficiali.

La maggior parte dei *rock glaciers* di ambiente alpino presenta una larghezza compresa tra i 100 e i 200 m, una lunghezza di parecchie centinaia di metri ed uno spessore di oltre 50 m. Per quanto riguarda la distribuzione dei *rock glaciers* in Italia, fino ad oggi ne sono stati individuati circa 1 500 sulle Alpi e circa 30 sugli Appennini, con la massima concentrazione nelle parti più interne della catena alpina (Alpi Retiche e Alpi Atesine), ma interi settori devono essere ancora studiati. Solamente circa il 19% risulta attivo e fra questi solo uno è ubicato in Appennino, sul massiccio della Majella. La maggior parte dei *rock glaciers* è di forma a lingua, con una lunghezza compresa tra i

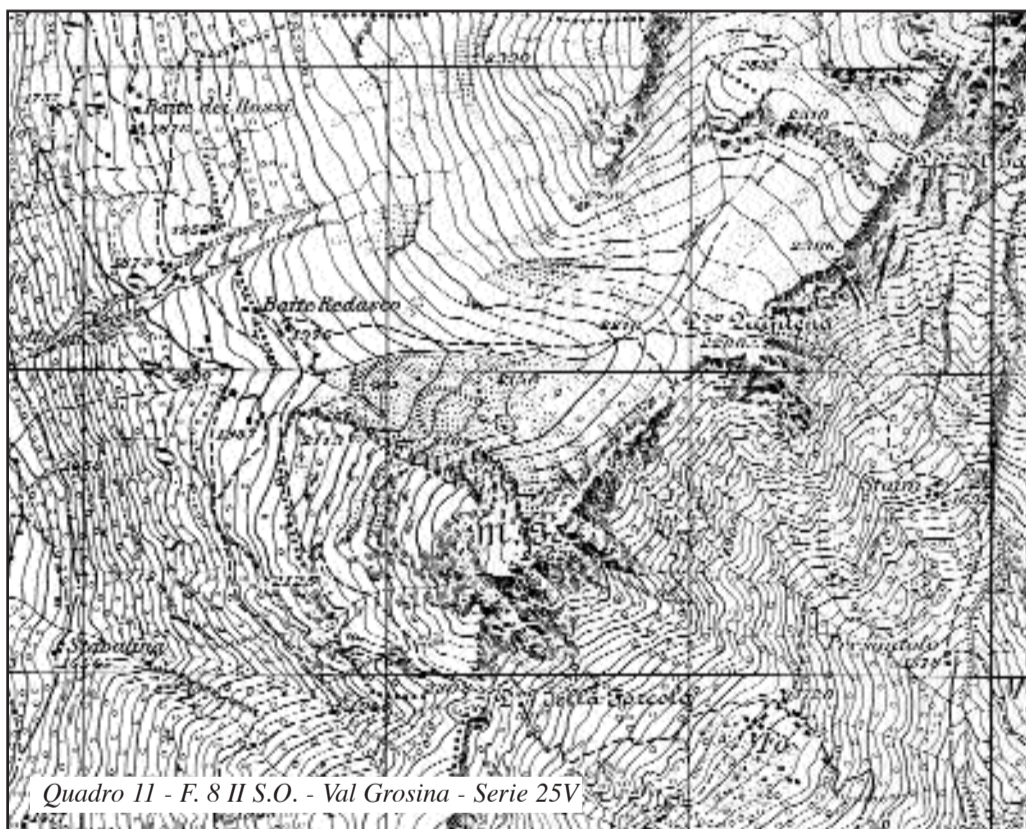
100 e i 600 m, con una media di 448 m, ed una larghezza compresa tra 50 e 500 m, con una media di 281 m. I *rock glaciers* attivi sono per oltre il 30% esposti verso i quadranti settentrionali (NNO-SSE), mentre quelli inattivi sono prevalentemente esposti verso quelli meridionali. Per quanto riguarda la loro posizione topografica, essa è equamente suddivisa tra versanti e circhi. Infine per quanto riguarda la distribuzione altimetrica, i *rock glaciers* attivi raggiungono con la loro fronte una quota minima che varia dai 2 228 nelle Alpi Lepontine ai 2 679 m nelle Alpi Graie (con una media di 2 564 m), mentre le forme inattive variano dai 1 744 nelle Alpi Carniche ai 2 340 m nelle Alpi Pennine.

Due esempi si riferiscono alle Alpi Marittime: il *rock glacier* di lago Mongioie (**quadro 1**), è il *rock glacier* del ponte di Schiantala: (**quadri 2 e 3**). In entrambi gli esempi i due *rock glaciers* attivi sono evidenziati dal puntinato che ne indica la direzione di flusso. Il *rock glacier* del ponte di Schiantala, è uno dei pochi d'Italia ove è possibile vedere il ghiaccio sottostante in affioramento lungo le sponde del lago termocarsico di quota 2 694. Il **quadro 4** presenta a nord della vetta di Croda Rossa (Alpi Dolomitiche) ben due *rock glaciers* attivi, di cui sono evidenziate le caratteristiche rughe concentriche attraverso il puntinato. L'area del Pizzo Filone nelle Alpi Retiche (**quadro 5**) è caratterizzata dalla presenza di ben cinque *rock glaciers*. Il *rock glacier* attivo La Foppa, compreso tra 2 650 e 2 850 m, circa 1 km a nord del passo della



nel settore nordorientale sono chiaramente visibili le rughe concentriche, di altezza metrica, di un altro *rock glacier* inattivo che raggiunge con la fronte il passo Quintena, non visibile invece in carta; si può inoltre osservare come il *rock glacier* del monte Fo costituito invece da più lobi sovrapposti, sia completamente boscato. Nel **quadro 11**, invece, lo stesso *rock glacier* è meno evidenziato nonostante le sue dimensioni. Nel **quadro 12** (settore Orobico delle Alpi Retiche) poche centinaia di metri a nord-est del passo del Sellarino, il *rock glacier* inattivo del Sello è messo in evidenza sia dal puntinato indicante la presenza di blocchi in superficie sia dal suo assetto topografico contraddistinto da rilievi e depressioni. Nel **quadro 13** raffigurante un tratto del versante settentrionale un tratto del versante settentrionale della valle di San Pellegrino (Alpi Dolomitiche) si distingue nettamente, dal Col delle Salae alla val Tegnousa, tra i 2275 e i 2187 m, la scarpata laterale e frontale della parte superiore di uno dei più lunghi *rock glaciers* italiani. All'interno di questi argini la simbologia cartografica evidenzia anche

Vallaccia è evidenziato dal puntinato che indica l'orlo delle scarpate frontali e laterali della forma stessa; circa 300 m a ovest si rinviene un *rock glacier* inattivo tra 2680 e 2750 m, del quale sono visibili solamente due lobi frontali; appena al di sopra, in corrispondenza della curva di livello 2800 m è visibile anche la fronte di un'altro piccolo *rock glacier* attivo. I quattro piccoli circhi del Pizzo Filone presentano altrettanti *rock glaciers*: quello centrale, con fronte e scarpate laterali ben evidenziate dal puntinato, raggiunge i 2750 m. Nel **quadro 6.**, particolare tratto dalla carta tecnica della Regione Lombardia, il *rock glacier* attivo La Foppa 1 è evidenziato dall'orientazione dei simboli rappresentanti i blocchi superficiali che simulano la direzione di flusso. In un altro spezzone della stessa C.T.R. (**quadro 7**) la stessa simbologia indica i quattro *rock glaciers* del Pizzo Filone. Si noti che alla data del rilievo cartografico della tavoletta impiegata nel **quadro 5.** (1935) nei tre circhi più occidentali sono ancora presenti dei piccoli ghiacciai o glacionevati, completamente scomparsi già negli anni Ottanta. L'esempio fotografico

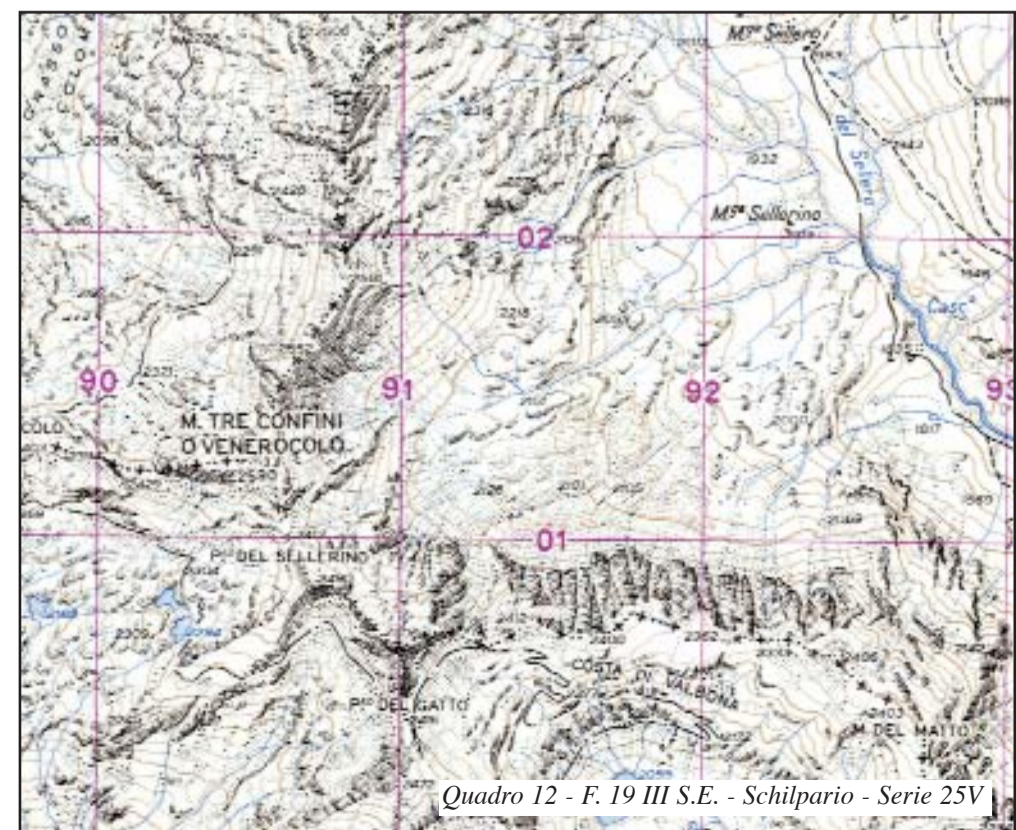


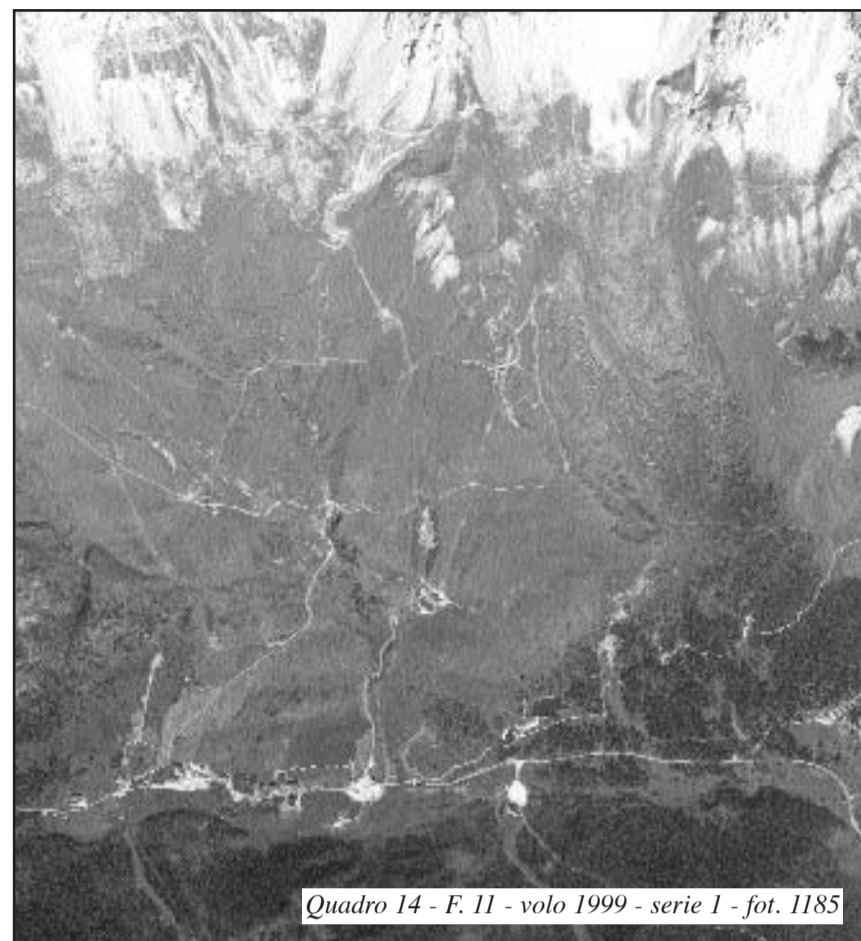
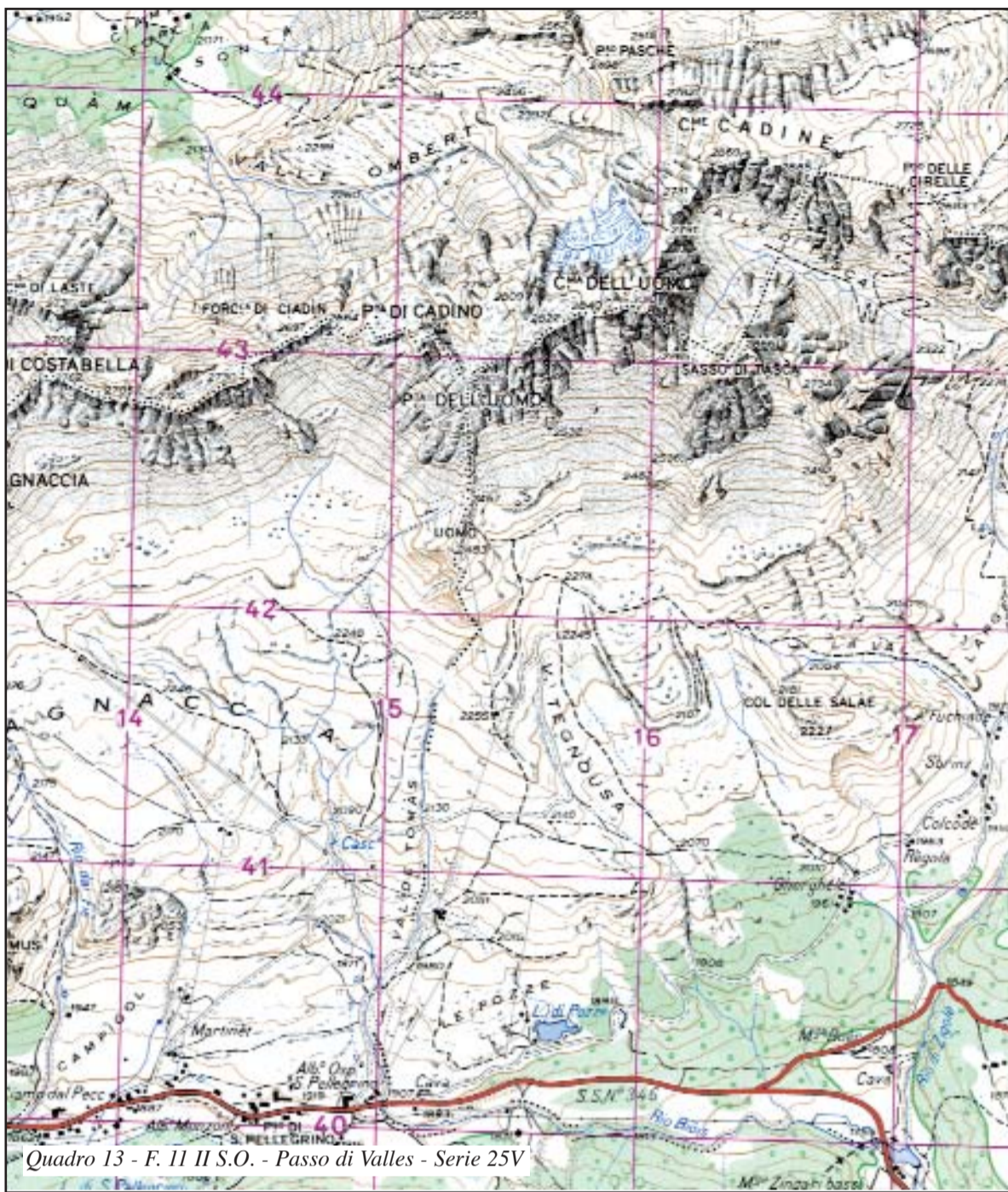
numerose rughe concentriche ben visibili nella fotografia aerea riportata a lato (**quadro 14**). La parte inferiore del *rock glacier* che termina presso la località di Gherghéle è invece scarsamente visibile, anche se un paio di rughe sono riportate a quota 2100.

Sono definiti «*protalus rampart*» o «argini detritici di nevaio» o talvolta «nivomorene», accumuli detritici allungati parallelamente alle isoipse, con una depressione più o meno incisa tra il versante e la cresta del corpo. In genere presentano la scarpata verso valle più ripida di quella verso monte e sono ubicati ai piedi di falde detritiche. Si differenziano dai *rock glaciers* perché non sviluppano strutture di flusso, ma hanno al massimo un paio di creste parallele al versante o leggermente lobate.

Alcuni autori riferiscono tali forme all'ambiente periglaciale o alla presenza di *permafrost*, interpretandole come il prodotto del *creep* del *permafrost* presente lungo certe falde detritiche che, a causa della morfologia del substrato sottostante o dell'insufficiente produzione di detrito, non evolvono in *rock glaciers* di *talus*. In genere questi argini che appaiono apparentemente omo-

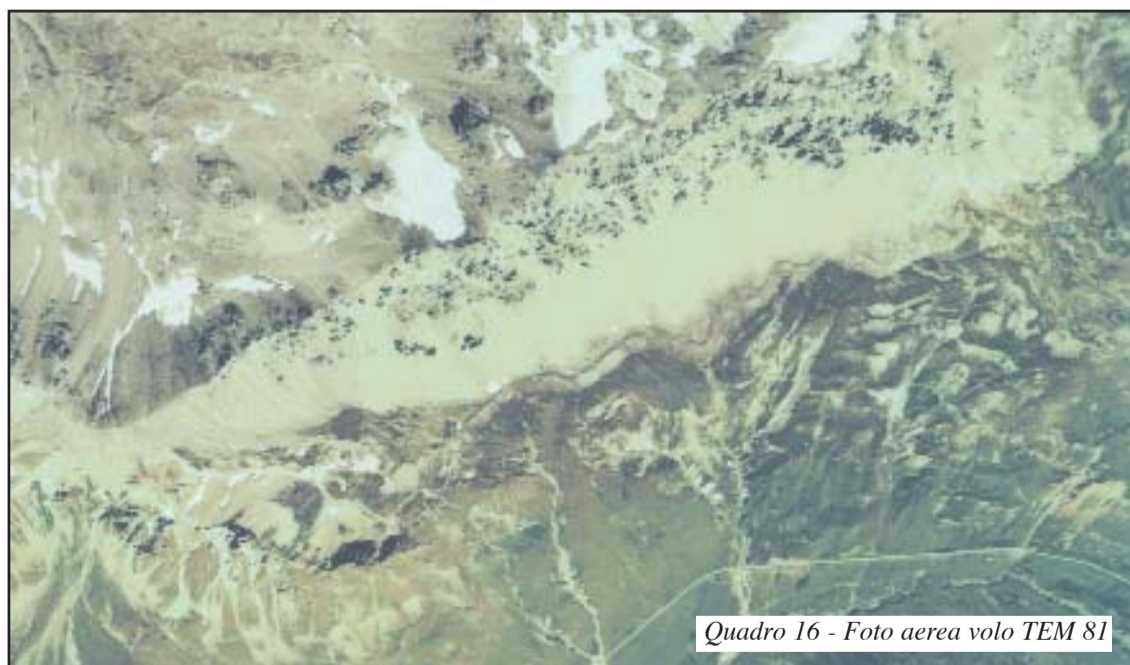
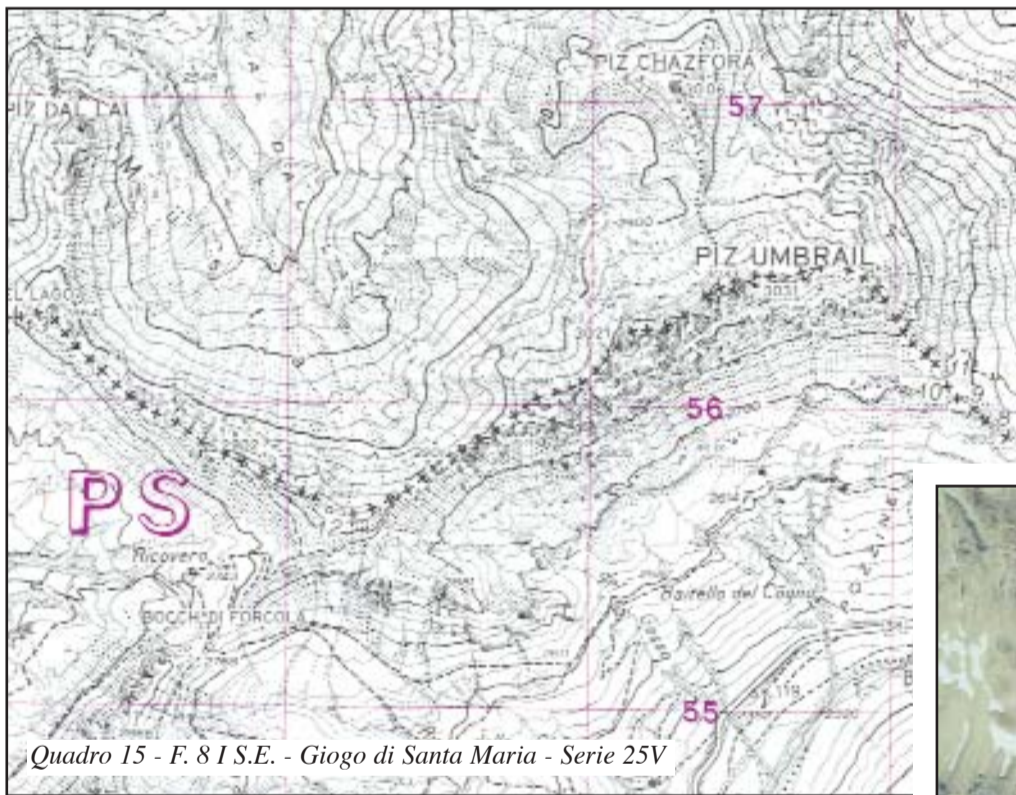
riportato nel **quadro 8** mette in rilievo la struttura superficiale caratterizzata da rughe concentriche e da alcune depressioni (in cui si accumula preferenzialmente la neve) del *rock glacier* La Foppa 1, mentre a monte del *rock glacier* inattivo sono visibili numerosi piccoli lobi nella copertura detritica. Si tratta di lobi di geliflusso, non cartografabili neppure alla scala 1:10000. Il *rock glacier* La Foppa 1 è uno dei *rock glaciers* più studiati di tutta l'Italia e la sua temperatura sino a 3 m di profondità (strato attivo) è monitorata dal 1993; esso ha iniziato il suo movimento verso valle circa 1100 anni fa ed attualmente, dal 1993 ad oggi, ha rivelato velocità di spostamento variabili da zona a zona comprese tra 1 e 45 cm all'anno. Il vicino *rock glacier* inattivo di quota 2680 iniziò, invece, la propria attività oltre 5000 anni fa ed attualmente risulta del tutto inattivo. Nel **quadro 9** si può notare come la quasi totalità del versante nord del monte Fo sia occupata dal *rock glacier* di val di Quintena (Alpi Retiche), ben evidenziato sia dall'andamento delle isoipse che suggeriscono le rughe principali, sia dalla simbologia a pallini diretta ad indicare la granulometria grossolana superficiale. Nella fotografia aerea del **quadro 10**,





debris flows, connessa soprattutto alla gravità, sono le «falde detritiche». Si tratta di porzioni di versante più o meno regolari poste al piede di scarpate rocciose con pendenze elevate (25-35°). Tali forme quindi sono da attribuire solamente alla gravità, che agisce sui diedri rocciosi facendoli crollare e successivamente rotolare o rimbalzare sino alla completa dissipazione dell'energia cinetica. Bisogna però anche dire che, tra i processi di disgregazione e alterazione delle pareti rocciose, il crioclastismo è certamente efficace e, quindi, le falde detritiche possono considerarsi il prodotto anche di processi periglaciali. Nell'esempio riportato nel **quadro 15** si nota al piede delle scarpate rocciose, evidenziate dal tratteggio artistico, un versante esposto verso sud-est con pendenza piuttosto elevata e isoipse abbastanza rettilinee, rappresentato con un puntinato indicante la presenza di detriti. Tale conformazione è quella tipica delle falde detritiche. Al piede di queste falde detritiche è evidente un argine, indicato dal doppio tratteggio, con andamento parallelo alle isoipse, non completamente continuo e con ampie curvature verso valle: questo argine è un *pro-talus rampart*. Nella fotografia aerea del **quadro 16** si può osservare bene come il questa forma si estenda al piede di una grande falda detritica.

* Con la collaborazione di Alfredo Bini, Alberto Carton, Adriano Ribolini



genei sono invece costituiti dalla giustapposizione di più rughe. Da un punto di vista litologico sono costituiti da *facies* di versante, anche se talvolta sono arricchiti di matrice trasportata da valanghe. Altri autori ritengono che questi *ramparts* si possano formare a causa dell'accumulo di crolli di detrito trasportato da valanghe o *debris flow*, e talvolta da soliflusso, senza che intervenga deformazione per *creep* o per la presenza del *permafrost*. Gli stessi autori, infatti, propongono di chiamare i *ramparts* generati in questo modo *ramparts* «pronivali». Un altro tipo di forma dell'ambiente periglaciale, ma in realtà, come i

BIBLIOGRAFIA

CARTON A., PELFINI M., *Forme del paesaggio d'alta montagna*, Bologna, Zanichelli, 1988.
 GUGLIELMIN M., LOZEJ A., TELLINI C., "Permafrost Distribution and Rock Glaciers in the Livigno Area (Northern Italy)", *Permafrost and Periglacial Processes*, 1994, 5, pp. 1-12.
 GUGLIELMIN M. CON CONTRIBUTI DI NOTARPIETRO A. (1997), "Il Permafrost Alpino. Concetti, morfologia e metodi di individuazione (con tre indagini esemplificative in Alta Valtellina)", *Quaderni di Geodinamica alpina e Quaternaria*, CNR, 5, 1994, pp. 117.

GUGLIELMIN M., SMIRAGLIA C. (A CURA DI), *Rock glacier inventory of the Italian Alps*, Archivio del Comitato. *Glaciologico Italiano*, GNGFG., 3, Torino, 1997, 103 pp.
 HAEERLI W., *Creep of mountain permafrost. Internal structure and flow of alpine rock glaciers*, Zurich, E.T.H. ed., 1985.
 RIBOLINI, "Active and fossil rock glaciers in the Argentera Massif (Maritime Alps): surface ground temperature and paleoclimatic significance", *Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie*, 37, 2001, pp. 125-140.