

NUOVI DATI SUL GLACIALISMO DELLA MONTAGNA DELLA MAIELLA (ABRUZZO, ITALIA CENTRALE)

C. Giraudi

ENEA-CASACCIA, C.P. 2400 - 00100 Roma A.D.

RIASSUNTO - Sono stati riconosciuti per la prima volta tre anfiteatri morenici attribuibili all'ultimo massimo glaciale (LGM): essi si trovano nella zona meridionale della Maiella, al di fuori delle principali valli glaciali e sono stati formati da lingue glaciali alimentate da una estesa calotta che occupava la porzione sommitale del massiccio. Sono inoltre stati individuati elementi morfologici, quali morene e *trimline*, che permettono una migliore ricostruzione dell'estensione della stessa calotta e consentono di valutare il limite delle nevi (LN) nel corso di LGM.

Il LN nel corso di LGM è molto vario e dipende dalla orientazione delle valli e dei versanti occupati dalla calotta: è stato stimato il LN a 2160 m per valli orientate a ESE, a 1900 m per le profonde valli orientate verso i quadranti settentrionali, superiori a 2250 m per la zona di calotta orientata verso i quadranti meridionali. Le successive fasi di ritiro nelle valli situate nella porzione settentrionale del massiccio sono state sei, con innalzamento del LN di 140, 235, 380, 500÷600, 650, 740 m.

Non sono stati rinvenuti sedimenti che possano servire per la datazione diretta dei depositi glaciali.

In base al paragone con il Massiccio del Gran Sasso, e si ipotizza che le morene della Maiella deposte da ghiacciai con innalzamento del LN rispetto a LGM di 140 m siano databili ad un periodo precedente a 17÷18.000 anni fa, quelle con innalzamento di 235, 380, 500÷600 m al periodo compreso tra 16.000 e 10÷11.000 anni BP, mentre quelle con innalzamento di 650 e 740 m dovrebbero essere oloceniche.

È possibile che le morene più recenti presenti sotto le creste del M. Amaro siano state deposte da una vedretta nel corso della Piccola Età Glaciale.

È stato inoltre osservato che sono molto diffusi i *rock glaciers*: il numero maggiore si è sviluppato probabilmente nel corso delle fasi di ritiro glaciale e nelle prime fasi del post-glaciale. Tuttavia, almeno nella parte alta della Valle Cannella, vi sono due *rock glacier* di aspetto assai fresco: il più recente presenta una superficie meno colonizzata dalla vegetazione rispetto alla morena più recente. Non si può escludere che sia stato attivo almeno fino a tempi molto recenti o che comunque conservi del ghiaccio sepolto sotto al detrito.

ABSTRACT - *New data on the glacial heritage of the Mt Maiella (Abruzzo - Central Italy)* - The result of the present paper can be synthesized in the following way. For the first time three morainic amphiteatres attributable to the Last Glacial Maximum (LGM) were recognized: they lie in the southern part of the Maiella Massif, outside the area of the main glacial valleys and they have been formed by glacial tongues fed by an extended ice cap that occupied the more elevated portion of that area. Moreover, some moraines and a trimline have been found, that allow a better reconstruction of the extension of the same ice cap and help to estimate the equilibrium line altitude (ELA) during the LGM.

ELA during LGM was very different according to the direction of valleys and slopes: ELA has been calculated at the height of 2160 m in valleys directed toward ESE, at 1900 m in the deep-cut valleys directed toward NW, N and NE, higher than 2250 m in the ice cap on slopes directed toward SW, S and SE. The subsequent retreat phases, in the valleys of the northern portion of the massif, occurred in five steps, with ELA increasing of 140 m, 235 m, 380 m, 500÷600, 650, 740 m.

According to the comparison with the Gran Sasso Massif, one can hypothesize that the Maiella's moraines formed by glaciers whose ELA was 140 m higher than during LGM, are dated to a period older than 17÷18,000 years BP; the moraine formed by glaciers with ELA 235, 380, 500÷600 m higher are younger than 16,000 and older than 10÷11,000 years BP; the moraine formed by glaciers with ELA 650 and 740 m higher must be dated to the Holocene.

The youngest moraines were formed by a glacierlet, probably, during the Little Ice Age.

A lot of rock glaciers has been found: the greatest amount of them developed probably during the retreat of the glaciers and the early post-glacial.

However, at least at the head of the Cannella Valley, there are two rock glaciers that look very young. The recentmost has a surface less weathered and colonized by the vegetation in comparison with the last moraine: it cannot be excluded that it has been active at least until recent times.

Parole chiave: glacialismo, limite delle nevi, LGM, Maiella.

Key words; glacial sediments and features, last glacial maximum, equilibrium line altitude, Mt. Maiella.

1. INTRODUZIONE

La Montagna della Maiella costituisce, dopo il Gran Sasso, il più alto massiccio dell'Appennino e raggiunge la quota di 2793 m al Monte Amaro; essa è anche caratterizzata dalla presenza di varie cime che superano i 2700÷2600 m. Tuttavia la sua principale caratteristica appare la forma massiccia determinata dalla presenza di una superficie sommitale a debole inclinazione, di origine strutturale. Questa è delimitata da versanti ripidi o

ripidissimi, solcati, principalmente nella porzione settentrionale ed orientale, da profondi valloni.

Come riassunto in Jaurand (1994), già Demangeot (1965) evidenziava che l'altitudine media della Maiella è di circa 1360 m, mentre quella del Gran Sasso è di circa 1054 m; pure Gentileschi (1967) confrontando la Maiella con il Gran Sasso, evidenziava che circa il 20% della Maiella si trova al di sopra dei 1500 m, contro appena il 5% del Gran Sasso.

Calcoli effettuati nel corso del presente lavoro,

sulla base delle isoipse riportate sulle tavolette al 25.000, hanno indicato che, alla Maiella, le zone poste al di sopra di 2000 e 2500 m hanno area pari a circa 59 e 11 km², mentre al Gran Sasso le zone corrispondenti hanno aree di circa 51 e 2 km². Inoltre alla Maiella le aree aventi quote superiori a 2000 metri costituiscono una zona lunga in media 11 km e larga in media circa 6 km, mentre al Gran Sasso le zone al di sopra di tale quota costituiscono una fascia lunga in media 25 km e larga poco più di 2 km.

Litologicamente la porzione più elevata della Maiella è costituita (Vezzani *et al.*, 1993) principalmente da:

- calcareniti e calciruditi passanti a calcari marnosi e marne calcaree, calcareniti organogene a Briozoi e Litotamni (Burdigaliano-Tortoniano);
- prevalenti calcilutiti alternate a calcareniti con livelli di megabrecce, biocalcareni e calciruditi (Cenomaniano-Maastrichtiano), passanti verso l'alto a biocalcareni a Nummuliti (Paleocene-Oligocene);
- carbonati di piattaforma sormontati da depositi biocostruiti a frammenti di Rudiste (Cretaceo Superiore-Paleocene) e da risedimenti calcarei paleogenici.

La Maiella appare interessata da carsismo con vario grado di sviluppo, e presenta anche due depressioni tettonico-carsiche (Valle di Femmina Morta e Fondo di Femmina Morta) poste al di sopra dei 2350 m.

Studi sulle tracce glaciali della Maiella furono condotti da Franchi (1919), Crema (1927), Klebelsberg (1930a), Suter (1939), Beneo (1943), Bally (1954), Demangeot (1965): in generale le tracce glaciali vengono attribuite all'ultima espansione glaciale del Pleistocene superiore.

Federici (1979) individua sulla Maiella resti glaciali attribuiti agli stadiali posteriori al Wurm III, che egli paragona agli stadiali alpini e chiama I, II, III Stadio Appenninico.

Dramis & Kotarba (1994) segnalano la presenza di *rock glacier* nell'alta Valle Cannella.

Jaurand (1994), nella sua tesi di dottorato, illustra con interessanti novità il glacialismo della Maiella e fa riferimento agli stadiali di Federici (1979), ma inserisce, tra il II ed il III stadio Appenninico, uno stadio IIb databile al Dryas recente. Proprio a tale stadio risalirebbero le ultime morene della Maiella. In base alla morfologia della porzione sommitale, l'Autore ipotizza la presenza, nel corso dell'ultimo massimo glaciale (LGM), di una estesa calotta glaciale: questa avrebbe coperto anche le cime più elevate del massiccio, occupando una fascia ampia parecchi chilometri quadrati posta tra il M. Amaro e il Fondo di Femmina Morta.

Ancora Jaurand (1994) stima che il LN alla Maiella nel corso di LGM doveva porsi a circa 2000-2100 m nelle valli esposte a Nord e a Est. Il calcolo del LN risulta approssimato a causa della mancata identificazione di apparati morenici frontali formati nel corso di LGM.

Tutte le datazioni indicate dagli Autori precedenti sono state proposte sulla base di argomentazioni indirette non essendo mai stato possibile raccogliere alcun elemento diretto.

Nel corso del presente lavoro sono state eseguite ricerche di terreno ed indagini fotogeologiche sia sulla porzione elevata della Maiella, sia sulla porzione più meridionale del massiccio: le ricerche hanno permesso di rinvenire, in zone apparentemente trascurate da

Autori precedenti, altre tracce glaciali, tra le quali tre fronti morenici attribuibili a LGM, archi o resti di morene stadiali e alcuni cordoni morenici che delimitavano la calotta glaciale.

I RESTI GLACIALI DELLA MAIELLA

Dal punto di vista delle tracce glaciali (Fig. 1), la Maiella può essere divisa in due parti: una porzione settentrionale, presente a Nord-Est dell'allineamento M. Amaro-Valle dei Fontanili ed una meridionale, posta a Sud-Ovest dello stesso.

La porzione settentrionale è interessata da grandi e assai incise valli glaciali orientate prevalentemente verso i quadranti settentrionali ed orientali: esse presentano ampi ed evidenti circhi glaciali alla loro testata ed estesi affioramenti di rocce montonate. Sempre nelle parti più elevate di tali valli sono riconoscibili piccole morene e una grande quantità di *rock glacier*. I versanti vallivi assai scoscesi appaiono caratterizzati da una estesa copertura detritica. In tali valli non sono state individuate tracce delle morene frontali di LGM, erose, probabilmente a causa della forte energia di rilievo, o coperte dall'abbondante detrito di falda post-glaciale.

La porzione meridionale, quella che secondo Jaurand (1994) ospitava la calotta glaciale, è incisa da una sola evidente valle glaciale (la Valle di Taranta), che appare tuttavia assai meno profonda delle valli del settore settentrionale. Le due valli principali poste più a Sud non presentano, se non nella parte sommitale, un chiaro modellamento glaciale.

La zona meridionale può, a sua volta, essere divisa in due parti, avendo la sua porzione occidentale una morfologia ben distinta dal resto.

Escludendo per ora la parte occidentale, possiamo osservare che nell'area in oggetto sono presenti solo due forme circoidi poste alle testate della Valle Taranta e del Vallone di Izzo. Le cime più elevate di tale zona appaiono sempre piuttosto arrotondate e le loro forme smussate; sui loro versanti non esistono *trimline* che evidenzino tracce di un paesaggio preglaciale, sono assai scarse le zone ove si sono depositi detriti di falda in periodo sin e post-glaciale. Appare perciò condivisibile l'ipotesi, formulata da Jaurand (1994), relativa alla presenza di una calotta che copriva anche le cime più elevate. Una *trimline*, finora mai segnalata, appare riconoscibile invece per un ampio tratto tra la Valle di Taranta e il Vallone di Izzo. Attorno a quota variabile tra 2000 e 2200 m si ha un cambiamento del paesaggio. Nella parte più elevata sono presenti forme smussate, estese, omogenee e sottili coperture di detrito, anche glaciale, è presente un basso grado di alterazione, e vi sono rare incisioni posteriori ai detriti. Nella parte inferiore sono presenti molte piccole incisioni, i suoli sono più sviluppati, così come il carsismo, la morfologia appare, sia in grande che in dettaglio, assai più evoluta. A luoghi, in corrispondenza della *trimline*, sono presenti piccoli cordoncini morenici (Fig. 1). Appare quindi abbastanza ben individuabile la zona interessata dalla calotta glaciale, che sembra un pò più estesa di quanto ipotizzato da Jaurand (1994), spingendosi fino a Sud del M. Tavola Rotonda e a Nord del M. Amaro e raggiungendo una superficie pari o superiore a 30 km².

Sono state poi individuate alcune morene, finora

mai segnalate, che, per il loro stato di conservazione e per il basso grado di alterazione, possono essere attribuite a LGM. Tali morene si trovano sia in Valle dei Fontanili, fino a quota di poco superiore a 1300 m, che nella Valle di Lettopalena, a quote di poco superiori a 1400 m. Morene stadiali sono state individuate a Sud della cima di Tavola Rotonda.

Tuttavia l'anfiteatro della Valle di Lettopalena si trova circa 300 m più in basso delle ultime tracce di

forme glaciali: esso deve essere stato formato da un piccolo ghiacciaio staccato dalla lingua principale. Questo ghiacciaio doveva essere alimentato dal crollo di seracchi lungo un tratto di valle molto ripido, che non presenta un aspetto di valle glaciale: doveva trattarsi, in sostanza, di un ghiacciaio rigenerato.

Il versante occidentale della Maiella è assai ripido e presenta, nelle porzioni più elevate, una serie di circhi glaciali. Alla base del versante, sovrapposti a depositi di

frana e coinvolti essi stessi in movimenti franosi, sono presenti accumuli di detriti glaciali, che non sono stati cartografati in Fig. 1.

Solo in corrispondenza del Vallone di Fondo è presente un bell'anfiteatro morenico frontale, finora mai segnalato, attribuibile a LGM, che raggiunge la quota di circa 1350 m; un po' più in alto, a circa 1800 m, sono poi presenti i resti di un piccolo cordone morenico stadiale.

A valle di tale zona, presso Fonte Romana, Bally (1954) ha segnalato la presenza di accumuli morenici, ma Jaurand (1994) ha negato un'origine glaciale del detrito che forma tali accumuli.

La morfologia e la litologia dell'anfiteatro morenico di Vallone di Fondo appaiono inconfondibili: le morene sono tagliate da un'incisione e, poco a valle, nella depressione di Valle Messere, vi è un conoide fluvioglaciale alimentato dallo stesso apparato glaciale.

Secondo Jaurand (1994), la morfologia della cresta indica che il circo del Vallone di Fondo doveva essere alimentato anche da una lingua glaciale proveniente dalla calotta. È possibile che anche gli altri circhi glaciali del versante occidentale fossero in parte alimentati dalla calotta.

Altre due conoidi fluvioglaciali ben evidenti sono presenti più a Nord di Vallone di Fondo, in aree coperte prevalentemente da detrito di frana.

In conclusione, la calotta (Fig. 2) occupava la parte sommitale della porzione meridionale della Maiella e la zona a Nord del M. Amaro, fino al M. Tre Portoni: da essa si diramavano lingue glaciali che si spingevano in tutte le valli adiacenti fino a 1300-1400 m di

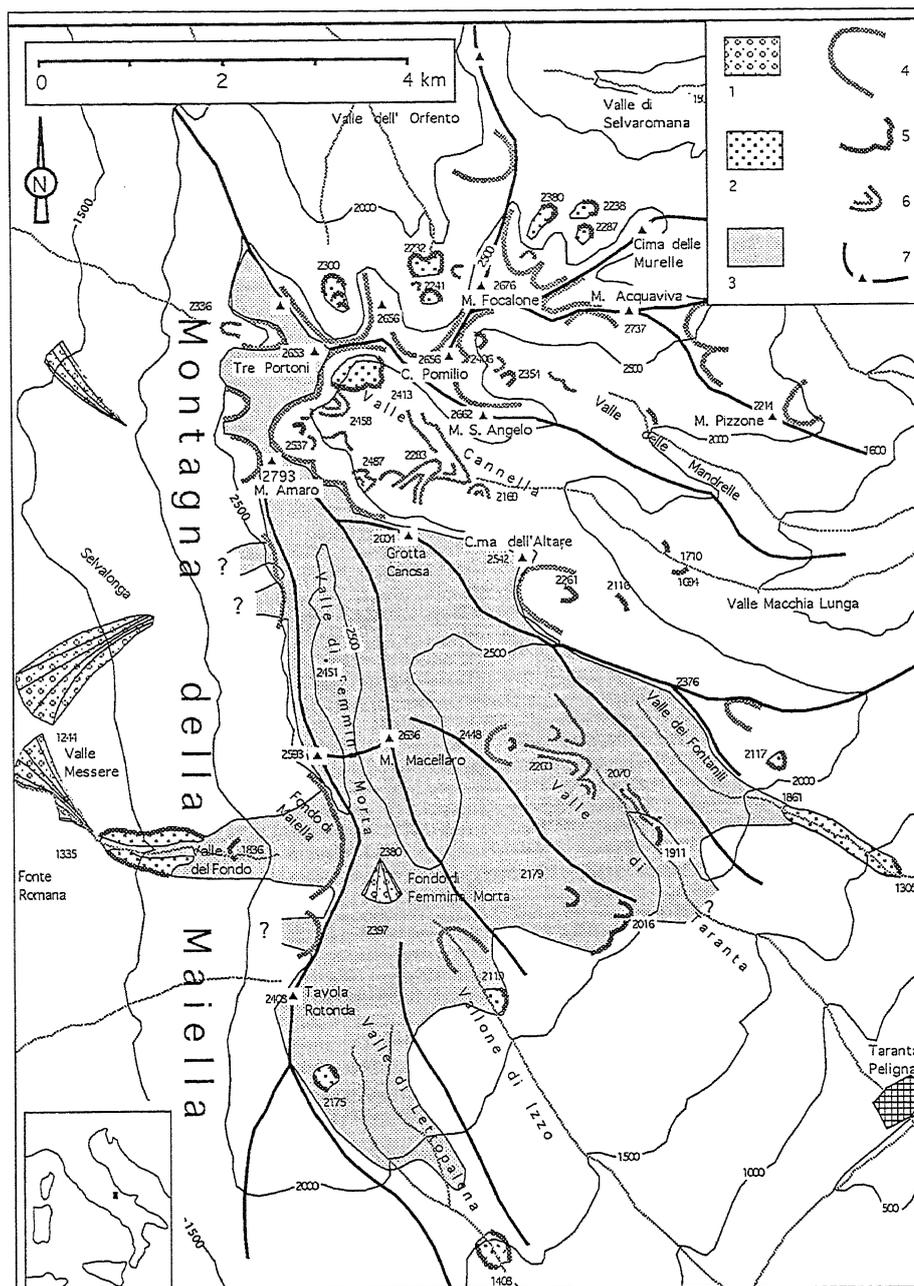


Fig. 1 - Le principali tracce glaciali della Montagna della Maiella

Legenda: 1- conoidi fluvioglaciali; 2- depositi glaciali; 3- area di massima espansione della calotta glaciale; 4- circo glaciale; 5- fronti morenici principali dei ghiacciai della massima espansione e stadiali; 6- rock glaciers; 7- spartiacque principali.

Map of the main glacial deposits and features on the Maiella Mt.

Legend: 1- outwash fans; 2- till; 3- maximum extent of the ice cap; 4- glacial cirques; 5- main terminal moraines dating to the last glacial maximum and to the stadial phases; 6- rock glaciers; 7- main surficial watersheds.

quota nella Valle di Lettopalena, di Taranta e nella Valle dei Fontanili, oltre che sul versante occidentale. Inoltre essa doveva alimentare, almeno parzialmente, anche i ghiacciai dell'alta Valle Cannella e il circo di Cima dell'Altare.

Anche la morfologia delle profonde valli del settore settentrionale può aiutare a valutare l'estensione dei ghiacciai. Il Vallone dell'Orfento, orientato verso NNW, nonostante sia interessato da forte erosione, conserva le tracce di una morfologia ad "U" fino alla quota di circa 1250 m; la Valle di Selvaromana conserva tracce della morfologia glaciale fino a 1200 m di quota, mentre nella bassa Valle delle Cannelle la morfologia si ritrova fino a circa 1100 m.

VALUTAZIONE DEI LIMITI NIVALI

Le morene e le tracce glaciali individuate per la prima volta nell'ambito del presente studio possono aiutare a valutare il limite delle nevi (LN) alla Maiella nel corso di LGM.

Jaurand (1994), in mancanza di morene di LGM, ha valutato per le valli del settore settentrionale il limite delle nevi (col metodo di Hoefler, 1922) attorno a 2000÷2100 m, basandosi essenzialmente sulla morfologia della Valle Cannella e della Valle di Taranta, che sono prive di morene LGM.

Poichè però entrambe le valli erano alimentate in parte dalla calotta e questa copriva anche i rilievi più elevati, risulta impossibile il calcolo dei limiti delle nevi con i metodi classici. Questi metodi, oltre che tenere conto della quota delle morene frontali, si basano sulle quote massime dei rilievi o sulle quote medie delle porzioni sommitali delle valli glaciali. È evidente che, non potendo conoscere lo spessore della calotta, la quota sommitale degli attuali rilievi non risulta significativa nel calcolo; essa è, evidentemente, inferiore a quella della calotta, a quella, cioè, che doveva essere la quota alla quale si accumulava la neve nel corso di LGM.

Per valutare il LN nel corso di LGM, è possibile basarsi su quattro elementi in parte relativi a corpi glaciali indipendenti dalla calotta:

- i resti del piccolo apparato glaciale posto poco al di fuori della calotta nella zona immediatamente a Nord della Valle dei Fontanili;
- i resti di morene al margine della calotta presenti tra la Valle di Taranta e la Valle di Izzo;
- la quota minima alla quale si riconosce il modellamento glaciale in alcune valli;
- la quota dei rilievi che non presentano tracce glaciali.

Il piccolo apparato glaciale situato poco al di fuori dell'area occupata dalla calotta nella zona immediatamente a Nord della Valle dei Fontanili (Fig. 1), è legato geneticamente a un piccolo circo, rivolto verso ESE, impostato su un versante che supera di poco i 2300 m ed è evidenziato da un piccolo argine morenico a circa 2020 m di quota. Il calcolo del limite delle nevi con il metodo di Hoefler (1922) ha fornito in questo caso un valore di 2160 m.

Le piccole morene situate al margine E e SE dell'area coperta dalla calotta (Fig. 1) segnano le zone, sui versanti poco scoscesi della porzione sommitale, oltre le quali il ghiaccio della calotta non si spingeva.

La quota alla quale le morene suddette si rinveno-

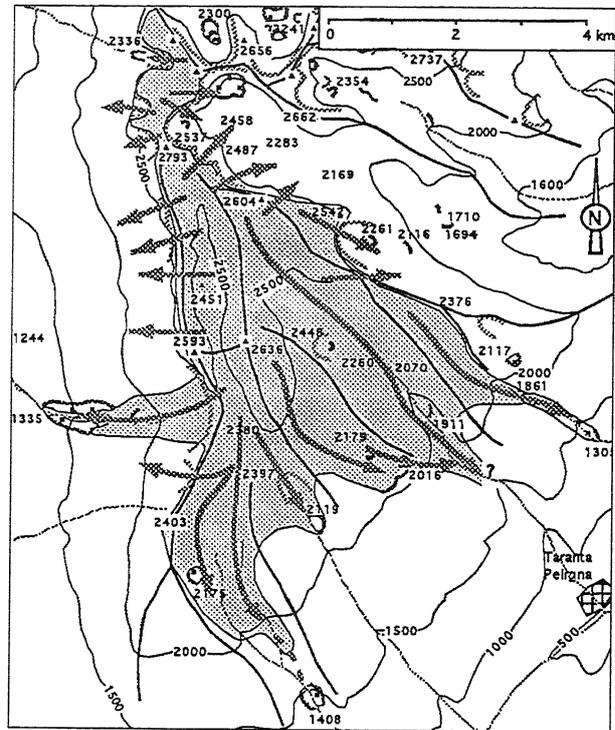


Fig. 2 - Estensione della calotta nel corso dell'ultimo massimo glaciale. Le frecce indicano la direzione delle lingue glaciali alimentate dalla calotta. Per gli altri simboli, vedasi la Fig. 1.

Extension of the ice cap during the last glacial maximum. The arrows indicate the direction of the glacial tongues fed from the ice cap. For the other symbols, see Fig. 1.

no va da circa 2000 m, appena a Sud del medio Vallone di Taranta, su versanti esposti a ESE (vicino a tali morene una lingua alimentata dalla calotta andava a confluire in Valle di Taranta, arrivando almeno a 1900 m di quota), a circa 2100 m nel Vallone di Izzo, su un versante rivolto a SE. Anche nella zona di calotta, il limite nivale doveva essere condizionato dalla orientazione dei versanti.

Il LN dell'area di estensione della calotta, quindi, era superiore a 2000 m nella porzione di versante rivolta a ESE, e a 2100 m nella porzione rivolta a SE e a Sud, come buona parte della zona sommitale meridionale della Maiella. In particolare nel primo caso il LN non può essere stato inferiore a 2250 m poichè le quote sommitali dell'area immediatamente a WNW delle morene è di circa 2500 m, e quando c'era la calotta la quota sommitale doveva essere più elevata.

Nel secondo caso il LN non può essere stato inferiore a 2275 m poichè le quote sommitali dell'area immediatamente a NW delle morene è di circa 2450 m.

Il limite nivale stimato in base alla presenza di tracce di forme glaciali nel Vallone dell'Orfento, alimentato dai circhi di M. Rotondo e Cima Pomilio, è valutabile a circa 1900 m; un valore analogo è stato calcolato per la Valle di Selvaromana presente a Nord del M. Focalone.

Alcune cime dello stesso massiccio, presenti a Nord e ad Est dell'area glaciale, con versanti orientati prevalentemente a W ed a E, non presentano tracce glaciali anche se arrivano a circa 2150÷2250 m di quota. Il LN deve essere stato o superiore a tali quote o

di poco inferiore, tanto da non permettere la formazione di ghiacciai anche molto piccoli.

La calotta poteva raggiungere e forse superare, almeno in corrispondenza della depressione carsico-tettonica della Valle di Femmina Morta (che è una conca chiusa con fondo a 2451 m, circondata da rilievi che superano i 2630 m) lo spessore di 200 m, mentre per le altre aree non è possibile effettuare stime.

Per quel che riguarda le morene lasciate dai ghiacciai nel corso di stasi o piccole riavanzate avvenute durante le fasi di ritiro seguite a LGM, oltre alle morene già descritte per l'area coperta dalla calotta e dalle sue lingue glaciali, è possibile osservare quanto segue:

- nella Valle Cannella, alimentata in parte anche dalla calotta, sono conservati i resti di morene deposte nel corso di quattro distinte pulsazioni glaciali, ubicate rispettivamente alle seguenti quote: 1670, 1750, 2450, 2540 m;
- nella valle a Nord della cima Tre Portoni, sono presenti morene di tre diverse pulsazioni, situate alle quote di 2300, 2350, 2380 m, deposte da ghiacciai con LN rispettivamente a 2450, 2475 e 2490 m;
- nell'alta Valle delle Mandrelle sono conservati i resti di tre morene di diverse pulsazioni, situate alle quote di 2000, 2350, 2425 m, deposte da ghiacciai con LN rispettivamente di 2300, 2500 e 2550 m;
- nella Valle a Nord della Cima Pomilio sono conservati i resti di due morene di diverse pulsazioni, alle quote di 2125 e 2240 m, deposte da ghiacciai con LN rispettivamente a 2400 e 2450 m;
- nella valle a Nord-Est del M. Focalone sono conservati i resti di due morene di diverse pulsazioni poste alle quote di 2240 e 2380 m, con LN rispettivamente a 2420 e 2490 m;
- nella valle a SE di Cima dell'Altare, alimentata anche dalla calotta glaciale, sono conservati i resti di due morene rispettivamente alle quote di 2100 e 2250 m;
- il ghiacciaio che si formava nel piccolo circo isolato tra la Valle di Macchia Lunga e la Valle di Taranta ha deposto una morena alla quota di 2025 m.

Alla Maiella sono quindi riconoscibili resti di morene legate a varie pulsazioni glaciali ed il maggior numero è conservato nei tratti di valle meno ripidi documentando che la morfologia delle valli potrebbe avere giocato un ruolo determinante sulla posizione di alcuni apparati morenici.

Appare inoltre evidente che le morene presenti sulle soglie o nei circhi glaciali della porzione più alta del massiccio si sono formate quando già la calotta era scomparsa o non alimentava più i circhi: per tali morene presenti nelle diverse valli il LN è correlabile.

Nella Valle Cannella sono conservati i resti di morene, all'interno dei circhi glaciali, alle quote di 2450 e 2540 m, deposte da ghiacciai con LN rispettivamente di 2540 e 2640 m. La prima, ubicata in un circo rivolto verso ESE, indica una risalita del LN rispetto a LGM di 380 m (il LN nel corso di LGM per valli rivolte a ESE è stato calcolato a 2160 m). La seconda, ubicata in un circo rivolto a NE, indica una risalita del LN rispetto a LGM di 740 m (il LN nel corso di LGM per valli rivolte a N, NW e NE è stato calcolato a 1900 m).

Nella valle posta a Nord della cima Tre Portoni, orientata a NNW, sono presenti morene deposte da ghiacciai con LN rispettivamente a 2450, 2475 e 2490 m, che indicano una risalita del LN di 550, 575 e 590 m

rispetto a LGM.

Nei circhi dell'alta Valle delle Mandrelle, orientati verso NE, sono conservati i resti di due morene deposte da ghiacciai con LN di 2500 e 2550 m, che indicano una risalita del LN rispettivamente di 600 e 650 m rispetto a LGM.

Nei circhi a Nord della Cima Pomilio sono conservati i resti di due morene deposte da ghiacciai con LN a 2400 e 2450 m, che indicano una risalita del LN rispettivamente di 500 e 550 m rispetto a LGM.

Nei circhi a Nord-Est del M. Focalone sono conservati i resti di due morene deposte da ghiacciai con LN a 2420 e 2490 m, che indicano una risalita del LN rispettivamente di 550 e 590 m rispetto a LGM.

Nel circo a SE di Cima dell'Altare sono conservati i resti di due morene deposte da ghiacciai con LN di 2300 e 2395 m, che indicano una risalita del LN di 140 e 235 m. (il LN nel corso di LGM per valli rivolte a ESE è stato calcolato a 2160 m)

Nel complesso sono presenti morene che indicano stasi o parziali riavanzate, nel corso del generale ritiro seguito a LGM, di ghiacciai con LN risaliti di 140, 235, 380, 500-600, 650 e 740 m.

La calotta potrebbe essere esistita fino alla fase di ritiro glaciale che ha prodotto una risalita del LN di circa 380 m. Infatti se si considera il LN di LGM della calotta, superiore o uguale a 2250 m, la risalita di 380 m del LN comporta il raggiungimento di quote pari o superiori a 2630 m; tale quota è superata solo da porzioni assai ristrette del rilievo della Maiella, che non avrebbero potuto alimentare la calotta.

DISCUSSIONE

Nel corso del lavoro di campagna non sono finora emersi elementi di datazione diretta sia di LGM che delle fasi di ritiro: non sono infatti state ancora rinvenute, sui depositi glaciali, depressioni riempite da materiali eolici, lacustri, vulcanici e suoli, che in altri massicci (ad esempio Gran Sasso, Matese, Greco, ecc.) hanno permesso un inquadramento cronologico degli stadi della deglaciazione.

E' comunque accettato che gli stadi glaciali sono stati guidati da variazioni climatiche a scala globale: essi devono essere stati perciò sostanzialmente coevi nei vari massicci dell'Italia Centrale. Anche le corrispondenti fasi di risalita dei limiti delle nevi, se pure influenzate da fattori topografici locali, devono essere state paragonabili nei vari massicci. Tuttavia la Maiella presenta varie peculiarità che la rendono difficilmente paragonabile a questi ultimi: tra queste, un LN molto più elevato che in tutti gli altri massicci montuosi dell'Italia Centro-Meridionale, compreso il M. Pollino (Jaurand, 1994), posto molto più a Sud, e la presenza di una estesa calotta, che, rispetto ai ghiacciai vallivi, potrebbe avere avuto tempi di reazione diversi alle variazioni climatiche.

Il massiccio che più si presta ad un paragone con la Maiella è evidentemente il massiccio del Gran Sasso. Ivi, i LN di LGM sono stati valutati, da vari autori (Demangeot, 1965; Federici, 1979; Jaurand, 1994; Giraudi & Frezzotti, 1997), tra 1700 e 1800 m di quota. Al Gran Sasso le valli glaciali sono principalmente rivolte verso i quadranti settentrionali, quindi i LN possono essere paragonati con quelli calcolati per le valli della

Maiella dirette pure verso i quadranti settentrionali. Vi sarebbe quindi una differenza media di 150 m tra i LN di LGM dei due massicci.

Secondo Giraudi & Frezzotti (op.cit.), che hanno utilizzato per l'inquadramento cronologico una serie di datazioni col radiocarbonio e la presenza di tephra, al Gran Sasso i ghiacciai con innalzamento di LN \geq a 200 m rispetto ad LGM possono essere datati ad un periodo più antico di 17÷18.000 anni BP, quelli con incrementi di LN compresi tra 250 e 550 m sarebbero databili al periodo compreso tra circa 16.000 e 10÷11.000 anni fa. In particolare gli Autori, in base ai rapporti tra depositi glaciali e sedimenti di copertura (tephra, sedimenti colluviali e lacustri) attribuiscono le morene deposte da ghiacciai con LN superiori di 550 m a quelli di LGM, al Younger Dryas.

In base alla correlazione con le pulsazioni glaciali del Gran Sasso, le morene della Maiella deposte da ghiacciai con incrementi di LN rispetto a LGM di 140 m potrebbero essere datate ad un periodo precedente a 17÷18.000 anni fa, quelle con incrementi di 235, 380, 500÷600 m al periodo compreso tra 16.000 e 10÷11.000 anni BP, mentre quelle con incrementi di 650 e 740 m dovrebbero essere oloceniche.

In particolare, la morena più recente, di aspetto molto fresco sia in termini di forma che di alterazione superficiale che di sviluppo della vegetazione, sul versante N del M. Amaro è ubicata a quota superiore a quella di una morena di Valle delle Cornacchie, al Gran Sasso, che Gellatly *et al.* (1994) attribuiscono alla Piccola Età Glaciale. Anche se l'altezza media delle creste del M. Amaro alle spalle del circo è circa 100÷120 m inferiore a quella del Corno Grande, non è escluso che tale morena sia stata prodotta da una vedretta molto piccola sviluppatasi nel corso della Piccola Età Glaciale (XIV÷XIX secolo) e attualmente scomparsa.

In base alla risalita del LN, la calotta glaciale potrebbe essere perdurata fino alla prima metà del periodo compreso tra 16.000 e 10÷11.000 anni BP.

I ROCK GLACIER

Come accennato in precedenza, Dramis & Kotarba (1994) e Jaurand (1994) hanno segnalato la presenza di *rock glacier* nell'alta Valle Cannella. Il lavoro condotto ha portato alla individuazione di nuove manifestazioni di questo tipo: *rock glacier* sono presenti in quasi tutti i circhi glaciali e nelle alte valli del settore settentrionale della Maiella, ma anche, ed assai estesi, nell'alta Valle di Taranta. Nessun *rock glacier* pare essersi invece sviluppato nell'area sommitale occupata dalla calotta. Non tutti i *rock glacier*, se osservati in fotografia aerea, presentano lo stesso grado di copertura vegetale, per cui appare chiaro che essi si sono formati nel corso di più fasi.

In particolare, Dramis & Kotarba (1994) segnalano che uno dei *rock glacier* dell'alta Valle Cannella potrebbe essere attivo.

Per quanto riguarda la collocazione cronologica complessiva dei *rock glacier* si può osservare quanto segue: trovandosi solamente nelle porzioni più elevate delle valli, non possono essersi formati che dopo la drastica riduzione delle lingue glaciali. In generale il loro

stato di alterazione superficiale, osservabile in fotografia aerea, appare, in qualche caso, simile a quello delle morene poste nelle porzioni più elevate delle valli glaciali databili al periodo compreso tra 16.000 e 10÷11.000 anni fa.

Tuttavia, almeno nell'alta Valle Cannella, sul versante settentrionale del M. Amaro, a quote vicine o superiori ai 2500 m, vi sono due piccoli *rock glacier*. Il più recente, situato a quote superiori a 2550 m, come già osservato da Dramis & Kotarba (1994), ha una superficie meno colonizzata dalla vegetazione dell'ultima morena della Maiella, attribuibile forse alla Piccola Età Glaciale, e potrebbe essere ancora attivo, almeno nella sua parte alta.

Se si analizza la distribuzione altimetrica dei vari *rock glacier*, si nota che essi sono, almeno quelli situati alle quote maggiori, raggruppati attorno a determinate quote.

Un primo gruppo di *rock glacier*, quelli più colonizzati dalla vegetazione, si trovano distribuiti tra le quote di 2125 e 2250 m.

Un secondo gruppo si trova a quote prossime a 2350 m.

Un terzo gruppo è ubicato a quote vicine a 2450 m, mentre l'ultimo si trova a quote di 2500÷2550 m.

I *rock glacier* si sarebbero formati in periodi diversi, a quote via via più elevate; tale tendenza sarebbe in accordo sia col ritiro glaciale in aree sempre più alte e più ristrette, sia col generale aumento di temperatura che ha prodotto il passaggio dalla fase glaciale all'interglaciale.

In generale, i *rock glacier* vengono considerati indicatori della presenza di permafrost discontinuo di montagna. Sulle Alpi italiane e svizzere i *rock glacier* attivi sono ubicati in aree che hanno temperatura media annuale che si aggira attorno a $-1\div-2^{\circ}\text{C}$ (Fisch *et al.*, 1977; Barsch, 1978; Belloni *et al.*, 1988; Carton *et al.*, 1988). Se si adotta tale valore anche per la Maiella, è possibile individuare, nella migrazione verso l'alto delle quote alle quali si sviluppavano i *rock glaciers*, la risalita della isoterma $-1\div-2^{\circ}\text{C}$ nel corso delle fasi di ritiro glaciale e nel post-glaciale.

Se si assume una diminuzione di $0,6^{\circ}$ di temperatura per ogni 100 m di quota (andamento verificato da Tonini, 1963, al Gran Sasso) la risalita del limite del permafrost discontinuo tra il primo ed il secondo gruppo di *rock glacier* sarebbe dovuta ad un aumento di temperatura di $0,6\div1,3^{\circ}\text{C}$, tra il secondo ed il terzo gruppo pure di $0,6^{\circ}\text{C}$, tra il terzo ed il quarto gruppo di $0,3\div0,6^{\circ}\text{C}$. Nel complesso l'aumento della temperatura sarebbe di $1,5\div2,5^{\circ}\text{C}$.

Appare però prematuro, in assenza di qualche datazione diretta, ipotizzare una cronologia delle fasi di risalita del permafrost discontinuo.

CONCLUSIONE

Sono stati riconosciuti per la prima volta tre anfiteatri morenici attribuibili all'ultimo massimo glaciale (LGM): essi si trovano nella zona meridionale della Maiella, al di fuori delle principali valli glaciali e sono stati formati da lingue glaciali alimentate dalla estesa calotta che occupava la porzione sommitale di quell'area. Sono inoltre stati individuati elementi morfologici, quali morene e

trimline, che permettono una migliore ricostruzione dell'estensione della stessa calotta e consentono di valutare il limite delle nevi (LN) nel corso di LGM.

La quota del LN nel corso di LGM è molto vario e dipende dalla orientazione delle valli e dei versanti occupati dalla calotta: sono stati stimati LN a 2160 m per valli orientate a ESE, a 1900 per valli orientate verso i quadranti settentrionali, superiori a 2250 m per la zona di calotta orientata verso i quadranti meridionali. Le successive fasi di ritiro nelle valli della porzione settentrionale del massiccio sono state sei, con innalzamento del LN di 140 m, 235 m, 380 m, 500÷600 m, 650 m, 740 m.

Non sono stati rinvenuti sedimenti che possano servire per la datazione diretta dei depositi glaciali della Maiella.

In base al paragone con il Massiccio del Gran Sasso, è possibile ipotizzare che le morene della Maiella deposte da ghiacciai con incrementi di LN rispetto a LGM di 140 m siano databili ad un periodo precedente a 17÷18.000 anni fa, quelle con incrementi di 235, 390, 500÷600 m al periodo compreso tra 16.000 e 10÷11.000 anni BP, mentre quelle con incrementi di 650 e 740 m dovrebbero essere oloceniche.

E' possibile che le morene più recenti presenti sotto le creste del M. Amaro siano state deposte da una vedretta nel corso della Piccola Età Glaciale.

Riguardo ai *rock glacier* è stato osservato che sono molto diffusi: la maggior quantità si è sviluppata probabilmente nel corso delle fasi di ritiro glaciale e nella prima parte del post-glaciale. Tuttavia, almeno nella parte alta della Valle Cannella, vi sono due *rock glacier*: il più recente presenta una superficie meno alterata e colonizzata dalla vegetazione rispetto alla morena più recente. Non si può escludere che sia stato attivo almeno fino a tempi molto recenti o che comunque conservi del ghiaccio sepolto sotto al detrito.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Bally A. (1954) - *Geologische Untersuchungen in den SE-Abruzzen: Gebiet zwischen der Ebene von Sulmona und den Talern des Pescara und des unteren Sangro*. Zurich, Buhler Buchdruck, 291 pp.
- Barsch D. (1978) - *Active rock glaciers as indicators for discontinuous alpine permafrost. An example from the Swiss Alps*. Third International Conference of Permafrost. Proceedings 1, 348-353. Canada Natl. Research Council, Ottawa.
- Belloni S., Pelfini M. and Smiraglia C. (1988) - *Morphological features of the active rock glaciers in the Italian Alps and climatic correlations*. Permafrost, Fifth International Conference, Proceedings 1, 678-682. Trondheim.
- Beneo E. (1943) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio Sulmona, n. 146*. Roma, Ministero delle Corporazioni, Real Ufficio Geologico, 37 pp.
- Carton A., Dramis F. and Smiraglia C. (1988) - *A first approach to the systematic study of the rock glaciers in the Italian Alps*. Permafrost, Fifth International Conference, Proceedings 1, 712-717.
- Crema C. (1927) - *Il colle morenico di Salle nel gruppo del M. Morrone in provincia di Chieti*. Bollettino del Real Ufficio Geologico., 52(2), 1-4.
- Demangeot J. (1965) *Géomorphologie des Abruzzes adriatiques*. Mem. et Doc., C.N.R.S., 403 pp.
- Dramis F. & Kotarba A. (1994) - *Geomorphological evidences of high mountain permafrost in Central Apennine*. Geogr. Fis. Din. Quat., 17, 29-36.
- Federici P.R. (1979) - *Una ipotesi di cronologia glaciale Wurmiana, tardo e post-Wurmiana nell'Appennino Centrale*. Geogr.Fis.Dinam.Quat., 2, 196-202.
- Fisch W. Sen., Fisch W., Jr. and Haeblerly W. (1977) - *Electrical DC resistivity sounding with long profiles on rock glaciers and moraines in the Alps of Switzerland*. Zeitschr Gletscherkunde u. Glazialgeologie 13, 239-260.
- Franchi S. (1919) - *Sul grande sviluppo dei ghiacciai pleistocenici della Maiella*. Rendiconti della Reale Accademia dei Lincei, ser. 5, 28(2), 139-143.
- Gellatly A.F., Smiraglia C., Grove J.M. and Latham R. (1994). *Recent variations of Ghiacciaio del Calderone, Abruzzi, Italy*. Journal of Glaciology. 40, 486-490.
- Gentileschi M.L. (1967) - *Forme crionivali sulla Maiella*. Bollettino della Società Geografica Italiana, ser. 9, 8 (7-9), 325-350.
- Giraudi C. & Frezzotti M. (1997) - *Late Pleistocene glacial events in the Central Apennine, Italy*. Quaternary Research, 48, 1-11.
- Hofer H. (1922) - *Die relative Lage der Firnlinie*. Petern. Geogr. Mitteil., 68, 57 pp.
- Jaurand E. (1994) - *Les heritages glaciaire de l'Apennin*. Thèse pour le Doctorat des Lettres de l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne. 600 pp.
- Kleibelsberg R. (1930) - *Die eiszeitliche Vergletscherung der Apenninen (1): Gran Sasso-Maiella*. Zeitschrift für Gletscherkunde für Eiszeitforschung und Geschichte des Klimas, 18 (1-3), 141-169.
- Suter K. (1939) - *Die eiszeitliche Vergletscherung des Zentralapennins*. Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich, 84, 140 pp.
- Tonini D. (1963). *Il Ghiacciaio del Calderone del Gran Sasso d'Italia*. Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano 10, 71-134.
- Vezzani L., Casnedi R. & Ghisetti F. (1993) - *Carta geologica dell'Abruzzo nord-orientale*. Cartografia S.EL.CA, Firenze.

Ms: ricevuto il: 11 dicembre 1998
Testo definitivo ricevuto il: 22 febbraio 1999

Ms received: December 11, 1998
Final text received: February 22, 1999