

LE OSCILLAZIONI OLOCENICHE DEL GHIACCIAIO DEL CALDERONE GRAN SASSO D'ITALIA (ABRUZZO - ITALIA)

C. Giraudi
ENEA C.R. Casaccia, C.P. 2400, 00100 Roma A.D.

RIASSUNTO - Lo studio condotto sull'alta Valle delle Cornacchie e ai margini del ghiacciaio del Calderone, sul Gran Sasso d'Italia, ha fornito alcuni dati utili per l'inquadramento cronologico delle fasi glaciali oloceniche.

Sono state riconosciute le seguenti fasi di espansione del ghiacciaio del Calderone:

- stadio Cornacchie, attualmente non databile direttamente, ma probabilmente più recente della massima avanzata del Younger Dryas;
- stadio Franchetti, attualmente non databile direttamente, ma più antico di circa 4000 anni BP;
- stadio Calderone 1, corrispondente ad una riespansione del Ghiacciaio del Calderone iniziata dopo 3895±65 anni BP;
- stadio Calderone 2, corrispondente ad una fase fredda iniziata dopo 2650±50 anni BP;
- stadio Calderone 3 (diviso in 3a,3b,3c) databile alla Piccola Età Glaciale.

Nel corso della Piccola Età Glaciale il Ghiacciaio del Calderone ha raggiunto la massima espansione degli ultimi 4000 anni.

Prima di 3895±65 anni BP si è sviluppato un suolo all'interno della depressione del circo del ghiacciaio del Calderone. Questo fatto implica che il ghiacciaio doveva essere scomparso o essere molto più ridotto rispetto all'attuale e coperto da un ingente spessore di detrito.

Parole chiave: Gran Sasso, Ghiacciaio del Calderone, variazioni glaciali, Olocene, Piccola Età Glaciale.

ABSTRACT - *The holocene evolution of the Calderone Glacier - Gran Sasso d'Italia (Abruzzo - Central Italy).*

The study carried out on the high Cornacchie Valley and on the margin of the Calderone Glacier cirque, on the Gran Sasso d'Italia Massif, provided some useful data in order to date the holocene glacial phases. The following phases of expansion of the Calderone Glacier have been recognized:

- Cornacchie stage, currently not dated, but probably more recent than the maximum glacial advance of the Younger Dryas;
- Franchetti stage, currently not dated, but more ancient than 4000 years BP;
- stage Calderone 1, begun after 3895±65 years BP;
- stage Calderone 2, begun after 2650±50 years BP;
- stage Calderone 3 (divided in 3a, 3b, 3c) is dated to the Little Ice Age.

During the Little Ice Age, the Calderone Glacier reached the maximum extension in the last 4000 years.

Before 3895±65 years BP a soil developed inside the depression of the Calderone Glacier cirque. This fact implies that the glacier disappeared or reduced at a very small size under a very thick detrital cover: the size was surely smaller than the present one.

Key words: Gran Sasso Massif, Calderone Glacier, glacial oscillations, Holocene, Little Ice Age.

Introduzione e metodi

La catena degli Appennini forma la spina dorsale della penisola Italiana, estendendosi nella porzione centrale del Mediterraneo (Fig. 1). Sul Massiccio del Gran Sasso (2912 m), posto a circa 42°30' N è presente il più meridionale ghiacciaio d'Europa, il Ghiacciaio del Calderone. Il ghiacciaio è per lo più un "*debris covered glacier*" che raggiunge lo spessore massimo di circa 15 m (Gellatly *et al.*, 1992; Smiraglia & Veggetti, 1992; D'Orefice *et al.*, 1996; Fiucci *et al.*, 1997).

Tale ghiacciaio è in forte riduzione a partire dagli anni '60, dopo una fase di riduzione più contenuta che durava almeno dall'inizio del '900 (Marinelli & Ricci, 1916; Tonini, 1961; Smiraglia & Veggetti, 1991; Gellatly *et al.*, 1992, 1994;). Poiché il forte tasso di scioglimento del suddetto ghiacciaio appare legato alle variazioni climatiche degli ultimi decenni, Gellatly *et al.* (1994) ipotizzano la scomparsa del ghiacciaio in cinquant'anni se non si ridurranno le temperature medie annuali.

Se il ghiacciaio scomparirà, la scomparsa indicherà il raggiungimento di condizioni di temperatura mai rag-

giunte prima nel corso dell'Olocene o indicherà un ritorno a condizioni simili a quelle del cosiddetto "hypsothermal" olocenico e la fine della neoglaciazione?

Per rispondere alla domanda suddetta è stato svolto uno studio sulle tracce glaciali più recenti presenti ai margini del circo del Calderone e nella valle delle Cornacchie, sul Gran Sasso, al fine di individuare e datare resti glaciali olocenici, di capire se il ghiacciaio del Calderone è già scomparso in passato e di datarne la scomparsa. Oltre che sui depositi glaciali il lavoro è basato sullo studio e la datazione di campioni provenienti da sezioni stratigrafiche prossime al fronte del ghiacciaio.

Il glacialismo Olocenico del Gran Sasso

Il Massiccio del Gran Sasso, raggiunge la maggiore elevazione (2912 m) nel Corno Grande (Fig. 1). Il Corno Grande è una sorta di piramide con, al centro, rivolto verso NE e Nord, il circo del ghiacciaio del Calde-

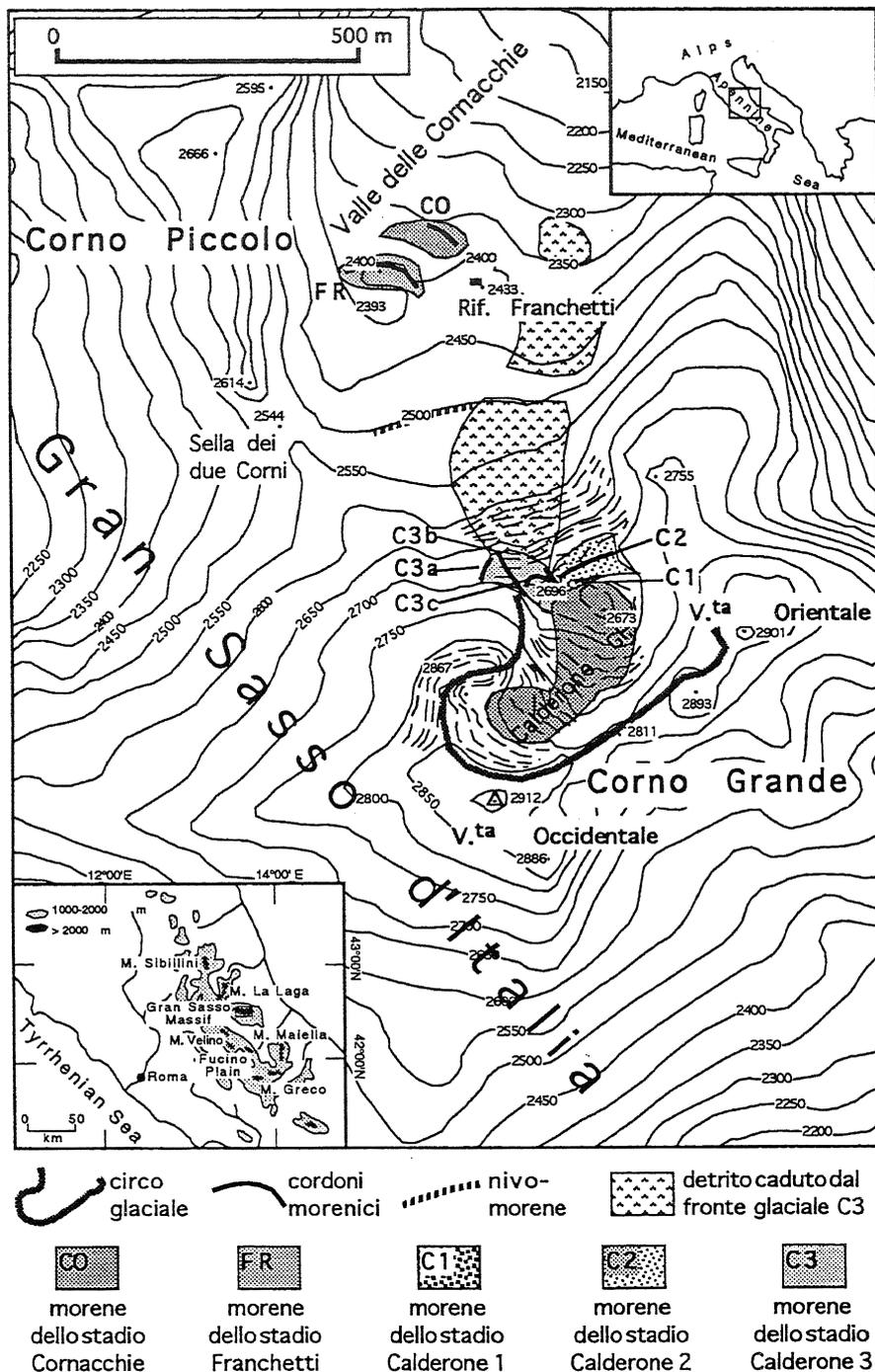


Fig. 1 - Il Ghiacciaio del Calderone e le tracce glaciali di Valle delle Cornacchie

Fig. 1 The Calderone Glacier and the glacial remnants of the Cornacchia Valley.

Legend: 1- glacial cirque; 2- moraine ridge; 3- protalus rampart; 4- debris fallen from the glacier tongue; 5- Cornacchie stage till; 6- Franchetti stage till; 7- Calderone 1 till; 8- Calderone 2 till; 9- Calderone 3a, 3b, 3c, till.

rone: ha pareti molto ripide e la porzione che supera la quota di 2500 m ha, in pianta, una superficie di circa 1 km². L'area interessata dal glacialismo olocenico appare assai ristretta e limitata al circo ed all'alta Valle delle Cornacchie.

In tale Valle, estremamente ripida, le uniche morene conservate (segnalate da Servizio Geologico d'Italia, 1955; Federici, 1979; Ghisetti & Vezzani, 1990;

Jaurand, 1994) sono presenti presso il Rifugio Franchetti a quota 2350 e 2400 m e sulla soglia del circo del ghiacciaio del Calderone.

Le morene presenti sulla soglia del circo costituiscono un insieme complesso di forme e di depositi che permettono una serie di osservazioni. Marinelli & Ricci (1916) furono gli unici a tentare di delimitare le morene di diverse fasi in base, essenzialmente, al grado di colonizzazione vegetale. Nel presente lavoro per distinguere le diverse morene si è tenuto conto della morfologia, della granulometria, della matrice e dei rapporti stratigrafici tra i depositi glaciali.

Sulla soglia del circo glaciale sono stati così distinti tre accumuli morenici.

- Il primo (chiamato Calderone 1) è formato da ciottoli e da blocchi di dimensioni prevalentemente inferiori al m³, ma generalmente molto più piccoli, in abbondante matrice grigiocura (Figg. 2 e 3). Esso affiora solo nella porzione interna delle morene poste sulla soglia del circo glaciale a quote di circa 2680-2685 m ed è coperto da morene più recenti. La matrice è formata da silt poco calcareo e da abbondante materiale organico. Si tratta dei resti di un suolo che doveva essere presente nella depressione del circo, scalzato dall'avanzata del ghiacciaio e rimescolato tra il detrito glaciale. La datazione col metodo del ¹⁴C della sostanza organica che fa parte della matrice ha fornito un'età di 3895±65 anni BP (data non calibrata; UA-13828).

La morena Calderone 1 deve essere quindi più recente di 3895±65 anni BP.

- Il secondo deposito morenico (chiamato Calderone 2), costituisce la maggior parte del cordone morenico frontale che

sbarra il circo glaciale, ed è elevato di circa 25-30 m rispetto alla lingua del Ghiacciaio del Calderone (Fig. 2); copre il deposito Calderone 1, arriva alla quota di 2696 m ed è costituito prevalentemente da ciottoli e grossi blocchi, spesso decisamente maggiori di 1 m³.

- Il terzo accumulo morenico (chiamato Calderone 3) è ubicato nella porzione occidentale della soglia del circo glaciale e si estende fino a circa 2660 m di quota

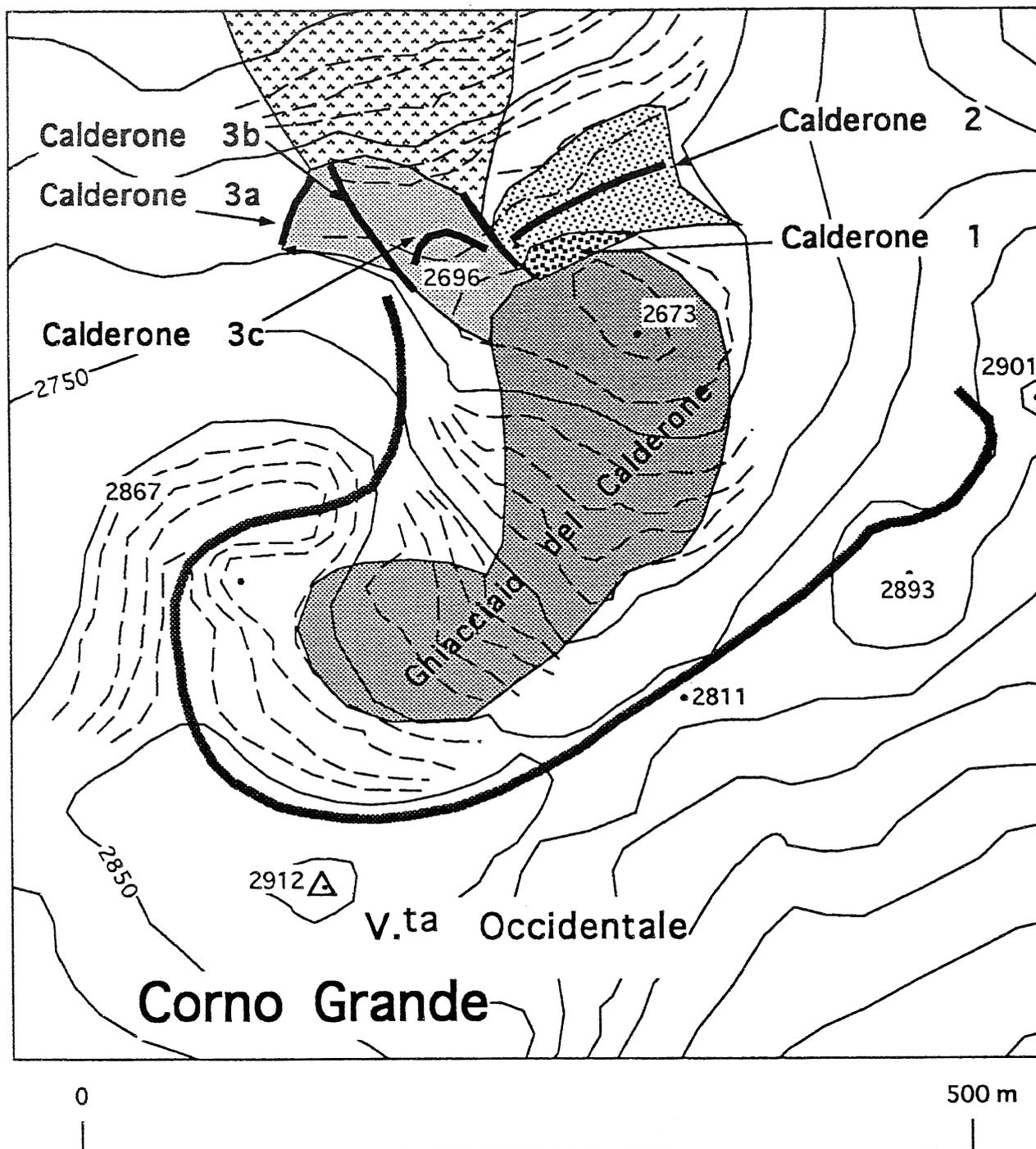


Fig. 2 - Dettaglio del Corno Grande, del circo del Calderone e delle morene poste sulla soglia del circo.

Fig. 2 - Detailed map of the Calderone Glacier cirque and the moraines.
Same legend as Fig. 1.

(Fig. 2). È formato da ciottoli con scarsa matrice e blocchi di dimensioni generalmente inferiori al m^3 . La morfologia del deposito è assai articolata: sono riconoscibili i resti di una morena laterale sinistra della prima fase (Calderone 3a), le morene laterali sinistra e destra, e le morene di fondo di una seconda fase (Calderone 3b), la morena di fondo e una piccola morena frontale di una terza fase (Calderone 3c). Al piede delle morene 3b, in corrispondenza di un gradino morfologi-

co (ove la pendenza cambia dal 17% circa, al 60-70%), inizia un notevole corpo detritico che si trova, con qualche interruzione, fino a 2300 m di quota. Questo detrito è stato formato dai blocchi crollati dalle morene e dalla lingua glaciale. La presenza del corpo detritico, la mancanza della morena frontale e la situazione morfologica, suggeriscono che la parte terminale della lingua glaciale sporgesse oltre il gradino morfologico, si staccasse e franasse a valle.

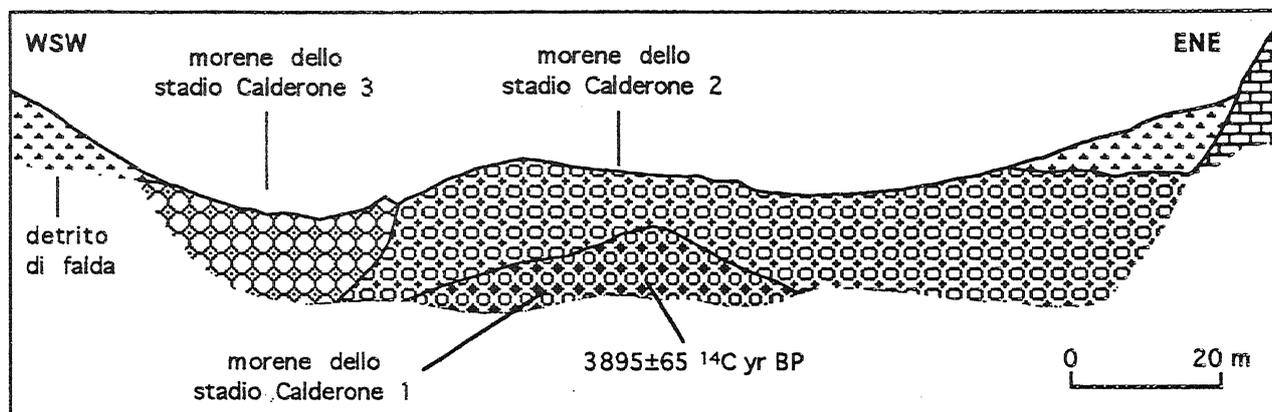


Fig. 3 - Rapporti stratigrafici tra le morene presenti sulla soglia del circo del Ghiacciaio del Calderone.

Legenda: 1- detrito di falda; 2- morene dello stadio Calderone 3; 3- morene dello stadio Calderone 2; 4- morene dello stadio Calderone 1; 5- substrato carbonatico.

Fig. 3 - Stratigraphical sketch through the till at the treshold of the Calderone Glacier cirque.

Legend: 1- scree; 2- Calderone 3 till; 3- Calderone 2 till; 4- Calderone 1 till; 5- bedrock.

Le morene di quota 2350 m dell'alta Valle delle Cornacchie, (formatesi nel corso di un periodo chiamato stadio Cornacchie) e di 2400 m (stadio Franchetti) sono state formate da un ghiacciaio con un limite nivale (LN) calcolato col metodo di Hoefer (1922) di 2565 e 2590 m, con una risalita di LN rispetto all'ultimo massimo glaciale di circa 815 e 840 m.

Mediante sondaggi a mano è stato possibile verificare che sulla morena dello stadio Cornacchie è presente un sottile suolo limoso, coperto da colluvi, a loro volta pedogenizzati.

In un piccolo affioramento posto alla quota di 2425 m, in una zona che doveva essere occupata dal ghiacciaio dello stadio Cornacchie, è stata rilevata la seguente successione (Fig. 4). alla base è presente detrito di versante composto da ciottoli di diametro massimo di circa 20 cm in abbondante matrice sabbiosa calcarea, pedogenizzato al tetto. Il suolo è coperto da sabbie calcaree e ciottolotti poco arrotondati di origine detritica. Sulle sabbie giace un suolo limoso, coperto a sua volta da sabbie calcaree e ciottoli aventi diametro massimo di 15 cm, sempre di origine detritica. La sostanza organica presente nella parte alta del suolo intermedio, è stata datata col metodo del ^{14}C ed ha fornito la data di 2650 ± 60 anni BP (data non calibrata; Beta-122057). La data indica quindi l'età media delle sostanze organiche al momento della copertura del suolo da parte del detrito.

Sulle morene dello stadio Franchetti, seppure in un affioramento molto superficiale, è stata notata la presenza di almeno un paleosuolo; questo risulta coperto da un deposito di sabbia calcarea e piccoli ciottoli, di origine detritica, pedogenizzato al tetto. La serie affiorante appare simile a quella dell'affioramento rappresentato in Fig. 4.

In base ai risultati delle analisi stratigrafiche e morfologiche possiamo osservare quanto segue.

- Non vi sono elementi di datazione diretta per le morene degli stadi Cornacchie e Franchetti. Tali morene devono però essere più antiche dello sviluppo del suolo

datato 3895 ± 65 anni BP presente tra le morene, poste a monte, al margine del circo del Calderone.

- Nella depressione del circo del Calderone, che secondo gli studi sul ghiacciaio condotti da vari Autori (Gellatly *et al.*, 1992; Smiraglia & Veggetti, 1992; D'Orefice *et al.*, 1996; Fiucci *et al.*, 1997) ospita attualmente una notevole percentuale del ghiaccio che forma il ghiacciaio, si sviluppò un suolo molto ricco di sostanza organica datato 3895 ± 65 anni BP. Lo sviluppo del suolo può essere avvenuto solo in mancanza del ghiacciaio, o con il ghiacciaio estremamente ridotto e coperto da forti spessori di detrito: il ghiacciaio, se era presente, doveva essere assai più ridotto rispetto all'attuale.

- L'evoluzione del suolo è stata interrotta da un'avanzata glaciale. Questa avanzata, o una successiva, avrebbe prodotto la morena dello stadio Calderone 1.

- Le morene degli stadi Calderone 2 e Calderone 3, sono sempre state attribuite alla Piccola Età Glaciale, in quanto il ghiacciaio verso la fine dell'800 ne lambiva il margine interno. Tuttavia la diversa alterazione delle morene ed i rapporti morfologici suggeriscono che siano state deposte nel corso di fasi diverse: le morene Calderone 2 dovrebbero essere più antiche della Piccola Età Glaciale.

Interpretazione dei dati

Al fine di inquadrare meglio le fasi glaciali, sono state interpretate dal punto di vista paleoclimatico le serie sedimentarie osservate in affioramento o evidenziate con sondaggi a mano. Data la quota e la vicinanza del ghiacciaio, si assume che la deposizione di detrito di versante e colluvio indichi periodi di gelificazione e riduzione della vegetazione e quindi periodi prevalentemente freddi. Al contrario, la pedogenesi indicherebbe periodi di riduzione della gelificazione e maggiore copertura vegetale, quindi periodi più caldi.

Nel complesso possiamo ipotizzare che:

- dopo il ritiro del ghiacciaio degli stadi Cornacchie e Franchetti si sono verificati almeno tre periodi caldi e tre freddi;

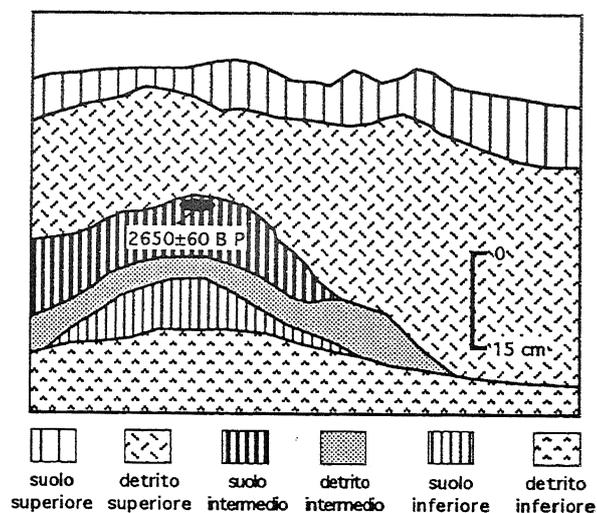


Fig. 4 - Sezione stratigrafica sul versante a monte della morena dello stadio Cornacchie.

Legenda: 1- suolo superiore; 2- detrito superiore; 3- suolo intermedio; 4- detrito intermedio; 5- suolo inferiore; 6- detrito inferiore.

Fig. 4 - Stratigraphical sketch of the exposure near the Cornacchie stage till.

Legend: 1- upper soil; 2- upper debris; 3- intermediate soil; 4- intermediate debris; 5- lower soil; 6- lower debris.

- nel corso di un periodo caldo si sviluppò il suolo all'interno del circo del Calderone, datato 3895±65 anni;

- lo scalzamento di tale suolo ad opera del ghiacciaio del Calderone, indica che, attorno alla data suddetta, il ghiacciaio ha iniziato a riexpandersi o a riformarsi; l'espansione glaciale indicherebbe quindi una fase fredda;

- un secondo periodo caldo sarebbe durato almeno fino alla copertura del suolo datato 2650±60 anni BP;

- la copertura del suolo ad opera di detrito, attorno alla data suddetta, indica l'inizio di una ulteriore fase fredda.

- l'ultima fase fredda coincide con la Piccola Età Glaciale;

A fronte di tre fasi fredde posteriori a 3895±65 anni BP, si rileva la presenza di tre diversi accumuli morenici successivi alla stessa data. Le morene dello stadio Calderone 1 si sono deposte nella fase fredda successiva a 3895±65 anni BP. Le morene dello stadio Calderone 3 si sono deposte nel corso della Piccola Età Glaciale.

Si assume quindi che le morene dello stadio Calderone 2 si siano formate nel corso della fase fredda successiva a 2650±60 anni BP.

Conclusioni

Lo studio condotto sull'alta Valle delle Cornacchie e ai margini del ghiacciaio del Calderone, sul Gran Sasso d'Italia, ha fornito alcuni dati utili per l'inquadramento cronologico delle fasi glaciali oloceniche.

Sono state riconosciute le seguenti fasi di espansione del ghiacciaio del Calderone:

- stadio Cornacchie, attualmente non databile direttamente, ma probabilmente più recente della massima

avanzata del Younger Dryas. In corrispondenza di questo ultimo evento infatti, il LN al Gran Sasso era a circa 2300 m (Giraudi & Frezzotti, 1997) mentre il LN dello stadio Cornacchie è stato valutato a 2565 m.

- stadio Franchetti, attualmente non databile direttamente, ma più antico di circa 4000 anni BP;

- stadio Calderone 1, corrispondente ad una ri-espansione del Ghiacciaio del Calderone iniziata dopo 3895±65 anni BP;

- stadio Calderone 2, corrispondente ad una fase fredda iniziata dopo 2650±50 anni BP;

- stadio Calderone 3 (costituito da tre diverse morene indicate come 3a, 3b, 3c) è databile alla Piccola Età Glaciale.

Nel corso della Piccola Età Glaciale il Ghiacciaio del Calderone ha raggiunto la massima espansione degli ultimi 4000 anni. Il limite nivale caratteristico di quel periodo non appare valutabile su basi morfologiche: non vi sono morene frontali poiché quando raggiungeva la massima estensione, la parte frontale del ghiacciaio precipitava a valle per la forte pendenza del versante.

Prima di 3895±65 anni BP si è sviluppato un suolo all'interno della depressione del circo del ghiacciaio del Calderone. Questo fatto implica che il ghiacciaio doveva essere scomparso o essere molto più ridotto rispetto all'attuale e coperto da un ingente spessore di detrito.

La forte riduzione del ghiacciaio attuale rispetto alla fine della Piccola Età Glaciale, non può, perciò, ancora essere considerata indice di un ritorno a condizioni climatiche tipiche dell'Hypsithermal olocenico.

È noto che nelle Alpi, nei Pirenei e nei M. Tatra, nel periodo compreso tra 9000 e 8000 anni BP i maggiori ghiacciai si ritirarono ad altitudini più elevate rispetto alle attuali e che i più piccoli scomparvero: evidenti espansioni avvennero solo a partire da circa 5000 anni BP (Baroni & Orombelli, 1996; Orombelli & Mason, 1997; Grove, 1997; Jania, 1997; Grove & Gellatly, 1997). Essendo il Ghiacciaio del Calderone posto più a meridione ed a quote inferiori a quelle di molti dei ghiacciai alpini studiati, è molto probabile che sia scomparso almeno a partire da circa 9000 anni BP e che si sia riformato solo in un momento successivo a 3895±65 anni BP.

Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ente Parco Nazionale del Gran Sasso e dei Monti della Laga per avere concesso l'autorizzazione alle ricerche.

Riferimenti bibliografici

- Baroni C. & Orombelli G. (1996) - *The alpine Iceman and Holocene climatic change*. Quaternary Research, **46**, 78-83.
- D'Orefice M., Le Donne L., Pecci M., Smiraglia C. & Ventura R. (1996) - *Nuovi dati sull'alimentazione nevosa del Ghiacciaio del Calderone (Gran Sasso d'Italia, Appennino Centrale)*. Geogr. Fis. Din. Quat., **18**, 253-256.
- Federici P. R. (1979). *Una ipotesi di cronologia glaciale würmiana, tardo e post-würmiana nell'Appennino Centrale*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **2**, 196-202.

- Fiucci A., Gigante B., Rossi C., Smiraglia C. & Veggetti O. (1997) - *The Calderone Glacier (Gran Sasso d'Italia). Determination of ice thickness and bedrock morphology by means of radio-echo sounding.* Geogr. Fis. Dinam. Quat., **20**, 305-308.
- Gellatly A.F., Grove J.M. & Smiraglia C. (1992) - *Alcuni risultati di recenti ricerche sul Ghiacciaio del Calderone (Gran Sasso d'Italia, Abruzzo).* Geogr. Fis. Din. Quat., **15**, 111-113.
- 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.
- Ghisetti F. and Vezzani L. (1990). *Carta Geologica del Gran Sasso d'Italia (da Vado di Corno al Passo delle Capannelle).* Cartografia S.EL.CA., Firenze.
- Giraudi C. & Frezzotti M. (1997) - *Late Pleistocene glacial events in the Central Apennine, Italy.* Quaternary Research, **48** (3), 280-290.
- Jania J. (1997) - *The problem of Holocene glacier and snow patches fluctuations in the Tatra Mountains: a short report.* Palaoklimaforschung - Palaeoclimate Research, **24**, 85-94.
- 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.
- Grove J.M. (1997) - *The spatial and temporal variations of glaciers during the Holocene in the Alps, Pyrenees, Tatra and Caucasus.* Palaoklimaforschung - Palaeoclimate Research, **24**, 95-103.
- Grove J.M. & Gellatly A.F. (1997) - *Glacier fluctuations in the Pyrenees in the Little Ice Age and Mid Holocene.* Palaoklimaforschung - Palaeoclimate Research, **24**, 67-83.
- Marinelli O. & Ricci L. (1916) - *Alcune osservazioni sul ghiacciaio del Gran Sasso.* Riv. Geogr. It., **23**, 399-405.
- Orombelli G. & Mason P. (1997) - *Holocene glacier fluctuations in the Italian alpine region.* in: *Glacier fluctuation during the Holocene.* Palaoklimaforschung - Palaeoclimate Research, **24**, 59-65.
- Servizio Geologico D'Italia (1955) - *Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000, F. 139 (L'Aquila)*, I Edizione.
- Smiraglia C. & Veggetti O. (1991) - *Il Ghiacciaio del Calderone nel Gran Sasso d'Italia. Variazioni recenti e relazioni col clima.* Atti Convegno "Le variazioni recenti del clima (1800-1900) e le prospettive per il XXI secolo. Mem.Soc. Geogr. It., **46**, 183-198.
- Smiraglia C. & Veggetti O. (1992) - *Recenti osservazioni sul Ghiacciaio del Calderone (Gran Sasso d'Italia-Abruzzo).* Boll. Soc. Geogr. It., ser.XI, **4**, 269-302.

Ms. ricevuto il 28 marzo 2000
 Testo definitivo ricevuto il 12 maggio 2000

Ms. received: March 28, 2000
 Final text received: May 12, 2000