

LE OSCILLAZIONI DEL GHIACCIAIO DEL CALDERONE (GRAN SASSO D'ITALIA, ABRUZZO - ITALIA CENTRALE) E LE VARIAZIONI CLIMATICHE DEGLI ULTIMI 3000 ANNI

Carlo Giraudi

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

RIASSUNTO

I detriti di origine glaciale conservati appena a valle della soglia del circo del Ghiacciaio del Calderone, sono stati inquadrati dal punto di vista cronologico grazie alla datazione di suoli ad essi intercalati e sovrapposti. Le date indicano quattro espansioni glaciali: la prima successiva a 2650±60 anni radiocarbonio BP, la seconda compresa tra 1450±40 e 670±40 anni BP, la terza successiva a 670±40 anni BP, l'ultima databile al XIX secolo.

Le espansioni del Ghiacciaio del Calderone possono essere correlate con fasi di avanzata dei ghiacciai alpini.

Per cercare di individuare con maggiore precisione i periodi favorevoli all'espansione glaciale e per ridurre, quindi, l'incertezza delle datazioni, si è fatto ricorso all'esame delle variazioni di livello dei laghi Fucino e Trasimeno; questi, in base alla letteratura, aumentavano di livello in sintonia con le fasi di avanzata glaciale.

Dal confronto si deduce che la prima espansione glaciale (Calderone 2) sarebbe databile al periodo compreso tra VII e II-III secolo BC, la seconda (Calderone 3a) sarebbe databile ad un periodo compreso tra i secoli VII e X AD, la terza (Calderone 3b) sarebbe databile tra il XVI e parte del XIX secolo AD, l'ultima (Calderone 3c) dovrebbe risalire al XIX secolo AD.

Di conseguenza dovettero verificarsi fasi di riscaldamento climatico che produssero contrazioni dei ghiacciai tra il III-II secolo BC ed il VI secolo AD, tra il X e il XIII secolo AD ed alla fine del XIX secolo AD.

In base alle differenze di limite nivale, la temperatura media annuale nel corso delle fasi di massima avanzata glaciale doveva essere inferiore all'attuale di almeno 1,1° ÷ 0,8°C.

ABSTRACT

The variations of the Calderone Glacier (Gran Sasso d'Italia, Abruzzo, Central Italy) and the climatic oscillations during the last 3000 years. The age of the debris of glacial origin, lying just downvalley of the threshold of the cirque of the Calderone Glacier, has been obtained dating interbedded soils by means of radiocarbon analysis. The datings point out four glacial expansions: the first, following 2650±60 years BP, the second bracketed between 1450±40 and 670±40 years BP, the third following 670±40 years BP, the last datable to the XIX century.

The expansions of the Calderone Glacier can be correlated to the advances of the alpine glaciers.

In order to try to date with greater precision the periods favourable to expanding glacier and to reduce the uncertainty of the datings, the variations of the Fucino and Trasimeno lakes have been considered; these lakes, according to previous works, increased in level during the glacial advances. The comparison between lake and glacial data indicates that the first glacial advance (stage Calderone 2) occurred during the period between the VII and the II-III century BC, the second (stage Calderone 3a) between the VII and X century AD, the third (stage Calderone 3b) between the XVI and part of the XIX century AD, the last (stage Calderone 3c) during the XIX century AD.

As a consequence, one can assume that some climatic warmings took place producing glacial retreat between III-II BC and VII century AD, X and XIII century AD, and at the end of the XIX century AD.

Based on the differences in the equilibrium line altitude, the mean yearly temperature during the periods of maximum glacial advance must have been lower than the present one of, at least, 1,1° ÷ 0,8°C.

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

Keywords: Gran Sasso Massif, Calderone Glacier, glacial oscillations, Holocene climate, Little Ice Age.

INTRODUZIONE

Sul Massiccio del Gran Sasso (2912 m), posto a circa 42°30' N nell'Appennino Centrale, è presente il ghiacciaio del Calderone, il più meridionale d'Europa. 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 regresso più contenuta che durava almeno dall'inizio del '900 (Marinelli & Ricci, 1916; Tonini, 1961; Smiraglia & Veggetti, 1991; Gellatly *et al.*, 1992, 1994).

Il ghiacciaio sopravvive al di sotto del limite delle

nevi teorico calcolato da Tonini (1961) a causa delle condizioni locali, essendo conservato in un circo rivolto a NE tra ripide pareti dirupate.

Vari Autori (Federici, 1979; Gellatly *et al.*, 1992, 1994; Jaurand, 1994) hanno avanzato ipotesi sull'età di alcune forme e depositi glaciali presenti a valle o sulla soglia del circo del Calderone, ma solo recentemente (Giraudi, 2000) sono state utilizzate datazioni radiometriche per inquadrare le fasi di espansione, dimostrando che il Ghiacciaio del Calderone, scomparve nelle fasi più calde dell'Olocene, e si riformò (stadio Calderone 1) in un periodo successivo a 3895±65 anni BP, quando il limite nivale (LN) raggiunse circa 2750 m. In seguito il ghiacciaio fu soggetto ad altre fasi di espansione: la prima (stadio Calderone 2, con LN 2750÷2770

m) successiva a 2650±60 anni BP (data calibrata 2 sigma 905÷775 BC), la seconda, più complessa, (stadio Calderone 3a, b, c), attribuita alla Piccola Età Glaciale, con LN inferiore o uguale a 2730 m.

Scopo del presente lavoro é quello di datare le morene degli stadi Calderone 2, 3a,b,c, vale a dire i depositi prodotti dalle espansioni glaciali degli ultimi 3000 anni, al fine di determinare se vi sono correlazioni tra le avanzate glaciali appenniniche ed alpine e di valutare le oscillazioni climatiche che le hanno prodotte.

METODI

Il metodo di lavoro adottato nella presente ricerca é basato sulla datazione di suoli intercalati o sovrapposti ai detriti glaciali conservati a poche centinaia di metri dalla soglia del circo glaciale.

Il circo che ospita il Ghiacciaio del Calderone é sospeso alla testata della Valle delle Cornacchie; poco oltre la sua soglia la valle assume pendenze molto elevate, passando dal 17%, al 60÷70% in media, ma con tratti caratterizzati da gradini sub-verticali. Come discusso in un altro lavoro (Giraudi, 2000), quando la lingua glaciale superava la soglia del circo, il ghiaccio precipitava a valle, così come il detrito glaciale. In corrispondenza di tratti del fondovalle leggermente meno inclinati si formavano quindi falde di detrito discontinue (2, 4 e 5 in Fig. 1), la geometria delle quali indica chiaramente la zona di alimentazione e quindi l'apparato morenico di provenienza. Questa situazione appare parti-

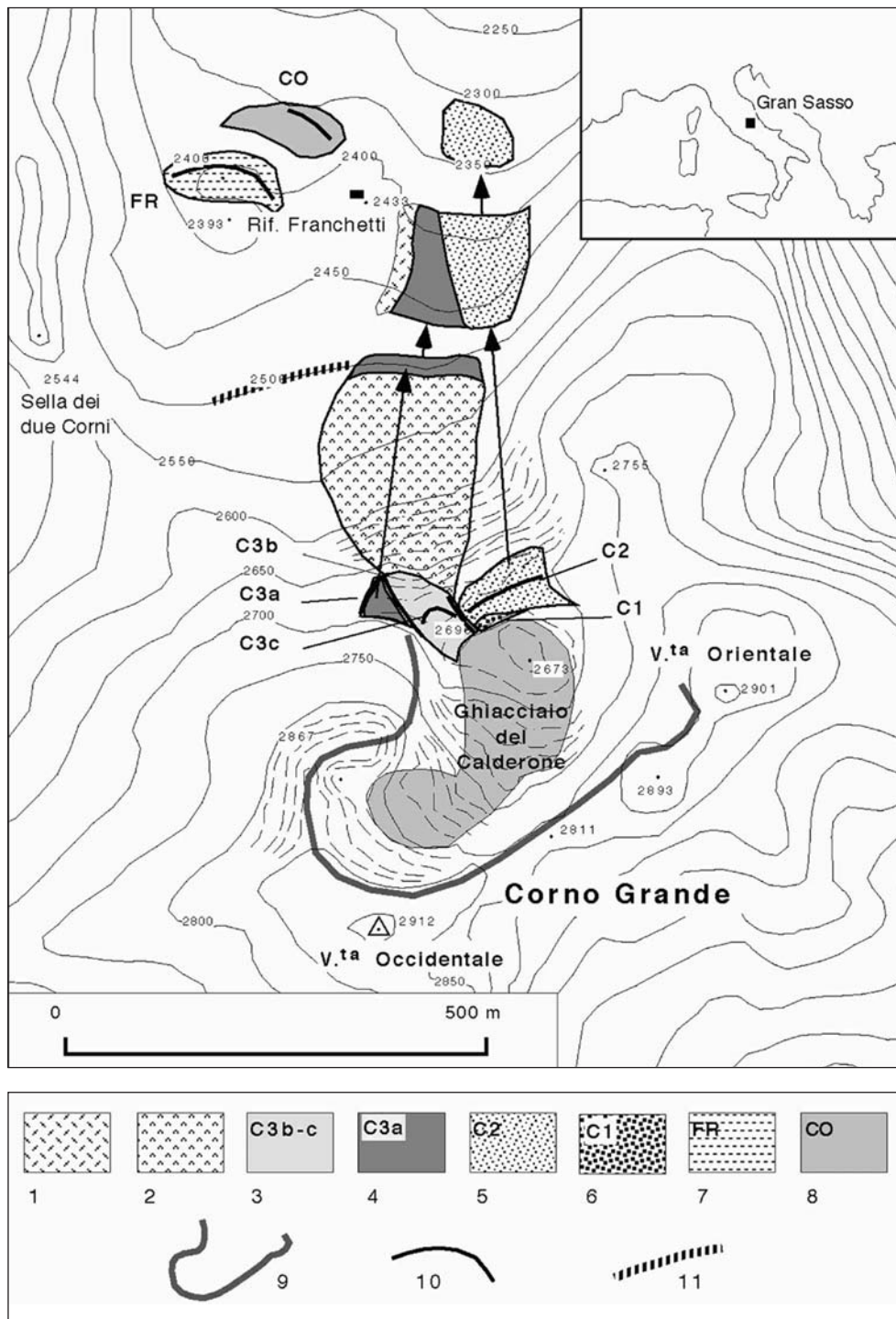


Fig. 1 - Carta geologica schematica dei depositi glaciali e dei detriti studiati presenti nell'area sommitale del Corno Grande, Massiccio del Gran Sasso.

Legenda: 1- detrito di versante; 2- detrito glaciale dello stadio Calderone 3b; 3- morene degli stadi Calderone 3b,c; 4- morene e detrito glaciale dello stadio Calderone 3a; 5- morene e detrito glaciale dello stadio Calderone 2; 6- morene dello stadio Calderone 1; 7- morene dello stadio Franchetti; 8- morene dello stadio Cornacchie; 9- circo del Calderone; 10- cordone morenico; 11- nivomorena.

Geological sketch map of the studied glacial and slope waste deposits near the Calderone Glacier (Corno Grande-Gran Sasso Massif).

Legend: slope waste deposits; 2- stage Calderone 3b glacial debris; 3- stage Calderone 3b,c moraines; 4- stage Calderone 3a moraine and apron of fallen glacial debris; 5- stage Calderone 2 moraine and apron of fallen glacial debris; 6- stage Calderone 1 moraines; 7- stage Franchetti moraine; 8- stage Cornacchie moraine; 9- cirque of the Calderone Glacier; 10- moraine ridge; 11- protalus rampart.

colarmente evidente per lo Stadio Calderone 3a,b, ma è riconoscibile anche per lo stadio Calderone 2, le cui morene frontali sono conservate sulla soglia del circo glaciale.

Rilevando la distribuzione dei detriti collegati ai vari apparati morenici frontali, ricostruendo i loro rapporti stratigrafici e campionando suoli sepolti o sovrapposti ai detriti, è stato possibile ottenere la datazione delle ultime espansioni del Ghiacciaio del Calderone.

RISULTATI

La carta geologica schematica di Fig. 1 evidenzia i depositi glaciali e le falde detritiche prese in considerazione nel presente lavoro.

Il più antico degli accumuli di detrito presi in considerazione (5 in Fig. 1) è formato prevalentemente da clasti grossolani eterometrici, con scarsa matrice, e mostra di essere stato alimentato dal fronte delle morene dello Stadio Calderone 2. Il detrito presenta una scarsissima copertura vegetale, ma scavando tra i clasti si possono rinvenire, a luoghi, i resti di un suolo sabbioso-limoso non visibile in superficie. Il suolo deve essere stato dilavato quasi totalmente, conservandosi solo in piccoli lembi laddove è stato coperto da detrito messo in posto da processi crio-nivali superficiali. Nella zona del Rifugio Franchetti (circa 400 m dalla soglia del circo, alla quota di circa 2450 m) il detrito glaciale (Fig. 2) è interdigitato con detrito derivante da una piccola scarpata adiacente. Il detrito di versante, che risulta assai più fine e con abbondante matrice sabbiosa, copre un suolo (Giraudi, 2000) datato 2650±50 anni BP col metodo del radiocarbonio (calibrato 2 sigma 905÷775 BC).

Il secondo accumulo detritico (4 in Fig. 1), ancora

costituito da clasti grossolani eterometrici, ma di dimensioni leggermente minori rispetto al precedente, mostra di essere stato alimentato dalle morene dello Stadio Calderone 3; si sovrappone al detrito della prima fase (5 in Fig. 1) e copre anche una nivomarena. Nella zona del Rifugio Franchetti, il detrito di origine glaciale appare interdigitato con detrito di versante (Fig. 2). Questo, ben distinguibile dagli altri per la presenza di molta matrice sabbiosa, copre un suolo grigio scuro datato 1450±40 anni BP col metodo del radiocarbonio (data calibrata 2 sigma: AD 540÷660). Anche in questo caso, sul detrito glaciale la copertura vegetale è estremamente ridotta ma, scavando tra i clasti, si possono rinvenire i resti, coperti da poco detrito fine, di un suolo limoso grigio scuro ricco di sostanza organica; questo, sottoposto a datazione col metodo del radiocarbonio, ha fornito un'età di 670±40 anni BP (data calibrata 2 sigma: AD 1270÷1400). Il suolo deve essere stato dilavato quasi completamente, ma si è conservato in piccoli lembi laddove è stato coperto da detrito mobilizzato da processi crio-nivali superficiali.

Il terzo accumulo detritico (2 in Fig. 1) è il più continuo arealmente, risulta formato da clasti di dimensioni inferiori rispetto ai precedenti, e presenta matrice sabbiosa limosa più abbondante. Su tale accumulo la copertura vegetale è praticamente assente: non sono stati rinvenuti suoli o resti di suoli. I clasti di roccia carbonatica hanno aspetto molto fresco ed in alcune zone il detrito appare interessato da piccoli *debris flow*, legati a fenomeni di instabilità attuale. Il detrito è direttamente collegato alla morena dello stadio Calderone 3b, e copre quello della seconda fase (4 in Fig. 1). Vista la situazione stratigrafica, si assume quindi che il secondo deposito detritico sia contemporaneo alla formazione delle morene dello stadio Calderone 3a, precedenti a quelle dello stadio Calderone 3b.

Ne emerge un inquadramento cronologico per le fasi di espansione glaciale che può essere così riassunto:

- la fase di espansione glaciale che ha dato luogo alla formazione delle morene dello stadio Calderone 2 è più recente di un suolo datato 2650±50 anni BP e più antico di un suolo datato 1450±40 anni BP;
- la fase di espansione glaciale che ha prodotto le morene dello stadio Calderone 3a è successiva ad un suolo datato 1450±40 anni BP e precedente ad un ulteriore suolo datato 670±40 anni BP;

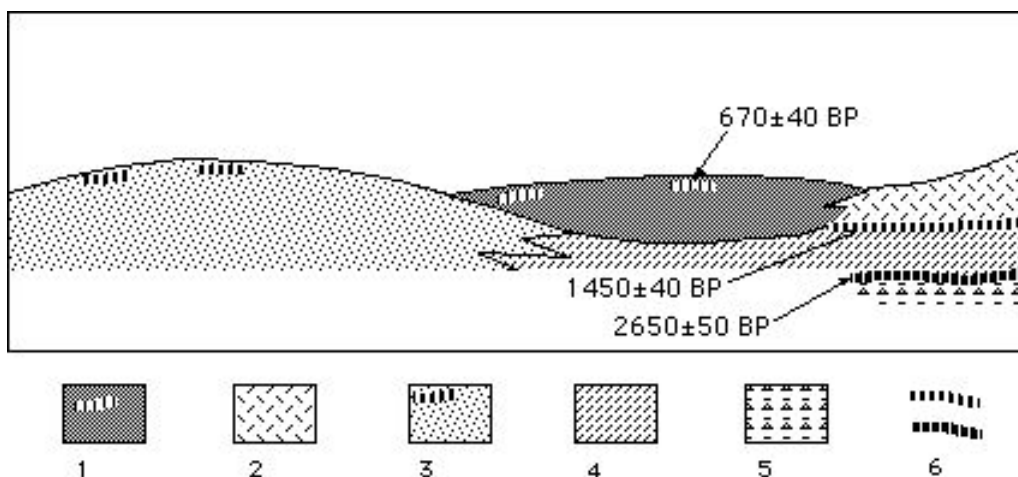


Fig. 2 - Schema dei rapporti stratigrafici tra i detriti di origine glaciale e di versante nella zona del Rifugio Franchetti.

Legenda: 1- detrito glaciale dello stadio Calderone 3a con lembi di suolo conservati al tetto; 2- detrito di versante eteropico con il detrito glaciale dello stadio Calderone 3a; 3- detrito glaciale dello stadio Calderone 2 con lembi di suolo conservati al tetto; 4- detrito di versante eteropico con il detrito glaciale dello stadio Calderone 2; 5- detrito di versante; 6- suoli sepolti

Stratigraphic sketch of the glacial and slope debris near Rifugio Franchetti.

Legend: 1- stage Calderone 3a glacial debris with remnants of a soil at the top; 2- slope waste deposits heteropic with stage Calderone 3a glacial debris; 3- stage Calderone 2 glacial debris with remnants of a soil at the top; 4- slope waste deposits heteropic with stage Calderone 2 glacial debris; 5- older slope waste deposit; 6- interbedded soils.

- la fase di espansione nel corso della quale si sono formate le morene dello stadio Calderone 3b è successiva al suolo datato 670 ± 40 anni BP;
- la fase di espansione che ha dato luogo alle morene dello stadio Calderone 3c è molto vicina al fronte glaciale documentato per la fine del XIX secolo e dovrebbe quindi risalire allo stesso periodo.

DISCUSSIONE

L'inquadramento cronologico delle fasi di espansione glaciale è stato ottenuto mediante datazione di suoli coperti da detrito. Quando si datano i suoli col metodo del radiocarbonio, la data che si ottiene indica l'età media delle sostanze organiche presenti al momento del seppellimento (Matthews, 1993). Il seppellimento ad opera di detrito caduto dal fronte glaciale coincide con il superamento, da parte del ghiacciaio, della soglia del circo: le massime estensioni degli stadi Calderone 2, 3a e 3b, sono quindi state raggiunte in un momento che può essere anche sensibilmente successivo alle date indicate dai suoli.

Nonostante l'approssimazione insita nelle date, possiamo correlare la fase di espansione glaciale Calderone 3b (successiva a 670 ± 40 anni BP/ Cal. $1270\div 1400$ AD) alla Piccola Età Glaciale.

Lo stadio Calderone 3a appare databile al periodo medioevale (successivo alla copertura del suolo datato 1450 ± 40 BP/ cal. $540\div 660$ AD) e precedente allo sviluppo del suolo datato 670 ± 40 anni BP/ Cal. $1270\div 1400$ AD.

Lo stadio Calderone 2, successivo a 2650 ± 50 anni BP/ cal. $905\div 775$ BC e precedente a 1450 ± 40 BP/ cal. $540\div 660$ AD, cade nell'Età del Ferro o nel periodo romano.

Il confronto tra le date ottenute sul Massiccio del Gran Sasso e quelle conosciute per le espansioni glaciali degli ultimi 3000 anni sulle Alpi mostra una buona corrispondenza, anche se alcune date ottenute dai suoli sepolti lasciano una ampia incertezza cronologica.

Orombelli & Pelfini (1985) indica un'avanzata del ghiacciaio dei Forni (Ortles-Cevedale) precedente a depositi torbosi datati 2670 ± 130 BP, che potrebbe coincidere con lo stadio Calderone 1 (precedente a quelli trattati nel presente lavoro, segnalato in Giraudi, 2000).

Baroni & Carton (1991) indicano un'avanzata del Ghiacciaio di Pisanà (Adamello) successiva a 3015 ± 75 BP e precedente a 2345 ± 125 BP, che potrebbe corrispondere allo stadio Calderone 2.

Orombelli & Porter (1982) documentano un'avanzata del Ghiacciaio della Brenva (M. Bianco) che ha prodotto la sepoltura, da parte di una morena, di un tronco datato 1170 ± 75 anni BP ($760\div 980$ cal. AD); Strumia (1997) ha rinvenuto un suolo sepolto da un'avanzata del ghiacciaio del Lys, datato 1185 ± 80 anni BP ($734\div 980$ cal. AD); questa avanzata dei ghiacciai alpini sembra corrispondere allo stadio Calderone 3a del Gran Sasso.

Sulle Alpi, a partire da XV secolo, cioè durante la Piccola Età Glaciale si sono poi verificate molte avanzate glaciali, anche notevoli (per una sintesi vedasi Baroni, 2000), che appaiono quindi correlabili, nel complesso, agli stadi Calderone 3b,c.

CORRELAZIONE TRA AVANZATE GLACIALI ED ALTRI EVENTI CLIMATICI IN ITALIA CENTRALE

Per tentare un migliore inquadramento cronologico delle fasi di espansione del Ghiacciaio del Calderone, si ritiene lecito fare ricorso al confronto con dati paleoclimatici rilevati in altre zone dell'Italia Centrale, in particolare alle oscillazioni di livello dei laghi. Il primo riferimento è al Lago del Fucino, bonificato alla fine del XIX secolo. Questo lago, posto circa 50 km a Sud del Corno Grande, tra le montagne abruzzesi, ha avuto negli ultimi 30.000 anni, ma anche in dettaglio nei secoli dal XVII al XIX, oscillazioni di livello ben correlabili con le variazioni glaciali alpine ed appenniniche (Giraudi, 1998). Il lago aumentava di livello prevalentemente in concomitanza con le avanzate glaciali e diminuiva in corrispondenza delle fasi di ritiro.

Negli ultimi 3000 anni, il lago del Fucino subì varie oscillazioni:

- la prima fase di incremento di livello del lago è successiva ad un manufatto in legno datato 2960 ± 100 e precedente a ceramiche attribuite al periodo II ÷ III secolo B.C.: tale aumento può essere ritenuto sincrono con lo stadio Calderone 2; considerando che il suolo coperto è datato 2650 ± 50 BP, l'espansione glaciale deve essere datata tra circa 2600 e $2200\div 2300$ anni BP (VII ÷ III/II secolo BC);
- un nuovo aumento di livello ebbe luogo nel periodo compreso tra la sedimentazione di due orizzonti di torba che, per la quota di rinvenimento, sono indicatori di lago basso; la prima torba è stata datata 1375 ± 75 (data calibrata: $630\div 690$ AD, cioè VII secolo AD), la seconda torba è stata datata 930 ± 125 (data calibrata: $1000\div 1250$ AD, cioè secoli XI/XIII AD); tale aumento deve coincidere con lo stadio Calderone 3a;
- nuovi forti aumenti di livello sono documentati a partire dal XVI secolo AD, con livelli particolarmente elevati nei primi anni del XVII secolo, nel secondo e nel sesto decennio del XIX; tali oscillazioni coincidono quindi con gli stadi Calderone 3b,c.

A causa della mancanza di dati e delle opere di bonifica romana, le oscillazioni di livello del Fucino dal I al IV secolo AD e nel periodo tra X e XVI secolo AD non sono ben conosciute.

Ma il Lago del Fucino non è l'unico lago in Italia Centrale ad avere avuto oscillazioni legate alle stesse fasi climatiche che hanno prodotto le espansioni dei ghiacciai: anche il lago Trasimeno (Umbria) presenta oscillazioni di livello estremamente interessanti per il presente lavoro.

Secondo Gambini (1995, 2000), che ha studiato i resti di insediamenti umani lungo le sponde, il lago Trasimeno, mostra livelli bassi nel periodo etrusco-romano fino almeno al IV secolo AD, causato probabilmente dalla presenza di una galleria di drenaggio; in assenza di regimazione, i livelli del lago furono molto bassi nei secoli XI-XII AD ed aumentarono nel corso del XIII e XIV secolo. Il lago raggiunse quote tanto elevate che, nel XV secolo, il suo livello venne controllato mediante una galleria artificiale e la diversione di un corso d'acqua; la presenza del drenaggio non impedì il verificarsi di forti aumenti, che durarono alcuni anni, nel primo decennio del XVII secolo, tra il settimo e l'ottavo decennio del XVIII secolo, e nel secondo decennio del XIX secolo.

C'è quindi un'ottima correlazione tra le variazioni di livello del periodo post-romano dei laghi Fucino e Trasimeno.

Ne deriva che la fase fredda che ha dato luogo all'avanzata glaciale Calderone 3a deve essere responsabile anche dell'aumento di livello lacustre terminato in un momento imprecisato precedente al secolo XI AD e che l'espansione glaciale Calderone 3b deve essere successiva al XV secolo AD.

Le variazioni dei limiti nivali (ELA) nel corso degli stadi Calderone 2, 3a,b,c, possono fornire indicazioni sulle differenze di temperatura media annua tra le fasi di maggiore estensione del Ghiacciaio del Calderone e quella attuale.

La quota di ELA attuale deve essere superiore all'altezza del Gran Sasso (2912 m). Infatti Gellatly *et al.* (1994) riferiscono che almeno dalla fine degli anni '70 il ghiacciaio non è mai stato visto con neve residua degli anni precedenti.

La massima espansione della Piccola Età Glaciale indica che ELA era a quote non superiori a 2730 m, con una differenza rispetto all'attuale di almeno 180 m. Se si tiene conto che il gradiente medio di temperatura al Gran Sasso, calcolato in base ai dati di Tonini (1961) è di circa 0,6°C per ogni 100 m, si può ipotizzare che, a parità di precipitazioni, la temperatura media annua attuale superi di almeno 1,1°C quella del periodo più freddo della Piccola Età Glaciale.

La differenza tra ELA delle espansioni glaciali precedenti e quella attuale, implicano che nel corso di fasi particolarmente fredde del periodo VII ÷ III/II secolo BC la temperatura media annua doveva essere inferiore di almeno 0,8°C, e nel corso dell'espansione glaciale precedente al X secolo doveva essere inferiore di almeno 0,9°C rispetto all'attuale.

CONCLUSIONE

Lo studio di detriti di origine glaciale posti a ridosso o appena a valle della soglia del circo del ghiacciaio del Calderone, ha fornito elementi per l'inquadramento cronologico di alcune fasi di espansione glaciale avvenute nel corso degli ultimi 3000 anni. La cronologia di tali fasi appare ben correlabile con quella delle avanzate dei ghiacciai alpini.

L'esame di altri dati di carattere paleoclimatico relativi all'Italia Centrale ha permesso di validare i dati rilevati e di ottenere una più precisa datazione delle avanzate glaciali. Il confronto tra le variazioni di ELA rispetto all'attuale ha permesso di valutare anche lo scostamento delle temperature medie rispetto al giorno d'oggi.

Un'espansione glaciale, databile tra i secoli VII e III÷II BC, ha dato luogo alle morene dello stadio Calderone 2; nel corso delle fasi più fredde, la temperatura media annuale doveva essere almeno 0,8°C inferiore all'attuale.

Una successiva espansione glaciale, databile tra il VII ed il X secolo AD, ha dato luogo alle morene dello stadio Calderone 3a; nel corso delle fasi più fredde, la temperatura media annuale doveva essere almeno 0,9°C inferiore all'attuale.

Un'ulteriore espansione glaciale, la più estesa, databile tra XVI e parte del XIX secolo AD, quindi attri-

buibile alla cosiddetta Piccola Età Glaciale, ha dato luogo alle morene dello stadio Calderone 3b; nel corso delle fasi più fredde, la temperatura media annuale doveva essere almeno 1,1°C inferiore all'attuale.

L'ultima espansione glaciale, databile al XIX secolo e quindi alla parte finale della Piccola Età Glaciale, ha prodotto le morene presenti non lontano dalla posizione del fronte glaciale documentato verso la fine del XIX secolo; nel corso delle fasi più fredde, la temperatura media annua doveva essere almeno 0,9°C inferiore all'attuale.

Nei periodi compresi tra le espansioni glaciali, vi erano fasi caratterizzate da clima più caldo; per queste non è possibile calcolare ELA (e quindi la differenza di temperatura rispetto all'attuale) a causa della mancanza delle tracce glaciali, asportate dalle avanzate successive. Tuttavia è possibile parlare di contrazione dei ghiacciai per il periodo successivo ai secoli III÷II BC e precedente al VII secolo AD, per quello che va almeno dal secolo XI al XIII AD e infine per il periodo successivo al XIX secolo AD.

RINGRAZIAMENTI

Lavoro eseguito con il contributo dell'Ente Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Baroni C. (2000) - *Il comportamento dei ghiacciai alpini in risposta alle variazioni climatiche oloceniche*. In: Antonioli *et al.* : Le fluttuazioni del clima nel corso dell'Olocene: stato dell'arte. Il Quaternario, **13**(1), 100-103.
- Baroni C. & Carton A. (1991) - *Vedretta di Pisgrana (Gruppo dell'Adamello). Geomorfologia e variazioni oloceniche della fronte*. Natura Bresciana, Ann.Museo Civ. Sc. Nat. Brescia, **26**.
- 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.
- Gambini E. (1995) - *Le oscillazioni di livello del lago Trasimeno*. Quaderni del Museo della Pesca del lago Trasimeno-2, 139 pp.
- Gambini E. (2000) - *I villaggi sommersi del lago Trasimeno*. Quaderni del Museo della Pesca del lago Trasimeno-5, 117pp.
- 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.
- Giraudi C. (1998) - *Late pleistocene and Holocene lake level variations in Fucino Lake (Abruzzo - Central Italy) inferred from geological, archaeological and historical data*. ESF Workshop "Palaeohydrology as reflected in lake-level changes as climatic evidence for Holocene times". Palaoklimaforschung, **25**, 1-17. Gustav Fisher Verlag Ed.
- Giraudi C. (2000) - *Le oscillazioni oloceniche del ghiacciaio del Calderone, Gran Sasso d'Italia (Abruzzo-Italia)*. Il Quaternario, **13**(1/2), 31-38.
- Jaurand E. (1994). *Les heritages glaciaire de l'Apennin*. Thèse pour le Doctorat dès Lettres de l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne. 600 pp.
- Marinelli O. & Ricci L. (1916) - *Alcune osservazioni sul ghiacciaio del Gran Sasso*. Riv. Geogr. It., **23**, 399-405.
- Matthews J.A. (1993) - *Radiocarbon dating of buried soils with particular reference to Holocene solifluction*. In: *Solifluction and climatic variation in the Holocene*. Palaoklimaforschung-Palaeoclimate Research. Special Issue: European Palaeoclimate and Man-6. **11**, 309-324.
- Orombelli G. & Pelfini M. (1985) - *Una fase di avanzata glaciale nell'Olocene superiore, precedente alla Piccola Glaciazione, nelle Alpi Centrali*. Rend.Soc.Geol.It., **8**, 17-20.
- Orombelli G. & Porter S.C. (1982) - *Late Holocene fluctuations of Brenva Glacier*. Geogr.Fis.Dinam.Quat. **5**, 13-37.
- 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.
- Strumia G. (1997) - *Oscillazioni glaciali precedenti la piccola età glaciale documentate da un suolo sepolto in una morena del Ghiacciaio del Lys*. Il Quaternario, **10**(2), 153-158.
- Tonini D. (1961). *Il Ghiacciaio del Calderone del Gran Sasso d'Italia*. *Bollettino del Comitato Glaciologico Italiano* **10**, 71-134.

Ms. ricevuto il 3 gennaio 2002
 Testo definitivo ricevuto il 26 febbraio 2002

Ms. received: January 3, 2002
 Final text received: February 26, 2002