

LE OSCILLAZIONI DI LIVELLO DEL LAGO DI VICO (LAZIO) NELL'AMBITO DELLE VARIAZIONI CLIMATICO-AMBIENTALI DELL'ITALIA CENTRALE

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

RIASSUNTO – Lo studio morfologico e stratigrafico dei terrazzi e dei sedimenti che circondano il lago vulcanico di Vico ha condotto alla identificazione ed all'inquadramento cronologico delle tracce di antichi stazionamenti lacustri conservati a quote ben più alte del livello attuale.

Il livello lacustre attuale è però condizionato dalla presenza di opere di drenaggio che mantengono il lago ad una quota pressochè costante di circa 510 m.

Il lago ha avuto, nel corso della sua storia, un emissario intermittente, che veniva alimentato solo quando l'acqua riusciva a superare la quota della soglia. Il livello lacustre raggiunse la quota di 548-550 m in un periodo più recente di 28.720 ± 1400 anni ^{14}C BP e, attorno a 14.550 ± 135 anni ^{14}C BP, la quota di 538-540 m. A circa 11.000-10.000 anni BP, il livello del lago scese ad una quota vicina a 510 m.

Le oscillazioni di livello lacustre sono correlabili con quelle del lago del Fucino (Abruzzo), posto in un'altra zona ed avente dimensioni e bacino di alimentazione assai diversi. Quindi le variazioni di livello devono essere state causate da mutamenti climatici che hanno modificato il bilancio idrologico del lago.

Sono poi presenti due terrazzi prodotti da stazionamenti lacustri olocenici, riferibili, il primo a 7000-6000 anni BP, il secondo a 2800-2300 anni BP, per correlazione con le oscillazioni di livello del lago del Fucino. Un ultimo terrazzo si sarebbe formato dopo la regimazione del XVI secolo.

Parole chiave: Pleistocene Superiore, Olocene, livelli lacustri, paleoclima, lago di Vico, Italia Centrale.

ABSTRACT – Variations of water level in Vico Lake (Latium) related to climatic-environmental changes in Central Italy.

Morphological and stratigraphical studies on the terraces and the sediments surrounding the Vico volcanic lake were carried out. The studies lead to the identification and to the dating of the remnants of Late Pleistocene and Holocene lacustrine terraces, lying higher than the current level. At present, the lacustrine level is regulated by the presence of a drainage tunnel that maintains the lake at an almost constant elevation, ca. 510 m.

The lake had, in the course of its history, an intermittent outflow, fed only when the lake water exceeded the sill elevation. The lacustrine level reached 548-550 m during a period more recent than $28,720 \pm 1400$ years BP, 538-540 m ca. $14,550 \pm 135$ years BP; ca. 11,000-10,000 years BP the level of the lake dropped to 510 m.

The Vico lake level increases can be correlated to those of lake Fucino, in Abruzzo, having very different dimensions and catchment, and are also synchronous, in general terms, with the glacial advances in the Central Apennine. Therefore, the oscillations were caused by climatic variations that changed the hydrological budget in the lake Vico catchment.

Two terraces, produced by holocene high stands, are also present; the first could be dated ca. 7000-6000 years BP, the second ca. 2800-2300 years BP according to the correlations with the lake Fucino water levels. A last terrace was probably formed after the XVI century hydraulics works.

Key words: Upper Pleistocene, Holocene, lacustrine levels, paleoclimate, Vico lake, Central Italy.

INTRODUZIONE

Il Lago di Vico, ubicato nei Monti Cimini (Lazio Settentrionale, prov. di Viterbo), alla quota di 510 m s.l.m., occupa la porzione centrale di una caldera. Presenta una profondità massima di circa 50 m ed estensione areale di circa 12 km². Il bacino imbrifero, delimitato dalla cinta calderica, è costituito esclusivamente da rocce vulcaniche: misura circa 40 km² incluso lo specchio d'acqua e raggiunge la massima quota al M. Fogliano (964 m).

Le dimensioni attuali del lago sono condizionate dalla presenza di opere di regimazione e captazione poste al margine SE.

Gli interventi di regimazione furono effettuati nel 1562 e nel periodo compreso tra il 1579 e il 1590 per volere del cardinale Alessandro Farnese (Fagliari Zeni Buchicchio, 1992). La regimazione del lago è stata nel passato, ed è attualmente, effettuata attraverso un emissario sotterraneo che convoglia l'acqua verso Ronciglione e la valle del Rio Vicano.

Nel corso del presente lavoro sono state svolte ricerche morfologiche e stratigrafiche sui terrazzi bordieri e sulle tracce di linee di riva già segnalate da Giraudi & Narcisi (1994). È stato possibile inquadrare cronologicamente alcune variazioni di livello in base allo studio sedimentologico ed a date effettuate col metodo del ^{14}C . Per le fasi più antiche, i sedimenti sono stati datati in rapporto con i prodotti vulcanici di età nota. Sono state correlate, inoltre, le oscillazioni di livello del lago di Vico con quelle del lago (ora bonificato) del Fucino (Abruzzo). Infine, i risultati degli studi pollinici su carote prelevate sul fondo o al margine del lago (Bertagnini *et al.*, 1993; Francus *et al.*, 1993; Leroy *et al.*, 1996; Follieri *et al.*, 1998; Magri D., Sadori L., comunicazioni personali, 1998) permettono di inquadrare le oscillazioni di livello del lago in un contesto ambientale ben caratterizzato: è possibile, quindi, ricostruire le principali variazioni del bilancio idrologico del bacino nel corso del Pleistocene Superiore e dell'Olocene.

Il presente lavoro è stato svolto nell'ambito delle attività di studio paleoclimatico della Divisione Clima Globale dell'ENEA.

CENNI SULL'EVOLUZIONE FINALE DEL VULCANO DI VICO

Come anticipato nell'introduzione, il lago di Vico si è impostato all'interno di una caldera: la comparsa del lago è quindi legata alla evoluzione del vulcano. Per questo verrà fatto cenno alla evoluzione finale del distretto vulcanico di Vico.

In base ai dati riportati in Locardi (1965), Mattias & Ventriglia (1970), Bertagnini & Sbrana (1986) e Bertagnini *et al.*, (1993), le ultime fasi di attività del vulcano di Vico possono essere così sintetizzate:

- dopo una prima fase prevalentemente esplosiva ed una seconda prevalentemente effusiva, la terza fase, nuovamente di tipo esplosivo, si è svolta da circa 260.000 a poco meno di 150.000 anni BP: essa ha dato luogo alla emissione delle principali formazioni piroclastiche (denominate ignimbrite A,B,C); in conseguenza della eruzione della ignimbrite C, si verificò il collasso della caldera con la formazione di un lago craterico;

- seguì una fase di attività esplosiva idromagmatica a partire da circa 140.000 fino a poco meno di 100.000 anni BP con l'emissione dell'ignimbrite D (attorno a 140.000 anni BP) e quindi dei tufi finali;

- attorno a 95.000 anni BP, l'attività del vulcano di Vico si chiuse con emissioni limitate all'interno della caldera, che hanno dato luogo alla formazione del cono di lava di Monte Venere.

La formazione del lago, secondo Bertagnini & Sbrana (1986) può essere fatta risalire a poco meno di 150.000 anni BP.

TERRAZZI E SEDIMENTI LACUSTRI AI MARGINI DEL LAGO

Come già evidenziato nell'introduzione, la prima segnalazione di terrazzi lacustri che bordano il lago di Vico è riportata in Giraudi & Narcisi (1994); tali Autori hanno riconosciuto tre terrazzi delimitati da scarpate. La prosecuzione degli studi di campagna ha portato al riconoscimento di altri due terrazzi più bassi e meno evidenti¹.

I terrazzi, seppure non riconoscibili in tutto il perimetro del lago, sono piuttosto estesi e, in special modo quelli più alti, appaiono come una forma tipica del paesaggio, costituendo fasce sub-pianeggianti di varia larghezza che bordano i ripidi margini interni della caldera (Fig. 1).

I terrazzi lacustri sono quindi cinque e hanno le seguenti caratteristiche.

1° terrazzo

Si tratta di una spianata leggermente inclinata verso il centro della caldera, che si raccorda alla base dei

versanti alla quota di circa 548-550 m; è assente soltanto al margine orientale del lago ed alla base del versante meridionale ed occidentale del M. Venere e si presenta in generale abbastanza stretta, raggiungendo una larghezza massima di circa 250 m. Il 1° terrazzo sorpassa il bordo della caldera a NE di P.gio del Cavaliere, ed entra nella testata della valle del Rio Vicano, ove è conservato come lembo di terrazzo fluviale che inclina verso SE.

Se ne deduce che al momento del modellamento del 1° terrazzo il lago aveva un emissario superficiale attraverso il quale l'acqua del lago sfiorava oltre una soglia posta a circa 550 m.

2° terrazzo

Si tratta di una spianata stretta e piuttosto continua, lievemente inclinata verso il centro della caldera, che si raccorda ai versanti o alla scarpata che delimita il 1° terrazzo ad una quota di circa 538-540 m. Anche tale terrazzo è assente al margine orientale del lago.

Il 2° terrazzo si congiunge alla soglia, posta a NE di P.gio del Cavaliere alla quota di circa 535 m, che separa la testata della valle del Rio Vicano dall'interno della caldera. Anche in corrispondenza di tale terrazzo doveva quindi essere presente un emissario superficiale attraverso il quale le acque del lago potevano defluire.

3° terrazzo

Come le precedenti superfici è costituito da una spianata generalmente stretta, presente quasi in continuità attorno ai bordi del lago, mancando solamente in corrispondenza del versante SW del M. Fogliano. Può raggiungere la larghezza massima di circa 350 m e si raccorda ai versanti o alle scarpate dei terrazzi più alti, alla quota di circa 528-530 m. Il 3° terrazzo è posto a una quota nettamente inferiore rispetto a quella della soglia ed è quindi totalmente compreso all'interno della caldera.

4° terrazzo

Ha caratteristiche analoghe a quelle dei terrazzi precedenti, ed è assente solamente alla base del versante del M. Fogliano. Si raccorda ai versanti o alle scarpate dei terrazzi più alti alla quota di circa 520 m. Al margine meridionale del M. Venere il 4° terrazzo raggiunge la larghezza massima di circa 750 m. Quest'area è tuttavia particolare: il terrazzo potrebbe essersi impostato al tetto di una grossa colata lavica del M. Venere: l'azione lacustre avrebbe prodotto lo spianamento di una zona piuttosto estesa che già in origine aveva una superficie poco rilevata.

5° terrazzo

Si tratta di un terrazzo poco elevato rispetto al livello del lago; si raccorda ai versanti o alle scarpate dei terrazzi più alti alla quota di circa 515 m. Verso lago è inciso dalla falesia attuale e raggiunge la quota di 511-512 m. La larghezza massima di tale terrazzo è di circa 350 m. Trattandosi del più basso terrazzo, bordato verso lago da una falesia, a luoghi, ancora poco evidente,

¹ Le quote dei terrazzi riportati in Giraudi & Narcisi (1994) non sono le stesse di quelle riportate nel presente lavoro: le quote sono state dedotte da due documenti topografici diversi e con scala differente: le tavolette a scala 1:25.000 dell'Istituto Geografico Militare per il primo lavoro, la Carta Tecnica della Regione Lazio a scala 1:10.000 per il presente.

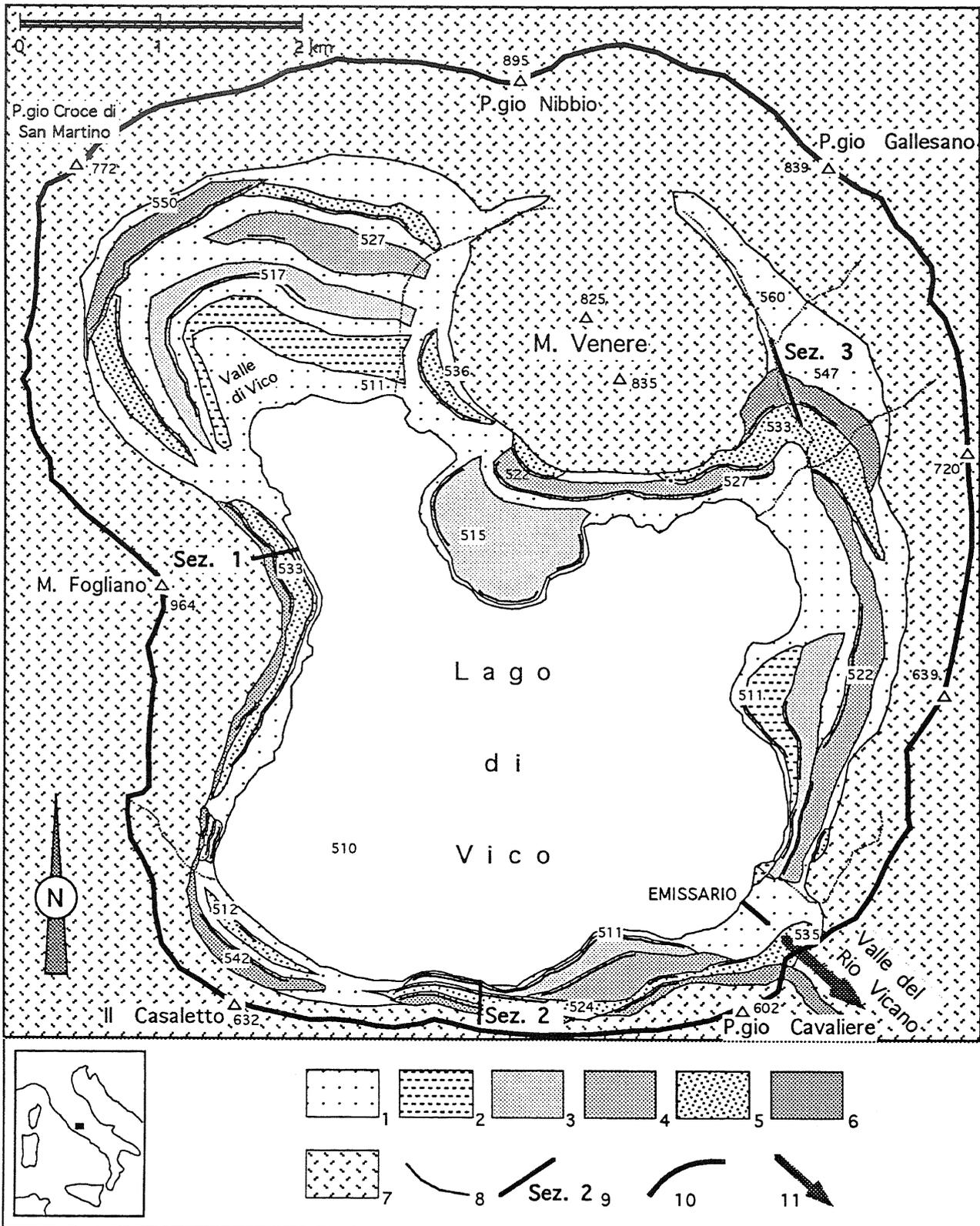


Fig. 1 - Carta geologica schematica della caldera di Vico.

Legenda: 1 - copertura detritico-colluviale; 2 - 5° terrazzo; 3 - 4° terrazzo; 4 - 3° terrazzo; 5 - 2° terrazzo; 6 - 1° terrazzo; 7 - prodotti del vulcano di Vico; 8 - falesie lacustri; 9 - tracce delle sezioni geologiche; 10 - spartiacque; 11 - posizione della soglia dalla quale sfiorava l'emissario.

Fig. 1 - Schematic geologic map of the Vico caldera.

Legend: 1 - detrital-colluvial cover; 2 - 5th terrace; 3 - 4th terrace; 4 - 3rd terrace; 5 - 2nd terrace; 6 - 1st terrace; 7 - Vico volcanic products; 8 - lacustrine scarp; 9 - geologic sections; 10 - watersheds; 11 - sill and intermittent outflow.

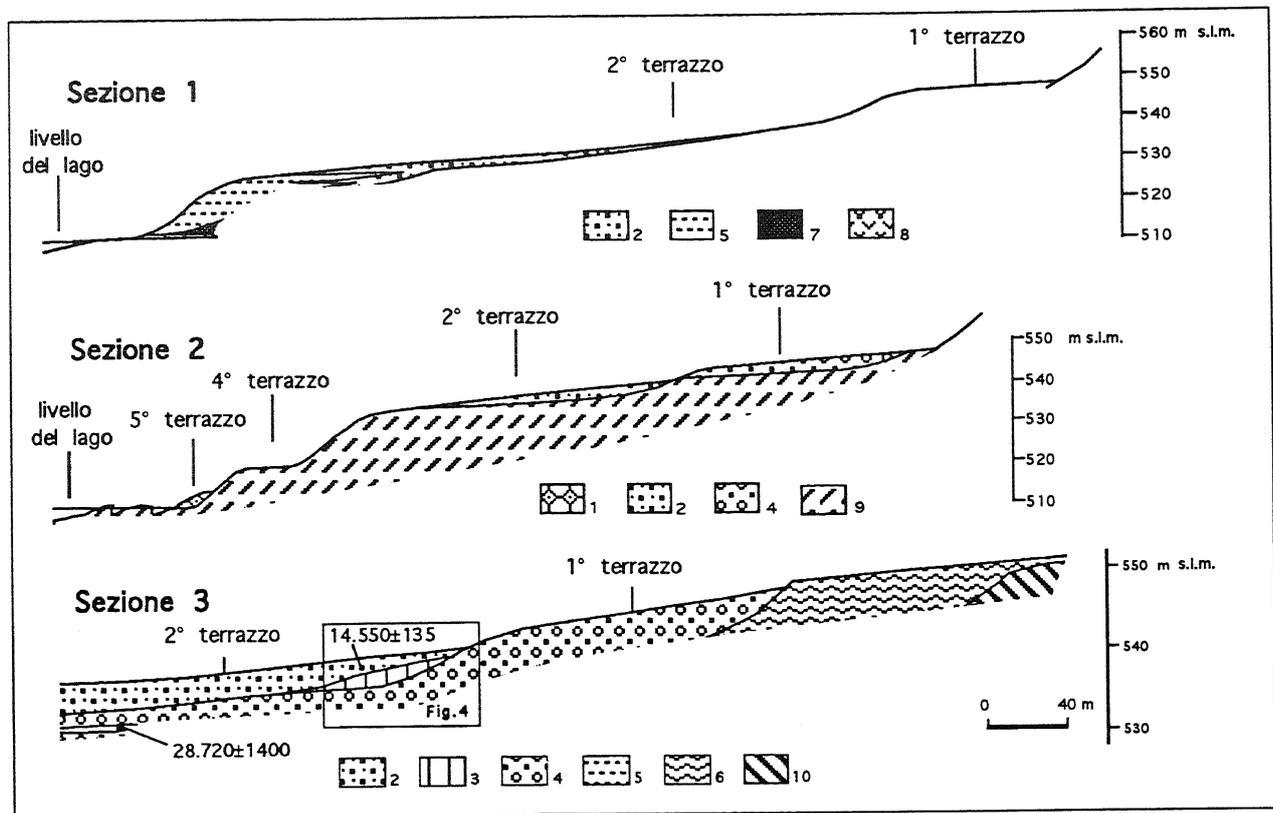


Fig. 2 - Sezioni geologiche

Legenda: 1 - sedimenti lacustri del 5° terrazzo; 2 - sedimenti lacustri e litorali del 2° terrazzo; 3 - sedimenti litorali e lacustri del 1° terrazzo; 4 - sedimenti litorali e lacustri del 1° terrazzo; 5 - sedimenti lacustri sabbiosi e limosi biancastri e grigi; 6 - sedimenti colluviali e alluvionali; 7 - limi laminati e limi sabbiosi lacustri; 8 - livello di tephra; 9 - ghiaie sabbiose, sabbie ghiaiose, a stratificazione incrociata e piano parallela, fortemente inclinate verso il centro del lago, di origine prevalentemente detritica; 10 - prodotti vulcanici del M. Venere.

Fig. 2 - Geologic sections.

Legend: 1 - 5th terrace lacustrine sediments; 2 - 2nd terrace lacustrine sediments; 3 - shore sediments and soil; 4 - lacustrine and shore sediments of the 1st terrace; 5 - whitish and gray silty sand lacustrine sediments; 6 - colluvial and alluvial sediments; 7 - lacustrine laminated silt and sand; 8 - tephra layer; 9 - sandy gravel, gravelly sand, mostly detrital in origin, with crossbedding and parallel stratification, strongly dipping towards the center of the lake; 10 - M. Venere volcanic products.

è assai probabile che la sua superficie fosse al di sotto del livello del lago al momento della regimazione cinquecentesca e che sia emersa solo in seguito a questa.

Con la parziale bonifica è stato prodotto un restringimento dell'alveo lacustre: nella zona pianeggiante di Valle di Vico (a W di M. Venere), la sponda lacustre è arretrata di circa un chilometro.

Lo studio stratigrafico dei sedimenti e dei prodotti vulcanici sui quali sono impostati i terrazzi ha fornito alcuni elementi utili alla datazione delle forme di origine lacustre.

Il 1° terrazzo incide depositi alluvionali e colluviali che coprono le lave del M. Venere: risulta perciò più recente delle ultime fasi di attività vulcanica.

Sebbene siano pochi i luoghi ove è possibile osservare la stratigrafia dei sedimenti su cui il terrazzo è impostato, in corrispondenza delle sezioni 2 e 3 (Fig. 1 e 2) è stato possibile rilevare quanto segue.

Nella sezione 2 (Fig. 1, 2), al margine meridionale del lago, sul 1° terrazzo è presente un sottile livello di ghiaie sabbiose sciolte, leggermente inclinato verso il centro del lago, identificabile come un deposito di spiag-

gia. Le ghiaie sabbiose appoggiano in discordanza su alternanze di livelli di ghiaietto pulito, sabbia con ghiaietto, sabbia limosa con ghiaietto, raramente limi sabbiosi finemente stratificati. I sedimenti sono da cementati a poco cementati, localmente arrossati, caratterizzati da stratificazione sia incrociata che piano parallela: la giacitura del deposito è varia, ma generalmente si rilevano giaciture fino a 20-30° verso il centro del lago. Il ghiaietto è costituito da lapilli e da clasti formati da lava. La giacitura è concordante con l'andamento del margine interno della caldera. La potenza di tali sedimenti superi i 10 m.

Si tratta verosimilmente di un deposito di versante parzialmente rimaneggiato da acqua incanalata e, in rari casi, in ambiente lacustre.

I sedimenti si immergono decisamente al di sotto del livello del lago e dovrebbero indicare un periodo durante il quale il livello del lago era quasi sempre estremamente basso.

Non si hanno elementi per attribuire un'età ai suddetti sedimenti: trovandosi nella parte di caldera formata in seguito alla esplosione che produsse l'ignimbrite C (Bertagnini & Sbrana, 1986) il deposito deve essere più recente di 150.000 anni BP.

Nella zona ad Est del M. Venere (sez. 3 di figg. 1 e 2) il 1° terrazzo è impostato al tetto di una serie di sedimenti ghiaioso-sabbiosi e sabbiosi di spiaggia, che diventano più fini verso la sponda del lago. Questi appoggiano su limi lacustri che coprono, a loro volta, ghiaie sabbiose di spiaggia. Una datazione effettuata col metodo del ^{14}C sulla sostanza organica presente nei limi ha fornito un'età di 28.720 ± 1400 BP (Beta-114014).

Il 1° terrazzo si è formato quindi successivamente alla data suddetta.

Il 2° terrazzo è impostato sia su depositi lacustri che sui sedimenti di versante descritti in precedenza.

Nella sezione 1 (Figg. 1 e 2) alla base orientale del versante del M. Fogliano, il 2° terrazzo è impostato su sottili livelli di sabbie ghiaiose fortemente cementate, leggermente inclinate verso il centro del lago; le sabbie ghiaiose presentano stratificazione da sub-parallela ad incrociata, e si sono formate in ambiente di spiaggia. Tali sedimenti sono interdigitati al tetto di una serie lacustre potente 10-15 m, formata dal basso verso l'alto dalle seguenti litologie.

- Limi argillosi beige e gialli finemente laminati (che appoggiano su un livello piroclastico di colore verde-giallo), alternanze di limi stratificati e varvati, con livelli organici millimetrici, passanti a sabbie limose sottilmente stratificate e quindi a sabbie medie e grossolane; la variazione di granulometria indica una variazione di facies dei sedimenti, che sono attribuibili ad ambienti via via più vicini alla sponda lacustre, e quindi ad un lago in fase di regressione. L'insieme di tali sedimenti raggiunge la potenza di circa 1,5 m. Un campione dei limi della porzione inferiore della sequenza è stato sottoposto ad analisi pollinica (Magri D., 1998, com.pers.): i limi si sono depositi nel corso di una fase non completamente forestata (45% di polline di alberi), ma abbastanza caratteristica per la presenza contemporanea di faggio (12%) e abete bianco (5.5%). Si tratta, molto probabilmente, di una fase del cosiddetto St Germain II, riconosciuto nel lavoro di Follieri *et al.* (1998), corrispondente allo stadio isotopico 5a. Non si può escludere a priori che si tratti del St Germain I (5c), ma in nessuna delle sequenze polliniche studiate al lago di Vico (Leroy *et al.*, 1996; Follieri *et al.*, 1998) è mai stato trovato il St Germain I. Infatti al di sotto del St Germain II sono sempre stati rinvenuti prodotti vulcanici attribuiti alle fasi di attività del M. Venere.

- Limi grigio-biancastri mal stratificati potenti almeno due metri, che appoggiano su una superficie di erosione al tetto dei sedimenti sottostanti.

- Limi grigio-chiaro da stratificati a poco stratificati, parzialmente affioranti, potenti almeno 10 m; nella parte alta compaiono, tra i limi, crostoni limonitici e quindi, ancora più in alto, intercalazioni di ghiaie sabbiose fortemente cementate, che diventano prevalenti al tetto.

I crostoni limonitici sembrano in relazione con piccole scaturigini di acqua mineralizzata che anche attualmente formano crostoni.

Nella sezione 3 (Figg. 1 e 2) il 2° terrazzo è impostato al tetto di una complessa serie sedimentaria costituita dal basso verso l'alto dai seguenti elementi.

- Ghiaie sabbiose arrotondate mal stratificate potenti 50 cm.

- Limi grigi lacustri potenti 60 cm datati, nella parte intermedia, a 28.720 ± 1400 BP (Beta-114014) col metodo del ^{14}C .

- Alternanze di ghiaie sabbiose a stratificazione incrociata, limi, ghiaie con scarsa matrice, inclinate fortemente verso il margine della caldera, separate da varie superfici di erosione. Una serie di campioni prelevati dai limi presenti in queste alternanze, sottoposta ad analisi pollinica, si è dimostrata sterile o con un contenuto estremamente scarso. Tuttavia in un campione il polline ha indicato un ambiente prevalentemente steppico per la presenza di pino, artemisia e graminacee (Sadori L., 1998, com.pers.).

- Un suolo non molto evoluto sviluppatosi su una superficie di erosione.

- Limi grigio-giallastri con livelli finemente stratificati. Le sostanze organiche contenute nella porzione medio-bassa di tale livello sono state datate a 14.550 ± 135 BP (Ua-12055) col metodo del ^{14}C AMS.

- Ghiaie sabbiose ben stratificate inclinate verso il lago, incise localmente da una superficie di erosione sulla quale appoggiano altre ghiaie sabbiose.

La potenza di questa serie di depositi è mal valutabile a causa delle notevoli variazioni laterali, ma nel complesso può essere stimata a 6 - 7 m.

Il 2° terrazzo è perciò più recente di 14.550 ± 135 ^{14}C anni BP.

Il 3° terrazzo è formato da ghiaie sabbiose, ma a luoghi è rappresentato da una piattaforma di abrasione sui sedimenti che formano i terrazzi precedenti. In particolare nella zona a W della soglia di Poggio del Cavaliere, il terrazzo è impostato sui limi biancastri e grigi descritti nella sezione 2.

Analogamente il 4° e il 5° terrazzo sono formati in parte da ghiaie sabbiose e sabbie, ma per lo più costituiscono piattaforme di abrasione sui sedimenti sui quali sono incisi anche i terrazzi più alti.

Non vi sono elementi per inquadramento cronologico dei terrazzi 3° e il 4°, anche se appare probabile, essendo più recenti del 2° terrazzo, un'attribuzione all'Olocene.

Il 5° terrazzo è emerso, molto probabilmente, a seguito della bonifica cinquecentesca.

Nel complesso quindi gli stessi terrazzi possono corrispondere, in diverse località, sia a forme di accumulo che a piattaforme di abrasione.

LE OSCILLAZIONI DI LIVELLO DEL LAGO DI VICO

Le più evidenti tracce degli antichi stazionamenti di livello del lago sono rappresentate, evidentemente, dai terrazzi descritti (Fig. 3). Altri elementi possono essere dedotti dalle variazioni di facies dei sedimenti, altri ancora sono riportati negli studi delle serie polliniche della zona di Valle di Vico effettuati da Leroy *et al.* (1996).

In base allo studio delle facies dei sedimenti affioranti nella parte bassa della sez. 2, posti a circa 513 m di quota, possiamo osservare che al tetto dei limi contenenti un'associazione pollinica attribuibile allo Stadio isotopico 5a (databile tra circa 90.000 e 70.000 anni

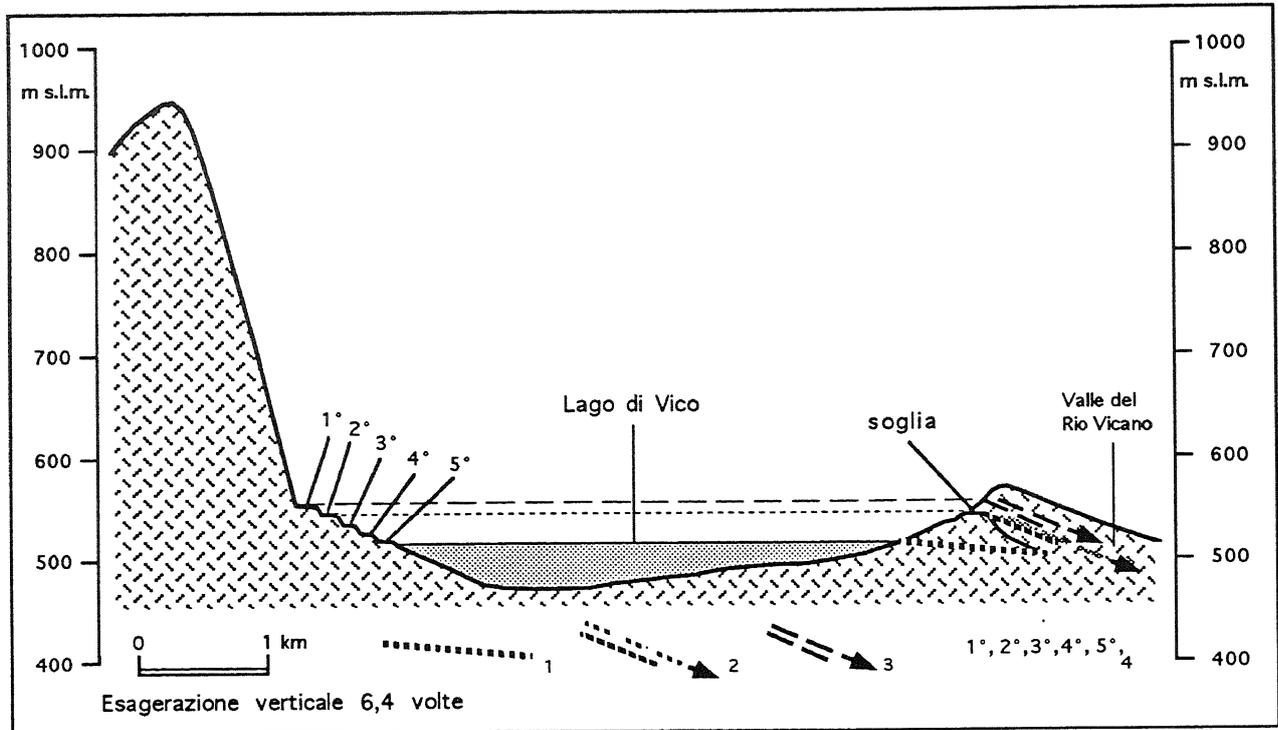


Fig. 3 - Sezione attraverso la caldera di Vico, da M. Fogliano alla testata del Rio Vicano. Tutti i terrazzi sono stati proiettati alla base del versante di M. Fogliano.

Legenda: 1 - galleria di drenaggio; 2 - quota della soglia in corrispondenza del 2° terrazzo; 3 - quota della soglia in corrispondenza del 1° terrazzo; 4 - numerazione dei terrazzi e quota relativa.

Fig. 3 - Section through the Vico caldera, from M. Fogliano to the head of the Rio Vicano valley. The five terraces have been projected at the base of the M. Fogliano slope.

Legend: 1 - drainage tunnel; 2 - elevation of the sill in correspondence with the 2nd terrace; 3 - elevation of the sill in correspondence with the 1st terrace; 4 - terraces elevation.

BP) si verifica un cambiamento di sedimentazione, la facies diventa via via più litorale. Inoltre alla base dei limi grigio-biancastri che coprono i depositi precedenti vi è una superficie di erosione, indice, molto probabilmente, di un abbassamento di livello lacustre fino a quote inferiori a 513 m. Vi sono quindi indizi di oscillazioni di livello ma non si hanno elementi abbastanza dettagliati per la loro datazione.

Leroy *et al.* (1996) hanno effettuato studi pollinici e del contenuto di diatomee sulle carote di Valle di Vico. Riguardo ai livelli cronologicamente corrispondenti alla base della sez. 2 sono riportate varie indicazioni:

- indizi di diminuzione del livello lacustre nei sedimenti (datati attorno a 85.000 anni BP nello schema cronologico adottato dagli Autori) presenti pochi decimetri al di sopra della base del sondaggio, cioè appena al di sopra di un livello piroclastico;

- la presenza di alcune diatomee indica che, per i sedimenti datati attorno a 80.000-75.000 anni BP, la profondità del lago nella località del sondaggio non poteva essere superiore a 10 m. Essendo le diatomee contenute in un livello posto attorno ai 495 m di quota, il livello del lago non doveva superare i 505 m.

Nel complesso, quindi, dopo la fine dell'attività vulcanica, il lago raggiungeva quote inferiori a 505 m attorno ad 85.000-80.000 anni BP e poi risalì a tale livello attorno a 80.000-75.000 anni BP.

Non si hanno elementi morfologici utili a riconoscere alcuna oscillazione di livello lacustre nel periodo compreso tra circa 75.000 anni BP e la base della serie stratigrafica della sezione 3 (circa 30.000 anni BP). Tuttavia è probabile che le eventuali tracce delle linee di riva della porzione intermedia del Pleistocene Superiore siano state erose dalle acque lacustri o coperte dai sedimenti e dalle forme successive: vale a dire che i livelli lacustri dovevano, probabilmente, essere inferiori a quello raggiunto al momento della formazione del 1° terrazzo.

Un maggiore dettaglio delle oscillazioni della parte alta del Pleistocene Superiore, evidenziate dal 1° e dal 2° terrazzo, sono state ottenute da un esame sedimentologico delle facies dei depositi affioranti in corrispondenza della sez. 3, ad Est di M. Venere. La serie descritta di seguito appoggia su una superficie di erosione, corrispondente ad una fase di regressione lacustre (Fig. 2, sez. 3), posteriore alla data di 28.720±1400 BP.

Lo studio sedimentologico, effettuato in collaborazione con il Dott. D. Duranti, ha indicato (Fig. 4) le variazioni di facies nei depositi che formano il 2° terrazzo.

L'analisi di facies consente le seguenti interpretazioni. Una prima trasgressione (cioè un aumento di livello del lago), svoltasi in due fasi, è indicata dalla presenza di sedimenti di battigia, lacustri e di cordone litorale.

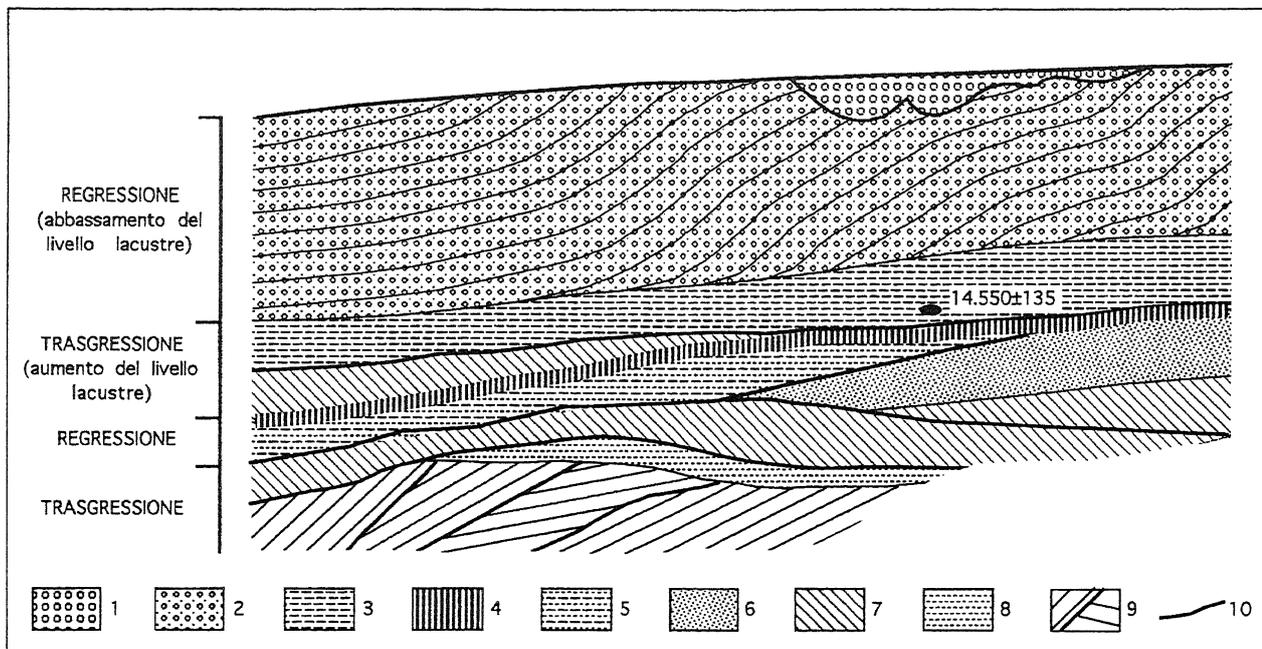


Fig. 4 - Interpretazione della serie sedimentaria presente al di sotto del 2° terrazzo nella zona ad Est di M. Venere.

Legenda: 1 - ghiaia sabbiosa alluvionale; 2 - ghiaie sabbiose fortemente inclinate verso il centro del lago con strutture tipo "foreset", deltizie; 3 - depositi limosi lacustri; 4 - paleosuolo; 5 - limi sabbiosi lacustri; 6 - sabbie limose con raro ghiaietto, lacustri; 7 - ghiaie sabbiose, di cordone litorale, inclinate fino a 20-25° verso il margine lacustre; 8 - limi lacustri; 9 - sabbie ghiaiose e ghiaie sabbiose a stratificazione incrociata, di spiaggia; 10 - principali superfici di erosione.

Fig. 4 - The sedimentary series under the 2nd terrace in the area East of Mt. Venere.

Legend: 1 - alluvial sandy gravel; 2 - deltaic sandy gravel, strongly dipping towards the center of the lake, with "foreset" type structures; 3 - lacustrine silt; 4 - paleosol; 5 - lacustrine sandy silt; 6 - lacustrine silty and gravelly sand; 7 - littoral bar's sandy gravel, dipping 20-25° towards the lacustrine margin; 8 - lacustrine silt; 9 - beach's crossbedded gravelly sand and sandy gravel; 10 - main erosional surfaces.

È poi avvenuta una regressione (diminuzione di livello lacustre) nel corso della quale, sui sedimenti lacustri precedenti, si è sviluppato un suolo.

La regressione fu seguita da una ulteriore trasgressione che portò prima alla sedimentazione di depositi di cordone litorale e poi lacustri veri e propri. Questi contengono la data di 14.550±135 BP. Al tetto della serie vi sono sedimenti ghiaiosi deltizi che indicano una graduale regressione, incisi da piccoli canali fluviali che testimoniano l'avvenuto arretramento della sponda lacustre.

In sintesi, dopo 28.720±1400 BP si verificò un aumento di livello lacustre fino alla quota di poco meno di 540 m, seguito da un leggero abbassamento. La trasgressione seguente portò quindi il livello lacustre a poco meno di 550 m, mentre nel corso della successiva regressione il lago dovette raggiungere quote vicine ai 530 m.

Poco prima di 14.550±135 BP il lago aumentò nuovamente di livello fino a circa 540 m di quota e poi si ritirò progressivamente.

Secondo le analisi di Leroy *et al.* (1996) si verificò una diminuzione di livello del lago nel corso dello Younger Dryas (attorno a 11.000-10.000 anni BP). In base alla posizione del sondaggio studiato dai suddetti Autori, ed alla sua stratigrafia, l'acqua dovette raggiungere, in quel periodo, la quota di circa 510 m.

Le oscillazioni di livello del lago di Vico sono rappresentate in Fig. 5.

CAUSE DELLE OSCILLAZIONI DI LIVELLO DEL LAGO DI VICO

Per valutare correttamente i risultati ottenuti nel corso del presente lavoro occorre tenere presente che i livelli lacustri indicati si riferiscono a due periodi diversi, il più antico compreso tra circa 85.000-75.000 anni BP, il più recente tra 30.000 anni BP e l'attuale.

I livelli lacustri più antichi, anche se non possono essere pienamente paragonati a quelli più recenti per via di un certo grado di diversità nella situazione morfologica e sedimentaria ipotizzabile per le fasi immediatamente post-eruttive, sono relativi ad un periodo abbastanza caldo e umido (S. Germain II) e sono piuttosto bassi.

Appare evidente in base all'esame dei terrazzi, che le quote massime raggiunte dall'acqua lacustre nel tardo Pleistocene Superiore sono state condizionate anche dalla presenza e dalla quota della soglia attraverso la quale l'acqua poteva defluire. La quota di tale soglia doveva abbassarsi gradualmente per erosione e proprio la variazione della sua altezza ha determinato i livelli del lago che hanno modellato i terrazzi 1° e 2°. Dopo l'abbassamento della soglia, anche se si fossero verificate situazioni favorevoli a notevoli aumenti di livello del lago, l'acqua non avrebbe più potuto raggiungere e superare i più alti livelli precedenti perchè sarebbe defluita attraverso l'emissario.

Dopo la formazione del 2° terrazzo l'acqua del lago non raggiunse più la quota della soglia.

I maggiori aumenti avvenuti tra circa 30.000 anni BP e l'attuale coincidono essenzialmente, quando sono datati, con le oscillazioni di livello del lago del Fucino (Abruzzo). Ivi (Giraudi, 1998) un forte aumento di livello iniziò in un momento successivo a 27.000 anni BP, il livello massimo venne raggiunto prima di circa 20.000 anni BP e quindi si verificò un netto abbassamento. Un ulteriore marcato aumento ebbe luogo attorno a 15.000 anni BP. Anche al lago del Fucino fu registrata una forte diminuzione di livello nel corso dello Younger Dryas.

Il lago di Vico è un lago vulcanico avente superficie di circa 12 km², posto in mezzo a rilievi di quota inferiore ai 1.000 m, non molto lontani dalla costa tirrenica e circondato da zone topograficamente basse; il Fucino era un lago di conca tettonica che raggiungeva una superficie di 150 km², posto nel centro della catena appenninica, circondato da rilievi che superano i 2000 m. Poiché le oscillazioni di livello sono correlabili cronologicamente, devono essere attribuite a cause che hanno agito contemporaneamente sui due siti con caratteristiche tanto diverse. Le variazioni di livello devono essere state indotte, quindi, da variazioni climatiche. Queste hanno modificato il bilancio idrologico mediante variazioni di temperatura e/o di umidità.

Anche le oscillazioni del lago di Vico appaiono, per quel che riguarda i livelli tardo-pleistocenici, in fase con le variazioni dei ghiacciai dell'Appennino Centrale segnalate da Giraudi & Frezzotti (1997) e debbono quindi essere state influenzate direttamente dalla diminuzione di temperatura che avrebbe in parte inibito l'evaporazione.

Vista la buona correlazione cronologica tra le oscillazioni di livello tardo-pleistoceniche del lago di Vico e del Fucino e la causa climatica delle stesse oscillazioni, è lecito ipotizzare che anche i terrazzi successivi (escludendo l'ultimo del lago di Vico, molto probabilmente formatosi dopo la bonifica) siano correlabili cronologicamente in entrambe i laghi. Al Fucino tali terrazzi sono stati inquadrati cronologicamente in base alla presenza di sedimenti organici datati col metodo del ¹⁴C ed a ritrovamenti archeologici: il più alto ha età compresa tra poco più di 7.000 e circa 6.000 anni BP, il più basso ha età compresa tra 2800 e 2300 anni BP.

Il 3° ed il 4° terrazzo del lago di Vico potrebbero quindi essersi formati nell'Olocene attorno a 6÷7000 e a 2800÷2300 anni BP.

Il quadro delle oscillazioni di livello del lago è rappresentato in Fig. 5.

CONCLUSIONI

Lo studio morfologico e stratigrafico dei terrazzi e dei sedimenti che circondano il lago di Vico ha condotto alla identificazione ed all'inquadramento cronologico delle tracce di antichi stazionamenti lacustri conservati a quote ben più alte del livello attuale.

Il livello lacustre attuale è però condizionato dalla presenza di opere di drenaggio che mantengono il lago ad una quota pressochè costante di circa 510 m.

Il lago ha avuto, nel corso della sua storia, un emissario intermittente, che veniva alimentato solo quando l'acqua riusciva a superare la quota della soglia. Il livello lacustre raggiunse la quota di 548-550 m in un periodo più recente di 28.000 anni BP e la quota di 538-540 m at-

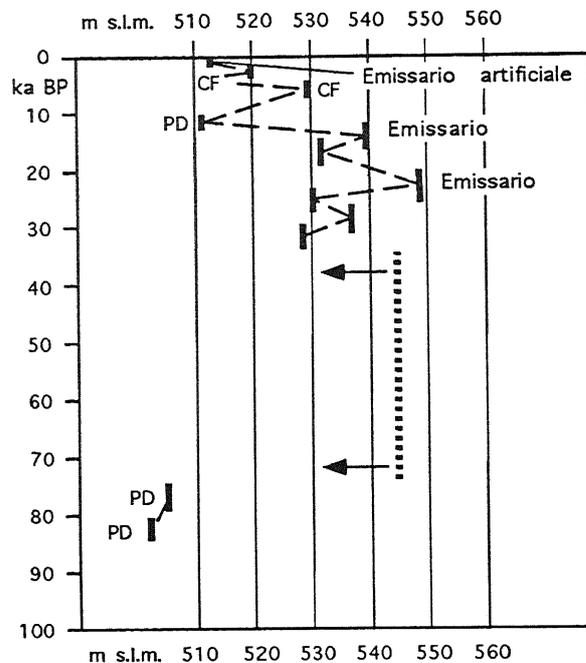


Fig. 5 - Oscillazioni di livello del lago di Vico negli ultimi 90.000 anni.

PD= informazione tratta dai dati palinologici e dalle diatomee, riportati in Leroy *et al.*, (1996). CF= attribuzione cronologica ottenuta in base alla correlazione con le oscillazioni di livello del lago del Fucino, evidenziati in Giraudi (1998).

Fig. 5 - The level oscillations of the Vico lake during the last 90,000 years.

PD = from palynological and diatoms data (Leroy *et al.*, 1996). CF = chronological frame obtained by correlation with the lake Fucino oscillations shown in Giraudi (1998).

torno a 14.500 anni BP. Attorno a 11.000-10.000 anni BP, il livello del lago scese a livelli prossimi a 510 m.

Le oscillazioni di livello lacustre sono correlabili con quelle del lago del Fucino (Abruzzo), posto in un'altra zona ed avente dimensioni e bacino di alimentazione assai diversi. Quindi le variazioni di livello devono essere state causate da mutamenti climatici che hanno modificato il bilancio idrologico del lago.

Sono poi presenti due terrazzi prodotti da stazionamenti lacustri olocenici, riferibili, il primo a 7000-6000 anni BP, il secondo a 2800-2300 anni BP, per correlazione con le oscillazioni di livello del lago del Fucino. Un ultimo terrazzo si sarebbe formato dopo la regimazione del XVI secolo.

Le quote degli stazionamenti lacustri più alti sono state influenzate dalla quota della soglia che veniva abbassata dall'erosione nel corso del tempo.

Dal paragone tra le oscillazioni di livello del lago e le variazioni della vegetazione nel suo bacino di alimentazione, indicate dagli studi sui pollini contenuti in carote di sedimenti lacustri (Leroy *et al.*, 1996; Follieri *et al.*, 1998), emerge la seguente considerazione: in generale, i più elevati livelli lacustri sono stati raggiunti in periodi nel corso dei quali la vegetazione era scarsa e l'ambiente era per lo più steppico; viceversa, livelli più bassi sono tipici dell'Olocene, caratterizzato da abbondante vegetazione arborea, e di almeno una parte del periodo S. Germain II, che risultava discretamente forestato. Nel

corso dello Younger Dryas il livello del lago raggiunse quote molto basse.

Il forte surplus di acqua e la scarsità di vegetazione possono apparire in contraddizione: occorre però tenere conto che oltre al bilancio idrico complessivo, molti possono essere i fattori climatici che condizionano lo sviluppo della vegetazione arborea, tra questi la temperatura media annuale e la distribuzione stagionale delle precipitazioni.

RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano D. Magri e L. Sadori per le analisi polliniche effettuate, e Duranti D. per la collaborazione nell'interpretazione sedimentologica degli affioramenti ad Est di M. Venere. Una parte delle indagini di campagna è stata effettuata in collaborazione con B. Narcisi.

CITAZIONI BIBLIOGRAFICHE

- Bertagnini A., Carrara C., Cremaschi M., Dai Pra G., De Rita D., Follieri M., Funicello R., Giardini M., Girotti O., Landi P., Magri D., Narcisi B., Piccardi E., Rosa C., Sadori L. (1993). *Field excursion guide book*. Symposium "Quaternary stratigraphy in volcanic areas", Rome, September 20-22, 64 p.
- Bertagnini A., Sbrana A. (1986). *Il vulcano di Vico: stratigrafia del complesso vulcanico e sequenze eruttive delle formazioni piroclastiche*. Mem. Soc. Geol. It., 35, 699-713.
- Fagliari Zeni Buchicchio F.T. (1992). *Quando le antiche coste del Lago di Bolsena furono sommerse*. Biblioteca e Società, 3 - 4, anno 11, 21-30.
- Follieri M., Giardini M., Magri D. & Sadori L. (1998) *Palynostratigraphy of the last glacial period in the volcanic region of Central Italy*. Quaternary International, 47/48, 3-20.
- Francus P., Leroy S., Mergeai I., Seret G. & Wansard G. (1993) - *A multidisciplinary study of the Vico Maar sequence (Latium, Italy): part of the mast cycle in the Mediterranean area. Preliminary results*. In: Negendank and Zolitschka (eds.), *Paleolimnology of European Maar Lakes*, Lecture Notes in Earth Sciences, 49, 289-304.
- 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. & Frezzotti M. (1997) - *Late Pleistocene glacial events in the Central Apennine, Italy*. *Quaternary Research*, 48 (3), 280-290.
- Giraudi C. & Narcisi B. (1994) - *Ricerche paleoclimatiche in ambiente lacustre: il contributo della Task Force "Ambiente Globale e Cambiamenti Climatici"*. Rapporto Tecnico ENEA, RT/AMB/94/31, 42 pp.
- Leroy S.A.G., Giralt S., Francus P. & Seret G. (1996) - *The high sensitivity of the palynological record in the Vico Maar lacustrine sequence (Latium, Italy) highlights the climatic gradient through Europe for the last 90 ka*. *Quaternary Science Reviews*, 15, 180-201.
- Locardi E. (1965). *Tipi di ignimbriti di magmi mediterranei - Le ignimbriti del Vulcano di Vico*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Serie A, 72 (1), 55-171.
- Mattias P.P., Ventriglia U. (1970). *La regione vulcanica dei Monti Sabatini e Cimini*. Mem. Soc. Geol. It., 9, 331-384.

Ms. ricevuto il 28 marzo 2000

Testo definitivo ricevuto il 12 maggio 2000

Ms. received: March 28, 2000

Final text received: May 12, 2000