

NUOVI RITROVAMENTI DEL TEPHRA TARDIGLACIALE ETNEO IN ITALIA CENTRALE

B. Narcisi

ENEA - C.R. Casaccia, C.P. 2400, Roma
e-mail: narcisi@casaccia.enea.it

Riassunto - Nel presente lavoro si discutono i risultati dello studio di due livelli piroclastici di caduta di età tardiglaciale rinvenuti nelle lunghe sequenze sedimentarie dei laghi vulcanici di Vico (distretto di Vico) e di Mezzano (distretto Vulturno), nel Lazio settentrionale, campionate per studi paleoclimatici. Entrambi i livelli, dello spessore di circa 0,5 cm, risultano costituiti prevalentemente da granuli pomiceo fortemente vescicolati, accompagnati principalmente da feldspato e pirosseno nero. Dal punto di vista geochimico, entrambe le piroclastiti sono classificabili come benmoreiti (trachi-andesiti a carattere sodico). Per la similitudine delle loro caratteristiche macroscopiche, microscopiche e geochimiche e per il loro inquadramento cronologico coincidente i due livelli possono essere correlati tra di loro. Inoltre è possibile istituire un confronto con il *tephra* di origine etnea individuato nei sedimenti marini e continentali dell'area centro-mediterranea e formatosi nel corso dell'eruzione polifasica finale del vulcano Ellittico datata a 15-14 ka dal presente. I dati di questo studio consentono di confermare l'inquadramento cronologico delle due sequenze lacustri considerate e di correlarle con altri *record* paleoclimatici, per una ricostruzione più completa dell'evoluzione climatico-ambientale tardoquaternaria del Mediterraneo. I nuovi ritrovamenti estendono verso NNW l'areale di dispersione di questo *tephra* e forniscono elementi utili per una rivalutazione del volume di materiale emesso nel corso dell'eruzione.

Abstract - *New findings of the Etnean Lateglacial tephra in Central Italy.* This work discusses the results of the characterisation study of two Lateglacial air-fall tephra layers found in long palaeoclimatic records from the volcanic lakes of Vico and Mezzano, in the northern Lazio region. Both tephra layers are about 0.5 cm thick; they are mostly made up of vesicular pumice pyroclasts and contain feldspar and black pyroxene. From the chemical point of view, both can be classified as benmoreites (sodic trachy-andesites). The available radiocarbon datings on the bracketing sediments indicate that both tephra layers were deposited about 14 ka BP. Because of the similarity of their macroscopic, microscopic and geochemical features and of the same chronological framework, the two layers can be correlated to each other. They are attributed to the tephra marker from Etna that has been found in marine and continental sediments of the Central Mediterranean. It formed during the final polyphasic eruption of the Ellittico volcano, that occurred 15-14 ka BP and represents a major explosive event in the evolution of Etna. This work enables to confirm the chronological framework of the two studied lacustrine sequences and allows to correlate them with other palaeoclimatic records, for more complete Late Quaternary climatic and environmental reconstructions. The recovery of the Etnean Lateglacial tephra in the northern Lazio region extends its areal distribution towards the NNW and may contribute towards revised estimations of the volume of ejecta produced during the Etnean eruption. By integrating the available findings a distribution map has been constructed according which this tephra was deposited in two main fans so far recognized up to 600 km from the source: one extending to the SE and another extending to the N.

Parole chiave: piroclastiti di caduta, livello Y-1, Etna, Tardiglaciale, Lago di Vico, Lago di Mezzano, Italia centrale
Key words: air-fall tephra, layer Y-1, Etna, Lateglacial, Lago di Vico, Lago di Mezzano, Central Italy.

INTRODUZIONE

La definizione della tephrostratigrafia del Quaternario superiore dell'area centro-mediterranea ha ricevuto nell'ultimo decennio un notevole impulso grazie a numerose indagini, effettuate principalmente per scopi paleoclimatici e riguardanti lunghe sequenze di sedimenti marini e continentali (per una rassegna critica di tali indagini si veda Narcisi & Vezzoli, 1999). Lo studio dei livelli di *tephra* contenuti nelle successioni sedimentarie ha fornito un utile contributo alla conoscenza dell'evoluzione dei vulcani dell'Italia centro-meridionale, integrando le ricerche stratigrafiche nelle aree vulcaniche prossimali; nel contempo in base a tale studio alcuni dei livelli piroclastici studiati hanno assunto il ruolo di *marker*, in virtù della loro peculiarità, buon inquadramento cronostratigrafico e notevole diffusione areale. Seppure la conoscenza di tali *marker* sia ancora fram-

mentaria in quanto deriva da ritrovamenti casuali piuttosto che da ricerche geografiche sistematiche, pur tuttavia essi possono rappresentare preziosi strumenti per la soluzione di problemi stratigrafici, compreso quelli di carattere paleoclimatico e paleoambientale.

Per quanto riguarda il periodo tardiglaciale, la tephrostratigrafia dell'Italia centrale è caratterizzata da almeno due livelli-guida, uno dei quali relativo all'attività dell'Etna (Narcisi, 1993b). La scoperta nell'area mediterranea di un *tephra* di origine etnea, posto stratigraficamente alla base dello stadio 1 della curva isotopica dell'ossigeno e denominato Y-1, risale alla fine degli anni '70 (Keller *et al.*, 1978). Tuttavia, in base ai dati allora disponibili, relativi esclusivamente ai sedimenti marini dei quadranti orientali del bacino Mediterraneo, McCoy (1981) ne tracciò un'areale di dispersione piuttosto modesto, che interessava il settore antistante la costa orientale della Sicilia (Fig. 1). A distanza di alcuni anni,

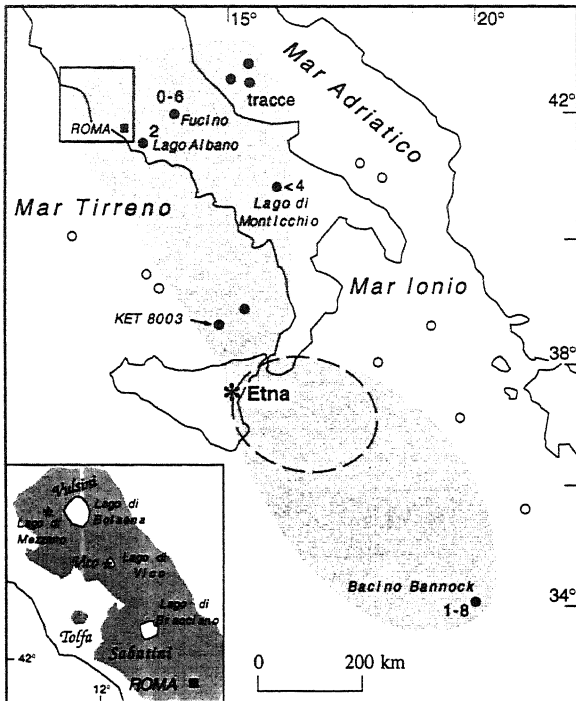


Fig. 1 - Distribuzione del *tephra* tardiglaciale di origine etnea; i cerchi pieni rappresentano i punti di ritrovamento (spessore in cm quando disponibile) mentre i cerchi vuoti indicano i siti nei quali il *tephra* non è stato segnalato; la linea tratteggiata circonda l'areale di distribuzione secondo McCoy (1981). Nel riquadro sono rappresentati i distretti settentrionali della regione vulcanica laziale con i siti considerati nel presente studio (asterischi).

Areal distribution of the Etnian Lateglacial tephra; black circles: sites of recovery (thickness in cm when available); blank circles: sites of non recovery; dashed line: distribution according to McCoy (1981). In the box the northern volcanic districts of the Lazio region and the sites considered in this work (asterisks) are represented.

le segnalazioni nei sedimenti profondi del Mar Tirreno meridionale (Et-1, Paterne *et al.*, 1988) e del Bacino Bannock (Vezzoli, 1991) e nei depositi continentali del Bacino del Fucino in Italia centrale (Narcisi, 1993a), hanno accresciuto l'importanza di questo *tephra*, suggerendone una dispersione ben più ampia di quanto ipotizzato in principio. Recenti ritrovamenti riguardanti i depositi del lago craterico di Albano, presso Roma (Calanchi *et al.*, 1996), i sedimenti del Mar Adriatico centrale (Calanchi *et al.*, 1996; Calanchi *et al.*, 1998) ed altri siti della penisola italiana (Narcisi, non pubblicato; Wulf *et al.*, 1999), hanno confermato la notevole dispersione di questo *tephra* relativamente alla sua distribuzione verso i quadranti settentrionali (Fig. 1).

In base alle osservazioni mineralogiche, microstrutturali e geochimiche (Vezzoli, 1991), il *tephra* etneo contiene plagioclasio, pirosseno augitico ed orneblenda e risulta costituito da quattro tipi di frammenti vetrosi tra cui figurano pomici con vescicole arrotondate e allungate parallele e frammenti angolosi debolmente vescicolati. In virtù della sua composizione chimica di tipo benmoreitico, il *tephra* si distingue chiaramente dagli altri livelli piroclastici contenuti nelle sequenze di mare profondo dell'area mediterranea (Paterne *et al.*, 1988; Vezzoli, 1991).

Il *tephra* è stato attribuito da Paterne *et al.* (1988) e da Vezzoli (1991) all'evento esplosivo etneo che ha prodotto l'Ignimbrite di Biancavilla-Montalto. Si tratta dell'eruzione polifasica finale del Vulcano Ellittico, che rappresenta uno dei principali eventi dell'attività esplosiva dell'Etna e che mostra una complessa sequenza stratigrafica, costituita da livelli di caduta pliniana oltreché dalla formazione ignimbritica (Kieffer, 1973; Le Pennec & Fernandez 1992; Vezzoli *et al.*, 1998a, 1998b). Per quanto riguarda l'età di questo evento esplosivo sono disponibili numerose datazioni radiometriche (Condomines *et al.*, 1982; Cortesi *et al.*, 1988; Gillot *et al.*, 1994; Kieffer, 1979; Vezzoli *et al.*, 1998b), le quali lo inquadrano cronologicamente a 15-14 ka dal presente.

Dall'analisi della composizione isotopica dell'ossigeno effettuata sui sedimenti marini del Mar Tirreno e dalle relative datazioni radiometriche (Paterne *et al.*, 1986; Paterne *et al.*, 1988; Rossignol-Strick & Planchais, 1989; Kallel *et al.*, 1997) (Fig. 2), si desume che la messa in posto di questo *tephra* è avvenuta circa 14.300 anni dal presente (età stimabile per interpolazio-

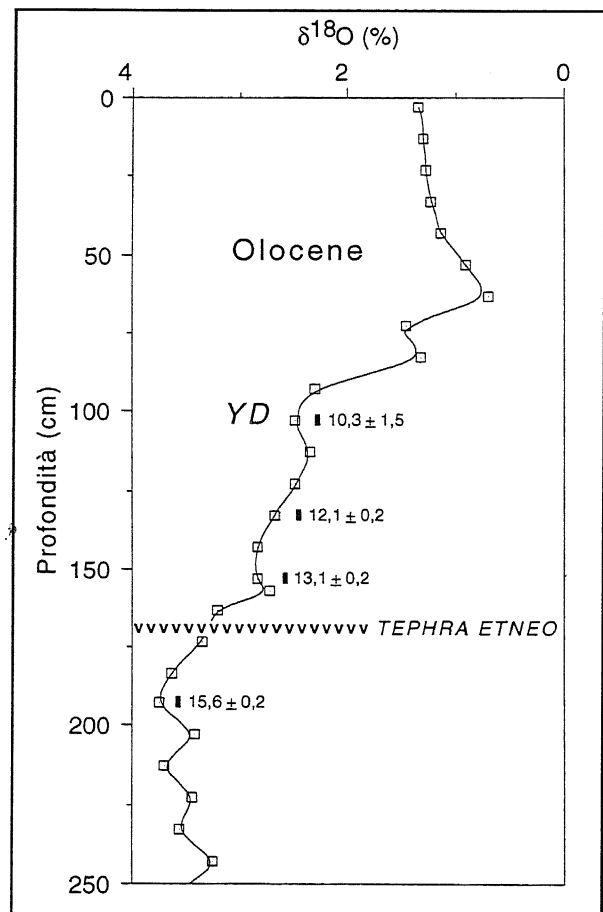


Fig. 2 - Posizione stratigrafica del *tephra* tardiglaciale etneo in relazione alla composizione isotopica dell'ossigeno di *G. bulloides* nei sedimenti marini della carota KET 8003, Mar Tirreno meridionale (Paterne *et al.*, 1986; Paterne *et al.*, 1988); età radiocarbonio espresse in migliaia in anni (Kallel *et al.*, 1997); YD: Younger Dryas.

Stratigraphic position of the Etnian Lateglacial tephra relative to the oxygen isotopic composition of *G. bulloides* in the marine core KET 8003, Southern Tyrrhenian Sea (Paterne *et al.*, 1986; Paterne *et al.*, 1988); radiocarbon ages, in ka, from Kallel *et al.* (1997); YD: Younger Dryas.

ne lineare delle due datazioni radiocarbonio più prossime all'orizzonte piroclastico). Tale evento, di un millennio circa posteriore all'inizio della deglaciazione globale che percorre l'Olocene, è chiaramente precedente alla crisi climatica correlabile con l'evento Younger Dryas (Fig. 2).

Il buon inquadramento cronostratigrafico, assieme alla notevole estensione geografica che comprende ambienti marini e continentali ed alla particolare composizione geochemica rendono questo livello di *tephra* un eccellente livello-guida del periodo tardiglaciale della regione centro-mediterranea.

Attraverso lo studio di due livelli piroclastici di età tardiglaciale, riconosciuti in lunghe sequenze di bacini lacustri della regione vulcanica laziale, il presente lavoro si propone molteplici scopi tra i quali: i) fornire elementi utili all'inquadramento cronostratigrafico dei due *record* sedimentari considerati; ii) contribuire alla definizione della distribuzione areale del *tephra* tardiglaciale etneo.

MATERIALI E METODI

Lago di Vico

Il bacino lacustre di Vico (42°19' lat. N, 12°10' long. E Greenw.; 510 m s.l.m.) occupa la porzione centrale della depressione calderica del distretto omonimo (Fig. 1), che si è formata al termine di grandi eruzioni esplosive concluse circa 150.000 anni fa (Bertagnini & Sbrana, 1986). Attualmente il lago presenta una profondità massima di circa 50 m ed una estensione areale di circa 12 km².

Nel quadro del programma di ricerche paleoclimatiche multidisciplinari EUROMAARS basato sull'analisi di lunghe sequenze sedimentarie di laghi craterici, i depositi del Lago di Vico sono stati campionati con continuità sino alla profondità di 15,2 m dal fondo del lago, mediante una coppia di carote (V1 e V2) prelevata nel settore meridionale del bacino in presenza di una lama d'acqua di 22,6 m. La successione sedimentaria è stata caratterizzata dal punto di vista litostratigrafico (Giraudi & Narcisi, 1994); dettagliate indagini palinologiche, corredate da numerose datazioni radiometriche, sono state condotte da Follieri *et al.* (1998) e da Magri & Sadori (1999). L'età della sequenza è stimabile in circa 90.000 anni.

Il livello piroclastico considerato nel presente studio è stato riconosciuto nella carota V2 alla profondità di 1,50 m, mentre risulta assente all'analisi macroscopica e microscopica dei sedimenti della parallela carota V1. E' compreso entro sedimenti vulcanogenici limoso-argillosi acalcarei (Fig. 3) con i quali mostra i contatti inferiore e superiore netti; presenta lo spessore di 0,6 cm, granulometria debolmente sabbiosa, colore marrone grigiastro molto scuro (2.5Y3/2).

In base all'osservazione microscopica il materiale piroclastico risulta costituito da granuli pomicei trasparenti incolori con bolle sferiche e ovoidali oppure allungate parallele (Fig. 4a e 4b). Inoltre sono presenti frammenti densi angolosi, di colore marrone scuro e nero, con bolle arrotondate debolmente sviluppate e talora riempite da polvere e frammenti minerali (Fig. 4c). Relativamente alla frazione minerale sono stati riconosciuti feldspato, biotite, pirosseno nero e, subordinatamente,

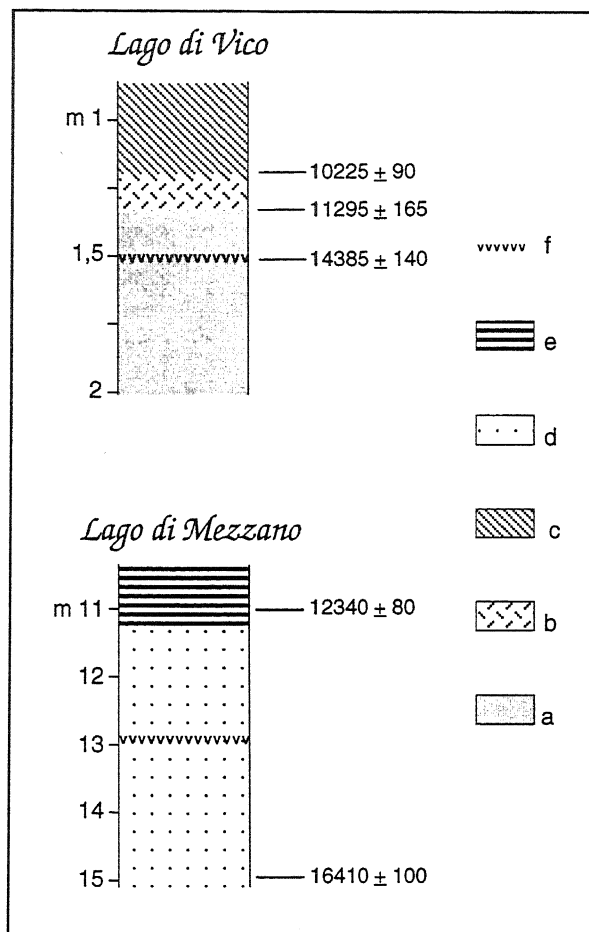


Fig. 3 - Schema stratigrafico delle porzioni di carote dei laghi di Vico e Mezzano contenenti il livello piroclastico; età radiocarbonio (non calibrate) espresse in anni BP (Magri & Sadori, 1999; Ramrath, 1997): a) sedimenti vulcanogenici acalcarei massivi; b) sedimenti vulcanogenici acalcarei debolmente organici; c) sedimenti vulcanogenici organici; d) sedimenti vulcanogenici acalcarei con bande di colore; e) sedimenti vulcanogenici acalcarei debolmente organici, a luoghi con strutture finemente lamine; f) livello di *tephra*.

Stratigraphy of the Lago di Vico and Lago di Mezzano stretches of cores comprising the tephra layer; (uncalibrated) radiocarbon ages in years BP (Magri & Sadori, 1999; Ramrath, 1997): a) massive acalcareous volcanoclastic sediments; b) slightly organic acalcareous volcanoclastic sediments; c) organic acalcareous volcanoclastic sediments; d) acalcareous volcanoclastic sediments showing colour banding; e) slightly organic acalcareous volcanoclastic sediments, at times thinly laminated; f) tephra layer.

cristalli prismatici di colore verde pallido, probabilmente anfibolo. Le caratteristiche microscopiche indicano che il materiale piroclastico si è originato per caduta nel corso di una eruzione vulcanica esplosiva.

Il livello piroclastico appare indisturbato e non interessato da fenomeni di rimaneggiamento; pertanto è da ritenersi in posizione stratigrafica primaria. Interpolando linearmente due datazioni radiocarbonio AMS effettuate sulla sostanza organica di campioni di sedimento della carota V1, le quali hanno fornito età non calibrate rispettivamente di 11.295 ± 165 anni BP (1,34 m) e di 14.385 ± 140 anni BP (1,52 m) (Magri & Sadori, 1999) (Fig. 3), l'età di questo *tephra* è di circa 14.100 anni.

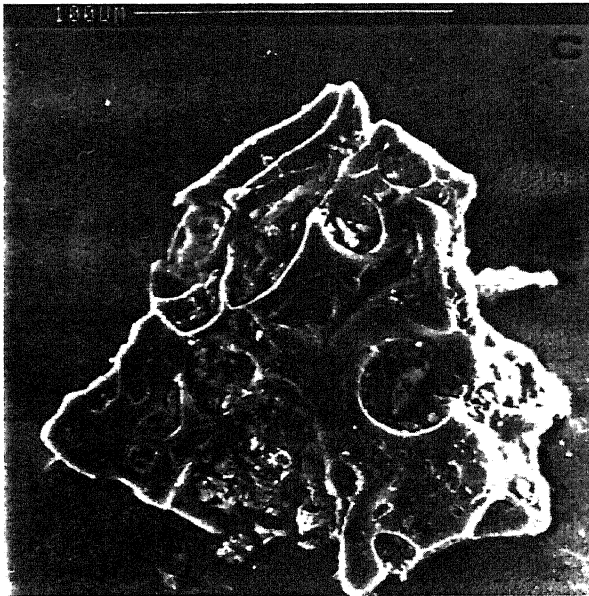
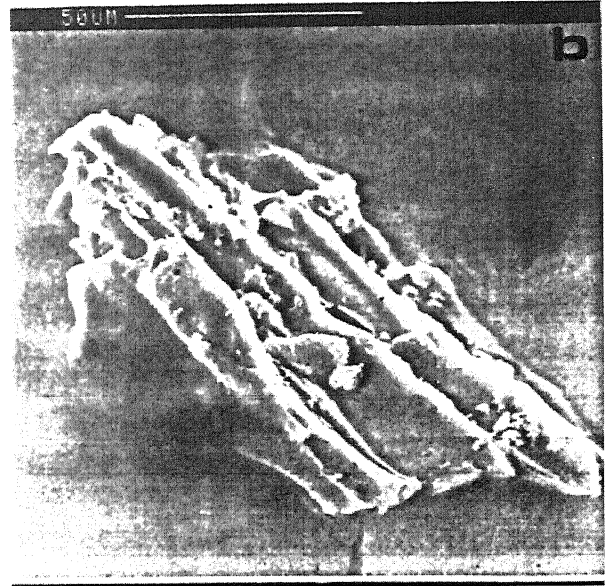
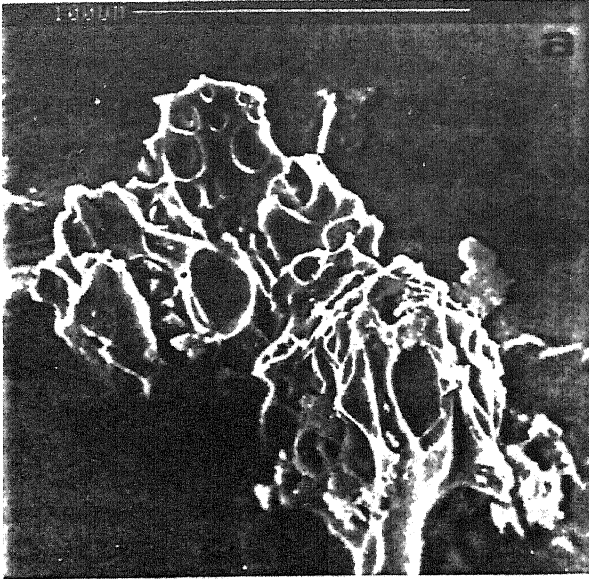


Fig. 4 - Immagini ritratte al microscopio elettronico a scansione dei granuli vetrosi del livello piroclastico nei sedimenti del Lago di Vico: a) pomice con bolle sferiche e ovoidali; b) pomice con vescicole allungate parallele; c) frammento angoloso scarsamente vescicolato con bolle sferiche riempite di polvere.

Scanning Electron Microscope pictures of the glass pyroclasts from the Lago di Vico tephra: a) pumice with spherical and ovoid bubbles; b) pumice with elongate parallel vesicles; c) angular shard, not very vesicular, with rounded bubbles filled by dust.

Lago di Mezzano

Il bacino lacustre di Mezzano (42°37' lat. N, 11°46' long. E Greenw.; 450 m s.l.m.) è situato ad occidente del Lago di Bolsena (Fig. 1). E' ospitato da una piccola depressione craterica situata all'interno dell'ampia caldera del vulcano di Latera (Distretto dei Vulsini), la cui complessa attività esplosiva si è svolta nella parte alta del Pleistocene medio (Metzeltin & Vezzoli, 1983; Nappi *et al.*, 1995; Turbeville, 1992). Attualmente il lago presenta una profondità di circa 30 m e una estensione areale di poco meno di 1 km².

Interessanti ricerche archeologiche hanno messo in luce sulle sponde sommerse di questo lago resti di insediamenti risalenti all'età del Bronzo (Petitti & Mitchell, 1993). Poiché la presenza di reperti offre la possibilità di integrare proficuamente la ricerca geologica e paleobotanica è stato promosso uno studio interdisciplinare dell'area di Mezzano con lo scopo di delineare l'evoluzione tardoquaternaria del clima e dell'ambiente. In tale ambi-

to, i sedimenti di questo lago sono stati recuperati con continuità sino alla profondità di 29,7 m dal fondo del lago, mediante tre carote parallele (LMZ A, B e C) prelevate a breve distanza una dall'altra nella porzione più depressa del bacino. Tale sequenza è stata oggetto di indagini geochimiche e di osservazioni microscopiche per lo studio delle varve nonché di studi palinologici e datazioni radiocarbonio (Ramrath *et al.*, 1999 e altri riferimenti bibliografici ivi citati). In base a tali indagini l'età della sequenza è di circa 30.000 anni.

La presenza del *tephra* oggetto di questo studio, evidenziata da un picco di suscettività magnetica di volume (L. Sadori, comun. pers.), è stata rilevata alla profondità di 12,89 m nella carota LMZ A e di 12,97 m nelle carote LMZ B e C. Il livello piroclastico è generalmente compreso entro sedimenti vulcanogenici limoso-argillosi (Fig. 3); il limite inferiore è netto e talora caratterizzato da strutture di carico mentre quello superiore appare piuttosto netto o talora graduale. Il *tephra*, di spessore circa 0,5 cm, è di colore grigio e marrone grigiastro

molto scuro (10YR3/1 e 10YR2/2) e di granulometria debolmente sabbiosa.

All'esame microscopico il materiale piroclastico è costituito da granuli pomicei da incolore a beige scuro con bolle sferiche oppure debolmente allungate e, subordinatamente, con vescicole tubolari parallele (Figg. 5a e 5b). Sono presenti inoltre *shards* scuri angolosi scarsamente vescicolati (Fig. 5c) e relativamente alla frazione minerale sono riconoscibili granuli di feldspato, di pirosseno nero, e subordinatamente, cristalli prismatici di colore verde pallido, probabilmente anfibolo. Le caratteristiche microscopiche indicano che il materiale piroclastico si è originato per caduta nel corso di una eruzione vulcanica esplosiva. Poiché il livello non presenta evidenze di rimaneggiamento, è da ritenersi in posizione stratigrafica primaria.

Per definire l'inquadramento cronologico del *tephra*, la sostanza organica di un campione di sedimento della carota A prelevato alla base del livello piroclastico (12,91 - 12,89 m) è stata analizzata con il meto-

do del radiocarbonio AMS presso i laboratori dell'Università di Uppsala ed ha fornito un'età non calibrata di 7585 ± 95 anni BP (Ua-12051). Questo dato risulta incongruente con gli studi palinologici che indicano che il *tephra* si è deposto prima della riforestazione olocenica (Ramrath *et al.*, 1999) e pertanto non è ritenuto valido. In base alle datazioni radiocarbonio contenute in Ramrath (1997) (Fig. 3) l'età della piroclastite è di circa 14.300 anni.

Per effettuare la caratterizzazione geochemica del materiale vetroso, granuli della frazione sabbiosa (separata per setacciatura in acqua deionizzata) di entrambi i livelli sono stati isolati manualmente, montati su un portacampioni, ricoperti di carbonio ed analizzati con il sistema SEM/EDS (microscopio elettronico a scansione PhilipsXL4C accoppiato ad un analizzatore EDAX PV9900). Le condizioni di lavoro sono così riassumibili: dimensioni del fascio, 6 μm ; tempo di accumulo, 50 s; voltaggio, 20kV. La composizione elementare, espressa in percentuale degli ossidi, è stata calcolata usando il

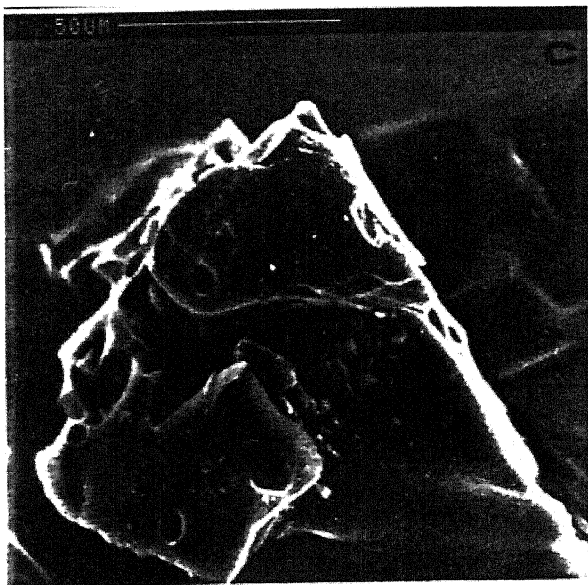
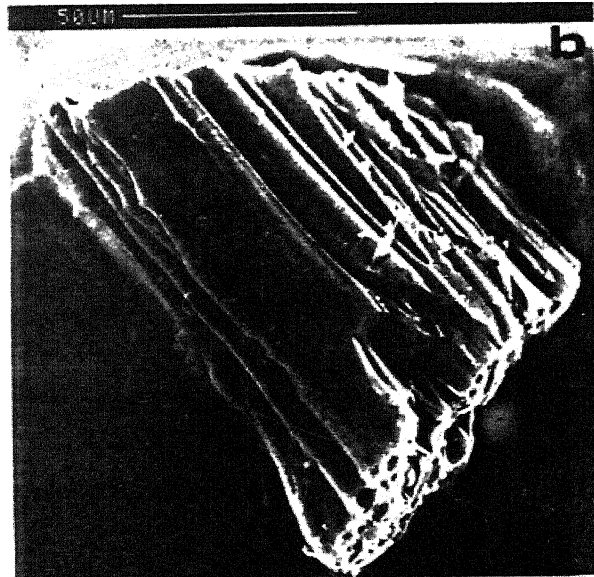
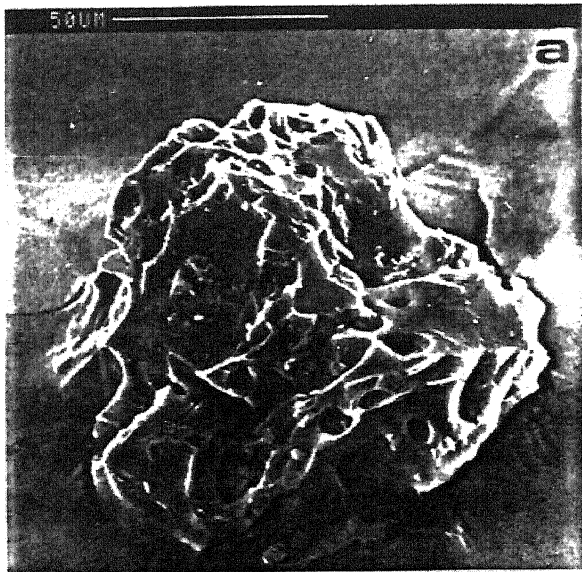


Fig. 5 - Immagini ritratte al microscopio elettronico a scansione dei granuli vetrosi del livello piroclastico nei sedimenti del Lago di Mezzano: a) pomice con bolle sferiche e ovoidali; b) pomice prismatica con vescicole allungate parallele; c) frammento angolare denso con poche bolle sferiche.

Scanning Electron Microscope pictures of the glass pyroclasts from the Lago di Mezzano tephra: a) pumice with spherical and ovoid bubbles; b) prismatic pumice with very elongate parallel vesicles; c) angular blocky shard with few rounded bubbles.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Alcali
1	60,63	1,28	18,05	5,61	<0,1	1,76	3,74	5,98	2,82	0,13	8,80
2	58,90	1,39	17,69	5,79	<0,1	2,31	3,34	7,48	2,93	0,16	10,41
3	59,84	1,44	17,99	5,67	0,22	1,95	4,20	5,96	2,74	<0,1	8,70
4	58,92	1,18	18,30	5,20	<0,1	1,53	3,64	8,47	2,60	0,15	11,07
5	60,77	1,31	18,07	5,35	0,22	1,52	2,88	7,06	2,82	<0,1	9,88
6	60,92	1,11	18,12	5,17	<0,1	1,79	3,73	6,17	2,99	<0,1	9,16
7	58,56	1,46	17,34	5,71	<0,1	1,77	3,76	7,99	3,11	0,3	11,10
8	60,32	1,20	17,98	5,37	<0,1	1,96	3,61	6,63	2,94	<0,1	9,57
9	58,62	1,22	17,54	5,76	<0,1	2,04	4,06	8,26	2,50	<0,1	10,76
10	62,36	1,27	16,35	5,99	0,11	1,46	4,40	4,90	3,17	<0,1	8,07
11	59,25	1,11	18,33	5,10	0,14	2,20	3,63	7,67	2,58	<0,1	10,25
12	58,92	1,25	18,07	5,22	0,10	1,86	3,58	8,12	2,88	<0,1	11,00
13	59,12	1,39	17,74	5,43	0,15	1,85	3,79	7,66	2,72	0,15	10,38
14	59,41	1,39	17,63	5,98	0,17	1,79	4,39	6,13	2,92	0,20	9,05
media	59,77	1,29	17,80	5,53	0,16	1,84	3,77	7,03	2,84	0,18	9,87
dev. st.	1,07	0,12	0,51	0,3	0,05	0,24	0,4	1,08	0,2	0,06	0,99

Tabella 1 - Analisi degli elementi maggiori (i contenuti sono espressi in percentuali in peso e ricalcolati su base anidra) dei granuli vetro-si del *tephra* nei sedimenti del Lago di Vico.

Major oxide compositions (wt% water free) of the pyroclasts in the tephra layer from the Lago di Vico sequence.

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	NaO	K ₂ O	P ₂ O ₅	Alcali
1	61,21	1,65	17,41	6,64	0,16	0,97	4,22	3,94	3,80	<0,1	7,74
2	59,50	1,96	16,59	8,27	0,28	1,02	4,76	3,88	3,73	<0,1	7,61
3	61,81	1,42	18,01	5,93	0,12	1,43	4,04	4,05	3,19	<0,1	7,24
4	62,88	1,35	18,11	4,97	0,11	1,17	3,40	4,82	3,19	<0,1	8,01
5	62,58	1,36	17,82	5,37	0,12	1,27	3,78	4,49	3,22	<0,1	7,71
6	59,86	1,35	18,18	5,50	0,18	1,87	4,18	6,02	2,86	<0,1	8,88
7	61,63	1,07	18,11	5,07	0,15	1,65	3,81	5,54	2,97	<0,1	8,51
8	61,45	1,33	17,84	5,52	0,13	1,71	3,98	4,88	3,06	0,11	7,94
9	59,30	1,33	17,17	5,86	0,08	1,88	3,69	7,59	3,09	<0,1	10,68
10	60,91	1,40	17,94	4,55	0,20	1,54	3,06	7,11	3,01	0,30	10,12
11	57,69	1,36	17,14	5,95	0,25	1,83	4,00	8,38	3,22	0,19	11,60
12	60,73	1,36	17,33	6,33	0,09	1,62	3,90	5,27	3,36	<0,1	8,63
media	60,80	1,41	17,64	5,83	0,16	1,50	3,90	5,50	3,23	0,20	8,72
dev. st.	1,49	0,21	0,50	0,97	0,06	0,32	0,42	1,50	0,29	0,10	1,37

Tabella 2 - Analisi degli elementi maggiori (i contenuti sono espressi in percentuali in peso e ricalcolati su base anidra) dei granuli vetro-si del *tephra* nei sedimenti del Lago di Mezzano.

Major oxide compositions (wt% water free) of the pyroclasts in the tephra layer from the Lago di Mezzano sequence.

programma EDAX di correzione di "ZAF". La precisione delle analisi è di circa il 5-10% della relativa concentrazione.

RISULTATI E DISCUSSIONE

I risultati delle analisi chimiche degli elementi maggiori sono elencati nelle Tabelle 1 e 2 e sono riportati graficamente nel diagramma alcali totali - silice di Le Bas *et al.* (1986) (Fig. 6). Entrambe le piroclastiti mostrano carattere sodico e ricadono al limite dei campi relativi alle trachi-andesiti (benmoreitici) ed alle trachiti.

Dal complesso degli elementi raccolti risulta che i due livelli presentano lo stesso inquadramento cronologico e le medesime caratteristiche macroscopiche, microscopiche e geochemiche, e pertanto sono correlati tra di loro. Per quanto riguarda l'origine del materiale piroclastico, nell'area mediterranea prodotti benmoreitici sono tipici dell'attività dell'Etna (Cristofolini & Romano, 1982); in particolare è possibile istituire un confronto con il *tephra* tardiglaciale etneo riconosciuto nei sedimenti marini e continentali dell'area centro-mediterranea con il quale risulta perfettamente concordante sia dal punto di vista geochemico (Tab. 3 e Fig. 7) sia per ciò che riguarda la microstruttura delle particelle vetrose ed il contenuto mineralogico.

I risultati di questo studio permettono di confermare

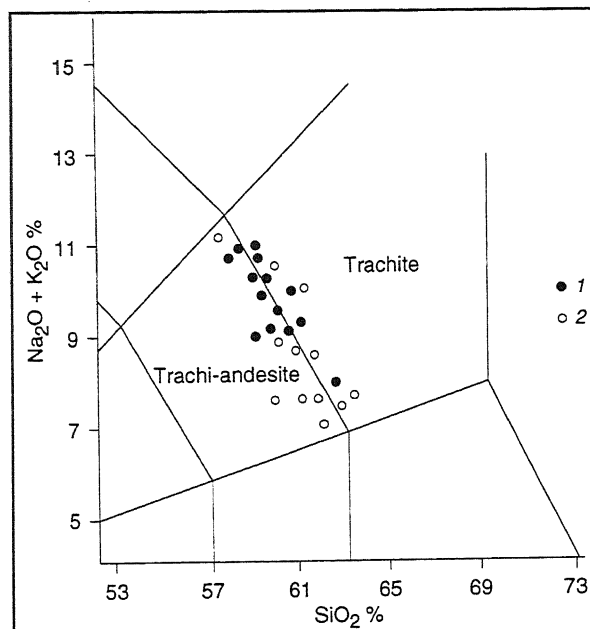


Figura 6 - Diagramma classificativo silice-alcali: 1) valori relativi ai granuli del *tephra* nei sedimenti del Lago di Vico; 2) valori relativi ai granuli del *tephra* nei sedimenti del Lago di Mezzano.

TAS classification diagram: 1) pyroclasts of the Lago di Vico *tephra*; 2) pyroclasts of the Lago di Mezzano *tephra*.

Campione	n	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Alcali
1	14	59,77 (1,07)	1,29 (0,12)	17,80 (0,51)	5,53 (0,3)	0,16 (0,05)	1,84 (0,24)	3,77 (0,40)	7,03 (1,08)	2,84 (0,20)	0,18 (0,06)	9,87 (0,99)
2	12	60,80 (1,49)	1,41 (0,21)	17,64 (0,50)	5,83 (0,97)	0,16 (0,05)	1,50 (0,32)	3,90 (0,42)	5,50 (1,50)	3,23 (0,29)	0,20 (0,1)	8,72 (1,37)
3	13	60,97	1,39	17,64	4,99	0,19	1,89	4,06	5,58	3,29	n.a.	8,86
4	12	60,96 (,76)	1,34 (0,11)	18,03 (0,25)	5,16 (0,64)	0,16 (0,09)	2,06 (0,36)	4,05 (0,45)	4,69 (0,45)	2,90 (0,48)	n.a.	7,59 (0,64)
5	16	60,83 (1,19)	1,22 (0,28)	18,29 (0,68)	4,96 (0,82)	0,17 (0,08)	1,84 (0,48)	4,37 (0,75)	4,90 (1,07)	2,81 (0,54)	n.a.	7,71 (1,01)
6	19	59,86 (1,33)	1,41 (0,15)	17,68 (0,87)	5,24 (0,74)	0,15 (0,09)	1,85 (0,54)	4,11 (0,83)	6,32 (0,49)	3,14 (0,44)	n.a.	9,46 (0,54)
7	16	60,00 (0,96)	1,43 (0,20)	17,79 (0,62)	5,10 (0,79)	0,14 (0,06)	1,87 (0,39)	4,11 (0,31)	6,04 (0,54)	3,27 (0,40)	0,55 (0,10)	9,31 (0,39)
8	16	60,04	1,37	16,95	5,55	0,22	1,82	4,22	6,22	2,93	0,68	9,15
9	?	61,79	1,49	17,25	5,25	n.a.	0,95	3,36	4,79	3,75	n.a.	8,54

Tabella 3 - Analisi di riferimento del *tephra* tardiglaciale etneo. I valori rappresentano la media di *n* analisi e sono ricalcolati su base anidra (deviazione standard tra parentesi); n.a.: non analizzato. 1) sedimenti del Lago di Vico (SEM/EDS, questo lavoro); 2) sedimenti del Lago di Mezzano (SEM/EDS, questo lavoro); 3) livello nei depositi di versante in località Venere dei Marsi (settore orientale del Bacino del Fucino, Italia Centrale) (SEM/WDS; Narcisi, 1993a); 4) livello nei depositi di versante che sigillano la Grotta Tronci (margine orientale della Piana del Fucino, Italia centrale) (SEM/EDS, Narcisi, dati inediti); 5) livello nei depositi lacustri del settore centro-occidentale della Piana del Fucino, Italia centrale (SEM/EDS, Narcisi, dati inediti); 6) sedimenti del Mar Adriatico (SEM/EDS; Calanchi *et al.*, 1996); 7) sedimenti del Lago Albano (SEM/EDS; Calanchi *et al.*, 1996); 8) livello Y-1 nei sedimenti del Bacino Bannock (SEM/EDS; Vezzoli, 1991); 9) livello Et-1 nei sedimenti del Mar Tirreno (SEM/EDS; Pateme *et al.*, 1988).

Reference analyses of land and sea pyroclasts from the Etnean Late Glacial *tephra* (mean of *n* analyses normalized to 100%; standard deviation in brackets). n.a.: not analysed. 1) Lago di Vico sediments (SEM/EDS, this work); 2) Lago di Mezzano sediments (SEM/EDS, this work); 3) layer from the slope deposits at Venere dei Marsi (eastern sector of Fucino Basin, Central Italy) (SEM/WDS; Narcisi, 1993a); 4) layer from the slope deposits sealing the Grotta Tronci cave eastern margin of Fucino Plain, Central Italy) (SEM/EDS; Narcisi, unpublished data); 5) layer from the lacustrine sediments of the central-western sector of the Fucino Plain, Central Italy; (SEM/EDS; Narcisi, unpublished data) 6) Adriatic sea sediments (SEM/EDS; Calanchi *et al.*, 1996); 7) Lago Albano lake sediments (SEM/EDS; Calanchi *et al.*, 1996); 8) layer Y-1 from the Bannock Basin deep-sea sediments (SEM/EDS; Vezzoli, 1991); 9) layer Et-1 from the Tyrrhenian sea deep-sea sediments (SEM/EDS; Pateme *et al.*, 1988).

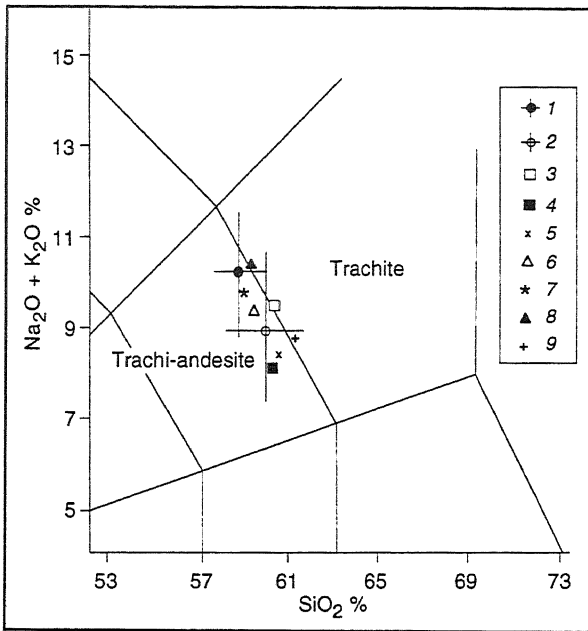


Fig. 7 - Diagramma classificativo silice-alcali nel quale sono riportate le analisi di riferimento del *tephra* tardiglaciale etneo (dati e relativi riferimenti bibliografici in Tabella 3). 1) Lago di Vico; 2) Lago di Mezzano; 3) depositi di versante in località Venere dei Marsi (settore orientale del Bacino del Fucino, Italia Centrale); 4) depositi di versante che sigillano la Grotta Tronci (margine orientale della Piana del Fucino, Italia centrale); 5) depositi lacustri del settore centro-occidentale della Piana del Fucino, Italia centrale; 6) sedimenti del Mar Adriatico; 7) sedimenti del Lago Albano; 8) sedimenti del Bacino Bannock (livello Y-1); 9) sedimenti del Mar Tirreno (livello Et-1).

Reference analyses of land and sea pyroclasts from the Etnan Late Glacial *tephra* in the TAS classification diagram (data and related references in Table 3). 1) Lago di Vico; 2) Lago di Mezzano; 3) slope deposits at Venere dei Marsi (eastern sector of Fucino Basin, Central Italy); 4) slope deposits sealing the Grotta Tronci cave (eastern margin of Fucino Plain, Central Italy); 5) lacustrine sediments of the central-western sector of the Fucino Plain, Central Italy; 6) Adriatic sea sediments; 7) Lago Albano lake sediments; 8) Bannock Basin deep-sea sediments (layer Y-1); 9) Tyrrhenian sea deep-sea sediments (layer Et-1).

la cronologia tardiglaciale delle sequenze di Vico e di Mezzano ottenuta con altri metodi e, attraverso il livello-guida piroclastico, di istituire un confronto attendibile con altri *record* paleoclimatici dell'area centro-mediterranea, per una ricostruzione spazio-temporale più completa del clima e dell'ambiente del tardo Quaternario.

La presenza del *tephra* tardiglaciale etneo nei sedimenti lacustri di Vico e Mezzano consente di ampliare l'areale di dispersione sino almeno ai margini settentrionali della regione vulcanica laziale (Fig. 1). Integrando tutte le segnalazioni disponibili con le osservazioni relative a successioni tarδοquaternarie del Mediterraneo orientale (Keller *et al.*, 1978), del Mar Tirreno (Paterne *et al.*, 1988; Calanchi *et al.*, 1994), dell'Adriatico meridionale (Paterne *et al.*, 1988; Fontugne *et al.*, 1989) e del lago craterico di Monticchio (Narcisi, 1996), le quali non riportano la presenza di questo *tephra*, è possibile delimitare con una certa approssimazione l'area investita dalla coltre di prodotti di caduta. Questa presenta una configurazione alquanto complessa, probabilmente caratterizzata da due lobi principali dei quali quello con direzione NW-

SE è attualmente riconoscibile sino a circa 600 km dall'Etna mentre l'altro, diretto verso N, è tracciabile sino ad una distanza di oltre 600 km dal vulcano di origine (Fig. 1). A tale proposito è interessante notare che la dispersione verso N non corrisponde a quanto osservato mediante le analisi stratigrafiche condotte sull'edificio vulcanico ove i depositi di caduta relativi a questa eruzione mostrano una distribuzione verso i quadranti orientali (Vezzoli *et al.*, 1998a, 1998b). Ad un primo tentativo di stima, l'areale di dispersione ammonta approssimativamente a circa 300.000 km². Poiché la deposizione di questo *tephra* può avere interessato anche la Sicilia orientale e parte della regione peninsulare centro-meridionale, emergono interessanti elementi per rivalutare la pericolosità e quindi il rischio del vulcanismo etneo, di norma considerati di una certa entità in relazione all'attività effusiva e limitatamente all'area dell'edificio vulcanico (Kieffer & Tanguy, 1994). In accordo, nuovi elementi sulla pericolosità dell'Etna in relazione a future eruzioni esplosive emergono anche da recenti studi su depositi pliniani di età romana (Coltelli *et al.*, 1998).

Per quanto riguarda il volume di materiale emesso nel corso della eruzione etnea con la quale questo *tephra* è correlato, studi precedenti hanno presentato stime effettuate sulla base dei soli affioramenti dell'Ignimbrite di Biancavilla-Montalto sull'edificio vulcanico (De Rita *et al.*, 1991) oppure sulla base del volume del Vulcano Ellittico prima del suo collasso (Kieffer, 1973). I dati del presente lavoro costituiscono elementi utili per una stima che tenga conto del materiale piroclastico in facies distale.

CONCLUSIONI

Attraverso la caratterizzazione microscopica e geo-chimica del materiale piroclastico, è stato possibile correlare tra di loro due livelli vulcanici di caduta tardiglaciale rinvenuti nelle sequenze sedimentarie dei laghi vulcanici di Vico e di Mezzano, distanti circa 45 km uno dall'altro. Il confronto con la tephrostratigrafia dell'area centro-mediterranea indica che il *tephra* è correlabile con il livello riconosciuto in alcuni siti marini e continentali e formatosi nel corso della eruzione etnea relativa all'attività finale del Vulcano Ellittico, la cui complessa sequenza eruttiva include la messa in posto di livelli di caduta pliniana e dell'Ignimbrite di Biancavilla-Montalto. Attraverso questo *tephra*, è possibile confermare l'inquadramento cronologico delle due sequenze considerate e di istituire confronti attendibili con altri *record* paleoclimatici. Le segnalazioni riportate in questo lavoro rappresentano elementi utili per una stima del materiale emesso nel corso dell'eruzione etnea che tenga conto anche dei prodotti di caduta distali e permettono di estendere al Lazio settentrionale l'areale di distribuzione di questo *tephra*, confermandone le eccellenti caratteristiche di *marker* della stratigrafia tardiglaciale dell'area mediterranea.

RINGRAZIAMENTI

I sedimenti del Lago di Vico sono stati campionati dal *team* dell'Università di Trier, nell'ambito del progetto EUROMAARS finanziato dall'Unione Europea (CEE-SCI-0295C). Ringrazio M. Follieri per avere messo a di-

sposizione le carote di sedimento. I sedimenti del Lago di Mezzano sono state campionati dal *team* dell'Università di Potsdam, nell'ambito di una collaborazione con l'ENEA, il Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università degli Studi "La Sapienza" (Roma) e la Soprintendenza Archeologica per l'Etruria Meridionale. Le analisi chimiche SEM/EDS sono state svolte presso il Centro Interdipartimentale Grandi Strumenti dell'Università di Modena, con l'assistenza di M. Capotosto. Le fotografie al microscopio elettronico a scansione sono state effettuate presso il Laboratorio di Microscopia Elettronica del Dipartimento di Biologia Vegetale dell'Università degli Studi "La Sapienza" (Roma), con l'assistenza di N. Tagliaventi. Ringrazio M. Coltorti e L. Vezzoli per l'attenta revisione critica del manoscritto. Parte di questo lavoro è stato svolto nell'ambito del Progetto UE ARIDUSEU-ROMED (ENV4-CT95-0062).

BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Calanchi N., Cattaneo A., Dinelli E., Gasparotto G. & Lucchini F. (1998) - *Tephra layers in Late Quaternary sediments of the central Adriatic Sea*. Marine Geology, **149**, 191-209.
- Calanchi N., Dinelli E., Gasparotto G. & Lucchini F. (1996) - *Etnian tephra layer in Albano lake and Adriatic Sea cores: new findings of Y1-layer in the Central Mediterranean area*. Acta Vulcanologica, **8** (1), 7-13.
- Calanchi N., Gasparotto G. & Romagnoli C. (1994) - *Glass chemistry in volcanoclastic sediments of ODP Leg 107, Site 650, sedimentary sequence: provenance and chronological implications*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **60**, 59-85.
- Coltelli M., Del Carlo P. & Vezzoli L. (1998) - *Discovery of a Plinian basaltic eruption of roman age at Etna volcano, Italy*. Geology, **26** (12), 1095-1098.
- Condomines M., Tanguy J.C., Kieffer G. & Allègre C.J. (1982) - *Magmatic evolution of a volcano studied by ^{230}Th - ^{238}U disequilibrium and trace elements systematics: the Etna case*. Geochimica et Cosmochimica Acta, **46**, 1397-1416.
- Cortesi C., Fornaseri M., Romano R., Alessio M., Allegri L., Azzi C., Bella F., Calderoni G., Follieri M., Improta S., Magri D., Preite Martinez M., Sadori L., Petrone V. & Turi B. (1988) - *Cronologia ^{14}C di piroclastiti recenti del Monte Etna. Identificazione e distribuzione di fossili vegetali*. Boll. Soc. Geol. It., **107**, 99-115.
- Cristofolini R. & Romano R. (1982) - *Petrologic features of the Etnian volcanic rocks*. Mem. Soc. Geol. It., **23**, 99-115.
- De Rita D., Frazzetta G. & Romano R. (1991) - *The Biancavilla-Montalto ignimbrite (Etna, Italy)*. Bull. Volcanol., **53**, 121-131.
- 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.
- Fontugne M.R., Paterne M., Calvert S.E., Murat A., Guichard F. & Arnold M. (1989) - *Adriatic deep water formation during the Holocene: implication for the reoxygenation of the deep eastern Mediterranean sea*. Paleoceanography, **4**, 199-206.
- Gillot P.-Y., Kieffer G. & Romano R. (1994) - *The evolution of Mount Etna in the light of potassium-argon dating*. Acta Vulcanologica, **5**, 81-87.
- Giraudi C. & Narcisi B. (1994) - *Ricerche paleoclimatiche in ambiente lacustre*. ENEA, RT/AMB/94/31.
- Kallel N., Paterne M., Labeyrie L., Duplessy J.-C. & Arnold M. (1997) - *Temperature and salinity records of the Tyrrhenian Sea during the last 18,000 years*. Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol., **135**, 97-108.
- Keller J., Ryan W.B.F., Ninkovich D. & Altherr R. (1978) - *Explosive volcanic activity in the Mediterranean over the past 200,000 yr as recorded in deep-sea sediments*. Geological Society of America Bulletin, **89**, 591-604.
- Kieffer G. (1973). *Une éruption à caractères katmaiens, à l'origine de coulées ponçuses et de coulées de ponces, responsable de la formation de la caldeira du Cratère Elliptique de l'Etna (Sicile)*. C.R. Acad. Sc. Paris, **277D**, 2321-2324.
- Kieffer G. (1979) - *L'activité de l'Etna pendant les derniers 20.000 ans*. C.R. Acad. Sc. Paris, **288D**, 1023-1026.
- Kieffer G. & Tanguy J.-C. (1994) - *Risques volcaniques et sismiques à l'Etna (Sicile)*. Bull. Soc. géol. France, **165** (1), 37-47.
- Le Bas M.J., Le Maitre R.W., Streckeisen A. & Zanettin B. (1986) - *A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali -silica diagram*. J. Petrol., **27**, 745-750.
- Le Pennec J.-L. & Fernandez A. (1992) - *Fragmental lava versus welded ignimbrite on Mount Etna: arguments inferred from crystal preferred orientation*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **51**, 323-337.
- Metzeltin S. & Vezzoli L. (1983) - *Contributi alla geologia del Vulcano di Latera (Monti Vulsini, Toscana meridionale-Lazio settentrionale)*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, 247-271.
- Magri D. & Sadori L. (1999) - *Late Pleistocene and Holocene pollen stratigraphy at Lago di Vico (central Italy)*. Vegetation history and Archaeobotany, in stampa.
- McCoy F.W. (1981) - *Areal distribution, redeposition and mixing of tephra within deep-sea sediments of the Eastern Mediterranean sea*. In S. Self and R.S.J. Sparks (Eds): Tephra Studies, Nato Advanced Study Institutes Series, **C75**, 245-254, D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht.
- Nappi G., Renzulli A., Santi P. & Gillot P.Y. (1995) - *Geological evolution and geochronology of the Vulsini volcanic district (central Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., **114**, 599-613.
- Narcisi B. (1993a) - *Segnalazione di un livello piroclastico di provenienza etnea nell'area del Fucino (Italia Centrale)*. Il Quaternario, **6** (1), 87-92.
- Narcisi B. (1993b) - *Tefracronologia dei depositi continentali tardiglaciali dell'Italia centrale*. Il Quaternario, **6** (2), 356-357.
- Narcisi B. (1996) - *Tephrochronology of a Late Quater-*

- nary lacustrine record from the Monticchio maar (Vulture volcano, Southern Italy). *Quaternary Science Reviews*, **15**, 155-165.
- Narcisi B. & Vezzoli L. (1999) - *Quaternary stratigraphy of distal tephra layers in the Mediterranean - an overview*. *Global and Planetary Change*, **21** (1-3), 31-50.
- Paterne M., Guichard F. & Labeyrie J. (1988) - *Explosive activity of the south Italian volcanoes during the past 80,000 years as determined by marine tephrochronology*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **34**, 153-172.
- Paterne M., Guichard F., Labeyrie J., Gillot P.Y. & Duplessy J.C. (1986) - *Tyrrhenian sea tephrochronology of the oxygen isotope record for the past 60,000 years*. *Marine Geology*, **72**, 259-285.
- Petitti P. & Mitchell E. (1993) - *Dati preliminari sulla topografia dell'abitato sommerso del Lago di Mezzano*. In: *Vulcano a Mezzano: Insediamenti e produzioni artigianali nella media Valle del Fiora durante l'Età del Bronzo*. Collana di Studi, Testi e Cataloghi, **1**, 17-31, Museo Civico Rocca Farnese, Valentano.
- Ramrath A. (1997) - *Laminierete Sedimente des Lago di Mezzano (Latium, Italien)*. Tesi di dottorato, Università di Potsdam.
- Ramrath A., Sadori L. & Negendank J.F.W. (1999) - *Sediments from Lago di Mezzano, central Italy: a record of Late Glacial/Holocene climatic variations and anthropogenic impact*. *The Holocene*, in stampa.
- Rosignol-Strick M. & Planchais N. (1989) - *Climate patterns revealed by pollen and oxygen records of a Tyrrhenian sea core*. *Nature*, **342**, 413-416.
- Turbeville B.N. (1992) - *$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages and stratigraphy of the Latera caldera, Italy*. *Bull. Volcanol.*, **55**, 110-118.
- Vezzoli L. (1991) - *Tephra layers in Bannock Basin (Eastern Mediterranean)*. *Marine Geology*, **100**, 21-34.
- Vezzoli L., Coltelli M., Del Carlo P. (1998a) - *La fase eruttiva del Vulcano Ellittico (15 ka BP, Etna)*. XIV Convegno Scientifico Annuale del Gruppo Nazionale per la Vulcanologia, Catania, 2-4 Marzo, Programma e Riassunti, 156.
- Vezzoli L., Coltelli M., Del Carlo P. (1998b) - *Tephrochronology: from source area studies to stratigraphic and palaeoenvironmental perspectives, an example of Etna volcano (Italy)*. INQUA COT/UISPP 31 Inter Congress Symposium "Tephrochronology and coexistence Humans-Volcanoes", Brives-Charensac, 24-29 August, Program and Abstracts, 25-27.
- Wulf S., Negendank J.F.W., Mingram J., Zolitschka B., Kraml M. & Keller J. (1999) - *Detailed history of the Italian explosive volcanism as documented within a 110 ka sediment record of Lago Grande di Monticchio (Mt. Vulture, Southern Italy)*. Congress EUG 10, Strasbourg 28 March - 1 April, Abstract.

Ms. ricevuto il 22 febbraio 1999
 Testo definitivo ricevuto il 14 giugno 1999

Ms. received: february 22, 1999
 Final text received: June 14, 1999