

## DEPOSITI LACUSTRI INFRAPLEISTOCENICI CON INTERCALAZIONI VULCANOCLASTICHE (BACINO DI SANT'ARCANGELO, BASILICATA)<sup>(\*)</sup>

A. Caggianelli<sup>(1)</sup> (2) - P. Dellino<sup>(3)</sup> - L. Sabato<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> CNR - Istituto di Ricerca sulle Argille - Potenza

<sup>(2)</sup> Indirizzo attuale: Sezione Geologica DITEC - Università della Basilicata

<sup>(3)</sup> Dipartimento Geomineralogico - Università di Bari

**RIASSUNTO** - *Depositi lacustri infrapleistocenici con intercalazioni vulcanoclastiche (Bacino di Sant'Arcangelo, Basilicata)* - Il Quaternario, 5(1), 1992, p. 123-132 - È stato condotto uno studio stratigrafico e sedimentologico dei depositi lacustri infrapleistocenici affioranti nella parte centro-settentrionale del Bacino di Sant'Arcangelo. La successione lacustre è costituita da circa 200 metri di argille e silt con intercalazioni sabbiose e livelli carbonatici, che passano in alto ad un'unità conglomeratico-sabbiosa spessa 50 metri. A varie altezze sono state riconosciute intercalazioni vulcanoclastiche costituite quasi esclusivamente da ceneri vetrose. Lo studio di dettaglio di queste intercalazioni ha consentito di evidenziarne i caratteri strutturali e tessiturati e di determinare la composizione chimica. Questi depositi hanno distribuzione granulometrica di tipo log-normale e *sorting* buono. Essi sono costituiti da clasti di vetro molto vescicolati dovuti a meccanismi di frammentazione da essoluzione magmatica. Questi dati permettono di riferire le vulcanoclastiti ad un'attività di tipo pliniano. La datazione dei vetri eseguita con il metodo K-Ar di  $1,1 \pm 0,3$  Ma permette di definire più dettagliatamente l'evoluzione tettonico-sedimentaria dell'intero Bacino di Sant'Arcangelo. Le informazioni ottenute dallo studio delle vulcanoclastiti consentono di scandire in modo più preciso i tempi delle ultime fasi evolutive della catena appenninica.

**ABSTRACT** - *Infrapleistocene lacustrine deposits with volcanoclastic intercalations (Bacino di Sant'Arcangelo, Basilicata)* - Il Quaternario, 5(1), 1992, p. 123-132 - Infrapleistocene lacustrine deposits cropping out in the North-central part of Bacino di Sant'Arcangelo (Southern Italy) were investigated in order to define stratigraphic and sedimentological features. Lacustrine deposits form a 200 m thick succession made up of clays and silts, interbedded with sandy or calcareous beds, passing into a 50 m thick conglomeratic-sandy unit. Ashy volcanic clastic intercalations, consisting essentially of glass fragments, have been recognized at various levels within the succession. A detailed chemical, structural and textural study of these volcanoclastic intercalations was carried out. These deposits have log-normal and well sorted grain size distribution. They are composed of vesiculated clasts due to magmatic fragmentation processes. On this basis it was possible to suggest a plinian-type eruption for these deposits. A K-Ar age of  $1.1 \pm 0.3$  Ma was obtained for the volcanic glasses. This allowed to detail the tectonic - sedimentary evolution of the Bacino di Sant'Arcangelo. The information gained from the volcanoclastites allow to frame more precisely the evolutive phases of the Apennine chain during Quaternary age.

Parole chiave: Depositi lacustri, vulcanoclastiti, Bacino di Sant'Arcangelo, Pleistocene

Key-words: Lacustrine deposits, volcanoclastites, Bacino di Sant'Arcangelo (Southern Italy), Pleistocene

### 1. PREMESSA E INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il Bacino di Sant'Arcangelo, ubicato al confine calabro-lucano dell'Appennino meridionale, si è individuato a seguito della fase tettonica pliocenica nel corso dell'evoluzione del sistema catena - avanfossa (Fig. 1); il bacino è colmato da potenti successioni terrigene di età plio-pleistocenica, nelle quali si riconosce una generale tendenza deposizionale di tipo regressivo (Vezzani, 1967; Lentini & Vezzani, 1974; Caldara *et al.*, 1988; in stampa).

Caldara *et al.* (opp. cit.) nell'ambito dei depositi suprapliocenico-infrapleistocenici distinguono quattro diverse successioni. La prima viene riferita dagli autori, in base a dati biostratigrafici, alla parte alta del Piacenziano superiore. La seconda, in discordanza sulla prima e ritenuta infrapleistocenica relativamente all'età dei depo-

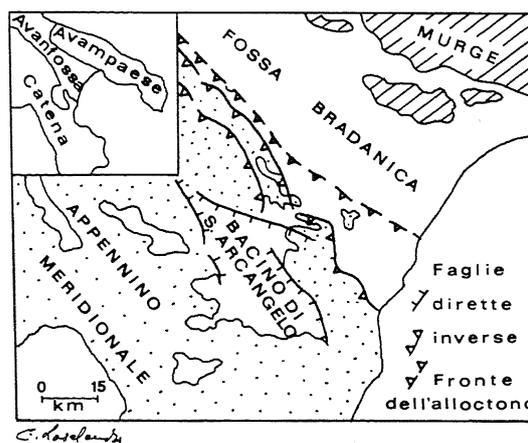


Fig. 1 - Ubicazione del Bacino di Sant'Arcangelo e indicazione dei principali elementi strutturali.

*Location of Bacino di Sant'Arcangelo. The principal structural elements are indicated.*

siti sottostanti, affiora nell'area compresa fra il F.so S. Lorenzo e Scilloso (fig. 3 di Caldara *et al.*, in stampa) ed è costituita da due unità: una conglomeratica in facies di conoide alluvionale, e una essenzialmente pelitica, di

(\*) Lavoro presentato al Convegno della Società Geologica Italiana a Naxos (Messina) - giugno 1991.

ambiente lacustre. L'unità pelitica, all'interno della quale è stata segnalata la presenza di sottili strati vulcanoclastici, costituisce un corpo sedimentario allungato in senso appenninico, ampio 2 chilometri e lungo 7 chilometri circa, disposto in assetto sinclinalico, con asse orientato NO-SE. Al di sopra della prima e della seconda successione (oltre che della terza, qui non considerata) giace in discordanza un conglomerato di conoide alluvionale, in assetto orizzontale, interpretato come il deposito più recente, di colmamento, del Bacino di Sant'Arcangelo.

Gli stessi autori mettono anche in evidenza che la sedimentazione nel bacino, da essi definito un *piggy-back basin*, è stata condizionata da effetti di tettonica sinsedimentaria che hanno, fra l'altro, formato una depressione morfo-strutturale nella quale si sono sedimentati i depositi della seconda successione.

Finalità di questa ricerca è quella di approfondire gli aspetti stratigrafici e sedimentologici dei depositi lacustri

e di studiare le caratteristiche dei livelli vulcanoclastici intercalati.

## 2. CARATTERI GEOLOGICI DELLA SUCCESSIONE LACUSTRE

I depositi argillosi lacustri, qui presi in esame, affiorano fra il F.so Rifreddo e Alianello (Fig. 2); poggiano in contatto stratigrafico, per interposizione di strati sabbiosi e siltoso-sabbiosi, su un corpo conglomeratico spesso circa 100 metri, già indicato da Caldara *et al.* (1988; in stampa) come conoide alluvionale distale; il contatto è ben visibile in sinistra Agri, all'altezza di Alianello (Fig. 3).

I depositi argillosi lacustri passano in alto, nella parte settentrionale dell'area studiata (località Serre e F.so Rifreddo, Fig. 2), a depositi conglomeratico-sabbiosi, spessi da 30 a 50 metri, che si presentano in as-

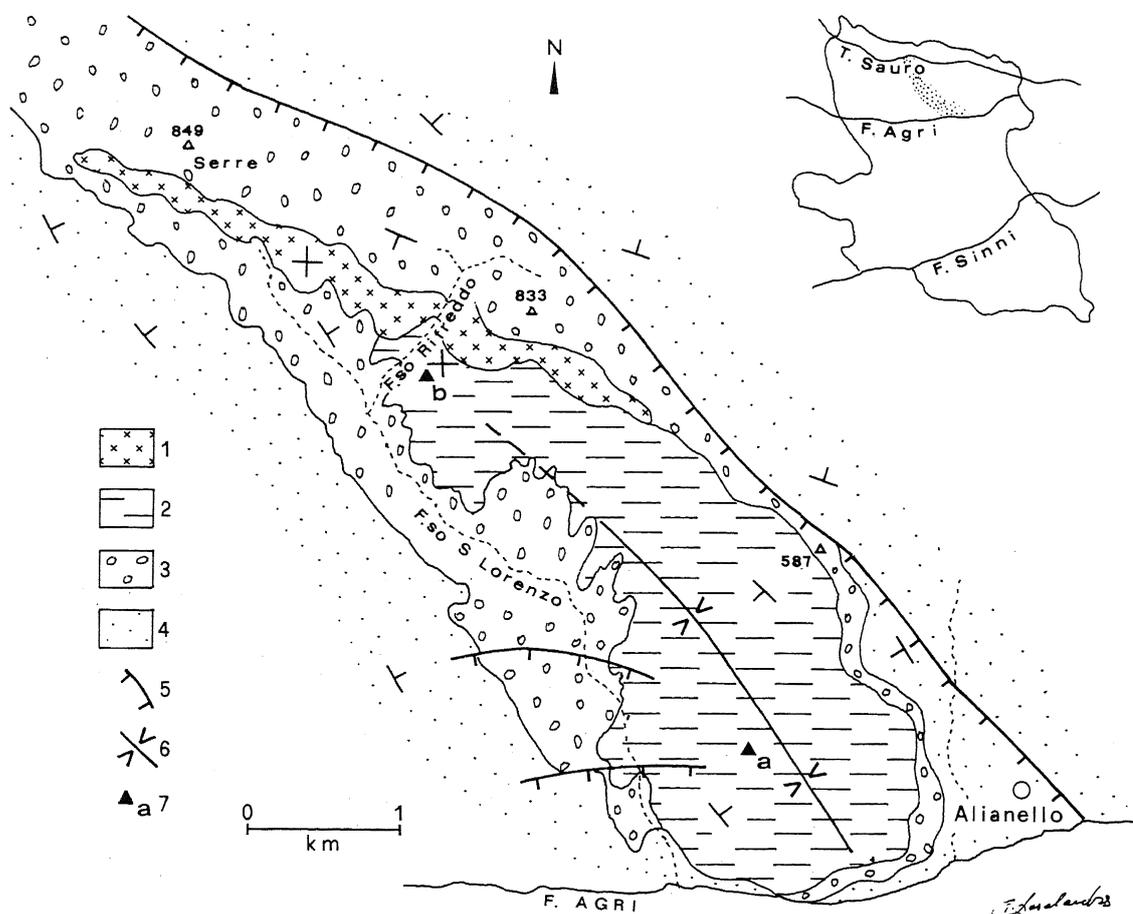


Fig. 2 - Carta geologica dell'area studiata. Legenda: 1) Unità conglomeratico-sabbiosa superiore (Pleistocene inferiore); 2) Unità argillosa lacustre (Pleistocene inferiore); 3) Unità conglomeratica basale (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore?); 4) Sabbie marine (Pliocene superiore); 5) Faglia diretta; 6) Sinclinale; 7) Sezioni litostratigrafiche.

Geological sketch map of the studied area. Legend: 1) Conglomeratic-sandy upper unit (Lower Pleistocene); 2) Clayey lacustrine unit (Lower Pleistocene); 3) Conglomeratic lower unit (Upper Pliocene - Lower Pleistocene?); 4) Marine sands (Upper Pliocene); 5) Normal fault; 6) Syncline; 7) Lithostratigraphic logs.



Fig. 3 - Lungo il F. Agri sono visibili i depositi argillosi lacustri (a sinistra nella foto) e i sottostanti conglomerati di conoide alluvionale che formano una piega anticlinale.

*Lacustrine clayey deposits crop out down Agri river valley (on the left hand in the picture). Underlying alluvial fan conglomerates form an anticline fold.*

setto orizzontale. Tali depositi, che vengono qui interpretati come termini di chiusura della successione lacustre, sono stati in precedenza riferiti alla quarta successione, rappresentata dai depositi più recenti del Bacino di Sant'Arcangelo (Caldara *et al.*, 1988; in stampa).

Si ricava pertanto che nell'area studiata la seconda successione di Caldara *et al.* (opp. cit.) risulta qui costituita da tre unità: unità conglomeratica basale, unità argillosa lacustre, unità conglomeratico-sabbiosa superiore.

L'unità argillosa, oggetto specifico di questa nota, costituisce un corpo ad assetto sinclinalico lungo 5 chilometri, con larghezza variabile da poche centinaia di metri a N a circa 2 chilometri a S; il suo spessore varia da N a S, da alcune decine di metri a circa 200 metri. Da questi elementi si ricava che il depocentro è ubicato nell'area meridionale lungo l'asse della piega, dove i depositi raggiungono lo spessore massimo; spostandosi sia verso N lungo l'asse, sia trasversalmente ad esso lo spessore diminuisce fino ad un minimo di alcune decine di metri. Anche lo spessore dei singoli strati, variabile da poche decine di centimetri fino all'ordine del metro, diminuisce con le stesse modalità.

In particolare, per quanto riguarda l'assetto, nell'area depocentrale gli strati immergono con inclinazioni di circa  $10^\circ$  verso l'asse del bacino, cioè nelle zone prossime all'asse stesso e stratigraficamente più basse; via via che ci si allontana dal depocentro e che si sale nella

successione l'inclinazione diminuisce fino all'orizzontale nella zona di F. so Rifreddo (Fig. 2). Dalla variazione degli spessori e dell'assetto si ricava che la geometria degli strati è biconcava e che la formazione della piega sinclinalica che caratterizza i depositi è avvenuta durante la sedimentazione.

Al fine di meglio caratterizzare la successione dei depositi lacustri dai punti di vista stratigrafico e sedimentologico sono state analizzate due sezioni (Fig. 4): una (a) è ubicata nella zona depocentrale, l'altra (b), di minore spessore, è ubicata in località F.so Rifreddo, dove i depositi sono a contatto con il corpo conglomeratico di chiusura.

La prima sezione (a), spessa circa 200 metri, è costituita per i primi 60 metri da silt e sabbie in strati con spessore variabile da poche decine di centimetri fino ad un metro (Fig. 5). All'interno degli strati, a luoghi laminati con lamine parallele o di tipo *ripple*, si osservano livelli conglomeratici o ciottoli centimetrici sparsi e arrotondati, che spesso deformano i silt sottostanti, formando strutture da carico tipo *load casts*. Frequentemente ai silt si alternano sottili livelli sabbiosi con laminazione ondulata (Fig. 5). Per la restante parte la sezione è formata da argille e silt argillosi in strati di spessore variabile fino al metro, spesso gradati normalmente, fittamente laminati con lamine ondulate o piano-parallele ritmiche (ritmiti), e con rari livelli sabbiosi. A luoghi le argille sono bioturbate

e deformate da fenomeni di *slumps*, indicativi di un paleopendio inclinato verso l'asse del bacino lacustre. All'interno degli strati argillosi si rinvengono frequentemente resti di piante, semi, Ostracodi e frammenti di ossa di vertebrati. Nei residui di lavaggio si sono riconosciuti esemplari di Gasteropodi e Ostracodi di acqua salmastra, e oogoni di Characeae.

Nella sezione, con maggiore frequenza verso l'alto, si rinvengono strati calcarei spessi 10+30 centimetri. Si tratta di calcari micritici a tessitura fango-sostenuta, costituiti da *pellets*, *faecal pellets*, bioclasti e granuli silicatici dispersi o concentrati su lamine; presentano livelli di microbreccie intraformazionali e strutture da ritiro. In sezione sottile si osservano inoltre piccoli Gasteropodi, resti di alghe e bioturbazioni riferibili a vermi.

A varie altezze si osservano strati vulcanoclastici, riconoscibili per il colore più chiaro e per il peso specifico più basso rispetto ai sedimenti argillosi e siltosi a cui si intercalano. Le intercalazioni vulcanoclastiche hanno spessore variabile da qualche centimetro ad alcune decine di centimetri. Esse, da quanto emerso dagli studi di laboratorio, sono costituite da cenere vetrosa che in alcuni casi si associa ad una componente argillosa e/o carbonatica. Tali intercalazioni, più frequenti verso l'alto della sezione, presentano spesso strutture trattive a luoghi obliterate da microbioturbazioni o coperte da una spessa patina di materiale di dilavamento. Il materiale vulcanoclastico è anche presente in sottili lamine intercalate alle ritmiti argillose.

La sezione *b*, di spessore notevolmente minore

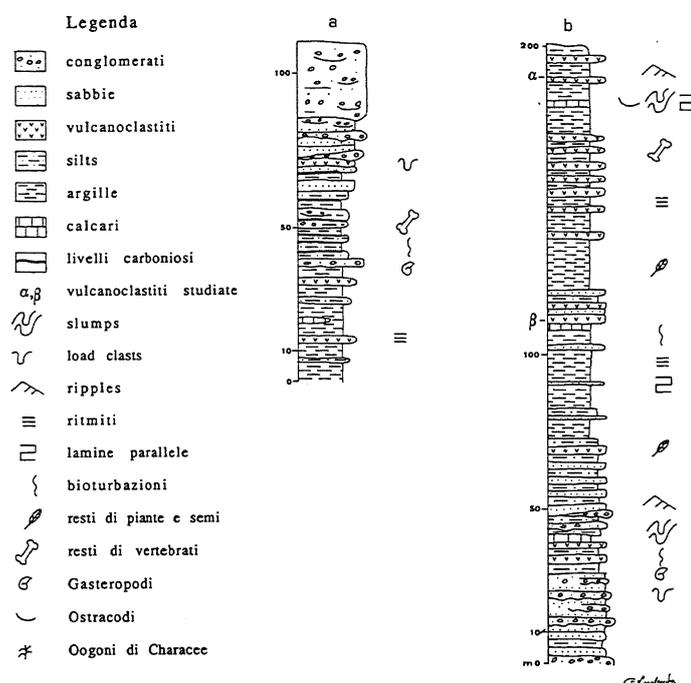


Fig. 4 - Sezioni litostratigrafiche dei depositi lacustri. a) sezione lungo il F.so Rifreddo, nella parte prossimale; b) sezione ad ovest di Alianello, nell'area depocentrale. Per l'ubicazione vedi Fig. 2.

*Lithostratigraphic sections of the lacustrine deposits. a) proximal part (down F.so Rifreddo); depocentral part (west of Alianello). For location see Fig. 2.*

(Fig. 4) presenta per i primi 40 metri argilliti con le stesse caratteristiche della parte alta della sezione *a*. I successivi 20 metri sono invece caratterizzati dalla presenza, fra gli strati argillosi e siltosi, di sottili livelli carboniosi ricchi di resti vegetali e frammenti di ossa di vertebrati. La sezione prosegue con 20 metri circa di banchi di sabbie fangose che passano in alto ad un conglomerato di spessore variabile fino a 30 metri, che mostra chiari caratteri di continentalità (matrice rossastra, assenza di strutture, scarsa organizzazione). Questa sezione mostra una chiara tendenza regressiva, ed in particolare il conglomerato, che insieme alle sabbie costituisce l'unità superiore della seconda successione, rappresenta il

termine di chiusura della successione lacustre.

Dai caratteri litostratigrafici della sezione *b* a tendenza *coarsening upward* (F.so Rifreddo), e della sezione *a*, caratterizzata prevalentemente da sedimenti fini (zona di Alianello, Fig. 4), si evince che le facies prossimali sono ubicate a N e quelle distali a S, dove è stato possibile ubicare anche il depocentro del paleolago. Si ricava quindi un'alimentazione dai quadranti settentrionali, in accordo con le paleocorrenti riconosciute da Caldara *et al.* (1988; in stampa) nel conglomerato dell'unità basale.

Risulta inoltre che la tettonica ha continuato ad

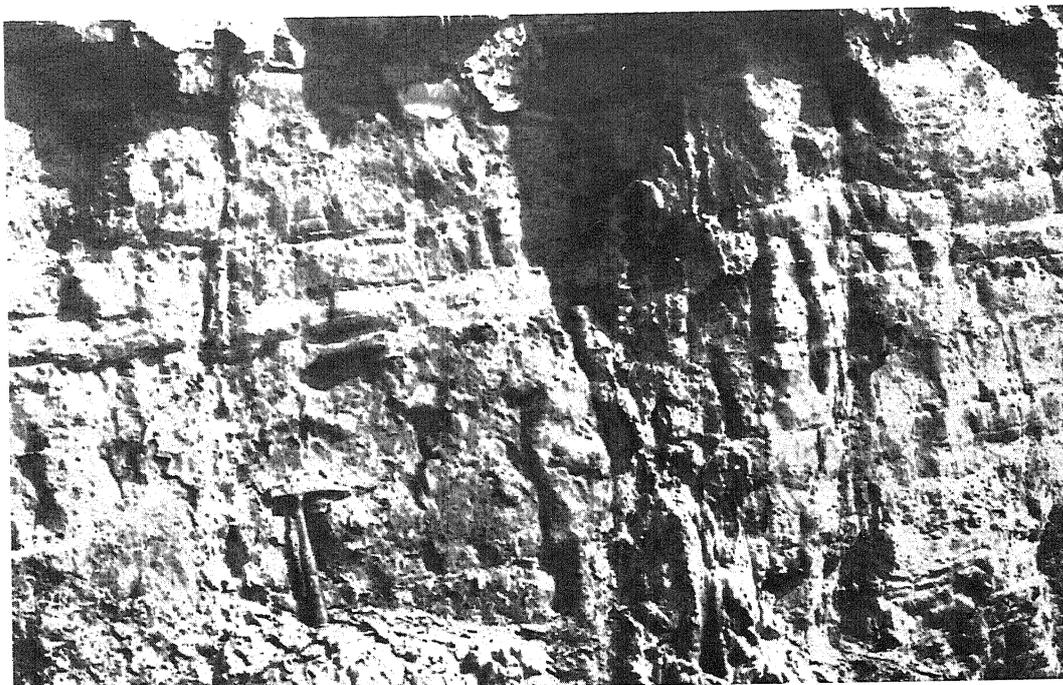


Fig. 5 - Depositi sabbiosi e argillosi nettamente stratificati nella parte bassa della successione lacustre.  
*Distinctly stratified sandy and clayey deposits occurring in the lower part of the lacustrine sequence.*

agire durante la sedimentazione, come dimostrato da più elementi: variazione dell'inclinazione degli strati, presenza degli *slumps* con vergenza verso l'asse del bacino, variazione dello spessore degli strati.

Si può quindi concludere che la formazione della piega sinclinale si è verificata durante la sedimentazione delle argille lacustri.

### 3. METODOLOGIE ANALITICHE

I campioni prelevati dalle intercalazioni vulcanoclastiche  $\alpha$  e  $\beta$  (Fig. 4b) sono stati preparati in laboratorio per esaminare le strutture e le tessiture. Entrambe le intercalazioni presentano caratteri strutturali e tessiturali simili.

I caratteri strutturali sono stati studiati a scala naturale e tramite lo stereomicroscopio, quelli tessiturali al microscopio elettronico a scansione (SEM). Le analisi granulometriche sono state eseguite tramite un contaparticelle Coulter Counter TA II.

Gli elementi chimici maggiori ed in traccia sono stati determinati per fluorescenza RX e le intensità dei raggi X convertite in concentrazioni tramite programma di correzione degli effetti di matrice secondo la procedura definita da Franzini *et al.* (1975). FeO è stato dosato per titolazione con  $\text{KMnO}_4$ , e le terre rare determinate tramite ICP AE. Le età radiometriche sono state determinate nei laboratori Teledyne Isotopes. Il calcolo delle età è stato eseguito utilizzando le formule di Dalrymple & Lanphere (1969) e la loro precisione tramite la formula di Cox &

Dalrymple (1967). La calibrazione del tracciante  $^{38}\text{Ar}$  è stata eseguita attraverso l'analisi dello standard di biotite Bern 4B secondo il metodo proposto da Flisch (1982).

### 4. STUDIO DELLE INTERCALAZIONI VULCANOCLASTICHE ED INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

L'intercalazione  $\alpha$  (Fig. 4b), che ha uno spessore di circa 10 centimetri, è stata selezionata per studi di dettaglio.

I campioni considerati, che rappresentano la maggior parte dell'intercalazione, sono stati tagliati perpendicolarmente alla superficie di strato e puliti in maniera da esaltare le strutture sedimentarie poco evidenti in affioramento.

L'esame strutturale a scala naturale e allo stereomicroscopio ha permesso di riconoscere 5 unità deposizionali (A - E), di spessore centimetrico, distinguibili per il contatto netto, la differente granulometria e le strutture sedimentarie (Fig. 6).

I contatti sono di tipo erosivo fra le unità B - C - D, normali fra le unità A - B e D - E. Lo spessore è costante nell'unità A e risulta variabile in tutte le altre.

Le unità inferiori, A e B, non presentano strutture sedimentarie ed hanno granulometria maggiore delle altre. L'unità C è caratterizzata da strutture trattive tipo *ripples* mentre l'unità D ha struttura massiva. Al suo interno si rinvengono dispersi clasti erosi e strappati dal li-

vello sottostante (*ash chips*). Nell'unità E, infine, si riconoscono strutture tipo *ripple* e lamine parallele a luoghi obliterate da microbioturbazioni.

Da tutte le unità sono state prelevate piccole quantità di materiale per l'osservazione, allo stereoscopio ed al microscopio elettronico, dei caratteri strutturali, tessiturali e morfoscopici dei clasti. In particolare, lo studio allo stereoscopio ha consentito di stabilire che tutte le unità sono costituite solo da materiale vulcanico. L'esame al microscopio elettronico, poi, ha permesso di stabilire che le vulcaniti sono composte esclusivamente da ceneri vetrose prive di evidenze di alterazione (Fig. 7a).

E' importante sottolineare che al microscopio elettronico non sono state riscontrate differenze tessiturali e strutturali sui clasti di cenere provenienti dalle diverse unità. L'esame morfoscopico ha evidenziato che i clasti di maggiori dimensioni sono di forma angolare, con molte vescicole di forma subsferica e/o tubolare (Fig. 7b, c), mentre i clasti di dimensioni minori hanno le forme tipiche degli *shards* e rappresentano i setti di vescicole esplose. Non sono presenti strutture da modificazione meccanica degli spigoli (Fig. 7a).

Dalle unità A - D sono stati prelevati campioni per analisi granulometriche, mentre le lamine che costitui-

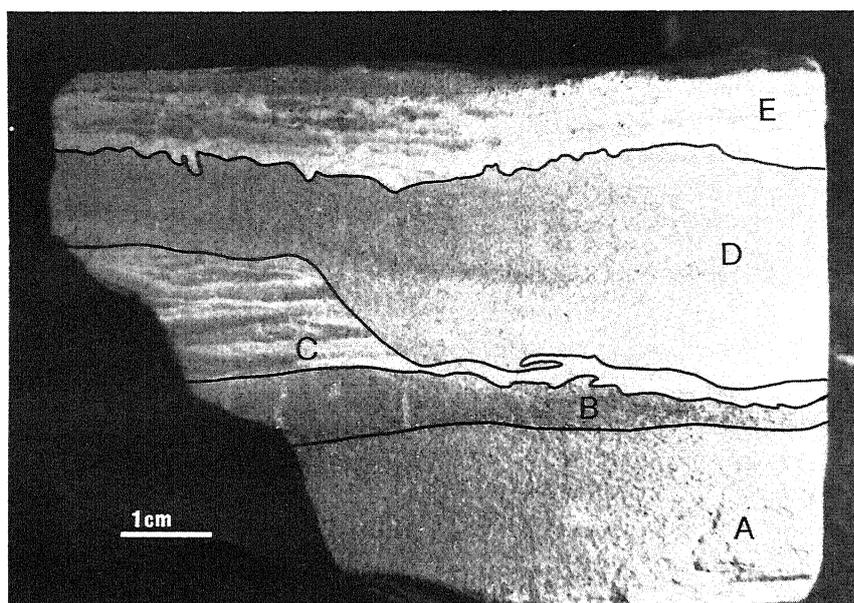


Fig. 6 - Fotografia di un campione rappresentativo dell'intercalazione vulcanoclastica  $\alpha$ . Si riconoscono le 5 unità deposizionali (A-E) distinte sulla base della granulometria e delle strutture. Per la descrizione vedi testo.

*Representative sample of the studied volcaniclastic intercalation. On the basis of grain size and structural features five depositional units (A-E) can be distinguished. See text for explanation.*

scono l'unità E sono tanto sottili da non consentire il prelievo di un campione significativo. Per ogni campione sono state analizzate tre differenti aliquote la cui media è rappresentata in forma di istogramma in Fig. 8. Per caratterizzare la distribuzione sono state calcolate le statistiche della mediana e del *sorting* (Inman, 1952).

I risultati ottenuti indicano che le unità A e B sono le più grossolane e presentano *sorting* buono e distribuzione granulometrica log-normale. Le unità C e D sono più fini ed hanno un valore di *sorting* molto basso.

I caratteri strutturali, morfoscopici e granulometrici permettono di risalire ai meccanismi di frammentazione e messa in posto di queste ceneri.

I caratteri morfoscopici che presentano le ceneri provenienti da tutte le unità sono indicativi di meccanismi di frammentazione da essoluzione di gas magmatici (Heiken & Wohletz, 1985). Le unità A e B sono da consi-

derarsi in giacitura primaria, dato che presentano caratteri granulometrici tipici dei depositi distali da caduta pliniana (Cas & Wright, 1988). Questa ipotesi viene confermata dalla mancanza di strutture trattive nel deposito e dalla mancanza di strutture da modificazione meccanica sulle ceneri.

La presenza di strutture trattive nelle unità C, D, E ed i caratteri granulometrici (*sorting* molto basso) suggeriscono che queste unità sono state interessate da significativi processi di risedimentazione (Smith & Katzman, 1991). Inoltre, la mancanza di strutture di modificazione meccanica dei granuli indica una rielaborazione dovuta a correnti molto deboli.

Dall'unità A è stato possibile prelevare una quantità di materiale sufficiente per la determinazione della composizione chimica.

I risultati relativi agli elementi maggiori e a Ni, Cr, V,

Tabella 1 - Composizione chimica e normativa delle vulcanoclastiti del Bacino di Sant'Arcangelo, della Fossa Bradanica (FB, Capaldi *et al.*, 1978) e di vulcaniti del Monte Vulture (De Fino *et al.*, 1986).

*Chemical and normative composition for the Bacino di Sant' Arcangelo and Fossa Bradanica (FB, Capaldi et al., 1978) volcanoclastites and for the Monte Vulture volcanics (De Fino et al., 1986).*

	SAP	SAP2	FB2	FB1	VU1522	VU1602
SiO <sub>2</sub>	55,34	55,48	60,67	61,14	53,96	54,67
TiO <sub>2</sub>	0,28	0,28	0,46	0,50	0,30	0,14
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,83	18,87	17,01	17,06	20,41	21,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,51	1,52	0,64	1,60	1,64	1,26
FeO	2,81	1,81	1,51	1,35	0,98	0,61
MnO	0,22	0,21	0,20	0,22	0,10	0,12
MgO	0,16	0,20	0,31	0,51	0,74	0,24
CaO	1,80	1,82	1,00	1,14	3,62	1,92
Na <sub>2</sub> O	6,43	6,18	6,02	5,80	6,90	5,37
K <sub>2</sub> O	5,59	5,59	6,10	6,04	6,36	6,91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,03	0,00	0,00	0,08	0,02
L.O.I.	7,02	7,00	5,44	5,46	5,64	7,65
Totale	100,02	99,99	99,36	100,82	100,73	100,01
ppm						
Ni	5	5			5	
Cr	2	17			3	
V	2	4				
La		123			222	104
Ce		201			378	189
Nd		71			89	48
Sm		12,4			10,4	6,4
Eu		1,74			2,70	1,00
Gd		8,6				
Tb					0,90	0,50
Dy		6,66				
Er		3,31				
Yb		3,75			3,20	1,00
Lu		0,53			0,41	0,21
%						
Q				1,39		
or	33,04	33,04	36,05	35,69	37,59	40,84
ab	37,10	38,05	50,71	49,08	21,88	29,58
an	6,01	7,24	1,38	2,68	5,94	9,39
ne	9,38	7,72	0,12		19,78	8,59
C						1,34
di	2,39	1,39	3,05	2,42	4,23	
hy				0,83		
wo					2,55	
d	2,30	2,75	0,81			0,47
mt	2,19	2,20	0,93	2,32	2,38	1,83
il	0,53	0,53	0,87	0,95	0,57	0,27
ap	0,07	0,07			0,19	0,05
%An	13,94	15,99	2,72	5,17	21,34	24,10

insieme alla composizione normativa, sono riportati in Tabella 1. Il rapporto FeO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, relativamente elevato, conferma che il vetro non è alterato e il valore di nefelina normativa, sino a 9,38%, indica un carattere schiettamente sottosaturato. Classificazioni basate sia sul diagramma  $\Sigma alk - SiO_2$  (Cox *et al.* 1979), che su parametri normativi indicano una composizione fonolitica molto prossima al limite del campo delle trachiti. I valori estremamente bassi dei contenuti di Ni, Cr e V indicano, inoltre, che il fuso coinvolto nell'eruzione aveva subito importanti processi di frazionamento di olivina, pirosseno e/o anfibolo. La separazione dei cristalli dal fuso è do-

vuta a meccanismi di cristallizzazione frazionata e/o a frazionamento eolico. Il *pattern* delle terre rare è molto inclinato ed è caratterizzato da elevati contenuti in terre rare leggere (La circa 400 x condrite), spiccata anomalia negativa di Eu e da valori moderati di terre rare pesanti (Yb circa 20 x condrite). Si osserva inoltre un profilo concavo del *pattern* da Gd a Yb, che generalmente testimonia processi di frazionamento di anfibolo (Arth & Barker, 1976). Il *pattern* delle terre rare (Fig. 9) è tipico delle magmatiti alcaline della provincia comagmatica romana (De Fino *et al.*, 1986), confermando le indicazioni ottenute dall'esame dei contenuti degli elementi maggiori ed in traccia. Le composizioni di trachiti fonolitiche del M. Vulture sono riportate in Tabella 1 e Figura 9 come esempio di prodotti vulcanici della provincia comagmatica romana. La composizione esclusivamente vetrosa ed il contenuto relativamente elevato di K rilevato nei campioni, hanno consentito di eseguire determinazioni radiometriche affidabili con il metodo K-Ar. I dati ottenuti indicano un'età di  $1,1 \pm 0,3$  Ma (Tab. 2), riferibile al Pleistocene inferiore.

Tabella 2 - Risultati delle datazioni eseguite con il metodo K-Ar sulle vulcanoclastiti del Bacino di Sant'Arcangelo.

*Radiometric ages obtained by K-Ar method for the Bacino di Sant'Arcangelo volcanoclastites.*

Campione	Materiale analizzato	% <sup>40</sup> Ar	% K	Età Ma
SAP	Roccia totale	10,9	4,67	1,2 ± 0,3
		11,0	4,60	
SAP2	Roccia totale	11,4	4,61	1,0 ± 0,3
		10,3	4,67	

I campioni provenienti dalla intercalazione  $\beta$  presentano caratteristiche tessiturali e strutturali del tutto simili a quelle dei campioni provenienti dall'intercalazione  $\alpha$ . Tuttavia la determinazione della composizione chimica ha permesso di evidenziare la presenza di piccole quantità di materiale carbonatico. Pertanto non è stato ritenuto opportuno eseguire analisi per la determinazione del contenuto delle terre rare e per la determinazione dell'età radiometrica.

## 5. DISCUSSIONE

Lo studio di dettaglio compiuto sui sedimenti lacustri ha permesso di caratterizzare l'intero ciclo dei depositi continentali (seconda successione). In particolare è stato possibile riconoscerne la parte alta, rappresentata da una successione di tipo *coarsening upward* a tendenza regressiva (Fig. 4b). L'esame dei caratteri geometrici dei depositi ha confermato, precisandolo nei tempi, il carattere sintettonico della sedimentazione, come già ri-

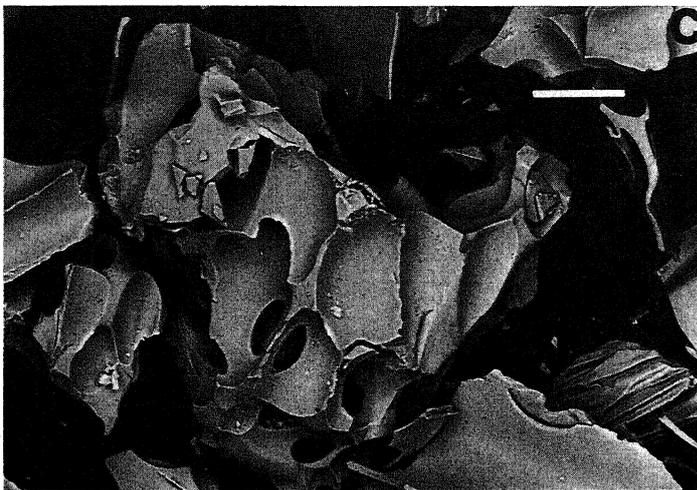
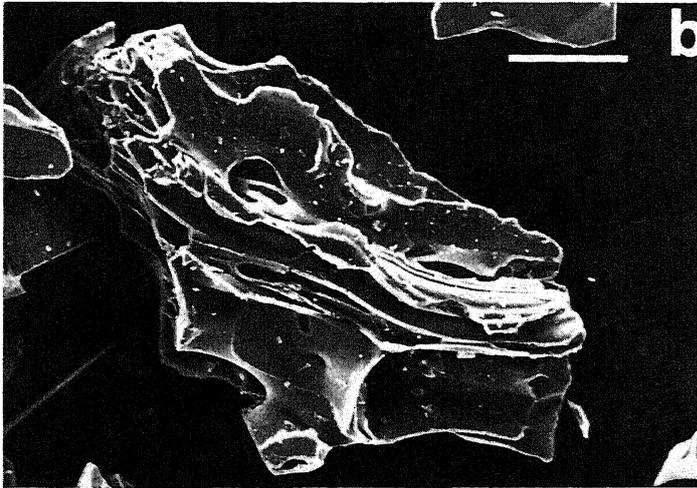
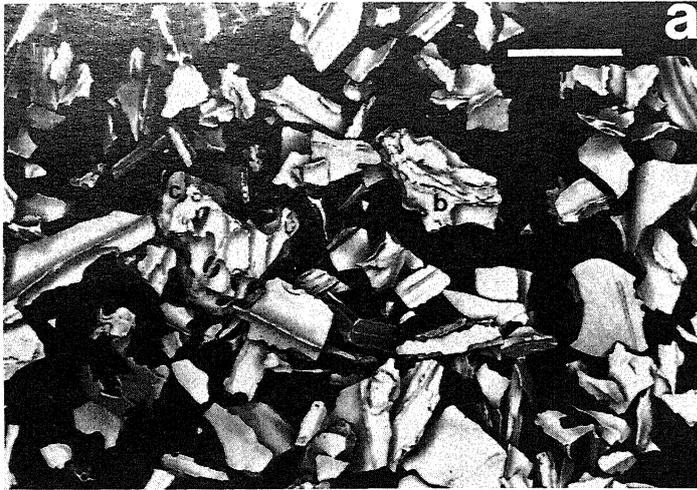


Fig. 7 - Fotografie al microscopio elettronico dei clasti vetrosi. a) Immagine d'insieme. I clasti, tutti vetrosi, hanno forme allungate, angolari ed irregolari. I granuli di dimensioni maggiori presentano numerose vescicole di forma sferica, subsferica e/o tubolare, a luoghi schiacciata. I clasti di dimensioni minori presentano forme del tipo *shard* e rappresentano prevalentemente i setti di separazione fra vescicole esplose. Questi caratteri testimoniano che nei processi di frammentazione la essoluzione esplosiva dei gas interni al magma ha giocato un ruolo dominante. b) Particolare della foto 7a. Clasto di forma allungata dal contorno irregolare con molte vescicole di forma tubolare e piccole fratture trasversali. Queste ultime possono essere considerate delle strutture dovute a rapido raffreddamento tipo *quenched cracks*. c) Particolare della foto 7a. Clasto di forma subangolare con vescicole di forma sferica e subsferica. Alcune di queste vescicole sono comunicanti tra loro con fori regolari e di forma ovale che indicano processi di crescita in un mezzo plastico prossimo alla rigidità. All'interno delle vescicole sono presenti rare particelle, probabilmente originate per processi di condensazione della fase vapore.

*SEM images of the glassy particles. a) Overview image showing the glassy clasts characterized by elongated, angular and irregular forms. Coarser grains exhibit numerous spherical, sub-spherical and tubular vesicles which sometimes show flattened shapes. Finer grains show typical shard forms, representing the walls of exploded bubbles. All these features suggest that the exsolution of magmatic gases played a major role in the fragmentation processes. b) Detail of Fig. 7a. Elongated clast with irregular outline, tubular vesicles and crosscutting cracks probably representing quenching structures. c) Detail of Fig. 7a. Subangular clast having spherical and subspherical shape. Some vesicles intercommunicate through ovoidal holes. This feature suggests growth processes in a medium characterized by a rheology transitional from plastic to brittle. Rare adhering particles probably due to vapor phase condensation processes are visible on the wall of the vesicles.*

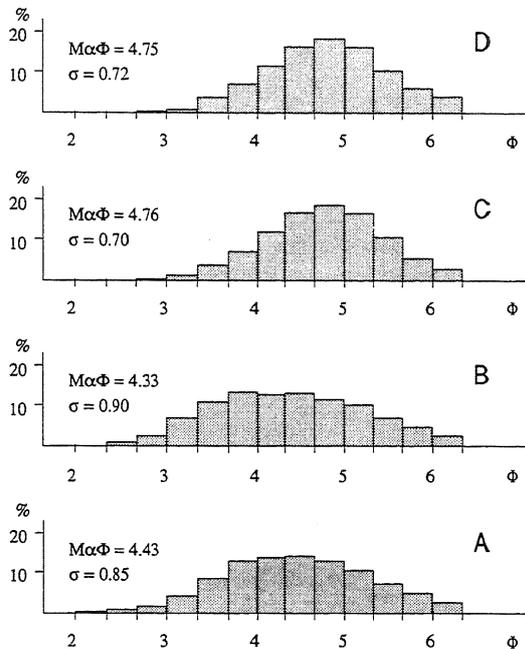


Fig. 8 - Analisi granulometriche dei campioni prelevati dalle unità A-D. Per ogni campione sono riportati il valore della mediana e del *sorting*.

*Grain size analyses of the A-D units. For each unit the median and the sorting values are given.*

cavato da Caldara *et al.* (1988; in stampa). La determinazione dell'età assoluta del materiale vulcanoclastico ha permesso di precisare quanto già ipotizzato dagli autori su citati, sulla base di dati biostratigrafici relativi alle sabbie marine (prima successione) sottostanti ai depositi qui esaminati, e consente di trarre importanti indicazioni per la ricostruzione della storia evolutiva tettonico-sedimentaria dell'intero Bacino di Sant'Arcangelo. Infatti risulta che al limite fra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore si verifica la sedimentazione e il contestuale piegamento dei depositi sottostanti le argille lacustri; in particolare nei conglomerati basali si forma una blanda sinclinale orientata in direzione NO-SE. In corrispondenza della relativa depressione si attiva la sedimentazione lacustre con facies prossimali a N e distali a S. La sedimentazione e il contemporaneo piegamento dei depositi lacustri avviene durante il Pleistocene inferiore. Infine, sempre tenendo presente l'età assoluta ( $1,1 \pm 0,3$  Ma), la fase tettonica che, fra l'altro, ha prodotto il fagliamento dei depositi della seconda successione (faglia di Guardia Perticara in Caldara *et al.*, in stampa), potrebbe essersi verificata nel Siciliano.

Dal confronto fra i dati ottenuti in questo studio e quelli relativi a cineriti coeve rinvenute in aree limitrofe (Capaldi *et al.*, 1979; Guerricchio & Melidoro, 1979; Guerrero & Veneri, 1989) si possono ottenere informazioni sull'attività vulcanica esplosiva del Quaternario

nell'Appennino meridionale. In particolare vetri trachitici insieme ad una scarsa componente cristallina (sanidino, biotite, pirosseno salitico, magnetite e anfibolo) sono stati rinvenuti da Capaldi *et al.* (1979) nei pressi di Pisticci e di Montalbano in livelli cineritici intercalati a formazioni argillose della Fossa Bradanica. I caratteri compositivi (Tab. 1) di queste cineriti sono ritenuti simili a quelli di vulcaniti potassiche della Campania. Datazioni eseguite su vetro con il metodo K-Ar hanno indicato età di 1,1 Ma, in accordo con il valore determinato sulle cineriti qui studiate. Questi dati quindi confermano che nel Pleistocene inferiore si è verificata un'importante attività vulcanica esplosiva ad affinità alcalina. Le cineriti del bacino lacustre del Bacino di Sant'Arcangelo, diversamente da quelle studiate da Capaldi *et al.* (1979), non presentano componente cristallina ed inoltre hanno un grado di sottosaturazione in silice più spiccato. Questi dati lasciano supporre che il vulcanismo ad affinità alcalina, per quanto concentrato nel tempo, si sia manifestato con più eventi eruttivi. Questa ipotesi viene confermata dal fatto che nel Bacino di Sant'Arcangelo sono state rinvenute, a varie altezze, numerose intercalazioni vulcanoclastiche.

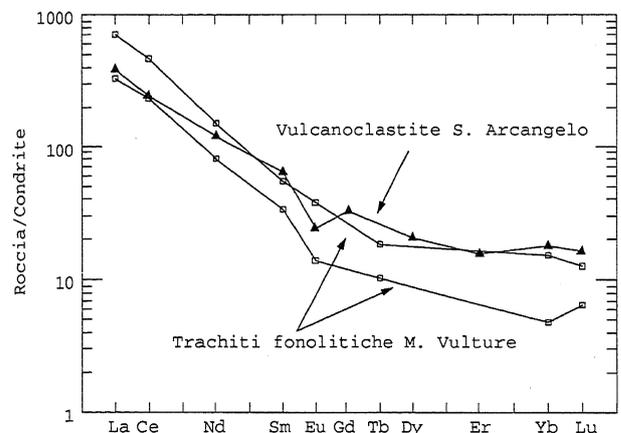


Fig. 9 - Profilo delle terre rare della vulcanoclastite studiata a confronto con i profili di trachiti fonolitiche del M. Vulture (De Fino *et al.*, 1986). Composizione della condrite secondo Taylor & Gorton (1977).

*REE pattern of the studied vulcanoclastite compared to REE profiles of M. Vulture phonolitic trachytes (De Fino *et al.*, 1986). Chondrite values from Taylor & Gorton (1977).*

La concomitanza del riempimento di un bacino lacustre, con la deposizione di materiali vulcanici, (ben conservati grazie ai modesti livelli energetici paleoambientali) rappresenta una buona opportunità per scandire in modo più preciso i tempi delle ultime fasi evolutive della catena appenninica.

## RINGRAZIAMENTI

Si ringraziano i Proff. L. La Volpe, G. Piccarreta e P. Pieri per gli utili suggerimenti durante lo svolgimento

costruttive che hanno contribuito a migliorare il manoscritto.

Il lavoro è stato eseguito con i contributi CNR per l'Istituto di Ricerca sulle Argille (responsabile Prof. G. Piccarreta).

## BIBLIOGRAFIA

- Arth J.G. & Barker F. (1976) - *Rare-earth partitioning between hornblende and dacitic liquid and implications for the genesis of trondhjemitic - tonalitic magmas*. *Geology*, **4**, 534-536.
- Caldara M., Loiacono F., Morlotti E., Pieri P. & Sabato L. (1988) - *Caratteri geologici e paleoambientali dei depositi plioleistici del Bacino di S. Arcangelo (parte settentrionale); Italia meridionale*. Atti 74° Congr. Naz. S.G.I., Sorrento, 13-17 settembre 1988, **B**, 51-58, Benevento.
- Caldara M., Loiacono F., Morlotti E., Pieri P. & Sabato L. (in stampa) - *I depositi plioleistici della parte nord del Bacino di S. Arcangelo (Appennino lucano): caratteri geologici e paleoambientali*. Mem. Soc. Geol. It., Roma.
- Capaldi G., Civetta L., Lirer L. & Munno R. (1979) - *Caratteri petrografici ed età K/Ar delle cineriti intercalate nelle formazioni argillose pleistoceniche della Fossa Bradanica*. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **14** (III), 493-501.
- Cas R.A.F. & Wright J.V. (1988) - *Volcanic Successions*. Unwin Hyman (editor), London, pp 528.
- Cox K.G., Bell J.D., Pankhurst R.J. (1979) - *The interpretation of igneous rocks*. Allen & Unwin (Editor), Londra, 450 pp.
- Cox A. & Dalrymple G.B. (1967) - *Statistical analysis of geomagnetic reversal data and the precision of potassium-argon dating*. *J. Geophys. Res.*, **72**, 10, 2603-2614.
- Dalrymple G.B. & Lanphere M.A. (1969) - *Potassium-Argon dating: principles, techniques and applications to geochronology*. W.H. Freeman & Co., San Francisco, 258 pp.
- Flisch M. (1982) - *Potassium-Argon analysis*. In *Numerical Dating in Stratigraphy*, GS Odin Ed., John Wiley & Sons Ltd., New York.
- Franzini M., Leoni L. & Saitta M. (1975) - *A simple method to evaluate the matrix effects in X-ray fluorescence*. *X Ray Spectrometry*, **1**, 151-154.
- Guerrera F. & Veneri F. (1989) - *Evidenze di attività vulcanica nei sedimenti neogenici e pleistocenici dell'Appennino: stato delle conoscenze*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **108**, 121-160.
- Guerricchio A. & Melidoro G. (1979) - *Fenomeni franosi e neotettonici nelle argille grigio-azzurre calabriane di Pisticci (Lucania) con saggio di cartografia*. *Geol. Appl. e Idrogeol.*, **14**(I), 105-138.
- Heiken G. & Wohletz K. H. (1985) - *An atlas of volcanic ash*. Sharp and Simmons, University of California press. pp. 246.
- Inman D.L. (1952) - *Measures for describing the size distribution of sediments*. *J. Sed. Petrol.*, **22**, 125-145.
- Lentini F. & Vezzani L. (1974) - *Note illustrative del Foglio 506 "S. Arcangelo"*. C.N.R., I.R.P.I., Cosenza, 46 pp.
- Smith G.A. & Katzman D. (1991) - *Discrimination of eolian and pyroclastic surge processes in the generation of cross-bedded tuffs, Jemez Mountains volcanic field, New Mexico*. *Geology*, **19**, 465-468.
- Taylor S.R. & Gorton M.P. (1977) - *Geochemical applications of spark source mass spectrography III, element sensitivity, precision and accuracy*. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **41**, 1375-1380.
- Vezzani L. (1967) - *Il bacino plioleistico di S. Arcangelo (Lucania)*. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, s. VI **18** (suppl. Sc. Geol.), 207-227.

Manoscritto ricevuto il 12.2.1992  
 Inviato all'Autore per la revisione il 15.3.1992  
 Accettato per la stampa il 12.4.1992