

TEFRACRONOLOGIA IN AREE NON VULCANICHE: PRINCIPI, METODI DI INDAGINE E STATO DELL'ARTE NEL CONTESTO ITALIANO(*)

B. Narcisi

ENEA - AMB/CLIM

Centro Ricerche Casaccia, Roma, Italia

RIASSUNTO - *Tefracronologia in aree non vulcaniche: principi, metodi di indagine e stato dell'arte nel contesto italiano* - Il Quaternario, 7(2), 1994, 545-554 - I livelli di materiale piroclastico di caduta (*tephra*), originatisi in occasione di eruzioni fortemente esplosive, rappresentano orizzonti isocroni che consentono di correlare, ed eventualmente datare, sequenze sedimentarie quaternarie, sia marine che continentali, ubicate anche a notevole distanza le une dalle altre. La tefracronologia è pertanto un utile strumento per ricostruire eventi naturali su vasta scala, particolarmente in aree non vulcaniche. In questa nota vengono illustrati, essenzialmente su base bibliografica, i principi generali del metodo tefracronologico ed una breve disamina delle tecniche di indagine, sia di campagna che di laboratorio. Si riportano inoltre i risultati delle ricerche tefracronologiche disponibili in letteratura di interesse per l'area italiana; tali studi, che riguardano essenzialmente sequenze di mare profondo, indicano la notevole potenzialità di questa disciplina nell'area di influenza del vulcanismo esplosivo quaternario italiano ed evidenziano la carenza delle indagini svolte in ambiente continentale.

ABSTRACT - *Tephrochronology in non-volcanic areas: principles, methods of investigation and state-of-the-art in Italy* - Il Quaternario, 7(2), 1994, 545-554 - Fallout tephra layers from powerful explosive eruptions are isochronous marker beds, which can be used to correlate, and possibly to date, quaternary marine and continental sedimentary sequences, even if at a great distance from one another. It can thus be said that tephrochronology is a useful tool for the reconstruction of natural events over wide areas, particularly in non-volcanic regions. General principles of the tephrochronological method and main techniques of investigation, both in the field and in laboratory, as deduced from the up-to-date bibliography, are outlined in this paper; results of those tephra studies which are of interest for the Italian context are reported. These mostly concern deep-sea records; in spite of their potentiality in areas adjacent to the Italian quaternary explosive volcanoes, tephra studies have been scarcely carried out until now in terrestrial deposits.

Parole chiave: Piroclastiti di caduta, tefracronologia, geologia del Quaternario, sedimenti marini, sedimenti continentali
Key words: Tephra, tephrochronology, Quaternary geology, marine sediments, continental sediments

1. INTRODUZIONE

Nelle aree non vulcaniche caratterizzate dalla presenza di prodotti piroclastici, la ricostruzione di eventi naturali (tettonici, morfologici, climatici, vulcanici,...) può essere talora efficacemente effettuata mediante la tefracronologia. Questa consiste nella identificazione, correlazione e datazione di livelli piroclastici guida originatisi in occasione di eruzioni vulcaniche esplosive. In particolare, poiché il fenomeno di ricaduta della cenere vulcanica relativa ad una determinata eruzione interessa in maniera "istantanea" una data regione e poiché il particolato può essere trasportato per notevoli distanze (migliaia di chilometri), questo metodo di correlazione cronostatigrafica risulta efficace per tutte le sequenze sedimentarie, sia marine che continentali, in quanto è indipendente dal tipo di sedimento che contiene il livello vulcanico; risulta inoltre particolarmente adatta per effettuare correlazioni e ricostruzioni di eventi naturali su vaste aree.

Questa disciplina ha trovato negli ultimi anni largo impiego nei paesi con vulcanismo esplosivo [si veda a questo proposito l'ampio elenco bibliografico in Westgate & Gold (1974) ed i lavori contenuti in Self & Sparks

(1981)] tanto da diventare un importante, e talvolta insostituibile, strumento di ricerca; le applicazioni riguardano tutte le branche delle scienze della terra (ed altri campi quali ad esempio l'archeologia) che si basano sulla ricostruzione di cronosequenze. Inoltre, per quanto al di fuori degli scopi di questa trattazione, vale la pena di menzionare il valido aiuto della tefracronologia in campo vulcanologico (definizione della frequenza, stile e grandezza delle eruzioni di un determinato vulcano, stima dei prodotti emessi nel corso di un evento esplosivo), anche ai fini della valutazione della pericolosità vulcanica di una data area.

Qui di seguito verranno esposti i principi generali del metodo tefracronologico, una breve disamina delle tecniche di indagine e lo stato dell'arte, in una prospettiva di applicazione nella geologia del Quaternario, nelle aree non propriamente vulcaniche del territorio italiano.

2. PRINCIPI, METODI DI INDAGINE ED ESEMPI DI APPLICAZIONI

La parola *tephra* ha origini greche: fu infatti utilizzata per la prima volta da Aristotele come sinonimo di "cenere vulcanica" in un resoconto di una eruzione di Vulcano (arcipelago delle isole Eolie). Il termine è stato ripreso negli anni '50 da S. Thorarinsson per indicare "tutto il materiale piroclastico che durante una eruzione

(*) Relazione presentata nel corso dell'Assemblea nazionale dell'AIQUA, svoltasi a Bari il 15 aprile 1993.

viene trasportato dal cratere in aria, così come il termine lava sta ad indicare tutto il materiale fuso che scorre dal cratere" (in Westgate & Gold, 1974). Il termine pertanto non ha relazione nè con la dimensione delle particelle nè con i processi deposizionali (include infatti sia i prodotti piroclastici di flusso che quelli di caduta); tuttavia, nella trattazione che segue, si farà riferimento esclusivamente ai prodotti che si depongono per caduta dalla nuvola eruttiva, in quanto sono quelli che, per la loro attitudine ad essere trasportati e quindi a diffondersi su vastissime aree, presentano maggiore impiego negli studi di geologia in aree non vulcaniche.

Il principio fondamentale su cui si basa la tefracronologia consiste nel fatto che la deposizione del materiale vulcanico trasportato in aria risulta istantanea se confrontata con la lunghezza della scala dei tempi geologici, in quanto si verifica per lo più in un intervallo compreso tra alcune ore ed alcuni giorni dall'eruzione. Ciascun livello piroclastico pertanto rappresenta un orizzonte isocrono in tutto l'areale di diffusione, particolarmente se la sedimentazione avviene in ambienti subacquei a bassa energia, quali quello marino e lacustre profondi o di torbiera. In ambiente subacqueo ad alta energia ed in quello subaereo, il particolato vulcanico può essere facilmente eroso, rielaborato e rimescolato con materiale estraneo all'evento vulcanico prima della rideposizione nelle depressioni morfologiche. Se tale processo si verifica a breve scadenza dall'arrivo del prodotto di caduta, il deposito vulcanoclastico rimaneggiato assume in pratica lo stesso significato cronostatigrafico del *tephra* in giacitura primaria.

Affinchè un livello piroclastico costituisca un valido *marker*, è necessario che presenti alcuni requisiti:

a) risultati arealmente diffuso: la presenza in una vasta zona consente infatti il suo impiego per correlazioni interregionali;

b) risultati peculiare per una caratteristica, o per una associazione di caratteristiche: ciò ne rende possibile l'identificazione, e quindi l'utilizzo;

c) mantenga inalterate le sue caratteristiche in tutto l'areale di dispersione.

Per quanto attiene al punto a) studi teorici hanno dimostrato che il pattern di dispersione, inteso come ampiezza e forma dell'areale nonché distribuzione granulometrica delle particelle, risulta controllato dall'altezza della colonna eruttiva e dall'intensità e direzione del vento (Carey & Sparks, 1986). In assenza di vento, il particolato vulcanico, soggetto esclusivamente alla gravità, tenderebbe a distribuirsi in maniera concentrica rispetto al punto di emissione, con spessori e granulometria decrescenti al crescere della distanza; in questo caso l'ampiezza dell'areale interessato dalla deposizione dei prodotti piroclastici è significativamente influenzata dall'altezza della colonna eruttiva. Nella realtà, e particolarmente nel caso di eventi esplosivi con colonne eruttive molto alte, la distribuzione a terra di un determinato livello piroclastico presenta configurazioni asimmetriche

rispetto al punto di emissione, a causa della notevole influenza esercitata dal fattore vento. Configurazioni particolarmente complesse sono piuttosto frequenti ed in taluni casi esse sono determinate dal fatto che la colonna eruttiva ha attraversato un'atmosfera stratificata, vale a dire caratterizzata da direzioni dei venti differenti se non opposte tra loro a seconda dell'altitudine (come ad esempio la distribuzione secondo tre lobi del *Laacher See Tephra* riportata in Fig.1); inoltre, condizioni meteorologiche contingenti possono determinare distribuzioni anomale rispetto a quelle attese sulla base del regime dei venti prevalenti. Dopo la deposizione, fenomeni di aggregazione delle particelle vetrose oppure di compattezza possono provocare inversioni nella distribuzione della granulometria e degli spessori e nello stesso senso agiscono fenomeni di erosione e, più in generale, locali irregolarità topografiche. In conclusione, la complessità dei parametri in gioco, assieme all'incidenza, talvolta notevole, di elementi accidentali suggerisce che, in assenza di dati di campagna, non è ragionevole fare ipotesi, se non in linea del tutto generale, circa il pattern di dispersione dei prodotti di caduta di eruzioni esplosive del passato.

Per quanto attiene ai punti b) e c), risulta evidente che l'identificazione, e quindi l'utilizzo, di un livello piroclastico guida non può prescindere dalla sua dettagliata caratterizzazione. La Tabella 1 riporta l'elenco degli ele-

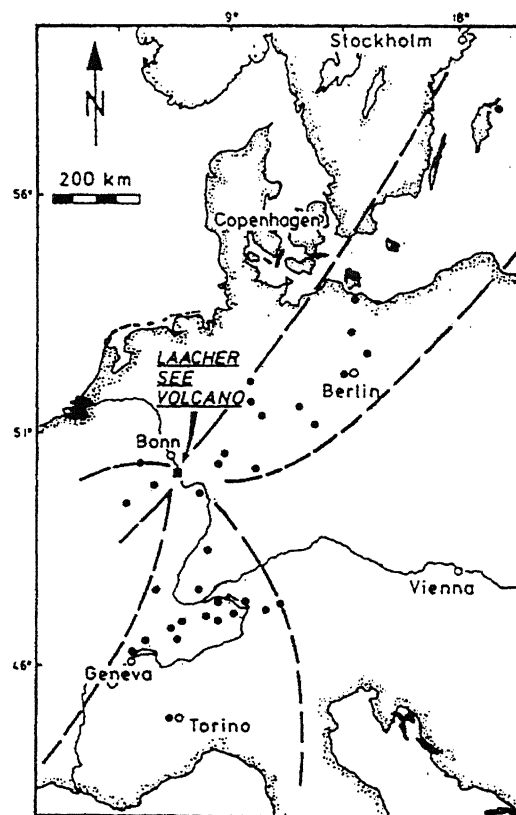


Fig. 1 - Distribuzione areale del *Laacher See Tephra* (Bogaard & Schmincke, 1985, modificato).

Areal distribution of Laacher See Tephra (Bogaard & Schmincke, 1985, modified).

Tabella 1 - Schema di caratterizzazione di un livello piroclastico (Machida, 1981, modificato).
Scheme for the characterisation of a tephra layer (Machida, 1981, modified).

Indagini di campagna	<ul style="list-style-type: none"> contesto stratigrafico (incluso l'inquadramento cronologico determinato attraverso vari metodi) caratteri macroscopici (colore, spessore, granulometria, grado di alterazione, contenuto in litici, strutture sedimentarie, grado di rimaneggiamento, ecc.)
Indagini di laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <u>campione totale</u>: granulometria, rapporto fenocristalli/vetro <u>frazione minerale</u>: morfologia, rapporto sialici/femici, paragenesi, composizione chimica dei vari componenti <u>frazione vetrosa</u>: morfologia, trasparenza, colore, grado di idratazione, grado di vescicolazione, contenuto in fenocristalli, proprietà fisiche (densità, indice di rifrazione, ecc.), composizione chimica

menti diagnostici, rilevabili nel corso delle indagini di campagna e di laboratorio, che dovrebbero essere considerati, per ciascun sito, per descrivere compiutamente un livello di *tephra*. Per dettagli circa le metodologie di indagine è utile consultare, tra gli altri, Heiken & Wohletz (1985) e Steen-McIntyre (1977).

Le osservazioni di campagna costituiscono in ogni caso una tappa imprescindibile nello studio di caratterizzazione di un livello piroclastico; esse risultano particolarmente efficaci in aree prossime al centro di emissione, ove presumibilmente l'orizzonte affiora con relativa continuità laterale e con spessori consistenti; nelle aree distali, ed in particolare se il livello è intercalato in sequenze sedimentarie non vulcaniche, la caratterizzazione petrografica e geochimica deve necessariamente affiancare il lavoro di campagna. Oltre a definirne le caratteristiche macroscopiche, le indagini di campagna devono mirare a stabilire la posizione stratigrafica del livello; circa l'inquadramento cronologico in una determinata sequenza è possibile procedere attraverso: 1) datazioni assolute sul materiale piroclastico oppure sui sedimenti che lo contengono; 2) correlazione con una sequenza equivalente datata o con l'eruzione che ha prodotto il materiale piroclastico.

L'associazione mineralogica può rappresentare un elemento diagnostico di notevole importanza, soprattutto per quel che riguarda l'identificazione del distretto di origine. Il valore di questo carattere quale parametro di correlazione dipende notevolmente dal grado di frazionamento operato dal trasporto in aria. Alcuni studi hanno dimostrato tuttavia che tutte le specie minerali di un dato livello piroclastico persistono nella gran parte dell'areale di diffusione (Westgate & Gorton, 1981). Come si riferirà più estesamente in altra parte di questo lavoro, la composizione mineralogica è stata proficuamente utilizzata per caratterizzare i livelli piroclastici rinvenuti nei sedimenti marini del Mediterraneo orientale.

Per quanto riguarda la frazione vetrosa, la morfologia dei granuli rappresenta un elemento diagnostico fondamentale in quanto è direttamente controllata dalle proprietà del magma e dal meccanismo eruttivo. Anche l'indice di rifrazione può essere di supporto nella caratterizzazione; tuttavia, la possibilità di idratazione delle par-

ticelle vetrose da un lato e il tempo richiesto per ottenere dati significativi (attraverso l'effettuazione di alcune centinaia di misure) dall'altro, possono scoraggiare l'impiego di questo parametro. Recenti sperimentazioni per migliorare la misura dell'indice di rifrazione, attraverso un metodo ad immersione termica, sono stati effettuati da Danhara *et al.* (1992).

La composizione chimica della frazione vetrosa è senza dubbio il parametro più attendibile, soprattutto quando si tratta di discriminare *tephra* di uno stesso distretto. Questa fase della caratterizzazione ha assunto negli ultimi anni un ruolo determinante al punto che si è giunti ad una standardizzazione dei metodi analitici, al fine di rendere confrontabili dati ottenuti da gruppi di lavoro differenti (Froggatt, 1992; Hunt & Hill, 1993). Gli studi in questo campo hanno ricevuto grande impulso dall'avvento delle tecniche di microanalisi; queste infatti richiedono quantitativi minimi di materiale (pochi granuli) e consentono inoltre di effettuare misure della composizione chimica del singolo granulo, seppure di dimensioni di pochi micron, nella porzione interna di ogni frammento, evitando pertanto tutti gli inconvenienti legati alla presenza di patine di alterazione, di microliti, oppure di materiale estraneo all'evento vulcanico (Froggatt, 1983; Smith & Westgate, 1969). In alternativa, è possibile effettuare analisi su concentrati di vetro preventivamente purificati, utilizzando le comuni tecniche analitiche (fluorescenza a raggi X, assorbimento atomico, attivazione neutronica: si vedano per esempio i contributi di Borchardt *et al.*, 1971 e di Cornie & Nelson, 1983). Queste tecniche, comunemente impiegate in passato sul campione totale, presentano l'inconveniente di fornire una composizione media della frazione analizzata, tendendo pertanto a mascherare eventuali caratteristiche, quali per esempio la bimodalità della composizione del vetro, che altrimenti potrebbero risultare diagnostiche.

Infine, per ciascun orizzonte, il complesso dei dati raccolti deve essere opportunamente valutato per stabilire la equivalenza di campioni provenienti da successioni litostratigrafiche differenti. A questo proposito e per quanto riguarda i dati chimici, vengono di sovente effettuati trattamenti statistici di vario tipo (calcolo dei coefficienti

di similarità e di variazione, *cluster analysis*, analisi discriminante, ecc.: Borchart *et al.*, 1971; Froggatt, 1992; Shane & Froggatt, 1994). In linea generale, la equivalenza di un orizzonte piroclastico in due o più successioni sedimentarie è verificata se sono soddisfatte le seguenti condizioni: 1) esiste una congruenza cronostratigrafica; 2) esiste un accordo nelle caratteristiche mineralogiche, geochimiche ecc.; 3) la combinazione di tali caratteristiche risulta distintiva da quella di altri orizzonti piroclastici presenti nell'area.

Da quanto esposto fin qui, appare chiaro che un livello di *tephra* può funzionare da *marker* cronostratigrafico indipendentemente dal fatto che si conosca o meno il distretto di origine e l'eruzione a cui esso è associato. Tuttavia, va considerato che l'identificazione del distretto di provenienza può fornire indicazioni molto utili circa la distribuzione areale del livello piroclastico e che la correlazione con l'evento vulcanico che ha prodotto il materiale può risultare in molti casi risolutiva ai fini della definizione dell'età assoluta del *marker*. Per operare "a ritroso", occorre procedere come descritto riguardo alla correlazione tra successioni sedimentarie non vulcaniche. E' pertanto necessario disporre di dettagliati studi che riguardino sia la cronostratigrafia dell'attività delle probabili aree vulcaniche sorgente, sia le caratteristiche mineralogiche e fisico-chimiche delle unità piroclastiche.

Il metodo tefracronologico è stato ampiamente utilizzato nella gran parte dei paesi con vulcanismo esplosivo. Tra questi, vale la pena di citare i casi del Giappone e dell'Islanda, ove, nonostante la complicazione legata alla elevata densità di centri esplosivi attivi nel corso del Quaternario, la tefracronologia, da lungo tempo impiegata, ha raggiunto livelli di alta qualità e costituisce attualmente un valido ed insostituibile supporto negli studi di geologia del Quaternario.

Nel territorio giapponese, coperto per oltre il 40% da prodotti di natura vulcanica provenienti da oltre 200 punti di emissione attivi nel Quaternario medio e superiore, gli studi di tefracronologia, intrapresi in via pionieristica già nella prima metà di questo secolo, sono stati attivamente condotti a partire dagli anni '60 (Machida, 1981 e bibliografia inclusa). Come risultato, sono state definite le caratteristiche e la distribuzione, sia a terra che in mare, dei depositi di caduta legati alle principali eruzioni esplosive (Furuta *et al.*, 1986; Machida & Arai, 1983) e veri e propri cataloghi, nei quali sono riportati età, distribuzione, e principali caratteristiche dei vari orizzonti guida, sono attualmente disponibili per la gran parte del territorio (si veda per esempio Arai *et al.*, 1986). Numerosi sono gli impieghi della tefracronologia in Giappone; in particolare l'uso di questa disciplina ha consentito di: a) ricostruire l'attività eruttiva di alcuni importanti centri di emissione, b) delineare le variazioni quaternarie del livello del mare in ampi tratti costieri, c) datare le fluttuazioni dei ghiacciai, d) ricostruire le fasi di colonizzazione antropica del territorio.

In Islanda, gli studi tefracronologici in campagna

risultano facilitati dalle condizioni climatiche le quali determinano l'accumulo del materiale piroclastico ad opera del vento e la lenta degradazione della sostanza humica tra un livello piroclastico e l'altro. Tuttavia, il territorio conta oltre 200 punti di emissione attivi nell'Olocene e pertanto i rilievi di campagna necessitano di notevole dettaglio; secondo Thorarinsson (1981), in alcune sezioni stratigrafiche postglaciali è possibile talvolta riconoscere fino a 150 livelli di *tephra* distinti. In questa regione, oltre a ricostruire con dettaglio la storia eruttiva ed i meccanismi di emissione dei principali vulcani, la tefracronologia è risultata particolarmente efficace negli impieghi in glaciologia (datazione delle oscillazioni dei ghiacciai, studio dei fenomeni periglaciali, datazione di carote di ghiaccio).

3. STUDI TEFRACRONOLOGICI RELATIVI ALL' AREA ITALIANA

Il territorio italiano è stato sede di attività vulcanica a carattere esplosivo nel corso di tutto il Quaternario; si presta pertanto per studi di tefracronologia, sia in mare che sul continente.

Le numerose indagini stratigrafiche, geocronologiche e geochimiche hanno portato ad una buona conoscenza della storia eruttiva dei vari distretti vulcanici italiani; in particolare sono disponibili recenti sintesi a carattere monografico che riguardano i vulcani dell'area campana, attivi nel corso del Pleistocene superiore-Olocene (Rosi & Sbrana, 1987; Santacroce, 1987; Vezzoli, 1988).

Attraverso l'identificazione di alcuni livelli guida, sono state effettuate inoltre correlazioni interdistrettuali che hanno contribuito a delineare il quadro dell'evoluzione del vulcanismo potassico dell'Italia centro-meridionale (Cioni *et al.*, 1987; Rosi *et al.*, 1988).

In linea generale, gli studi vulcanologici disponibili sono stati condotti con lo scopo di ricostruire l'evoluzione magmatologica, i meccanismi eruttivi oppure il contesto vulcanotettonico. Tali indagini pertanto solo di rado si soffermano a definire i caratteri distintivi delle singole unità eruttive, ed in questo senso risultano scarsamente utilizzabili ai fini tefracronologici. I dati esistenti riguardano prevalentemente le unità piroclastiche di flusso mentre scarsa considerazione viene rivolta alle piroclastiti di caduta, la distribuzione delle quali è in genere nota solo in prossimità ed a breve distanza dal centro di emissione. Per quanto riguarda la caratterizzazione analitica, allo stato attuale risulta relativamente buona la conoscenza della composizione mineralogica e di quella chimica delle principali fasi esplosive ma molte unità piroclastiche di rilevanza ai fini tefracronologici risultano ancora non adeguatamente caratterizzate. Nel caso di ricerche meno recenti, i dati chimici disponibili sono stati ottenuti con tecniche classiche e sul campione totale; questi pertanto non possono essere confrontati con quelli ottenuti sulla frazione vetrosa e con i moderni

dispositivi analitici. Infine, scarsa o nulla è la conoscenza circa le caratteristiche microstrutturali e le proprietà fisiche della frazione vetrosa.

3.1 Sedimenti marini

L'ambiente marino profondo risulta particolarmente adatto per gli studi tefracronologici in quanto assicura relativa continuità di sedimentazione ed assenza di significativi fenomeni di rimaneggiamento. Per di più, attraverso indagini micropaleontologiche, biostratigrafiche ed isotopiche, è possibile ottenere l'indispensabile inquadramento cronostratigrafico dei livelli di *tephra* intercalati nelle sequenze.

Le ricerche di tefracronologia in mare di interesse per il territorio italiano sono state intraprese compiutamente a partire dalla fine degli anni '70 nell'area del Mediterraneo orientale (Keller *et al.*, 1978; Keller, 1981). Gli studi sui sondaggi effettuati in quest'area hanno messo in evidenza la presenza, nei sedimenti degli ultimi 200.000 anni, di numerosi livelli di *tephra* i quali risultano ben inquadrati dal punto di vista cronostratigrafico sulla base del confronto con la curva dell'isotopo dell'ossigeno; indagini sulle caratteristiche fisiche e chimiche della frazione vetrosa nonché sul contenuto mineralogico hanno consentito l'attribuzione al distretto di provenienza e, in qualche caso, all'evento vulcanico padre.

In linea generale, tali indagini hanno evidenziato che:

1) questo settore dell'area mediterranea è stato interessato dall'arrivo di prodotti dei distretti italiani, particolarmente delle provincie romana e campana, oltreché da quelli dell'arco ellenico. Risulta pertanto evidente una dispersione in direzione E-SE, in accordo peraltro con la direzione attuale dei venti prevalenti nell'area mediterranea, la quale è influenzata dalle masse d'aria di provenienza atlantica;

2) i sedimenti più antichi di 200.000 anni non presentano livelli vulcanici. Poiché i dati geocronologici disponibili indicano invece che l'acme dell'attività esplosiva dei vulcani italiani si è verificata nel Pliocene medio, gli Autori ipotizzano che a) le eruzioni più antiche non hanno avuto una magnitudo tale da produrre livelli piroclastici discreti nel Mediterraneo orientale, oppure che b) i venti d'alta quota prevalenti nel corso del Pleistocene medio presentavano direzioni sfavorevoli per la diffusione del particolato in quell'area.

Gli studi nel Mediterraneo orientale hanno messo in evidenza per la prima volta l'esistenza di orizzonti piroclastici di caduta particolarmente diffusi, alcuni dei quali fortemente peculiari per composizione mineralogica e/o chimica. Il *marker* più importante è senza dubbio il livello denominato Y-5 (età circa 35.000 anni), attribuito in una prima fase ad una esplosione del vulcano di Ischia e successivamente correlato all'eruzione del distretto vulcanico dei Campi Flegrei che ha prodotto l'Ignimbrite Campana (Thunell *et al.*, 1979). Questo livello, riconosciuto sino ad una distanza di circa 2000 km dal punto di

emissione (Fig.2), presenta una caratteristica bimodalità granulometrica (Cornell *et al.*, 1983; Sparks & Huang, 1980). Recenti studi nel Bacino di Bannock (Vezzoli, 1991) hanno arricchito le conoscenze circa la distribuzione nel Mediterraneo di alcuni importanti livelli piroclastici repere ed hanno inoltre evidenziato il carattere bimodale della composizione chimica di Y-5 in quell'area.

Per quanto riguarda i mari circostanti il territorio ita-

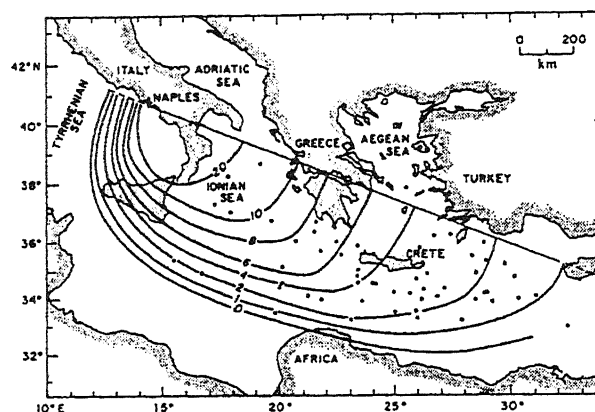


Fig. 2 - Carta delle isopache (in cm) del livello piroclastico Y-5, ricostruita sulla base della distribuzione nelle carote del Mediterraneo orientale (Cornell *et al.*, 1983, modificato).

*Isopach map (in cm) of the Y-5 ash layer derived from distribution of eastern Mediterranean piston cores (Cornell *et al.*, 1983, modified).*

liano, indagini tefracronologiche di rilievo sono state compiute sui sedimenti del Tirreno e dell'Adriatico meridionale (Paterne *et al.*, 1986; Paterne *et al.*, 1988). Questi studi hanno riguardato cinque sequenze del Pleistocene superiore, ciascuna corredata da un dettagliato record isotopico; alcuni livelli di *tephra* contenuti nelle sequenze, opportunamente caratterizzati dal punto di vista geochemico, sono stati attribuiti ai rispettivi corpi piroclastici datati, appartenenti per lo più ai vulcani della provincia campana; tale correlazione da un lato ha consentito la datazione assoluta della stratigrafia isotopica, dall'altro ha contribuito ad una migliore definizione dell'attività esplosiva tardoquaternaria dei vulcani peritirrenici. Per quanto riguarda la distribuzione areale dei livelli piroclastici, le indagini summenzionate, assieme a quelle effettuate durante la campagna Leg 107 nel Tirreno centrale dell'Ocean Drilling Program (McCoy & Cornell, 1990), confermano la dispersione preferenziale del particolato vulcanico in direzione dei quadranti orientali. Per di più, numerosi livelli di *tephra* provenienti dai vulcani peritirrenici sono stati riconosciuti nella perforazione del mare Adriatico; ne deriva la importante considerazione che tali livelli devono essere significativamente diffusi in ampie porzioni del territorio peninsulare.

Gli studi succitati costituiscono il primo tentativo organico di ricostruire una successione tefrostratigrafica tardoquaternaria utile per l'Italia centro-meridionale e rappresentano quindi la base di confronto con altre lunghe sequenze, marine e continentali, eventualmente

disponibili in futuro.

Vale la pena infine di citare i lavori a carattere parziale effettuati su carote prelevate nel Golfo di Napoli (contenenti alcuni livelli relativi all'attività degli ultimi 10.000 anni del Vesuvio e dei Campi Flegrei; Carbone *et al.*, 1984) e nel settore SE del Mar Tirreno, in cui sono stati riconosciuti livelli di provenienza campana ed eoliana (Calanchi, 1988).

3.2 Sedimenti continentali

L'incremento degli studi di geologia del Quaternario in ambiente continentale, particolarmente in Italia centrale, sta mettendo in luce una notevole quantità di prodotti piroclastici intercalati nelle sequenze sedimentarie (si vedano per esempio i lavori di Berti *et al.*, 1991, Bertini *et al.* in Società Geologica Italiana, 1989; Calderoni *et al.*, 1990; Carrara *et al.*, 1992; Chiesa *et al.*, 1990; Frezzotti & Giraudi, 1989; Giraudi, 1988; Zarlenga, 1987), a conferma che il territorio italiano è particolarmente adatto per studi di tipo tefracronologico. Tuttavia, se si escludono alcuni lavori, peraltro a carattere preliminare, a tutt'oggi non esistono studi organici sulla identificazione di livelli piroclastici repere. Pertanto, l'unica informazione cronologica che generalmente si ottiene (per l'Italia centrale) è quella che sequenze vistosamente ricche in componente vulcanoclastica di tipo alcalino-potassico possono essere genericamente attribuite all'intervallo di tempo Pleistocene medio-Olocene, nel corso del quale si è esplicita gran parte dell'attività a carattere esplosivo del vulcanismo peritirrenico (Narcisi & Sposato in Società Geologica Italiana, 1989). Tale considerazione evidentemente risulta nella maggior parte dei casi insufficiente per risolvere quesiti di carattere cronostratigrafico.

In taluni casi, si è proceduto alla caratterizzazione e/o alla datazione del materiale piroclastico presente in singole sezioni (si veda per esempio Brunamonte *et al.*, 1992; Follieri *et al.*, 1991; Narcisi, in stampa). Studi di questo tipo, volti alla definizione dell'area vulcanica di provenienza della piroclastite, risultano fondamentali ai fini neotettonici in quanto costituiscono contributi importanti nell'accesso dibattito circa l'estensione del vulcanismo intrapenninico mesopleistocenico; tuttavia, non costituiscono studi tefracronologici veri e propri e pertanto presentano un interesse cronostratigrafico esclusivamente locale.

Alcuni studi a carattere parziale sono stati condotti nei sedimenti del Pleistocene superiore dell'Italia centro-meridionale. Lirer *et al.* (1966) hanno effettuato indagini di campagna nel litorale tirrenico meridionale, stabilendo l'equivalenza stratigrafica di un livello di piroclastiti riconosciuto in più affioramenti, intercalato nei depositi continentali post-tirreniani. Tuttavia, la validità della correlazione effettuata su base stratigrafica non è stata supportata da indagini a carattere petrografico, a causa della forte alterazione del materiale piroclastico. Uno studio di caratterizzazione mineralogica è stato condotto su alcuni livelli piroclastici intercalati in depositi di versante pleistocenici delle Marche (Chiesa *et al.*, 1990). I risultati hanno indicato, almeno per uno dei livelli considerati, una correlazione con l'evento eruttivo del distretto dei Campi

Flegrei che ha prodotto l'Ignimbrite Campana.

Alcuni studi a carattere preliminare, condotti nei depositi tardiglaciali di aree interne dell'Appennino centrale, hanno permesso di individuare due *markers* i quali, data la loro peculiarità, il preciso inquadramento cronologico e la probabile notevole diffusione areale, costituiscono importanti e preziosi orizzonti guida nella stratigrafia dell'Italia centrale (Narcisi, 1993a). Il livello piroclastico più antico, riconosciuto e caratterizzato nei depositi di versante del Bacino del Fucino (Narcisi, 1993b), è costituito prevalentemente da pomici di colore marrone e contiene plagioclasio e minerali pesanti. Dal punto di vista chimico presenta una composizione benmoreitica, peculiare dell'attività dell'Etna. Il confronto con i dati dei sondaggi marini profondi del Mediterraneo ha indicato la perfetta congruenza con le caratteristiche del livello denominato Y-1, ubicato nella medesima posizione stratigrafica, ed attribuito alla eruzione del vulcano siciliano che ha dato luogo alla ignimbrite di Biancavilla-Montalto, verificatasi circa 14.000 anni fa.

Il secondo *marker* piroclastico considerato è stato caratterizzato con dettaglio nella zona del Monte Greco (Piano di Aremogna e Piano Polverino) ove affiora con spessori decimetrici; il suolo ad esso associato, che presenta caratteristiche andiche in ogni sito considerato, è stato riconosciuto in una vasta area dell'Italia centrale, dai Monti Sibillini fino al Matese (Frezzotti & Narcisi, 1989; Frezzotti & Narcisi, 1994). La piroclastite, costituita prevalentemente da frammenti pomicei incolori, contiene plagioclasio di tipo andesinico, sanidino, clinopirosseno della serie del diopside, biotite e titanio-magnetite; dal punto di vista chimico presenta una composizione trachitica, e risulta pertanto attribuibile al vulcanismo dell'area campana. Il confronto con i dati di letteratura indica la correlazione con i prodotti del Tufo Giallo Napoletano del distretto dei Campi Flegrei, di età 12.000 anni circa (Orsi *et al.*, 1992) e con il livello C-2 identificato da Paterne *et al.* (1986) nei sedimenti del Mediterraneo centrale.

Da parte di chi scrive altri studi sono in corso sulle sequenze lacustri pleistocenico-oloceniche prelevate in bacini craterici dell'Italia centro-meridionale (Lagaccione, distretto dei Vulsini; Vico; Valle di Castiglione, distretto dei Colli Albani; Lago Grande di Monticchio, distretto del M. Vulture) e nella Piana del Fucino. In questo sito, due livelli piroclastici del Pleistocene superiore parte media sono stati oggetto di dettagliate indagini sedimentologiche, mineralogiche e geochimiche (Narcisi, 1994). I risultati hanno suggerito una probabile correlazione con i prodotti dell'attività finale a carattere idromagmatico del distretto dei Colli Albani, verificatasi 40÷50.000 anni fa.

4. CONCLUSIONI

I livelli piroclastici di caduta rappresentano orizzonti guida molto utili negli studi di geologia del Quaternario. Infatti, poiché la deposizione generalmente interessa una porzione molto vasta di territorio e si verifica in maniera praticamente istantanea, questi livelli costituiscono superfici isocrone che consentono di effettuare

correlazioni, anche a scala interregionale, di sequenze sedimentarie di aree non vulcaniche. Il valore cronostratigrafico di un livello piroclastico si realizza attraverso sia l'identificazione di quelle caratteristiche (macroscopiche, microscopiche e geochimiche) che lo rendono distinguibile da altri livelli piroclastici presenti nell'area, sia la determinazione della sua posizione stratigrafica relativa e/o assoluta. Sono necessarie pertanto dettagliate indagini di campagna e di laboratorio, attraverso le quali viene stabilita l'equivalenza del *tephra* nelle sezioni stratigrafiche considerate, l'età e la sua distribuzione areale.

L'intensa attività vulcanica esplosiva che si è verificata nel corso del Quaternario rende il territorio italiano particolarmente adatto per studi di questo tipo. A fronte di una conoscenza relativamente approfondita circa la stratigrafia e la cronologia dell'attività dei principali distretti vulcanici, poco è noto tuttora sulle caratteristiche di molte unità piroclastiche di rilevanza ai fini tefracronologici. Allo stesso modo, scarsa attenzione è stata posta alla ricostruzione della distribuzione dei prodotti di caduta associati ad importanti eventi esplosivi, la quale nella maggior parte dei casi è nota solo in prossimità del centro eruttivo.

Studi tefracronologici sui sedimenti dei mari circostanti la penisola italiana hanno messo in evidenza la presenza di numerosi livelli piroclastici che risultano particolarmente diffusi e che ragionevolmente devono avere investito con spessori discreti anche l'ambiente continentale; tuttavia, i sedimenti continentali, che pure costituiscono preziosi archivi naturali dell'attività vulcanica, sono a tutt'oggi scarsamente considerati dal punto di vista tefracronologico. La densità sul territorio dei punti di emissione, la complessità delle fasi eruttive e la contemporaneità nei vari distretti di tali fasi, particolarmente nel corso del Pleistocene medio, possono costituire severe difficoltà all'utilizzo della tefracronologia. Tuttavia, il confronto con i risultati ottenuti in altri paesi ad altrettanta complessità ambientale suggerisce che piuttosto i modesti obiettivi raggiunti dipendono da una scarsa attenzione della comunità scientifica italiana nei confronti di questo importante strumento di ricerca.

La tefracronologia rappresenta una metodologia che investe numerose discipline anche molto differenti tra di loro quali la vulcanologia, la petrologia, la geocronologia isotopica, la stratigrafia, la sedimentologia, la geologia marina e la paleoclimatologia. È auspicabile che nel futuro cresca in ambito nazionale la consapevolezza circa la validità e la notevole versatilità di questo metodo di indagine e che si creino gruppi di lavoro interdisciplinari atti a colmare il vuoto che ci separa da altri paesi, nei quali le ricerche tefracronologiche, condotte da lungo tempo, hanno fornito notevoli contributi sia in vulcanologia che nei vari campi della geologia del Quaternario.

RINGRAZIAMENTI

Le considerazioni esposte in questa sede sono per gran parte frutto delle attività svolte presso il *Geological Survey of Japan* di Tsukuba-Ibaraki (*AIST Foreign*

Researcher Invitation Program FY 1989). Desidero ringraziare quanti mi hanno pazientemente assistito nel corso della permanenza in Giappone ed in particolare K. Kikkawa, K. Okumura, T. Soda ed il Prof. H. Machida. Ringrazio inoltre il Prof. G. Magri per la revisione critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- Arai F., Machida H., Okumura K., Miyauchi T., Soda T. & Yamagata K. (1986) - *Catalog for Late Quaternary marker-tephras in Japan. (II): Tephra occurring in Northeast Honshu and Hokkaido.* - Geogr. Rep. Tokyo Metrop. Univ., **21**, 223-250.
- Berti D., Bigi S., Centamore E., Dramis F., Farabollini P. & Mazzei A. (1991) - *Segnalazione di livelli vulcanoclastici nel Pescarese.* Studi Geolog. Cam., vol. sp., 1991/2, CROP 11, 307-311.
- Bogaard v.d.P. & Schmincke H.-U. (1985) - *Laacher See Tephra: a widespread isochronous late Quaternary tephra layer in central and northern Europe.* Geol. Soc. Am. Bull., **96**, 1554-1571.
- Borchardt G.A., Harward M.E. & Schmitt R.A. (1971) - *Correlation of volcanic ash deposits by activation analysis of glass separates.* Quat. Res., **1**, 247-260.
- Brunamonte F., Gaeta M., Michetti A.M., Mottana A. & Palladino D.M. (1992) - *Caratterizzazione mineralogico-petrografica ed inquadramento stratigrafico preliminare di alcuni depositi vulcanoclastici dell'area reatina.* Studi Geolog. Cam., vol. sp., 1992/1, 65-72.
- Calanchi N. (1988) - *Livelli piroclastici quaternari in carote del settore SE del Mar Tirreno: caratteri geochimici e provenienze.* Boll. Soc. Geol. It., **107**, 373-382.
- Calderoni G., Lorenzoni P., Ortolani F., Pagliuca S. & Serva L. (1990) - *Paleoseismological evidence at Rivisondoli, Central Apennines, Italy.* Rend. Soc. Geol. It., **13**, 27-32.
- Carbone A., Lirer L. & Munno R. (1984) - *Caratteri petrografici dei livelli piroclastici rinvenuti in alcuni gravity cores nel Golfo di Pozzuoli e nel Golfo di Napoli.* Mem. Soc. Geol. It., **27**, 195-204 (1986).
- Carey S. & Sparks R.S.J. (1986) - *Quantitative models of the fallout and dispersal of tephra from volcanic eruption columns.* Bull. Volcanol., **48**, 109-125.
- Carrara C., Brunamonte F., Ferrelì L., Lorenzoni P., Margheriti L., Michetti A.M., Raglione M., Rosati M. & Serva L. (1992) - *I terrazzi della medio-bassa valle del F. Velino.* Studi Geolog. Cam., vol. sp., 1992/1, 97-102.
- Chiesa S., Coltorti M., Cremaschi M., Ferraris M., Floris B. & Prosperì L. (1990) - *Loess sedimentation and quaternary deposits in the Marche province.* In: M. Cremaschi (Ed.), *The loess in Northern and Central Italy: a loess basin between the Alps and the Mediterranean region.* Quad. Geodinam. Alp. Quatern., **1**, 103-130.

- Cioni R., Sbrana A., Bertagnini A., Buonasorte G., Landi P., Rossi U. & Salvati L. (1987) - *Tephrostratigraphic correlations in the Vulsini, Vico and Sabatini volcanic successions*. Per. Mineral., **56**, 137-155.
- Cormie A.B. & Nelson D.E. (1983) - *Energy-dispersive X-ray fluorescence analysis as a rapid method for identifying tephra*s. Quat. Res., **19**, 201-211.
- Cornell W., Carey S. & Sigurdsson H. (1983) - *Computer simulation of transport and deposition of the Campanian Y-5 ash*. J. Volcanol. Geoth. Res., **17**, 89-109.
- Danhara T., Yamashita T., Iwano H. & Kasuya M. (1992) - *An improved system for measuring refractive index using the thermal immersion method*. Quat. Intern., **13/14**, 89-91.
- Follieri M., Magri D., Sadori L. & Villa I. (1991) - *Palinologia e datazione $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ di un sondaggio nella Piana del Fucino (Abruzzo)*. Workshop "Evoluzione dei bacini neogenici e loro rapporti con il magmatismo plio-quadernario nell'area tosco-laziale". Pisa, 12 - 13 giugno, 90-92.
- Frezzotti M. & Giraudi C. (1989) - *Evoluzione geologica tardo-pleistocenica ed olocenica del Piano di Aremogna (Roccaraso - Abruzzo): implicazioni climatiche e tettoniche*. Mem. Soc. Geol. It., **42**, 5-19 (1992).
- Frezzotti M. & Narcisi B. (1989) - *Identificazione di un andosuolo, possibile livello guida nella cronostratigrafia olocenica dell'Appennino centrale*. Mem. Soc. Geol. It., **42**, 351-358 (1992).
- Frezzotti M. & Narcisi B. (1994) - *Late Quaternary andisols in the Central Italy's carbonate range: stratigraphical and palaeoclimatological implications*. Sottoposto a Quat. Intern.
- Froggatt P.C. (1983) - *Toward a comprehensive Upper Quaternary tephra and ignimbrite stratigraphy in New Zealand using electron microprobe analysis of glass shards*. Quat. Res., **19**, 188-200.
- Froggatt P.C. (1992) - *Standardization of the chemical analysis of tephra deposits*. Report of the ICCT Working Group. Quat. Intern. **13/14**, 93-96.
- Furuta T., Fujioka K. & Arai F. (1986) - *Widespread submarine tephra around Japan - Petrographic and chemical properties*. Mar. Geol., **72**, 125-142.
- Giraudi C. (1988) - *Evoluzione geologica della Piana del Fucino (Abruzzo) negli ultimi 30.000 anni*. Il Quaternario, **1**, 131-159.
- Heiken G. & Wolheth K. (1985) - *Volcanic ash*. Univ. of California Press, Berkeley, 246 pp.
- Hunt J.B. & Hill P.G. (1993) - *Tephra geochemistry: a discussion of some persistent analytical problems*. The Holocene, **3**(3), 271-278.
- 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*. Geol. Soc. Amer. Bull., **89**, 591-604.
- Keller J. (1981) - *Quaternary tephrochronology in the Mediterranean region*. In: S. Self & R.S.J. Sparks (Eds.), *Tephra Studies*. NATO Advanced Study Institutes Series, Series C, **75**, D. Reidel Publ. Comp. Dordrecht, 227-244.
- Lirer L., Pescatore T. & Scandone P. (1966) - *Livello di piroclastiti nei depositi continentali post-tirreniani del litorale Sud-tirrenico*. Atti Acc. Gioenia Sci. Nat., Catania, **18**, 85-115.
- Machida H. (1981) - *Tephrochronology and Quaternary studies in Japan*. In: S. Self & R.S.J. Sparks (Eds.): *Tephra Studies*. NATO Advanced Study Institutes Series, Series C, **75**, D. Reidel Publ. Comp. Dordrecht, 161-191.
- Machida H. & Arai F. (1983) - *Extensive ash falls in and around the Sea of Japan from large late Quaternary eruptions*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **18**, 151 - 164.
- McCoy F.W. & Cornell W. (1990) - *Volcaniclastic sediments in the Tyrrhenian Basin*. In: K. A. Kastens, J. Mascle et al. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **107**, 291-305.
- Narcisi B. (1993a) - *Tefrochronologia dei depositi continentali tardiglaciali dell'Italia centrale*. Il Quaternario, **6**(2), 356-357.
- Narcisi B. (1993b) - *Segnalazione di un livello piroclastico di provenienza etnea nell'area del Fucino (Italia centrale)*. Il Quaternario, **6**(1), 87-92.
- Narcisi B. (1994) - *Caratteristiche e possibile provenienza di due livelli piroclastici nei sedimenti del Pleistocene superiore della Piana del Fucino (Italia centrale)*. Rend. Fis. Acc. Lincei., s.9, **5**, 115-123.
- Narcisi B. (in stampa) - *Caratteristiche sedimentologiche, mineralogiche e geochimiche di un livello tuffitico del Pleistocene medio nei sedimenti della Piana del Fucino, Italia centrale*. Il Quaternario, **7**(2b).
- Orsi G., D'Antonio M., de Vita S. & Gallo G. (1992) - *The Neapolitan Yellow Tuff, a large-magnitude trachytic phreatoplinian eruption: eruptive dynamics, magma withdrawal and caldera collapse*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **53**, 275-287.
- 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*. Mar. Geol., **72**, 259-285.
- 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*. J. Volcanol. Geotherm. Res., **34**, 153-172.
- Rosi M. & Sbrana A. (Eds.) (1987) - *Phlegrean Fields*. C.N.R., Quad. de "La Ric. Scient.", **114**(9), 176 pp., Roma.
- Rosi M., Sbrana A. & Vezzoli L. (1988) - *Correlazioni tefrostratigrafiche di alcuni livelli di Ischia, Procida e Campi Flegrei*. Mem. Soc. Geol. It., **41**, 1015-1027 (1992).
- Santacroce R. (Ed.) (1987) - *Somma-Vesuvius*. C.N.R., Quad. de "La Ric. Scient.", **114**(8), 252 pp., Roma.
- Self S. & Sparks R.S.J. (Eds.) (1981) - *Tephra Studies*. NATO Advanced Study Institutes Series, Series C, **75**, D. Reidel Publ. Comp. Dordrecht, 481 pp.
- Società Geologica Italiana (1989) - *Guida all'escursione CNR-ENEA "Elementi di tettonica pliocenico-quaderna-*

- ria ed indizi di sismicità olocenica nell'Appennino laziale-abruzzese*". 31 maggio-2 giugno, 129 pp., Roma.
- Shane P.A.R. & Froggatt P.C. (1994) - *Discriminant function analysis of glass chemistry of New Zealand and North American tephra deposits*. *Quat. Res.*, **41**, 70-81.
- Smith D.G.W. & Westgate J.A. (1969) - *Electron probe technique for characterising pyroclastic deposits*. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **5**, 313 - 319.
- Sparks R.S.J. & Huang T.C. (1980) - *The volcanological significance of deep-sea ash layers associated with ignimbrites*. *Geol. Mag.*, **117**(5), 425-436.
- Steen Mc-Intyre V. (1977) - *A manual for Tephrochronology*. Pubblicato dall'Autore, Idaho Springs, Colo. 80452, 167 pp.
- Thorarinsson S. (1981) - *The application of tephrochronology in Iceland*. In: S. Self & R.S.J. Sparks (Eds.), *Tephra Studies*. NATO Advanced Study Institutes Series, Series C, 75, D. Reidel Publ. Comp. Dordrecht, 109-134.
- Thunell R., Federman A., Sparks S. & Williams D. (1979) *The age, origin, and volcanological significance of the Y-5 ash layer in the Mediterranean*. *Quat. Res.*, **12**, 241-253.
- Vezzoli L. (Ed.) (1988) - *Island of Ischia*. C.N.R., Quad. de "La Ric. Scient.", **114**(10), 132 pp., Roma.
- Vezzoli L. (1991) - *Tephra layers in Bannock Basin (Eastern Mediterranean)*. *Mar. Geol.*, **100**, 21-34.
- Westgate J.A. & Gold C.M. (Eds.) (1974) - *World bibliography and index of Quaternary tephrochronology*. University of Alberta, 528 pp.
- Westgate J.A. & Gorton M.P. (1981) - *Correlation techniques in tephra studies*. In: S. Self & R.S.J. Sparks (Eds.), *Tephra Studies*. NATO Advanced Study Institutes Series, Series C, 75, D. Reidel Publ. Comp. Dordrecht, 73-94.
- Zarlenga F. (1987) - *I depositi continentali del Bacino del Fucino (L'Aquila, Italia centrale)*. *Geol. Romana*, **26**, 223-253.

Manoscritto ricevuto il 5. 10. 1994

Inviato all'Autore per la revisione il 6. 10. 1994

Testo definitivo ricevuto il 13. 10. 1994