

IL BACINO PLIO-PLEISTOCENICO DEL VALDARNO SUPERIORE: EVENTI DEPOSIZIONALI, PALEOMAGNETICI E PALEOCLIMATICI

A. Albianelli - A. Bertini - M. Magi - G. Napoleone - M. Sagri
Dip.to di Scienze della Terra, Università di Firenze, Firenze

RIASSUNTO - *Il bacino plio-pleistocenico del Valdarno superiore: eventi deposizionali, paleomagnetici e paleoclimatici* - *Il Quaternario*, 8(1), 1995, 11-18 - Il Valdarno superiore è un bacino distensivo asimmetrico formatosi durante i sollevamenti differenziali della catena appenninica, riempito da tre successioni fluvio-lacustri di età compresa fra il Pliocene superiore e il Pleistocene medio, separate da superfici erosive, discordanze angolari e hiatus deposizionali. Le misure paleomagnetiche hanno permesso di individuare gli eventi magnetici dal Pliocene superiore fino al Pleistocene inferiore (?medio). In particolare nella seconda successione, sopra le Argille del T. Ascione, si individua la fine dell'evento Olduvai, caratterizzata da un breve intervallo negativo all'interno del quale cade il limite Pliocene-Pleistocene. Le analisi palinologiche individuano, nella porzione basale della sequenza lacustre limoso-argillosa della prima successione, condizioni calde ed umide. L'episodio freddo e secco, registrato verso il tetto della sequenza, è probabilmente correlabile al maggior evento di raffreddamento del Pliocene superiore (Pretigliano). Condizioni calde si ristabiliscono al tetto della prima successione. Alternanze di fasi calde e fresche con tassi di umidità variabili si registrano nella seconda successione, nella porzione terminale della quale è testimoniata la presenza di una fase fredda relativamente secca (Eburoniano). I livelli analizzati nella terza successione mostrano nel complesso un clima temperato-freddo/fresco, con fasi più umide e più secche.

ABSTRACT - *The Upper Valdarno plio-pleistocenian basin: depositional, palaeomagnetic and palaeoclimatic events* - *Il Quaternario*, 8(1), 1995, 11-18 - The structural setting of the Valdarno Basin in the Apennines is conformable to the NW-SE trend common of Apenninic intermontane basins. The Valdarno Basin is an extensional asymmetric basin 35 km long and 15 km wide produced by the differential uplifting of the Apennines during late Pliocene-middle Pleistocene times. Major normal fault systems characterize the steep NE margin that was affected by marked vertical displacements, whereas minor antithetic faults mark the gentler SW margin. Alluvial and palustrine-lacustrine sediments fill the basin up to a depth greater than 550 m. Sharp erosional surfaces, depositional hiatuses and local angular unconformities define three main sedimentary successions. (a) Deposition of the lowermost succession — outcropping at Castelnuovo dei Sabbioni — started in small depressions with fluvio-deltaic sands and gravels; the NE flank of these depressions is bordered by the major normal fault systems. Later, environmental conditions suitable to peat deposition occurred with thick lignite seams forming in the south-western margin of the basin. This was followed by rapid and intense subsidence causing the deepening of the lake which, in late Pliocene, was filled by deltaic sediments and whitish to light-yellow alluvial sands. Ongoing palynological analyses indicate a subtropical/warm-temperate climate at the bottom of the sequence and cold-humid to cold-dry climate in the upper part of it. This latter episode is probably related to the major cooling occurred in late Pliocene and may be correlated with the Praetiglian of northern Europe. Dry climate conditions, during the final phase of the basin infilling, favoured ephemeral and fluctuating perennial flows producing terminal fan deposits. On the top of the sequence a new warm-humid episode occurred. At the end of late Pliocene, major tectonic movements displaced mainly the north-eastern margin of the basin, which was markedly tilted and enlarged. (b) The second succession (outcropping at Montevarchi) was deposited during latest Pliocene-early Pleistocene; lacustrine and fan-delta sediments from the uplifted flank of the basin form the succession. The fan-delta deposits consist of fan-head coarse-grained disorganized gravels with an abundant sandy matrix; down-fan, these deposits pass laterally to lenticular bodies of gravels and massive sands, whereas transitional and subaqueous portions of fan-delta deposits consist of massive silts interbedded with lenses and layers of sands. The lacustrine deposits are predominantly clayey with sand intercalations. A basin-wide level of peaty clay occurs in the upper portion of the lacustrine sediments. Palynological analyses show a sequence of cold and warm phases, indicative of well established glacial/interglacial climatic cycles. In the upper part of the sequence a cold, prevalently dry phase seems to be correlatable to the beginning of Eburonian in northern Europe. The following period of tectonic and depositional stability is recorded by pedogenetic processes and partial erosion of the upper portion of the Montevarchi sequence. (c) Deposition of the third succession started under subaerial conditions during middle (early?) Pleistocene with fluvial and alluvial fan sediments (sequence of Monticello and Ciuffenna). Fluvial deposits are poorly-sorted gravels and medium- to coarse-grained sands capped by overbank massive silt and clay displaying a widespread pseudogley pedogenesis. Alluvial fan deposits are formed of poorly stratified clast-supported gravels and sands covered by intensely pedogenized silty clays. Results of a palynological analysis carried out in the basal part of the succession show that the climate was cold/cool to temperate with humid and dry phases. Mammal faunas are present in several levels of the Upper Valdarno basin allowing the biochronological dating of tectonic and sedimentary stages. A palaeomagnetic study carried out in the first and second successions allows to relate the biochronological dates to the Geomagnetic Polarity Time Scale (GPTS). Palaeomagnetic data from the lacustrine clayey-silt portion of the first sedimentary cycle indicates the polarity sequence belonging to the late Gauss chron. The lowermost silts show a normal polarity followed by a moderately short reversed interval covering most of the lower lignite seam; throughout the following sequence magnetization shows a normal polarity. The faunal assemblage recovered in the lignite seam is early Villafranchian in age, which fits a late Gauss correlation in the GPTS. The second sedimentary succession contains the Matassino local fauna and a slightly younger Tasso l.f. assemblages: these were found in beds lying within the second and third reversed polarity interval respectively, of the composite sequence measured along several outcrops. The late Villafranchian age of the fauna dated as latest Pliocene and early Pleistocene allows to assign the first bed to the top of the Olduvai subchron marking the Pliocene-Pleistocene boundary, and the second bed, which is just above the first one, to the following Matuyama chron. In particular, two other more isolated samples, which were collected in the silt beds of the third sedimentary cycle of mid-late Pleistocene show again a reversed magnetization.

Parole chiave: Bacini estensionali, Plio-Pleistocene, sedimentologia, magnetostratigrafia, palinologia, Valdarno superiore, Toscana, Italia
Key words: Extensional basins, Plio-Pleistocene, sedimentology, magnetostratigraphy, palynology, Upper Valdarno, Tuscany, Italy

1. INTRODUZIONE

Il bacino fluvio-lacustre del Valdarno superiore è ubicato a circa 30 km a SE di Firenze tra la dorsale del Pratomagno ed i Monti del Chianti. E' una delle più estese conche intermontane dell'Appennino Settentrionale: è lungo circa 35 km ed ha una larghezza massima di 15 km (Fig. 1). Il bacino si è impostato su una struttura asimmetrica (semigraben), con il margine sud-occidentale poco inclinato ed il margine nord-orientale molto acclive. In corrispondenza di quest'ultimo, ai piedi della dorsale del Pratomagno, è ubicato il sistema di faglie principali lungo le quali si sono verificati i maggiori movimenti verticali con dislocazioni valutabili sui 1500 m (Abbate *et al.*, 1991). Il Valdarno superiore è un bacino distensivo che si è formato durante i sollevamenti differenziali della catena appenninica ed è riempito da depositi lacustri, fluviali, e di conoide alluvionale (Fig. 2). Questi sedimenti hanno richiamato l'attenzione degli studiosi fino dal Rinascimento per l'abbondanza e l'ottimo stato di conservazione di fossili di vertebrati (Azzaroli, 1984).

Molte faune a mammiferi caratteristiche del Villafranchiano provengono infatti da questo bacino, in cui esistono tre principali associazioni faunistiche locali, Gaville, Matassino e Casa Frata-Tasso. La più antica, riferibile all'Unità Faunistica Triversa, è del Villafranchiano inferiore, mentre le altre indicano il Villafranchiano superiore (U.F. Olivola e Tasso) (Torre *et al.* 1993).

Allo scopo di meglio definire l'evoluzione paleoambientale e l'inquadramento cronostratigrafico del bacino, gli studi sedimentologici e quelli sulle faune a mammiferi, intrapresi da lungo tempo, sono stati recentemente affiancati da indagini magnetostratigrafiche e palinologiche.

2. SUCCESSIONE STRATIGRAFICA

I sedimenti che riempiono il Valdarno superiore sono costituiti da materiali silico-clastici di ambiente continentale del Pliocene superiore e del Pleistocene, che nel depocentro del bacino raggiungono spessori di circa 550 m (Merla, 1949; Abbate, 1983).

Le rocce del substrato e dei fianchi del bacino sono costituite dalle arenarie oligoceniche del Macigno, nel lato sud-occidentale, e dalle arenarie torbiditiche mioceniche dell'unità Cervarola-Falterona nel lato nord-orientale. Lembi di unità liguri cretaceo-eoceniche, fortemente tettonizzate, ricoprono localmente le arenarie oligo-mioceniche.

Nel riempimento del bacino sono state riconosciute tre fasi principali (Sestini, 1936; Merla & Abbate, 1967), durante le quali si sono deposte successioni sedimentarie (sintemi) separate fra loro da superfici erosive, discordanze angolari e hiatus deposizionali (Fig. 2).

1° Fase: depositi fluvio-lacustri di Castelnuovo dei Sabioni (Pliocene superiore)

I depositi della prima fase sedimentaria sono spessi circa 300 m e sono rappresentati da ciottolami e sabbie basali (Ciottolami e Sabbie di Spedalino) di ambiente fluvio-deltizio, spessi circa 40 m, che passano verso l'alto ad argille e sabbie lacustri (Argille di Meleto). Queste ultime sono spesse circa 200-250 m e contengono alla base 2 livelli principali di lignite. I depositi lacustri passano gradatamente a sabbie grossolane di ambiente fluvio-deltizio (Sabbie di San Donato *p.p.*), spesse circa 60 m, a loro volta ricoperte, con una leggera discordanza angolare, da sabbie giallo chiare e bianche (Sabbie di San Donato *p.p.*), generalmente ben selezionate, deposte in fiumi effimeri e in conoidi terminali (Magi & Sagri, 1994).

I depositi della prima fase sono inclinati verso NE di 10°-50° e sono ricoperti in discordanza dai sedimenti delle altre due fasi in giacitura sub-orizzontale.

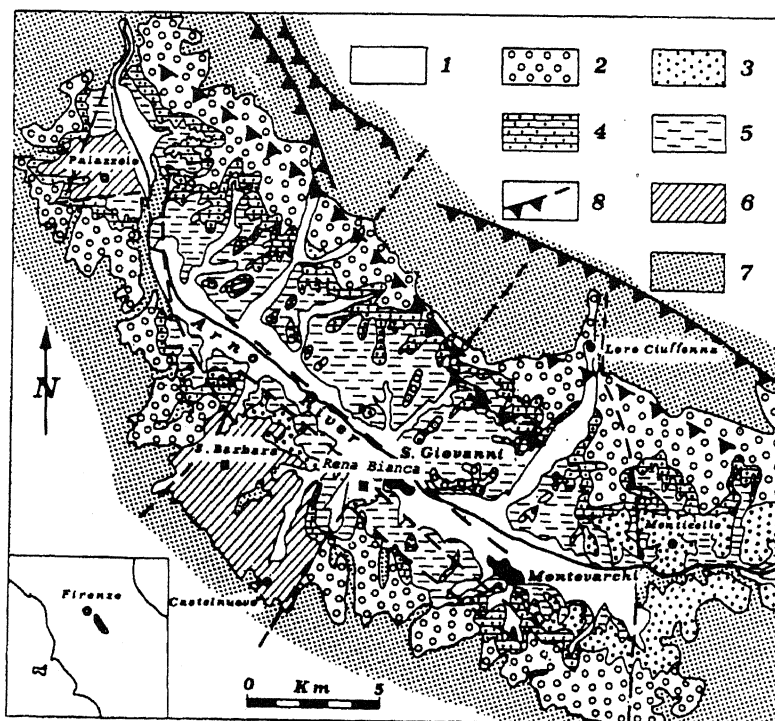
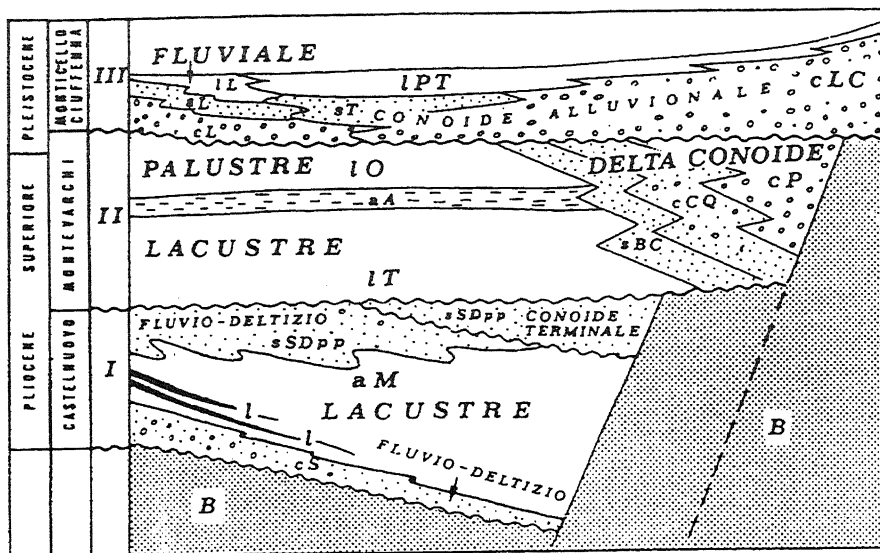


Fig. 1 - Carta geologica schematica del bacino del Valdarno superiore: 1) alluvioni recenti e terrazzate. Sedimenti della terza fase (Pleistocene ?inf-medio): 2) ciottolami e sabbie delle conoidi alluvionali del Ciuffenna; 3) depositi fluviali di Monticello. Sedimenti della seconda fase (Montevarchi) del Pliocene superiore-Pleistocene inferiore: 4) depositi di delta-conoide; 5) depositi palustro-lacustri. Sedimenti della prima fase del Pliocene superiore: 6) depositi fluvio-lacustri di Castelnuovo. 7) rocce del substrato; 8) faglie principali affioranti e sepolte.

Geologic map of the Valdarno Basin. 1) Recent terraced alluvium. Sediments of the 3rd phase (early?-middle Pleistocene): 2) Ciuffenna alluvial fan gravel and sand; 3) Monticello fluvial deposits. Sediments of the 2nd phase (Montevarchi), upper Pliocene-lower Pleistocene in age: 4) delta fan deposits; 5) palustral-lacustrine deposits. Sediments of the upper Pliocene first phase: 6) Castelnuovo fluvio-lacustrine deposits. 7) Substratum rocks; 8) Buried and outcropping main faults.



sSD: Sabbie di San Donato, aM: Argille di Meleto, l: livelli di lignite, cS: Ciottolami e Sabbie di Spedalino. B: rocce del substrato.

Schematic stratigraphy of the plio-pleistocenice Valdarno Basin filling deposits and environmental interpretation. III: 3rd phase (Monticello fluvial sediments and Ciuffenna alluvial fan deposits of early-middle ?Pleistocene; IL: Latereto silts; sL: Levane sands; cL: Laterina gravel; IPT: Pian-di-Tegna silts; sT: Tasso sands; cLC: Loro-Ciuffenna gravel. II: 2nd phase (Montevarchi palustral-lacustrine and delta-fan deposits of late Pliocene-early Pleistocene); IO: Oreno river sands and silts; aA: Argille del T. Ascione; IT: Limi di Terranuova; sBC: Borro-alle-Cave sands; cCQ: Casa-la-Querce gravel and sand; cP: Penna gravel. I: First phase (Castelnuovo fluvio-lacustrine deposits, upper Pliocene); sSD: San Donato sand; aM: Meleto clay; l: lignite seams; cS: Spedalino gravel and sand; B: bedrock.

2ª Fase: depositi lacustro-palustri e di delta-conoide di Montevarchi (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore)

I depositi della seconda fase, spessi circa 200 m, sono rappresentati da sedimenti palustro-lacustri che passano lateralmente a depositi di delta-conoide (Billi *et al.*, 1991). La porzione inferiore e media dei depositi lacustri (Limi di Terranuova) è rappresentata in prevalenza da argille limose con intercalati livelli e lenti di sabbie. La porzione superiore è più sabbiosa con intercalate lenti di ciottolami fini (Limi e Sabbie del T. Oreno). Queste due unità sono separate da un livello esteso su tutto il bacino, spesso 5-20 m di argille torbose (Argille del T. Ascione).

I depositi di *fan-delta* sono rappresentati da ciottolami grossolani e disorganizzati (Ciottolami della Penna) di apice di conoide, che passano sotto corrente a corpi lenticolari di ciottolami e sabbie massicce (Ciottolami e Sabbie di C.la Querce). La porzione subacquea dei *fan-delta* consiste di limi massicci con intercalazioni di lenti e livelli di sabbie (Sabbie e Limi di Borro Cave).

3ª Fase: depositi fluviali di Monticello e sedimenti di conoide alluvionale del T. Ciuffenna (Pleistocene ?inferiore-medio)

I depositi della terza fase comprendono i sedimenti fluviali di Monticello nel centro del bacino e i depositi di conoide alluvionale del T. Ciuffenna nelle zone marginali.

I depositi fluviali di Monticello (Billi *et al.*, 1987), spessi da 30 a 50 m, sono rappresentati da ciottolami ad elementi calcarei provenienti dalle unità liguri (Ciottolami di Laterina), sabbie medio-grossolane (Sabbie di Levane) e da limi massicci fortemente pedogenizzati (Limi di Latereto).

I depositi di conoide alluvionale del T. Ciuffenna (Magi, 1989) sono caratterizzati da 30-80 m di ciottolami massicci con alcune intercalazioni di sabbie grossolane

(Ciottolami di Loro Ciuffenna). Verso il centro del bacino i ciottolami passano a sabbie e limi (Sabbie del Tasso). Sia i ciottolami che le sabbie sono ricoperti da limi pedogenizzati con intercalati sottili livelli di sabbie e ciottolami (Limi di Pian di Tegna).

3. PALEOMAGNETISMO

Lo studio della magnetizzazione residua delle successioni sedimentarie del Valdarno superiore riveste particolare interesse sotto diversi punti di vista: in primo luogo la ricostruzione di una dettagliata magnetostratigrafia permette di calibrare le importanti faune a mammiferi, rinvenute in tutto il bacino, e i maggiori eventi climatici ricostruibili attraverso l'indagine palinologica; in secondo luogo l'approfondimento della conoscenza del comportamento magnetico dei vari litotipi ha utili ripercussioni sullo studio dei sedimenti formati in condizioni riducenti, di cui certi ambienti lacustri sono un chiaro esempio.

Purtroppo i depositi delle tre fasi non sono campionabili nell'interezza della loro successione verticale, perché i sedimenti che possono dare utili indicazioni magnetostratigrafiche sono quelli formati per decantazione, o comunque in assenza di forti correnti; con ciò vengono esclusi i sedimenti più grossolani a favore delle porzioni argilloso-siltose. Sono quindi decisamente scarse le informazioni ricavabili dalla terza successione, priva di sedimenti lacustri, mentre più favorevoli sono state le campionature della prima e della seconda.

I campioni sono stati prelevati in affioramento e, per la porzione inferiore delle Argille di Meleto, è stato ese-

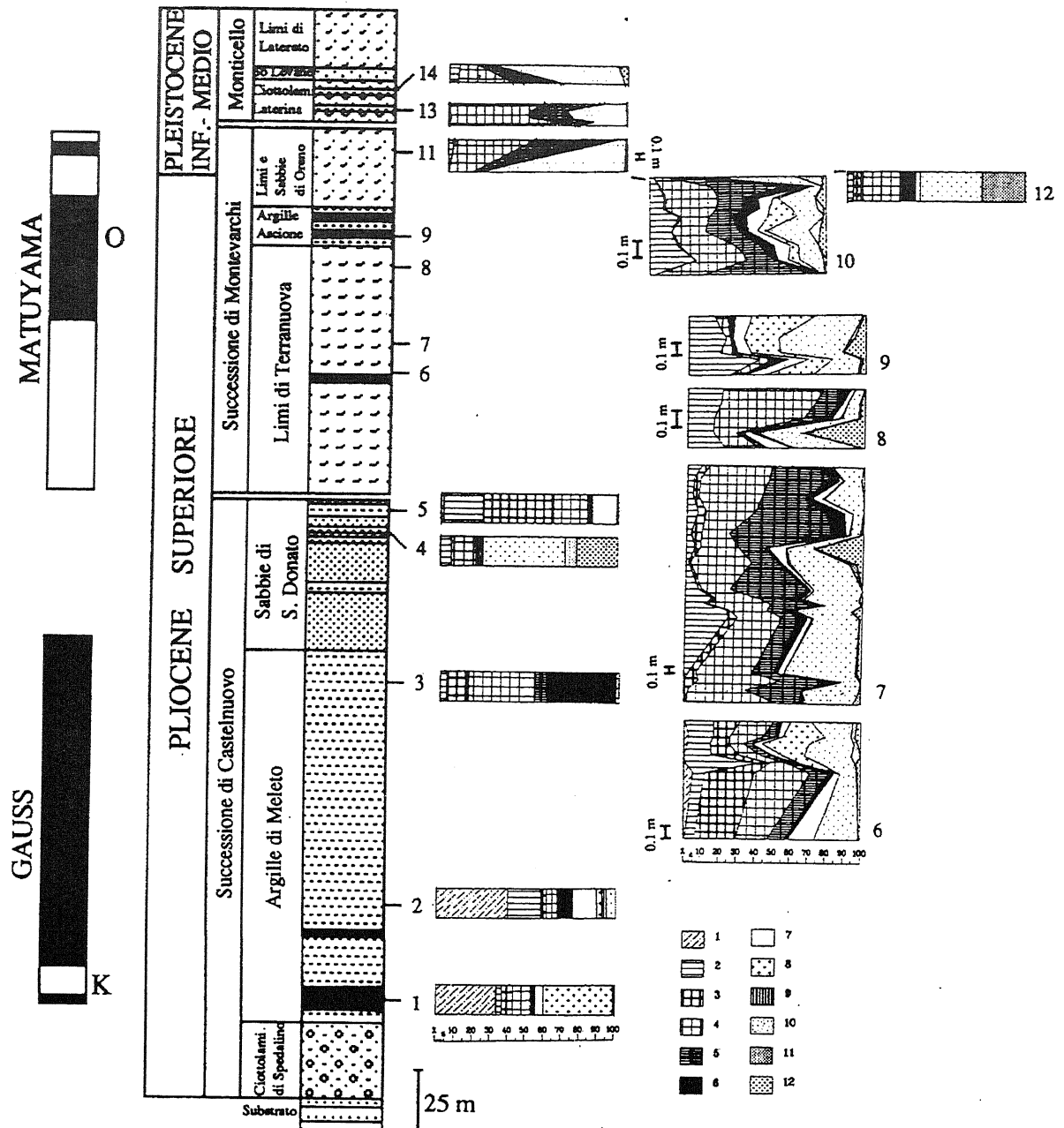


Fig. 3 - Polarità magnetica e diagrammi palinologici sintetici nella successione del Valdarno superiore. Gruppi vegetazionali: 1) Elementi subtropicali/temperato-caldi (*Taxodium*, *Nyssa* ecc.); 2) Latifoglie termofile (*Quercus*, *Carpinus*, ecc.); 3) Cf. *Cathaya* e *Pinus t. haploxyton*; 4) *Pinus* più Pinacee varie indeterminate; 5) *Tsuga* e *Cedrus*; 6) *Picea* e *Abies* più *Fagus* e *Betula*; 7) Altre piante arboree ad esigenze edafiche e/o microclimatiche locali; 8) *Salix* e *Alnus*; 9) Elementi mediterranei (*Olea*, *Phillyrea*, ecc.); 10) Piante erbacee: 11) *Artemisia* e *Ephedra*, 12) Idrofite.

Magnetic polarity, chronostratigraphy and synthetic pollen diagrams. Vegetational groups: 1) Subtropical/temperate-hot elements (*Taxodium*, *Nyssa* etc.); 2) Thermophile broadleaf trees (*Quercus*, *Carpinus*, etc.); 3) Cf. *Cathaya* and *Pinus t. haploxyton*; 4) *Pinus* and various undetermined pine trees; 5) *Tsuga* and *Cedrus*; 6) *Picea* and *Abies* with *Fagus* and *Betula*; 7) Other arboreal edaphic plants and/or governed by local microclimatic factors; 8) *Salix* and *Alnus*; 9) Mediterranean elements (*Olea*, *Phillyrea*, etc.); 10) Herbaceous plants: 11) *Artemisia* and *Ephedra*, 12) Hydrophilous plants.

guito anche un carotaggio continuo che ha raggiunto il substrato del bacino.

Le misure sono state effettuate presso il laboratorio magnetico dell'ETH di Zurigo.

1° Fase (successione di Castelnuovo dei Sabbioni)

Il dettagliato campionamento delle Argille di Meleto,

nella cava di S. Barbara, ha permesso di evidenziare come principali portatori della magnetizzazione residua i solfuri di ferro (greigite, pirrotine) (Albianelli *et al.*, in stampa), la cui abbondanza nel sedimento è giustificata dalle condizioni anossiche del primitivo lago del Valdarno. La presenza della mineralizzazione magnetica a solfuri diventa sempre più evidente man mano che ci si avvicina

na al banco inferiore di lignite, in relazione all'aumento della quantità di materia organica. Notevole è la somiglianza, da questo punto di vista, tra questa sezione e altre affioranti in bacini lignitiferi e carboniferi dell'Europa orientale nonché con sedimenti lacustri recenti di svariate località europee (Snowball & Thompson, 1988; Kalcheva *et al.*, 1990; Snowball, 1991; Krs *et al.*, 1990, 1992).

La successione delle magnetizzazioni caratteristiche dei campioni descrive una lunga polarità normale che, alla sua base, è interrotta, pochi metri sopra il banco di lignite, da una breve polarità inversa (Fig. 3). I resti di *Tapirus arvernensis*, *Ursus minimus*, *Dicerorhinus* sp., *Leptobos* sp., rinvenuti nel livello lignitifero e nelle argille immediatamente sovrastanti, così come i dati paleontologici e paleomagnetici relativi alla successione soprastante (Torre *et al.*, 1993), conducono ad attribuire al Pliocene superiore i depositi della prima sequenza. L'inversione di polarità sopra citata dovrebbe quindi corrispondere ad uno, e presumibilmente al primo, dei due eventi negativi dell'epoca normale "Gauss" (evento "Kaena"; Chron 2An.1r).

I pochi campioni prelevati nelle Sabbie di S. Donato, al tetto della successione, mostrano anch'essi una polarità positiva.

2° Fase (Successione di Montevarchi)

Significativi risultati sono stati ottenuti dall'investigazione di due sezioni riferibili a questa seconda fase. Il campionamento paleomagnetico ha interessato diverse sezioni di limitata estensione. La sezione composita proposta mostra la successione delle polarità magnetiche riconosciute (Fig. 3). L'integrazione con i dati paleontologici (U.F. Olivola e Tasso) permette di attribuire l'intervallo a polarità normale all'evento "Olduvai" e di assegnare la successione di Montevarchi al Pliocene superiore-Pleistocene inferiore (Torre *et al.*, 1993). E' da segnalare che al tetto dell'"Olduvai", riconosciuto nei Limi e Sabbie di Oreno, è stato rinvenuto un breve intervallo a polarità negativa, analogo a quello riscontrato negli studi paleomagnetici di sedimenti marini dell'Italia meridionale (Vrica e aree di Crotone e Monte Singa) da Tauxe *et al.* (1983) e Zijdeveld *et al.* (1991).

3° Fase (Successione di Monticello)

La successione di Monticello è attualmente attribuita al Pleistocene medio sulla base di dati paleontologici e paleomagnetici; essa è stata campionata solo in due livelli siltosi intercalati nei Ciottolami di Laterina (Fig. 3). Le indagini paleomagnetiche hanno evidenziato una successione di polarità negative. Non si può quindi escludere l'appartenenza anche alla parte terminale del Pleistocene inferiore.

4. PALINOLOGIA

Nei sedimenti del Valdarno superiore, analisi palinologiche sono state condotte a partire dagli anni settanta (Marcucci, 1970; Follieri, 1977; Bertini, 1984; 1985; 1989; Roberts, 1991; Bertini, in stampa). I risultati paleo-

magnetici recentemente acquisiti hanno fornito un nuovo impulso e nuovi spunti per una più precisa interpretazione paleoambientale del bacino.

I campioni sono stati trattati con metodo standard. I diversi taxa riconosciuti sono stati riuniti in 12 gruppi in base alle loro diverse esigenze ecologiche e climatiche e rappresentati con diagrammi palinologici sintetici (Fig. 3).

1° Fase (Successione di Castelnuovo dei Sabbioni)

Un dettagliato campionamento, sia in affioramento che su carota, è stato eseguito nelle Argille di Meleto, nella cava di lignite di S. Barbara. Nelle Sabbie di S. Donato (cave di S. Barbara e Silva), sono stati prelevati campioni nei pochi livelli limoso-argillosi intercalati alle sabbie. Nella Figura 3 sono schematizzati gli spettri pollinici relativi a cinque campioni provenienti dalla successione di Castelnuovo dei Sabbioni. Nella parte basale delle Argille di Meleto (diagramma 1) sono presenti in alta percentuale i granuli pollinici di elementi sub-tropicali e temperato-caldi rappresentati principalmente da *Taxodium* e *Alnus*. L'abbondanza di questi taxa, spesso correlabile con condizioni microclimatiche e/o edafiche locali, conferma l'esistenza di un ambiente lacustre. *Quercus*, *Ulmus*, *Carya*, *Juglans* sono discretamente rappresentati seguono Clethraceae-Cyrillaceae, *Diospyros*, Celastraceae, Sapotaceae, ecc. I granuli delle piante erbacee sono rari. Nel campione proveniente dalla porzione medio-inferiore (diagramma 2) l'associazione pollinica differisce dalla precedente solo per la minore diffusione di *Alnus* e per una più ampia distribuzione delle altre latifoglie termofile (*Quercus*, *Ulmus*, *Zelkova*, *Pterocarya*, *Engelhardtia*, *Distylium*, *Parrotia*, *Liquidambar*, *Juglans*, ecc.). Nel terzo livello (diagramma 3) il polline delle Pinacee, particolarmente quello degli elementi montani, è dominante: *Picea* raggiunge il 30%, seguito da *Fagus* e *Abies*; *Pinus* e cf. *Cathaya* sono ben rappresentati. *Taxodium* ed altri elementi sub-tropicali e temperato-caldi sono assenti. Le erbe (Asteraceae Cichorioideae, Poaceae, Apiaceae, Cyperaceae) sono scarse. Il campione prelevato nella porzione intermedia dell'affioramento di Sabbie di S. Donato, a Cava Silva (diagramma 4), mostra un'associazione dominata dal polline delle piante erbacee, in particolare Poaceae e Asteraceae compresa *Artemisia*. Gli elementi sub-tropicali/temperato-caldi sono assenti ed anche quelli temperato/temperato-caldi sono rappresentati complessivamente da percentuali inferiori al 10%.

Un nuovo incremento in elementi termofili è registrato nel livello al tetto delle sabbie (diagramma 5). *Taxodium* ricompare. *Carya* è ben rappresentata, seguita da *Quercus*, *Carpinus*, *Ilex*, *Pterocarya*, ecc. Tra le Pinacee, gli elementi montani sono in bassa percentuale mentre *Pinus* t. *haploxylon*-cf. *Cathaya* raggiungono alti valori. Le erbe sono rare.

I primi dati raccolti consentono di individuare condizioni calde ed umide (clima da subtropicale a temperato-caldo) in corrispondenza della porzione basale della successione. Un episodio freddo ed umido è registrato nella

parte superiore delle Argille di Meleto, mentre nel livello proveniente dalla parte intermedia dell'affioramento delle Sabbie di S. Donato, a Cava Silva, si ha testimonianza di una fase ancora fredda ma secca. L'associazione floristica che caratterizza quest'ultima fase contraddistingue nell'area mediterranea nord-occidentale alla basse e medie latitudini, le fasi glaciali del Pliocene superiore e del Pleistocene (Elhai, 1969; Bertoldi, 1977; Suc, 1978; 1984; Julià Bruges & Suc, 1980; Leroy, 1990; Ablin, 1991). Nelle successioni di Lefte (Lona, 1950; Lona & Bertoldi, 1973; Ravazzi, 1993) e di Stirone (Bertini & Vannucchi, 1993), ambedue localizzate nell'Italia settentrionale, le fasi glaciali sono invece caratterizzate dall'incremento delle conifere (soprattutto *Picea*, *Cedrus* e *Tsuga*). Tenuto conto delle indicazioni paleomagnetiche relative ai sedimenti della prima e seconda fase, non è improbabile che il culmine della risposta al maggior evento glaciale registrato a 2.6 Ma (correlabile con il Pretigliano; Zagwijn, 1960; Suc & Zagwijn, 1983) possa essere individuato in corrispondenza del diagramma 4 piuttosto che in quello precedente. Al tetto delle Sabbie di San Donato, poco prima della discordanza che separa i sedimenti della prima successione da quelli della seconda (diagramma 5), si registra un miglioramento climatico.

2° Fase (Successione di Montevarchi)

Gli affioramenti campionati nella successione di Montevarchi sono risultati molto più discontinui e di più limitato spessore. Il campionamento ha interessato prevalentemente i livelli argillosi, argilloso-torbosi e, più raramente, quelli argilloso-sabbiosi.

Le analisi condotte nei sedimenti dei Limi di Terranuova forniscono indicazioni di clima generalmente caldo. *Quercus*, *Tilia*, *Carya*, *Pterocarya*, *Salix*, ecc. sono ben rappresentati (Fig. 3, diagrammi 6-8). Tra i taxa tipici del Pliocene, *Pinus t. haploxylon*-cf. *Cathaya* sono rappresentati discretamente, mentre *t. Taxodium* è presente in più bassa percentuale. Altri elementi tipicamente neogenici sono sporadici. Le piante erbacee hanno una maggiore estensione rispetto a quella che avevano durante la deposizione dei sedimenti della successione di Castelnuovo. Tra queste sono presenti Poaceae, Asteraceae e molti generi idrofili. Alcuni livelli sono caratterizzati da condizioni relativamente più fresche ed umide, testimoniate, nei diagrammi, dall'aumento dei granuli pollinici di *Cedrus*, *Tsuga*, *Abies* e *Picea*.

Durante la deposizione delle Argille dell'Ascione si osserva un'alternanza tra fasi caldo-umide (Fig. 3, diagramma 9) e fasi fresche (Bertini, 1984). Gli elementi subtropicali divengono progressivamente meno frequenti e probabilmente relegati in particolari zone favorevoli alla loro sopravvivenza nelle quali vivevano come relitti (vedi *Taxodium*; Albanelli *et al.*, in prep.). Le piante termofile sono rappresentate, nel diagramma, principalmente dal polline di *Carya* e *Quercus*, *Pterocarya*, *Ulmus-Zelkova*, *Tilia*, *Carpinus*.

Nelle Sabbie e Limi di Oreno l'associazione floristi-

ca sembra essersi considerevolmente impoverita. *Taxodium* ed altri elementi subtropicali/temperato-caldi sono pressoché scomparsi; *Pinus t. haploxylon*-cf. *Cathaya* sono sporadici. Al tetto di questa unità è registrato un episodio caratterizzato da un forte incremento delle piante erbacee, in particolare Poaceae e Asteraceae inclusa *Artemisia*. Questa fase (Fig. 3, diagrammi 10-12) è registrata allo stesso livello stratigrafico campionato in località differenti (Albanelli *et al.*, in prep.). I diagrammi palinologici 10 e 11 registrano un forte incremento di Cyperaceae, il quale testimonia un progressivo restringimento dell'area lacustre. L'alto incremento in piante erbacee e la corrispondente diminuzione sia degli elementi termofili che di quelli montani sono indicativi di una fase fredda relativamente secca. Nel diagramma 11 segue una fase ancora fredda ma umida; essa è testimoniata dall'aumento di *Tsuga*, *Abies*, *Picea* e *Cedrus*. I dati paleomagnetici e paleontologici permettono di correlare tale fase, ubicata in prossimità del limite Plio-Pleistocene all'Eburoniano (Zagwijn, 1974).

3° Fase (Successione di Monticello)

Nella successione di Monticello, le analisi palinologiche sono state condotte in due livelli limosi intercalati nei Ciottolami di Laterina (Fig. 3, diagrammi 13-14). L'associazione floristica è fortemente impoverita rispetto a quella registrata nelle precedenti successioni. Nel primo livello (diagramma 13) domina il polline di *Pinus* cui segue quello di *Tsuga* e *Cedrus*. Il polline di alberi termofili come *Quercus*, *Carpinus* e *Carya* è meno comune. Tra le piante erbacee dominano Asteraceae Cichorioideae. Una progressiva riduzione di *Pinus*, *Tsuga* e *Cedrus* è registrata nel secondo livello (diagramma 14). Gli elementi termofili decidui mostrano un leggero incremento. Gli elementi montani (*Picea* e *Abies*) sono inizialmente presenti in alta percentuale, quindi subiscono una drastica riduzione. Al contrario, le erbacee, specialmente Asteraceae Cichorioideae, mostrano un progressivo incremento. Poaceae, Asteraceae Asteroideae, Dipsacaceae e Caryophyllaceae seguono con percentuali inferiori. I generi idrofili sono rappresentati da *Trapa*, *Sparganium*, *Typha latifolia*. Tra le Zygnemataceae è abbondante *Spirogyra*.

La presenza di *Tsuga*, Asteraceae Cichorioideae e *Pinus* nel primo livello testimonia la coesistenza nell'area di ambienti secchi ed umidi durante un periodo complessivamente freddo. Un episodio freddo relativamente umido all'inizio e successivamente molto secco è testimoniato nel secondo livello.

5. SUCCESSIONE DEGLI EVENTI

Durante il Villafranchiano inferiore movimenti tettonici verticali determinarono la formazione del bacino del Valdarno superiore. In questa fase si sviluppò una piccola depressione asimmetrica ai piedi dei Monti del Chianti, limitata a NE da faglie normali. Dopo una iniziale fase

deposizionale caratterizzata da sedimenti fluvio-deltizi, si instaurarono condizioni favorevoli allo sviluppo di torbiere e si formarono due livelli di lignite principali verso il margine sud-occidentale del bacino. Successivamente, a causa di una rapida e forte subsidenza, il livello dell'acqua si alzò, e si sviluppò un lago più profondo. Un clima di tipo subtropicale/temperato-caldo prevale durante questo intervallo di tempo anche se, nella sua parte finale, è registrato almeno un episodio di raffreddamento.

Il lago fu quindi riempito da depositi deltizi ed alluvionali in seguito al sollevamento delle sponde del bacino e ai cambiamenti climatici che portarono ad una fase secca caratterizzata da una vegetazione di tipo prevalentemente steppico. Queste condizioni climatiche favorirono lo sviluppo di fiumi effimeri e conoidi terminali nelle porzioni centrali della depressione. Seguì un periodo caratterizzato da un clima umido e caldo.

I sedimenti della prima fase si depositarono in corrispondenza della parte superiore dell'epoca magnetica normale "Gauss" (Chron C2An.1n). Alla base delle Argille di Meleto è stato riconosciuto l'evento inverso "Kaena" (Chron C2An.1r), all'interno del quale, intorno ai 3.1 Ma (Baksi, 1993), finisce la deposizione del banco inferiore di lignite coltivato nella miniera di S. Barbara.

Alla fine del Pliocene superiore il bacino si ampliò notevolmente, a causa dei movimenti tettonici che determinarono il progressivo sprofondamento della parte nord-orientale e il sollevamento della dorsale del Pratomagno.

La seconda successione consiste principalmente di depositi grossolani di delta-conoide, i più estesi dei quali sono rappresentati nel fianco nord orientale, e da depositi lacustri nella parte centrale del bacino. Le conoidi progredirono rapidamente verso il centro del lago determinando un rapido interrimento alla fine del Pleistocene inferiore. Durante la deposizione dei sedimenti della seconda successione si registra un'alternarsi di fasi calde e fredde indicative dell'instaurarsi dei cicli glaciali/interglaciali. Una fase fredda prevalentemente secca, probabilmente correlabile con l'inizio dell'Eburoniano del Nord Europa, è presente al tetto di questa successione.

Le analisi paleomagnetiche dimostrano che la seconda successione si è deposta durante la prima parte dell'epoca inversa "Matuyama" (Chron C2r). L'evento normale "Olduvai" (Chron C2n) è rappresentato per intero, e comprende, nella sua parte superiore, il breve intervallo inverso all'interno del quale si situa il limite Plio-Pleistocene.

Fra la fine della deposizione della seconda successione e l'inizio della terza successione si instaurò un periodo di quiescenza tettonica e scarsa deposizione come è testimoniato dall'intensa pedogenesi e parziale erosione della porzione sommitale della successione di Montevarchi.

Nel Pleistocene medio (?inferiore), cominciò la terza ed ultima fase di colmamento. La deposizione avvenne in condizioni subaeree, in ambiente fluviale e di conoide alluvionale durante un periodo, almeno inizialmente, temperato-fresco/freddo.

I livelli argillosi compresi nella terza successione

forniscono solo delle polarità negative e possono essere attribuiti, solo genericamente, alla parte superiore del "Matuyama" (Chron C1r).

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano l'ENEL nelle persone del Dr. Miotto e dei suoi collaboratori per la cortese assistenza durante le operazioni di campionamento nella cava di S. Barbara. Si ringrazia il Dr. Heller per l'assistenza e i preziosi consigli nelle misure magnetiche effettuate presso il laboratorio magnetico del Politecnico di Zurigo.

Lavoro finanziato con fondi M.P.I. 40% e 60%.

BIBLIOGRAFIA

- Abbate E., 1983 - *Schema stratigrafico della successione neoautoctona del Valdarno Superiore e del bacino di Arezzo*. In: *I depositi fluvio-lacustri del Valdarno Superiore*. Istituto di Geologia e Paleontologia di Firenze, 1-6.
- Abbate E., Bruni P. & Sagri M., 1991 - *Sezione geologica dai Monti del Chianti al Passo dei Mandrioli*. Studi Geol. Camerti, Vol. sp. (1991/1), 211-215.
- Ablin D., 1991 - *Analise pollinique des dépôts lacustres de Ceyssac, Plio-Pléistocène du Velay (Massif Central, France)*. Cahiers Micropal., n. s., 6, 21-38.
- Albianelli A., Napoleone G. & Pompeo R. (in stampa) - *Il ruolo dei solfuri nella magnetizzazione residua di sedimenti continentali e sedimenti marini*. Atti XII Conv. GNGTS, Roma 24-27 nov. 1993.
- Azzaroli A., 1984 - *On some Vertebrate remains of Middle Pleistocene age from the Upper Valdarno and Val di Chiana, Tuscany*. Palæontographia Italica, 73, 104-115.
- Baksi A.K., 1993 - *A geomagnetic polarity time scale for the period 0-17 Ma, based on ⁴⁰Ar/³⁹Ar plateau ages for selected field reversals*. Geophys. Res. Lett., 20, 1607-1610.
- Bertini A., 1984 - *Palinologia e Stratigrafia del Gruppo di Montevarchi nei dintorni di Terranuova B. e Figline. Valdarno Superiore*. Tesi, Univ. di Firenze, 170 pp.
- Bertini A., 1985 - *Studio palinologico sui sedimenti lacustri del Gruppo di Montevarchi nei dintorni di Figline e Terranuova B. (Valdarno Superiore)*. Pubbl. del Dip.to di Scienze della Terra, Univ. di Firenze, 25 pp.
- Bertini A., 1989 - *Nuovi dati palinologici sui sedimenti del Gruppo di Montevarchi (Valdarno Superiore)*. Inf. Bot. It., 21 (1-3), 253-261.
- Bertini A. & Vannucchi D., 1993 - *Etude palynologique du Pliocène de l'Italie septentrionale: la section de Stirone*. XIII Symp. Ass. des Palynologues de Langue Française (A.P.L.F.), Besançon, Riassunto, 33.
- Bertini A. (in stampa) - *Palynological investigations on*

- Upper Neogene and Lower Pleistocene sections in Central and Northern Italy.* Mem. Soc. Geol. It.
- Bertoldi R., 1977 - *Studio palinologico della serie di Le Castella (Calabria).* Acc. Naz. Lincei, Sci. Mat. Fis. Nat., **62**, 1° sem., 4, 547-555.
- Billi P., Magi M. & Sagri M., 1987 - *Coarse grained low-sinuosity river deposits: example from Plio-Pleistocene Valdarno basin, Italy.* In: Ethridge F.G., Flores R.M. & Harvey M.G. (eds.), *Recent Development in Fluvial Sedimentology*, S.E.P.M., Spec. Publ., **39**, 197-203.
- Billi P., Magi M. & Sagri M., 1991 - *Pleistocene lacustrine fan delta deposits of the Valdarno Basin, Italy.* J. Sed. Petrol., **61**, 280-290.
- Elhai H., 1969 - *La flore sporo-pollinique du gisement villafranchien de Senèze (Massif Central).* Pollen et Spores, **11**(1), 127-140.
- Follieri M., 1977 - *Evidence on the Plio-Pleistocene palaeofloristic evolution in Central Italy.* Riv. It. Paleont. Strat., **83**, 925-930.
- Julià Broguès R. & Suc J.-P., 1980 - *Analyse pollinique des dépôts lacustres du Pléistocène inférieur de Banyoles (Bañolas, site de la Bòbila Ordis - Espagne): un élément nouveau dans la reconstitution de l'histoire paléoclimatique des régions méditerranéennes d'Europe occidentale.* Geobios, **13**, 5-19.
- Kalcheva V., Nozharov P., Kovacheva M., and Shopov V., 1990 - *Paleomagnetic research on Black Sea Quaternary sediments.* Phys. Earth Planet. Int., **63**, 113-120.
- Krs M., Krsova M., Pruner P., Zeman A., Novak F. & Jansa J., 1990 - *A petromagnetic study of Miocene rocks bearing micro-organic material and the magnetic mineral greigite (Sokolov and Cheb basins, Czechoslovakia).* Phys. Earth Planet. Int., **63**, 98-112.
- Krs M., Novak F., Krsova M., Pruner P., Kouklikova L., & Jansa J., 1992 - *Magnetic properties and metastability of greigite-smythite mineralization in brown-coal basins of the Krusne Hory Piedmont, Bohemia.* Phys. Earth Planet. Int., **70**, 273-287.
- Leroy S., 1990 - *Paléoclimats plio-pléistocènes en Catalogne et Languedoc d'après la palynologie de formations lacustres.* Thesis, Univ. Catholique Louvain.
- Lona F., 1950 - *Contributi alla storia della vegetazione e del clima nella Valle Padana. Analisi pollinica del giacimento villafranchiano di Leffe (Bergamo).* Atti Soc. It. Sc. Nat., **89**, 123-178.
- Lona F. & Bertoldi R., 1973 - *La storia del Plio-Pleistocene italiano in alcune sequenze vegetazionali lacustri e marine.* Atti Acc. Naz. Lincei, sez. 3°, **11**, 1-45.
- Magi M., 1989 - *Carta geologica della Conoide di Loro Ciuffenna (Valdarno Superiore).* SELCA, Firenze.
- Magi M. & Sagri M., 1994 - *Terminal fan deposits in the Plio-Pleistocene Valdarno basin (Northern Apennines, Italy).* Int. Assoc. Sedimentol., Ischia. Abstract, 261-262.
- Marcucci M., 1970 - *Notizie paleobotaniche sul Valdarno.* 65° Congr. Soc. Geol. It., Guida alle escursioni, 139-140.
- Merla G., 1949 - *I Leptobos Rütim. italiani.* Paleontographia Italica, **46**, 41-115.
- Merla G. & Abbate E., 1967 - *Note illustrative della Carta geologica d'Italia, F. 144 "Arezzo".* Serv. Geol. It., 52 pp.
- Ravazzi C., 1993 - *Variazioni ambientali e climatiche al margine meridionale delle Alpi nel Pleistocene inferiore: stratigrafia e analisi pollinica della serie di Leffe.* Tesi, Università di Milano.
- Roberts P.D., 1991 - *Palynology of Early Pleistocene Lacustrine Deposits of the Valdarno Basin, Tuscany, Italy.* M.Sc. Thesis, Inst. Earth Studies, University of Wales, Aberystwyth, 48 pp.
- Sestini A., 1936 - *Stratigrafia dei terreni fluvio-lacustri del Valdarno superiore.* Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., **45**, 37-41.
- Snowball I. F., 1991 - *Magnetic hysteresis properties of greigite (Fe₃S₄) and a new occurrence in Holocene sediments from Swedish Lappland.* Phys. Earth Planet. Int., **68**, 32-40.
- Snowball I. & Thompson R., 1988 - *The occurrence of greigite in sediments from Loch Lomond.* J. Quat. Sci., **3**, 121-125.
- Suc J.-P., 1978 - *Analyse pollinique de dépôts plio-pléistocènes du sud du massif basaltique de l'Escandorgue (série de Bernasso - Lunas, Hérault - France).* Pollen et Spores, **20**, 4: 497-512.
- Suc J.-P., 1984 - *Origin and evolution of the Mediterranean vegetation and climate in Europe.* Nature, **307**, 429-432.
- Suc J.-P. & Zagwijn W.H., 1983 - *Plio-Pleistocene correlations between the northwestern mediterranean region and northwestern Europe according to recent biostratigraphic and palaeoclimatic data.* Boreas, **12**, 153-166.
- Tauxe L., Opdyke N.D., Pasini G. & Elmi C., 1983 - *Age of Plio-Pleistocene boundary in the Vrica section, southern Italy.* Nature, **304**, 125-129.
- Torre D., Albanelli A., Azzaroli A., Ficcarelli G., Magi M., Napoleone G. & Sagri M., 1993 - *Paleomagnetic calibration of Late Villafranchian mammal faunas from the Upper Valdarno, central Italy.* Mem. Soc. Geol. It., **49**, 335-344.
- Zagwijn W.H., 1960 - *Aspects of the Pliocene and Early Pleistocene vegetation in the Netherlands.* Meded. Geol. St. CIII-I, **5**, 78 pp.
- Zagwijn W.H., 1974 - *The Plio-Pleistocene boundary in western and southern Europe.* Boreas, **3**, 75-97.
- Zijderveld J.D.A., Hilgen F.J., Langereis C.G., Verhallen P.J.J.M. & Zachariasse W.G., 1991 - *Integrated magnetostratigraphy and biostratigraphy of the upper Pliocene-lower Pleistocene from the Monte Singa and Crotona areas in Calabria, Italy.* Earth Planet. Sci. Lett., **107**, 697-714.

Manoscritto ricevuto il 12. 5. 1994
 Inviato all'Autore per la revisione il 4. 11. 1994
 Testo definitivo ricevuto il 29. 11. 1994