

<i>Bollettino della Società Paleontologica Italiana</i>	36 (1-2), 1997	ISSN 0375-7633	213-230	3 tavv.	Parma, Dicembre 1997
---	----------------	----------------	---------	---------	----------------------

L'arenaria miocenica di Ponsano (Toscana, Italia): evoluzione paleoambientale e bio-cronostratigrafia

Luca Maria FORESI Vincenzo PASCUCCHI Fabio SANDRELLI

Dipartimento di Scienze della Terra

Università di Siena

KEY WORDS - *Stratigraphy, Paleoenvironment, Foraminifers, Miocene, Tuscany, Italy.*

RIASSUNTO - È stato esaminato il contenuto in foraminiferi bentonici e planctonici di alcune sezioni dell'Arenaria di Ponsano, una formazione miocenica affiorante nelle località di Ponsano (SE di Volterra, Pi) e di Rencine (NW di Siena).

I sedimenti di Rencine, studiati lungo una sola sezione stratigrafica, sono stati attribuiti alla Zona a Neogloboquadrina continuosa-Paragloborotalia siakensis (Sottozona a Neogloboquadrina continuosa) dello schema zonale a foraminiferi planctonici adottato e sono quindi da riferire al Serravalliano superiore. Dal punto di vista ambientale le associazioni a foraminiferi bentonici sarebbero indicative di una sedimentazione in ambiente infralitorale.

L'affioramento di Ponsano è stato studiato tramite l'esame di sette sezioni stratigrafiche, le quali hanno fatto seguito ad un rilevamento geologico alla scala 1:10.000. I rilievi hanno permesso la distinzione, all'interno della formazione, di due unità marnose e di due arenacee; nella seconda di queste ultime sono presenti, nella parte alta, anche livelli e lenti conglomeratiche. La successione ha uno spessore di circa 500 m e la sua età è Tortoniano inferiore (Zona a Neogloboquadrina acostaensis).

Secondo i dati micropaleontologici la sedimentazione si sarebbe svolta interamente nell'ambito della piattaforma. Più precisamente le unità arenacee e la seconda unità marnosa sarebbero riferibili alla zona infralitorale mentre la prima unità marnosa al circolitorale; i sedimenti della porzione superiore della formazione sono stati interpretati come un deposito di tipo deltilizio.

La sedimentazione di potenti spessori di arenarie e marne, realizzatasi costantemente in ambiente di piattaforma viene messa in relazione con una subsidenza tettonica pressoché uniforme, mentre le variazioni batimetriche registrate lungo la successione sono state riferite ad oscillazioni eustatiche del livello del mare. In particolare quella che contraddistingue il passaggio marne superiori - arenarie superiori è stata correlata con l'evento Mi7 della zonazione isotopica. La chiusura della sedimentazione sarebbe invece da imputarsi ad una diminuzione della subsidenza oppure ad un aumento della velocità di sedimentazione, legato al sollevamento di aree adiacenti, o ad entrambe le cause.

ABSTRACT - [Miocene Ponsano Sandstone (Tuscany, Italy): paleoenvironmental and bio-chronostratigraphic evolution] - Benthonic and planktonic foraminifers of the Middle-Upper Miocene sediments of the Ponsano Sandstone were studied. The outcrops investigated are located at Ponsano (SE of Siena) and Rencine (NW of Siena) in Tuscany. Some studies on these sediments have been done in the past to define the age and the characteristics of the abundant fauna contained in the sandstones, but no environmental analyses were performed.

The aim of this study is to define the thickness of the formation, paleo-environmental changes through time, its regressive or transgressive trend, and to verify its age.

In the Rencine area the formation lies on the bedrock represented by the Ligurian Unit and it is composed mainly of sandstones and marlstones; pebble conglomerates occur only in the upper part of the sequence. In this area the unit is attributed to the Neogloboquadrina continuosa-Paragloborotalia siakensis Zone (Neogloboquadrina continuosa Subzone) and therefore it is late Serravallian in age.

In the Ponsano area the base of the formation is not outcropping. In contrast, the top below the late Tortonian lacustrine sediments ("Serie lignitifera"), is well exposed. In this area, the outcropping sediments of the unit are attributed to the Neogloboquadrina acostaensis Zone, therefore they are early Tortonian in age. Seven stratigraphic sections were measured and the total thickness of the outcropping sediments is about 500 m. In this area the Ponsano Formation is characterized by two marly units and two sandy units. The sandstones are grey-yellow, medium to fine grained, well cemented and rich in macrofossils and trace fossils of the Skolithos ichnofacies; in the upper sandstone conglomerates occur. The marlstone are composed of massive grey marls and sandy marls.

Benthonic foraminifers are present in all the lithologies. In the Rencine outcrop the most frequent are: *Ammonia beccarii*, *Nonion boueanum*, *Textularia sagittula*, *Lobatula lobatula* and *Elphidium crispum*. This assemblage is indicative of the infralittoral zone. The Rencine succession could represent a transgressive trend.

In the Ponsano area, on the basis of foraminifers assemblages, it is possible to subdivide the succession into 4 parts:

A - frequent *Ammonia beccarii*, *Nonion boueanum*, *Textularia sagittula*, *Ammonia inflata*, *Nonion commune* and *Ammomarginulina* sp., and common *Bigenerina nodosaria*, *Lagenammina atlantica* and *Elphidium crispum*;

B - abundant *Heterolepa bellincionii*, *Ammonia inflata*, *Lenticulina calcar*, *Textularia abbreviata*, *Valvulinerina bradyana*, *Hopkinsina bononiensis* and common *Nonion commune*, *Spiroplectinella carinata* and *Haplophragmoides* spp.;

C - the same abundant taxa as B, but without *Hopkinsina bononiensis* (present in only one sample) and with very frequent *Uvigerinidae* (*Hofkeruva rutila* and *Uvigerina hollicki*) and *Buliminidae* (*Bulimina elongata*, *B. costata*, *Globobulimina affinis*) and common *Fondbotia wullestorfi*, *Pullenia bulloides*, *Sphaeroidina bulloides*. The maximum values of species diversity are recorded in this assemblage;

D - rare *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Nonion boueanum*, *Quinqueloculina sp.* and *Textularia sagittula*.

The qualitative and quantitative foraminiferal data indicate a shelf environment. The first marly unit indicates the circalittoral zone, while sandstones and the second marly unit indicates the infralittoral. Sediments in the upper part of the succession (sandstones and conglomerates) were interpreted as deltaic deposits. The succession of the Ponsano outcrop is a regressive trend. Sedimentation of such a thick succession of marlstones and sandstones in a shelf environment is related to constant tectonic subsidence, while batimetric fluctuations could be related to eustatic change of the sea level. In particular, the boundary between the upper level of marlstones and sandstones is correlated with the Mi7 event of the isotopic zonation. In contrast, the end of sedimentation could be associated with a decrease in the subsidence rate and/or with an increase in the sedimentation rate related to the uplifting of nearby areas.

INTRODUZIONE

L'Arenaria di Ponsano è la più recente fra le formazioni depostesi fra il Burdigaliano e il Tortoniano inferiore nel settore tirrenico dell'Appennino settentrionale (Fig. 1). Queste, a partire da quella più antica, sono:

- Formazione di Marina del Marchese, affiorante all'Isola di Pianosa, attribuita al Langhiano inferiore da Dallan (1967) e al Burdigaliano da Colantoni e Borsetti (1973).

- Arenaria di Manciano, affiorante, oltre che nell'area tipo, anche nei pressi di Capalbio (Grosseto) e nell'area tolfaiana (Civitavecchia). A questa formazione si fa riferimento nei lavori di Dessau *et al.* (1950), Signorini (1955), Giannini (1957), Pellegrini (1967a, b), Fazzini *et al.* (1972), Fontana (1980a,b) e Martini *et al.* (1995). In quest'ultimo lavoro la formazione viene riferita, nel suo complesso, all'intervallo Burdigaliano ? - Serravalliano inferiore.

- Arenaria di Ponsano, individuata per la prima volta da Giannini & Tongiorgi (1959), è conosciuta nell'omonima area tipo (SE di Volterra), in quella di Casole d'Elsa (E di Siena) e in quella di Rencine (NW di Siena), quest'ultimo affioramento fu segnalato per la prima volta da Merla & Bortolotti (1967) col nome di Arenaria di Rencine. Secondo Mazzanti *et al.* (1981) e Mazzei *et al.* (1981) l'età della formazione è Serravalliano superiore - Tortoniano inferiore.

Tali unità, interpretate fino ad un recente passato come semialloctone (Baldacci *et al.*, 1967), vengono attualmente considerate autoctone da alcuni autori (Carmignani *et al.*, 1994, 1995; Elter & Sandrelli, 1995). Esse sono rappresentate da pochi affioramenti, quasi sempre di estensione ridotta, i cui sedimenti sottostanno a quelli della successione lignitifera (Tortoniano superiore) e cioè ai termini più antichi della serie neoautoctona *sensu* Trevisan (1951).



Fig. 1 - Affioramenti dei depositi di età Burdigaliano superiore-Tortoniano inferiore nel settore Tirrenico dell'Appennino Settentrionale.

In questo lavoro ci occuperemo dei sedimenti di Ponsano e di Rencine; quelli di Casole d'Elsa, recentemente segnalati da Bossio *et al.* (1996), non sono stati presi in considerazione per le ridottissime dimensioni degli affioramenti e per l'assenza di esposizioni significative. Le due aree indagate distano fra loro circa 20 Km e sono attualmente separate dalla Dorsale Medio-Toscana, essendo posizionate la prima ad W e la seconda ad E di quest'ultima (Bossio *et al.*, 1996).

Per quanto concerne gli affioramenti di Rencine gli studi precedenti non sono molto numerosi; si ricordano comunque, in particolare, quelli di Pasini & Sandrelli (1977) e di Mazzei *et al.*, (1981). È soprattutto con quest'ultimo lavoro

che venne data una maggiore caratterizzazione dell'unità e fornita la documentazione micropaleontologica a foraminiferi planctonici e a nannoplancton calcareo. Tale documentazione consentì una attribuzione biostratigrafica alla Zona N13 dello schema standard a foraminiferi di Blow (1969) e alla Zona NN7 di quello a nannoplancton di Martini (1971), con un conseguente riferimento cronostatigrafico dell'unità al Serravalliano.

Molto più completa è, invece, la documentazione riguardante gli affioramenti di Ponsano, soprattutto per quanto concerne il contenuto fossilifero dell'unità. Tavani & Tongiorgi (1963) eseguirono uno studio completo dei lamellibranchi, preannunciando uno altrettanto completo sulle raccolte di gasteropodi, ma mai pubblicato. Gli Autori comunque ipotizzarono, anche sulla base del rinvenimento di numerosi esemplari di *Conus* (*Dendroconus*) *berghausi* (Micht.) nella parte alta dell'unità, una sua appartenenza all' "Elveziano" superiore - Tortoniano inferiore. Menesini (1963, 1966) si occupò del contenuto in resti di cirripedi, individuando in *Balanus concavus* Bronn la specie dominante. Sempre Menesini (1967a) determinò le specie di echinidi, fra cui i generi *Schizaster* e *Spatangus* risultarono rappresentati dal maggior numero di specie. E ancora Menesini (1967b) riferì dei resti di pesci, soprattutto denti, individuando le specie *Carcharodon megalodon* Agassiz, *Chrysophrys aurata* Linneo, *Isurus hastalis* Agassiz, *Myliobatis crassus* Gervais, *Odontaspis acutissima* Agassiz e *Sphyrna prisca* Agassiz.

Per quanto riguarda i dati micropaleontologici, i primi ci vengono da Bartolini (1966), che riconobbe 84 specie di foraminiferi nei 7 campioni esaminati e indicò per la formazione un'età tortoniana, probabilmente Tortoniano superiore. Successivamente Bartolini & Pirini (1969) studiarono il contenuto in nannoplancton calcareo dell'unità; gli Autori, però, non fornirono dati significativi dal punto di vista cronostatigrafico. Più recentemente Mazzanti *et al.* (1981), in occasione del IX Convegno della Società Paleontologica Italiana, affrontarono un riesame generale dell'Arenaria di Ponsano, per la quale indicarono una sua appartenenza al Tortoniano inferiore, come testimoniato dall'inquadramento della formazione nella Zona a *Globorotalia acostaensis* (Sottozona a *Globorotalia continuosa* e dubitativamente parte basale della Sottozona a *Globigerinoides obliquus extremus*) dello schema di D'Onofrio *et al.* (1975) e in quelle a *Discoaster hamathus* e *Discoaster neohamatus* dello schema di Bukry (1973, leggermente modificato).

Se voluminosi e significativi sono i dati espressi

dalla letteratura per l'inquadramento bio-cronostatigrafico dell'Arenaria di Ponsano, non altrettanto può dirsi per quanto riguarda i paleoambienti deposizionali (non sono mai state eseguite analisi di dettaglio delle facies sedimentarie, né si rinvennero informazioni riguardanti l'evoluzione degli ambienti deposizionali delle successioni). I vari Autori hanno sempre esaminato campioni sparsi, che hanno condotto ad una generica attribuzione di tutta la formazione ad un ambiente di mare poco profondo.

Col presente lavoro si cercherà perciò di conoscere, soprattutto per quanto riguarda la zona di Ponsano (solo in quest'area è possibile condurre uno studio completo), l'evoluzione degli ambienti deposizionali ed in particolare di stabilire se la successione affiorante esprime un trend trasgressivo o regressivo. Verrà inoltre eseguito il controllo delle attribuzioni bio-cronostatigrafiche e l'inquadramento in un contesto geocronologico. I metodi di lavoro sono stati il rilevamento geologico alla scala 1:10.000, la misura e la descrizione di sezioni, l'analisi sedimentologica, la campionatura in serie per lo studio del contenuto in foraminiferi, l'elaborazione di curve di frequenza di alcuni taxa bentonici. Per la classificazione delle forme è stata adottata la suddivisione sistematica proposta da Loeblich e Tappan (1988).

LE SEZIONI

AREA DI RENCINE

In quest'area (Fig. 2) i sedimenti sono male affioranti ed è stato possibile misurare una sola sezione (Fig. 3), coincidente, per la parte basale, con quella di Mazzei *et al.* (1981). Essa è costituita da circa 80 m di sedimenti ed è purtroppo coperta o semi-coperta anche per lunghi tratti. La successione si compone prevalentemente, nella parte bassa, di arenarie medio-grossolane con intercalazioni di banchi conglomeratici e sottili livelli siltico-marnosi e, nella parte superiore, di arenarie medio-fini con più rare intercalazioni conglomeratiche. Nella semicopertura della porzione basale della successione si intravede, per uno spessore di circa 3 m, un conglomerato costituito da ciottoli poco elaborati di gabbro, serpentina, calcari e diaspri, le cui dimensioni massime non superano i 10 cm. I banchi conglomeratici presenti nel resto della successione non superano mai il metro di spessore ed hanno ciottoli di dimensioni massime di 5-6 cm; sono sempre ben cementati, con matri-

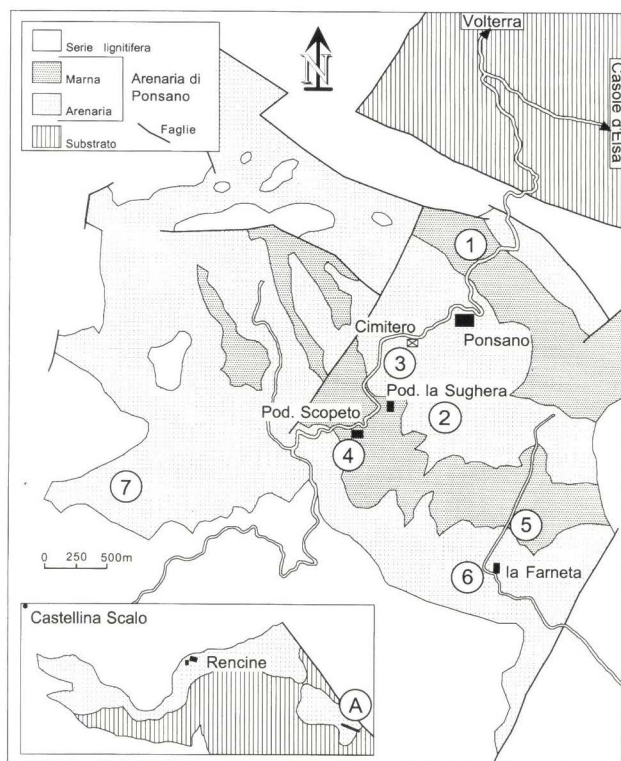


Fig. 2 - Carta geologica dell'area studiata (Ponsano e Rencine) ed ubicazione delle sezioni stratigrafiche. Col colore bianco è rappresentata la successione lignitifera (Tortoniano superiore), col grigio e puntinato sono rispettivamente indicate le marne e le arenarie della formazione dell'Arenaria di Ponsano (Serravalliano sup.-Tortoniano inf.), con linee verticali il substrato premiocenico. A) Sezione di Rencine; 1) Sezione di Ponsano, 2) Sezione di Pod. La Sughera; 3) Sezione del Cimitero, 4) Sezione di Pod. Scopeto, 5) Sezione di la Farneta 1, 6) Sezione di la Farneta 2, 7) Sezione del Botro delle Pilelle.

ce arenacea, organizzati nella parte inferiore della successione e grossolanamente gradati in modo diretto in quella mediana. Non si rinvencono conglomerati nella porzione superiore. Le arenarie sono sempre ben cementate, mal stratificate (strati da 20 cm a 3 m di spessore) e raramente mostrano laminazione piano-parallela. In esse non si apprezza gradazione, anche se le porzioni siltitico-marneose della successione (massimo 2-3 dm di spessore), da cui provengono i campioni studiati, presentano passaggio alle arenarie sfumato al letto e netto al tetto.

AREA DI PONSANO

Nell'area di Ponsano (Fig. 2) sono state misurate 7 sezioni la cui correlazione ha consentito di stimare in più di 500 metri lo spessore complessivo della successione affiorante (Fig. 3). In quest'area,

diversamente a quanto accade in quella di Rencine, non affiora il contatto della formazione col substrato; al contrario è ben esposto quello discordante, con i soprastanti sedimenti della "Serie lignitifera". I rilievi alla scala 1:10.000, eseguiti per la nuova Carta Geologica d'Italia, hanno consentito la distinzione cartografica all'interno dell'Arenaria di Ponsano di due unità prevalentemente marnose alternate ad altre due prevalentemente arenacee, peraltro già segnalate da Mazzanti et al. (1981, pag. 130). Per comodità di esposizione i quattro intervalli sedimentari verranno indicati nel testo coi termini di marne inferiori, arenarie inferiori, marne superiori e arenarie superiori.

Le marne inferiori hanno uno spessore di circa 30 m, presentano spesso una componente siltosa, sono massicce, di colore grigio e generalmente risultano organizzate in banchi di spessore di 4-5 m. I banchi marnosi sono separati l'uno dall'altro da strati di 5-20 cm di arenarie ben cementate (fa eccezione il banco basale di arenaria che misura circa 4 m) e a grana medio-fine. Il contatto di questi strati arenacei con le marne è sfumato al tetto e netto alla base e, anche se non si osserva una decisa gradazione nei singoli strati, non è improbabile che essi rappresentino apporti di origine torbiditica. Nei partimenti marnosi, affetti da intensa bioturbazione (responsabile della obliterazione di eventuali strutture sedimentarie), si osservano resti di lamellibranchi del genere *Amusium* e, con l'ausilio della lente, numerosi foraminiferi e resti di echinidi.

Le arenarie inferiori, potenti 130 m circa, hanno una grana medio fine, un colore grigio-giallastro e risultano ben cementate. Esse sono caratterizzate dall'alternanza di banchi di spessore variabile, mediamente compreso fra 1 e 7 m, ma che può arrivare eccezionalmente fino ai 20 m. Caratteristico in queste arenarie il contenuto in macrofossili eccezionalmente elevato (si veda la bibliografia citata nell'introduzione); a titolo di esempio si riporta l'elenco, con nomenclatura originaria, dei lamellibranchi rinvenuti da Tavani & Tongiorgi (1963) nel Giacimento 1, localizzato appunto in questo intervallo arenaceo: *Anadara fichteli* (Deshayes), *Anomia ephippium ruguloso-striata* Bronn, *Cardium hians* Brocchi, *C. paucicostatum* Sowerby, *Chlamys scabrella* (Lamarck), *C. tournali* (De Serres), *Flabellipecten fratercolus* (Sowerby), *F. cf. planosulcatus* (Matheron), *F. solarium* (Lamarck), *Glycymeris cf. bimaculatus taurinensis* (Brongniart), *Lutraria oblonga* (Chemnitz), *Meretrix cf. erycinoides* (Lamarck), *M. islandicoides* (Lamarck), *M. gigas* (Lamarck), *Ostrea frondosa* De Serres, *Panopea faujasi* Menard,

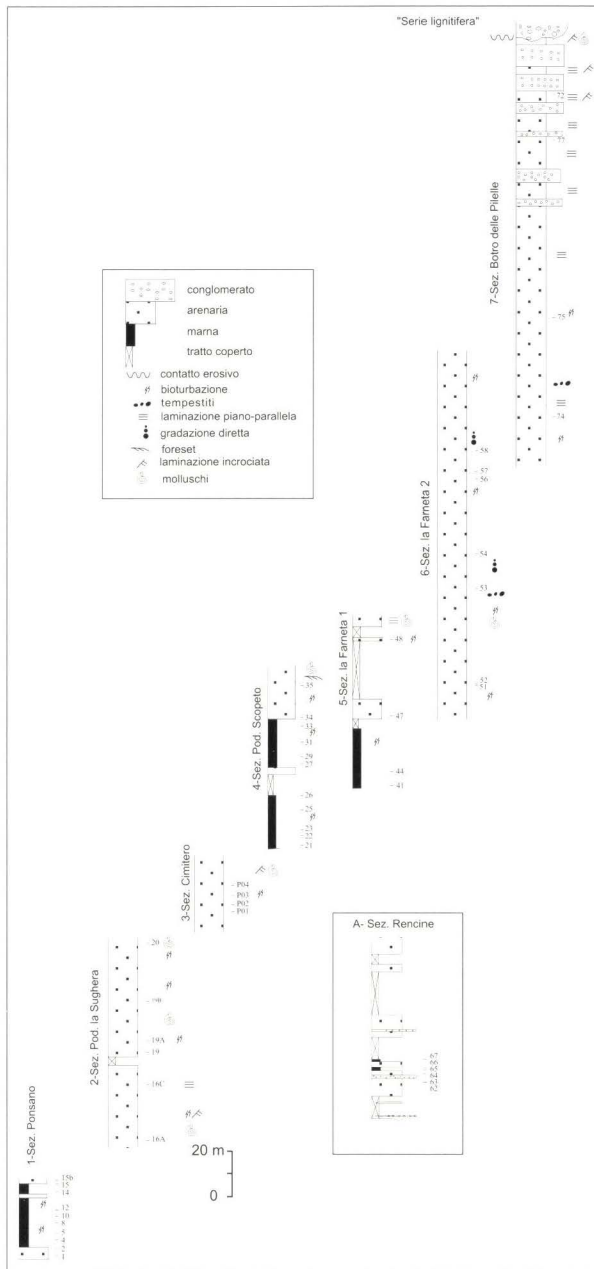


Fig. 3 - Sezioni studiate delle aree di Ponsano e Rencine.

Pholadomya alpina Matheron, *P. puschi* Goldfuss, *Solenocurtus candidus* (Renier), *Tapes vetulus* (Basterot), *Teredo* sp., *Thracia eggerburgensis* Schaffer, *T. pubescens* (Pulteney). Alcuni anni più tardi Menesini (1966) rinviene nel medesimo giacimento alcuni cirripedi, riferiti ai taxa *Balanus balan* (Linneo), *Balanus concavus concavus* Bronn, *Balanus* cf. *spongicola* Brown, *Balanus tulipiformis etruscus* n. subsp. Successivamente, ancora Menesini (1967a) vi segnala alcuni echinidi appartenenti a *Clypeaster* spp., *Schizaster lovisatoi* Cotteau, *S.* spp., *Spatangus austriacus* Laube, *S.*

peroni Cotteau. Sempre in questa unità si rinven-
gono inoltre numerosissime tracce fossili, trascurate dalla precedente letteratura e riconducibili ai tipi *Thalassinoides*, *Ophiomorpha* e *Skolithos*.

Le marne superiori raggiungono i 60 m circa di spessore e sono molto simili per colore e aspetto generale a quelle inferiori; esse sono infatti costituite da banchi di spessore variabile da 2 a 5 m di marne siltose separati da sottili livelli sabbiosi. Differenze possono essere evidenziate da un maggior contenuto in fossili, rappresentato soprattutto da *Pycnodonte* e *Amusium* nella parte più bassa e da pettinidi, gasteropodi (fra cui *Turritella*) e resti di anellidi (*Ditrupa*) nella parte più alta. Inoltre, a differenza delle marne inferiori, la transizione alle arenarie superiori è marcata da un progressivo infittirsi dei banchi arenacei che nel contempo assumono spessore sempre maggiore, ma comunque al di sotto dei 50 cm.

Per quanto concerne le arenarie superiori, 300 m circa di spessore complessivo, esse sono suddivisibili in due porzioni pressoché della stessa potenza:

Quella inferiore, il cui colore d'insieme è ancora grigio giallastro, è caratterizzata da banchi di arenarie medio-fini che risultano ben cementati quando i loro spessori sono ridotti (20-50 cm) e meno quando sono maggiori (1-10 m). In questa porzione, come nelle precedenti arenarie inferiori, i fossili sono molto abbondanti e si rinven-
gono anche associazioni oligotipiche costituite esclusivamente da *Ostrea* o *Turritella* (area di la Farneta), oppure da *Pinna* (Pod. Scopeto). Anche per questo intervallo arenaceo vogliamo comunque ricordare, sempre a titolo di esempio, il contenuto faunistico documentato da Tavani & Tongiorgi (1963) per il Giacimento 8. Fra i lamellibranchi gli Autori segnalano la presenza di *Anadara turoniensis* Dujardin, *Anomia ephippium rugulosostriata* Bronn, *Cardium hians* Brocchi, *Chlamys multi-striata* (Poli), *C. scabrella* (Lamarck), *Dosinia lupinus* (Linneo), *Flabellipecten fratercolus* (Sowerby), *Glycymeris bimaculatus taurinensis* (Brongniart), *Lutraria oblonga* (Chemnitz), *Meretrix* cf. *erycinoides* (Lamarck), *M. islandicoides* (Lamarck), *M. gigas* (Lamarck), *Modiola exbrocchii tauroparva* Sacco, *Panopea faujasi* Menard, *Pholadomya alpina* Matheron, *Pinna pectinata brocchii* D'Orbigny, *Solenocurtus candidus* (Renier), *Tapes vetulus* (Basterot), *T. turellipictus* Sacco, *Tellina planata* Linneo, *Thracia eggerburgensis* Schaffer, *Venus subplicata* D'Orbigny, *V. multilamella* (Lamarck), nonché forme di transizione fra *Cardita juanneti ponderosa* Cossmann & Peyrot e *C. juanneti laeviplana* Deperet. Fra i cirripedi Menesini (1966)

ricorda *Balanus balanus* (Linneo) e *Balanus concavus concavus* Bronn; nel 1967 la stessa Autrice rinviene fra gli echinidi alcuni esemplari attribuiti a *Schizaster* spp.. Anche queste arenarie, come le precedenti, sono ricche di tracce fossili tra cui, oltre a quelle già citate precedentemente, si rinvenivano alcune morfologie appartenenti al gruppo *Arenicolites-Diplocrateiron*.

La porzione arenacea superiore è contraddistinta da una granulometria più grossolana e da intercalazioni conglomeratiche ben sviluppate nella parte alta. I conglomerati sono organizzati in banchi di spessore variabile da 1 a 8 m (aumentano in spessore e frequenza verso l'alto della successione) e sono costituiti da ciottoli prevalentemente calcarei e di dimensioni variabili, che possono raggiungere i 30-40 cm di diametro; in alcuni ciottoli sono stati osservati fori di organismi litofagi. Contrariamente alle facies precedenti questi depositi sono molto più poveri sia di macrofossili che di tracce fossili; solo rare tracce di *Skolithos* ed alcuni esemplari di *Tellina* sono infatti stati rinvenuti nella porzione sommitale dell'unità.

BIO-CRONOSTRATIGRAFIA

Per entrambe le aree di affioramento dell'Arenaria di Ponsano si trovano in letteratura buone documentazioni biostratigrafiche basate sull'analisi del plancton calcareo. Infatti, Mazzei *et al.* (1981), esaminando i sedimenti dell'area di Rencine, individuavano elementi identificativi della porzione superiore della Zona N13 e della Zona NN7 rispettivamente della stratigrafia standard a foraminiferi (Blow, 1969) e a nannoplankton calcareo (Martini, 1971). Un aggiornamento della biostratigrafia in termini dello schema zonale a foraminiferi di Iaccarino & Salvatorini (1982) emendato da Foresi *et al.* (in stampa) impone un riferimento dell'affioramento di Rencine, almeno in relazione all'intervallo campionato, alla Zona a

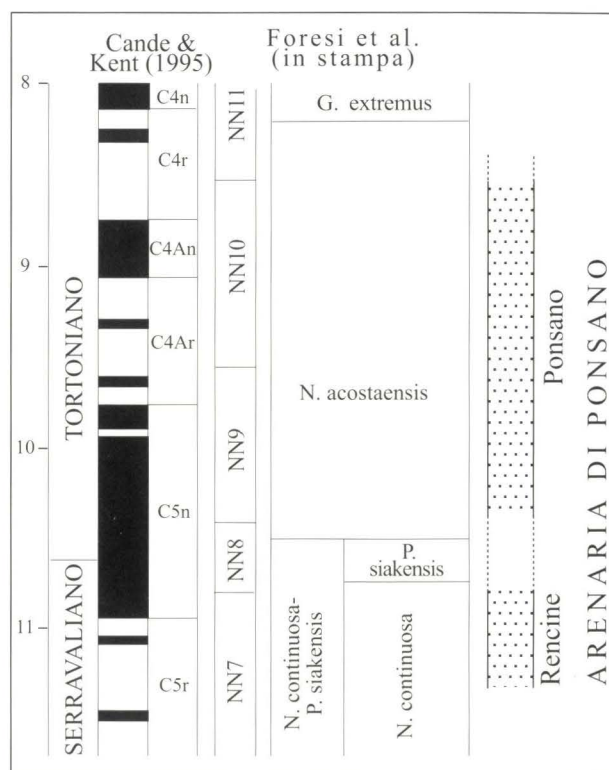


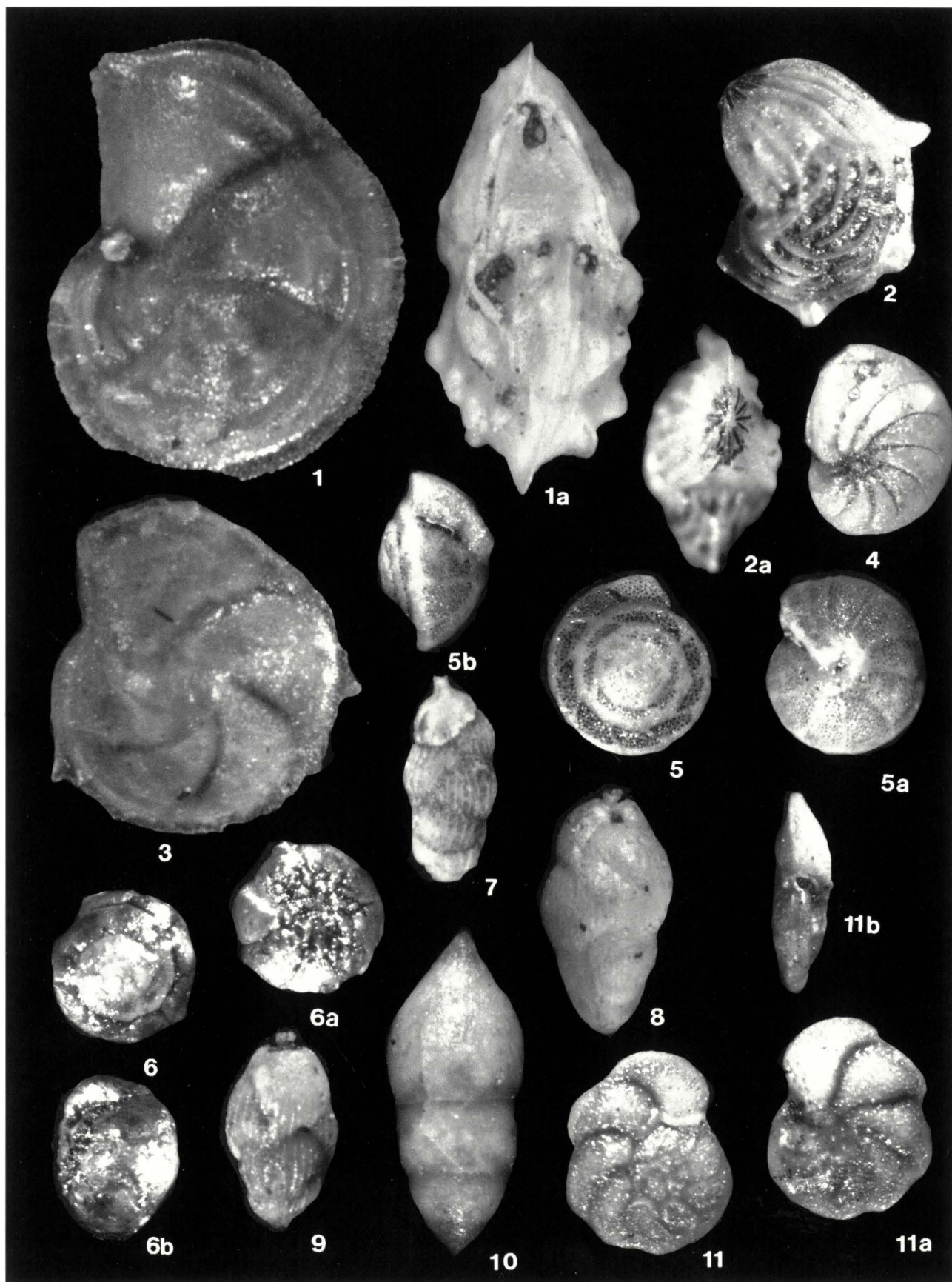
Fig. 4 - Inquadramento bio-cronostratigrafico dell'Arenaria di Ponsano.

Neogloboquadrina continuosa - *Paragloborotalia siakensis* per la concomitanza in esso dei due markers zonali (gli elenchi dei taxa riconosciuti e le loro distribuzioni nelle campionature studiate sono riportati nelle tabelle dell'appendice). Se poi si considerano i risultati dello studio del nannoplankton calcareo di Mazzei *et al.* (1981) e la calibratura tra schema zonale a nannofossili e quello a foraminiferi come riportata nel citato lavoro di Foresi *et al.*, il riferimento biostratigrafico delle arenarie di Rencine può essere limitato alla Sottozona a *N. continuosa* della sopraddetta zona. Con ciò ben si concilia il rinvenimento di *N. aco-*

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA 1

- | | |
|--------------------|---|
| Figg. 1, 1a | - <i>Spiniterules gymnesicus</i> (Colom), campione DL 5. |
| Figg. 2, 2a | - <i>Spiniterules anaglyptus</i> (Fichtel & Moll), campione DL 5. |
| Fig. 3 | - <i>Lenticulina calcar</i> (Linné), campione DL 4. |
| Fig. 4 | - <i>Nonion commune</i> (d'Orbigny), campione DL 10. |
| Figg. 5, 5a, 5b | - <i>Heterolepa bellincionii</i> (Giannini & Tavan), campione DL 5. |
| Figg. 6, 6a, 6b | - <i>Ammonia inflata</i> (Seguenza), campione DL 5. |
| Fig. 7 | - <i>Uvigerina hollicki</i> (Thalmann), campione DL 14. |
| Fig. 8 | - <i>Hofkeruwa rutila</i> (Cushman & Todd), campione DL 4. |
| Fig. 9 | - <i>Hofkeruwa rutila</i> (Cushman & Todd), campione DL 4. |
| Fig. 10 | - <i>Pseudonodosaria discreta</i> (Reuss), campione DL 5. |
| Figg. 11, 11a, 11b | - <i>Fondbotia wullerstorfi</i> (Schwager), campione DL 5. |

Tutti gli esemplari 50X.



staensis, seppur con rari esemplari e limitatamente al tratto inferiore della campionatura. Si tratta di un taxon biostratigraficamente importante e non segnalato dai precedenti Autori, la cui comparsa è stata infatti di recente accertata (Foresi *et al.*, in stampa) nella parte superiore della Zona NN7 e nella corrispondente porzione della Sottozona a *N. continuosa*. Il nostro rinvenimento costituisce quindi una ulteriore conferma della presenza di *N. acostaensis* in livelli precedenti quello di estinzione di *P. siakensis* (in precedenza la quasi totalità della letteratura considerava ben separate le distribuzioni delle due specie).

Niente è invece da aggiungere circa la datazione alla parte superiore del Serravalliano (Fig. 4) operata da Mazzei *et al.* (op. cit.).

Per quanto riguarda l'area di Ponsano, non tutti i campioni hanno presentato associazioni significative per il contenuto in foraminiferi planctonici, anzi, in quasi tutti i campioni delle arenarie superiori essi sono praticamente assenti; per questo intervallo litologico, quindi, non possono essere desunti riferimenti biostratigrafici diretti. Il resto della successione è risultato invece riferibile alla Zona a *Neoglobobadrina acostaensis*. Particolarmente interessante, inoltre, era il rinvenimento nel campione DL 34 (Sez. Pod. Scopeto) dei primi, rarissimi, esemplari di *N. acostaensis* ad avvolgimento sinistrorso. Il cambiamento di avvolgimento da destrorso a sinistrorso di *N. acostaensis*, sempre secondo Foresi *et al.* (in preparazione), si realizza in livelli di poco precedenti quelli di scomparsa di *Discoaster hamatus*, un evento che marca il limite fra le Zone NN9 e NN10. Considerato che il campione DL 34 proviene dai livelli di passaggio fra le marne e le arenarie superiori, è probabile che queste ultime si siano deposte nell'intervallo relativo alla porzione superiore della Zona a *N. acostaensis* e, di conseguenza, siano relativi alla Zona NN10 del nannoplancton calcareo. Dal punto di vista cronostratigrafico, quindi, gli affioramenti dell'area di Ponsano sono riferibili al Tortonian inferiore, probabilmente non basale, infatti nei campioni non sono mai stati rinvenuti esemplari di *Globigerinoides subquadratus*, un taxon presente, anche se con frequenza rara nei livelli basali del Tortonian (Foresi *et al.*, in stampa).

FORAMINIFERI BENTONICI E CONSIDERAZIONI PALEOAMBIENTALI

Studi sulle attuali biocenosi a foraminiferi forniscono quadri schematici di validità generale, cui è possibile far riferimento anche per la ricostru-

zione dei paleoambienti deposizionali, fra questi si ricordano quelli di Blanc-Vernet, (1969); Murray, (1973); Boltovskoy & Wright, (1976); Morkoven *et al.* (1986). Per l'interpretazione dei dati di questo lavoro si è fatto riferimento, in particolare, al lavoro di Sgarrella & Moncharmont Zei (1993), uno dei più completi per l'area mediterranea. In questo lavoro vengono infatti riportate le distribuzioni di numerose specie di foraminiferi bentonici rinvenute in circa 400 campioni raccolti nei fondali del Golfo di Napoli; tali dati, inoltre, vengono confrontati con le attuali distribuzioni dei taxa nell'intera area mediterranea. Di tale lavoro viene anche adottata la suddivisione batimetrica che, peraltro, deriva da quella proposta da Perès & Picard (1964).

Si premette che l'Arenaria di Ponsano non presenta condizioni ottimali per uno studio paleoambientale. Se si esclude qualche eccezione, la conservazione dei microfossili è infatti scarsa; i gusci si presentano spesso decalcificati o ricristallizzati, quasi sempre deformati o rotti a causa del carico litostatico e non è infrequente il rinvenimento del solo modello interno. A ciò si aggiungano le difficoltà di reperire negli intervalli arenacei compartimenti con basso grado di cementazione e quindi più favorevoli per lo studio di microfossili isolati. Da ciò è emersa una campionatura disomogenea, con numerosi campioni negli intervalli marnosi e pochi in quelli arenacei, peraltro di spessore più consistente. Il precario stato di conservazione ha inoltre marcatamente alterato il rapporto P/B (il plancton è, in genere, meno conservato del benthos), tanto da renderlo inutilizzabile a fini statistici. Tale rapporto, comunque, raggiunge i suoi valori massimi (circa 1/2) nella Sezione Ponsano, mentre nel resto della successione è sempre nettamente a favore del benthos.

Nonostante gli inconvenienti di cui sopra, sono state riconosciute molte specie e in Fig. 5a è stata resa in forma grafica la variazione di abbondanza di alcuni taxa (quelli che mostravano una certa regolarità di presenza o che comunque fossero ritenuti in letteratura come significativi dal punto di vista ambientale). Per ottenere un quadro maggiormente significativo dell'evoluzione ambientale le curve ottenute sono state riferite ad una sola colonna stratigrafica (Fig. 5b), ricavata dalla correlazione, in base a considerazioni geometriche e alle caratteristiche litologiche, delle sezioni di Ponsano. Per quanto riguarda l'area di Rencine saranno svolte brevi considerazioni separatamente.

Per quanto riguarda l'area di Rencine le associazioni a foraminiferi bentonici non risultano

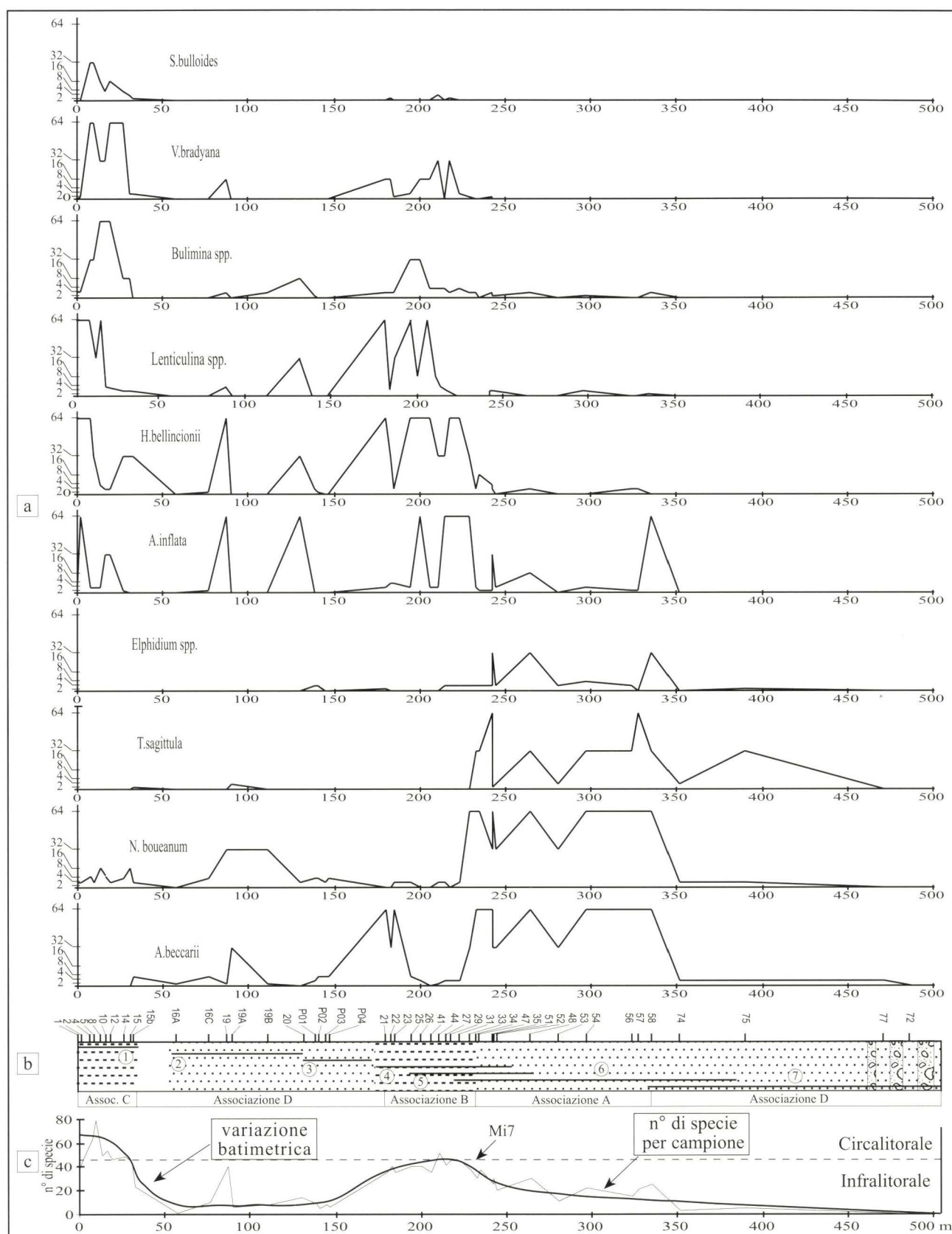


Fig. 5 - a) Curva di frequenza di alcuni taxa. b) Colonna stratigrafica sintetica dell'Arenaria di Ponsano (tutte le sezioni studiate, identificate dagli stessi numeri di Fig. 3, sono proiettate all'interno di questa) con le quattro associazioni a Foraminiferi bentonici (A, B, C, D) citate nel testo. c) Curva batimetrica disegnata sulla curva di diversità specifica.

molto diverse dall'Associazione D (si veda più avanti) dell'area di Ponsano, a testimonianza dell'affinità fra i due ambienti sedimentari, perlomeno in certi intervalli. In generale le associazioni sono caratterizzate da numerosi esemplari di *Ammonia beccarii* e *Nonion boueanum*, da meno frequenti, ma sempre comuni *Lobatula lobatula* ed *Elphidium crispum* e, fra gli altri, da rari *Canceris auriculus*, *Faujasina complanata*, *Heterolepa bellincionii* e *Textularia sagittula* (gli elenchi completi sono riportati in appendice). Tale associazione è indicativa di un ambiente di piattaforma, certamente relativo alla zona infralitorale.

Per quanto riguarda l'area di Ponsano, i contenuti qualitativi e quantitativi hanno consentito di riconoscere le seguenti associazioni e di suddividere conseguentemente la successione (Fig. 5b).

Associazione A - Caratterizzata da numerosi esemplari di *Ammonia beccarii* e *Nonion boueanum*, nonché da sempre frequenti, ma meno numerosi, esemplari di *Textularia sagittula*, *Ammonia inflata*, *Nonion commune*, *Ammomarginulina* sp. e da comuni *Bigenerina nodosaria*, *Lagenammmina atlantica* ed *Elphidium crispum*. Tale associazione si rinviene nei campioni da DL 47 a DL 58 delle sezioni Farneta 1 e Farneta 2, nonché nei campioni DL 34 e DL 35 della Sezione Pod. Scopeto.

Associazione B - Costituita da abbondante *Heterolepa bellincionii*, comuni *Ammonia inflata*, *Lenticulina calcar*, *Textularia abbreviata*, *Valvulineria bradyana*, *Hopkinsina bononiensis*, nonché da *Nonion commune*, *Spiroplectinella carinata* e da *Haplophragmoides* spp., questi ultimi presenti con frequenze elevate solo in alcuni campioni; raramente si rinvencono esemplari di *Ammonia beccarii*. Tale associazione è stata riscontrata nei campioni da DL 21 a DL 33 della Sezione Pod. Scopeto e nei campioni DL 41 e DL 44 della Sezione Farneta 1.

Associazione C - Caratterizza i campioni della Sezione Ponsano, i quali mostrano la più alta diversità specifica fra quelli esaminati. Tutte le

forme rinvenute nella associazione B si rinvencono anche in questa e con frequenze simili, ad eccezione di *Hopkinsina bononiensis*, che è comune solo in un campione. Differenza fondamentale con la precedente associazione è la presenza in questi campioni di *Bulimina elongata*, *B. costata*, *Globobulimina affinis*, *Hofkeruva rutila* e *Uvigerina hollicki* spesso anche molto abbondanti; altre forme che si rinvencono con frequenze apprezzabili sono *Sphaeroidina bulloides*, *Pullenia bulloides* e *Fondbotia wullesstorfi*.

Associazione D - Si tratta di una associazione estremamente povera di specie, caratterizzata da rari esemplari di *Ammonia beccarii*, *Elphidium crispum*, *Nonion boueanum*, *Quinqueloculina* sp. e *Textularia sagittula*. Contraddistingue i campioni della Sezione Botro delle Pilelle, ma vengono riferiti ad essa anche i campioni della Sezione Cimitero, pur manifestando questi, una diversità specifica leggermente più alta.

Il significato batimetrico delle associazioni indica immediatamente che nel suo complesso l'Arenaria di Ponsano si è deposta in un ambiente di piattaforma, ma nel contempo consente di individuare significative variazioni di profondità. Per visualizzare meglio e precisare tali variazioni nella Fig. 5, come già detto, sono riportate le curve di abbondanza di alcuni taxa. Si precisa che i valori di quest'ultima derivano da una originaria valutazione semiquantitativa con la quale sono state individuate 7 classi di abbondanza: assente (nessun esemplare rinvenuto), rarissima (1-2 esemplari per piatto), rara (3-4 esemplari per piatto), rara-comune (5-8 esemplari per piatto), comune (9-16 esemplari per piatto), frequente (17-32 esemplari per piatto), abbondante (più di 33 esemplari per piatto); per la trasformazione in forma grafica ad ognuna di queste classi è stato attribuito il valore massimo della classe stessa. All'ultima classe, evidentemente aperta per quanto riguarda il limite superiore, è stato attribuito, per omogeneità con la definizione delle altre, il valore di 64.

I taxa considerati in Fig. 5 sono raggruppabili

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA 2

- Figg. 1, 1a, 1b - *Spiroplectinella carinata* (d'Orbigny), campione DL 29.
 Figg. 2, 2a - *Spiroplectinella carinata* (d'Orbigny), campione DL 4.
 Figg. 3, 3a, 3b - *Ammonia beccarii* (Linné), campione DL 22.
 Figg. 4, 4a, 4b - *Valvulineria bradyana* (Fornasini), campione DL 4.
 Fig. 5 - *Nonion boueanum* (d'Orbigny), campione DL 10.
 Figg. 6, 6a, 6b - *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob), campione DL 67.
 Figg. 7, 7a, - *Cyclammina pauciloculata* Cushman, campione DL 5.
 Fig. 8 - *Bigenerina nodosaria* d'Orbigny, campione DL 4.
 Tutti gli esemplari 50X.



in due gruppi: quello composto da taxa ad “affinità circalitorale” (*Sphaeroidina bulloides*, *Valvulinaria bradyana*, *Bulimina* spp., *Lenticulina* spp.) e quello composto da taxa ad “affinità infralitorale” (*Elphidium* spp., *Textularia sagittula*, *Nonion boueanum*, *Ammonia beccarii*). Nella stessa figura compaiono anche i grafici relativi alle abbondanze di *Heterolepa bellincionii* e di *Ammonia inflata*, anch’essi indicativi, sia pure di situazioni intermedie. La prima forma, pur preferendo un ambiente circalitorale, si adatta anche a batimetrie minori, se con fondali fangosi. La seconda predilige batimetrie al limite fra la zona infralitorale e quella circalitorale.

L’esame della figura mostra chiaramente che i picchi rilevanti delle forme ad “affinità circalitorale” sono concentrati nei livelli marnosi ed alcuni sono maggiormente sviluppati nelle marne inferiori, mentre quelli delle forme ad “affinità infralitorale” marcano i livelli arenacei ed in particolare quelli della porzione inferiore delle arenarie superiori (bisogna precisare che lo stato di conservazione nei campioni delle arenarie inferiori è estremamente scarso e può aver causato un falso effetto di riduzione dei picchi). Nella porzione sommitale delle arenarie superiori le faune risultano generalmente scarse o assenti.

Per le marne inferiori è quindi ipotizzabile un ambiente di sedimentazione relativo alla zona circalitorale, probabilmente con esclusione della sua porzione più profonda, considerato che ancora si rilevano elementi caratteristici di batimetrie minori; in particolare è presente *Ammonia inflata* che, seppure indicativa di ambienti più profondi di *Ammonia beccarii* (Zampi & Gandin, 1984), non è conosciuta raggiungere il limite esterno della piattaforma. Successivamente si assiste ad una rapida diminuzione batimetrica; la deposizione delle arenarie inferiori avviene, infatti, in un ambiente relativo alla zona infralitorale e probabilmente rag-

giunge anche la porzione più bassa di questa, come testimoniano le associazioni microfaunistiche della Sezione Cimitero, dominate da *A. beccarii* e *N. boueanum*. La sedimentazione delle marne superiori testimonia per un nuovo approfondimento dell’ambiente di sedimentazione; questa volta, però, le forme ad “affinità circalitorale” risultano assenti oppure i loro picchi di abbondanza sono meno pronunciati di quelli delle marne inferiori. Inoltre risultano rappresentate alcune forme ad “affinità infralitorale” (*Ammonia beccarii* e *Nonion boueanum*) e sono presenti con frequenze apprezzabili *Ammonia inflata* ed *Heterolepa bellincionii*. È possibile quindi che la sedimentazione di questa unità si sia realizzata ancora nella zona infralitorale, ma probabilmente nella sua porzione più profonda. Una nuova diminuzione batimetrica accompagna l’inizio della deposizione arenacea delle arenarie superiori. Questa è documentata dall’assenza delle forme ad “affinità circalitorale”, dalla drastica diminuzione di *Heterolepa bellincionii* e *Ammonia inflata*, nonché dalla marcata crescita di quelle infralitorali. Per la prima volta infatti compaiono significativamente *Elphidium* spp. e *Textularia sagittula*, che si aggiungono alle elevate abbondanze di *Nonion boueanum* e *Ammonia beccarii*. Tali associazioni rivelano quindi un ambiente di sedimentazione della zona infralitorale poco profonda. Associazioni micropaleontologiche di transizione fra le marne e le arenarie superiori si rinvennero nei campioni DL 34 e DL35 della Sezione Pod. Scopeto.

Faune particolarmente povere caratterizzano la parte superiore del secondo livello arenaceo, a testimonianza di una ulteriore variazione ambientale. Questa è probabilmente imputabile più che ad una nuova variazione batimetrica, soprattutto ad un cambiamento delle condizioni chimiche delle acque; le associazioni sono infatti impoverite

SPIEGAZIONE DELLA TAVOLA 3

- Fig. 1 - *Psammolingulina papillosa* (Neugeboren), campione DL 4.
 Fig. 2 - *Reophax scorpiurus* Montfort, campione DL 14.
 Figg. 3, 3a - *Haplophragmoides* sp., campione DL 5.
 Fig. 4 - *Textularia articulata* d’Orbigny, campione DL 5.
 Figg. 5, 5a - *Textularia articulata* d’Orbigny, campione DL 5.
 Fig. 6 - *Martinottiella communis* (d’Orbigny), campione DL 15.
 Fig. 7 - *Martinottiella communis* (d’Orbigny), campione DL 25.
 Fig. 8 - *Martinottiella communis* (d’Orbigny), campione DL 4.
 Figg. 9, 9a - *Ammomarginulina* sp., campione DL 41.
 Figg. 10, 10a - *Textularia abbreviata* d’Orbigny, campione DL 4.
 Fig. 11 - *Textularia abbreviata* d’Orbigny, campione DL 4.
 Figg. 12, 12a - *Textularia sagittula* Defrance, campione DL 57.
 Tutti gli esemplari 50X.



e costituite da rari esemplari di *Ammonia beccarii*, *Nonion boueanum* e *Textularia sagittula*. Probabilmente, come testimoniano anche i livelli conglomeratici presenti nella successione e le loro caratteristiche, si è impostato nell'area un ambiente deltizio e i relativi apporti di acque continentali hanno procurato una diluizione delle acque marine registrata dalle associazioni a foraminiferi.

Le variazioni batimetriche descritte sono state sintetizzate in Fig. 5c. In essa è stato utilizzato il grafico del numero di specie per campione (diversità specifica), come base per la ricostruzione della curva di variazione batimetrica. È ben noto, infatti, che nell'ambito della piattaforma le associazioni a foraminiferi bentonici mostrano una maggiore diversità specifica all'aumentare della profondità. L'andamento della curva così ricostruita mostra, peraltro, una buona corrispondenza con l'evoluzione paleoambientale ipotizzata dall'esame qualitativo e quantitativo delle associazioni. Si rimarca che la curva presenta due convessità e due concavità, relative rispettivamente a periodi di massima e minima profondità; ovviamente i punti di flesso rappresentano la transizione da una situazione all'altra. La curva può quindi essere interpretata in base al concetto espresso in Van Wagoner *et al.* (1988) secondo il quale le variazioni ambientali determinate da eustatismo sono molto più rapide di quelle causate dalla tettonica. Quindi, le prime corrispondono a tratti della curva con pendenza elevata (alta velocità) e le seconde a tratti con bassa pendenza (bassa velocità).

Nel nostro caso, la notevole pendenza dei tratti di curva attorno ai punti di flesso indicherebbe una causa eustatica per le relative variazioni ambientali. Una conferma di ciò per il flesso corrispondente al passaggio fra le marne e le arenarie superiori, contraddistinto dalla transizione da un ambiente infralitorale esterno ad uno interno, deriva indirettamente dal rinvenimento nel campione DL 34 delle prime forme di *Neogloboquadrina acostaensis* ad avvolgimento sinistrorso; questo evento precede di poco la scomparsa di *Discoaster hamatus* (Foresi *et al.*, in stampa) che, secondo Rio & Fornaciari (1994), si realizza in coincidenza con il picco freddo Mi7 della zonazione isotopica di Miller *et al.* (1991). È quindi probabile che la variazione batimetrica al passaggio marne superiori - arenarie superiori sia imputabile ad una variazione climatica in senso freddo, responsabile di una oscillazione eustatica negativa.

Per l'interpretazione, invece, del tratto compreso fra 250m e il tetto della successione, nel quale si osserva una pendenza ridotta, indicativa di una variazione ambientale lenta, devono essere

addotti non motivi eustatici, bensì tettonici. In questo caso la tettonica può aver influito sulla sedimentazione o con una diminuzione della velocità di subsidenza, oppure con un aumento della velocità di sedimentazione (in relazione, ad esempio, con un aumento del processo erosionale sviluppatosi per un sollevamento di aree attigue a quelle bacinali) e conseguente lento "interrimento" del bacino. I dati in nostro possesso non ci permettono al momento di propendere per una ipotesi o per l'altra.

CONCLUSIONI

L'Arenaria di Ponsano dell'area di Rencine rappresenta un deposito trasgressivo sul substrato pre-neogenico di età Serravalliano superiore e di ambiente marino di modesta profondità. Considerazioni più particolareggiate su questi depositi non sono possibili a causa della scarsa qualità e ridotta estensione degli affioramenti.

L'Arenaria di Ponsano della zona tipo ha offerto, anche se la base non è affiorante, maggiori opportunità interpretative. La successione affiorante, per la quale è stato possibile stimare uno spessore di circa 500 m, esprime, seppure in modo articolato, un trend regressivo. Infatti le facies più profonde, relative alla zona circalitorale, sono state riconosciute nelle porzioni inferiori della successione, mentre quelle meno profonde sono presenti nella porzione sommitale, dove comprendono anche i depositi conglomeratici di chiusura.

La deposizione della porzione affiorante si sarebbe svolta nel Tortonianiano inferiore non basale in un intervallo temporale compreso fra circa 10.5 Ma (età della scomparsa di *Paragloborotalia siakensis*) e 8.14 Ma (età di comparsa di *Globigerinoides extremus* secondo Sprovieri *et al.*, 1996).

Il protrarsi della sedimentazione in ambiente poco profondo ed in condizioni pressoché costanti, documentato in particolare nel forte spessore delle arenarie superiori, viene messo in relazione ad un regime subsidente continuo e regolare da riferire ad una tettonica sinsedimentaria di sprofondamento.

Il passaggio dalle marne alle arenarie superiori, che si realizza in concomitanza del picco freddo Mi7 della scala isotopica di Miller *et al.* (1991), viene messo in relazione con una significativa variazione eustatica in senso negativo. Evidenze simili non sono rimarcabili al limite fra le marne e le arenarie inferiori per la mancanza di buoni affioramenti al passaggio fra le due litologie. Il carattere di rapidità che comunque sembra carat-

terizzare anche questa transizione, fa propendere per una fenomenologia simile a quella del caso precedente.

Una variazione ambientale molto più lenta si riscontra, invece, nella porzione superiore della successione. Tale caratteristica, assente nella porzione inferiore, ci farebbe escludere l'eustatismo fra le sue possibili cause. Queste vanno quindi ricercate o in una diminuzione della velocità di subsidenza o in un aumento di quella di sedimentazione (causata dal sollevamento di aree adiacenti) o nella contemporanea azione di entrambe. I dati a nostra disposizione, non permettono di optare per l'uno o per l'altro caso. Comunque, la presenza di conglomerati nelle facies deltizie sommitali della successione sembra rappresentare la prima locale risposta sedimentaria al diffuso sollevamento che seguirà la regressione.

BIBLIOGRAFIA

- BALDACCI, F., ELTER, P., GIANNINI, E., GIGLIA, G., LAZZAROTTO, A., NARDI, R. & TONGIORGI, M., 1967, Nuove osservazioni sul problema della Falda Toscana e sulla interpretazione dei Flysh arenacei tipo "Macigno" dell'Appennino Settentrionale: *Mem. Soc. Geol. It.*, 6 (2): 213-244, 6 figg., 1 tav.
- BARTOLINI, C., 1966, I Foraminiferi dell'Arenaria di Ponsano: *Palaeont. It.*, 31: 17-64, 2 tavv., 1 fig.
- & PIRINI, C., 1969, Découverte de nannoplankton calcaire dans le grès de Ponsano, Miocène Moyen, Toscane, Italie. In: Brönnimann, P., Renz, H.H., *Proc. First Intern. Conf. Plankt. Microfossils*, Geneva 1967: 81-88, 8 tavv.
- BLANC-VERNET, L., 1969, Contribution à l'étude des foraminifères de Méditerranée. Relations entre la microfaune et le sédiment. Biocénoses actuelles, thanatocoénoses pliocènes et quaternaires: *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume*: 281 pp., 17 tavv., 30 figg.
- BLOW, W. H., 1969, Late Middle Eocene to Recent planktonic foraminiferal biostratigraphy: *Proceedings First International Conference on Planktonic Microfossils*, Geneva, 1967, 1: 199-442, 54 tavv.
- BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R., 1976, Recent Foraminifera. Dr. W. Junk b.v. Ed. - The Hague: 515 pp., 133 figg., 17 tabb.
- BOSSIO, A., FORESI, L.M., MAZZEI, R., SALVATORINI, G. & SANDRELLI, F., Evoluzione tettonico-sedimentaria neogenica lungo una trasversale ai bacini di Volterra e della Val d'Elsa: *Studi Geol. Camerti*, in stampa.
- BUKRY, D., 1973, Low-Latitude Coccolith Biostratigraphic Zonation. In Edgar N.T., Saunders J.B. *et alii*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, 15: 685-703.
- CANDE, S. & KENT, D., 1995, Revised calibration of the geomagnetic polarity time scale for the Late Cretaceous and Cenozoic: *Journ. Geoph. Res.*, 100: 6093-6095.
- CARMIGNANI, L., DECANDIA, F. A., DISPERATI, L., FANTOZZI, P. L., LAZZAROTTO, A., LIOTTA, D. & OGGIANO, G., 1995, Relationship between the Tertiary structural evolution of the Sardinia-Corsica-Provençal Domain and the Northern Apennines: *Terra Nova*, 7: 128-137, 10 figg.
- , —, FANTOZZI, P. L., LAZZAROTTO, A., LIOTTA, D. & MECCHERI, M., 1994, Tertiary extensional tectonics in Tuscany (Northern Apennines, Italy): *Tectonophysics*, 238: 295-315, 13 figg.
- COLANTONI, P. & BORSETTI, A.M., 1973, Geologia e stratigrafia dell'Isola di Pianosa (Arcipelago Toscano-Mar Tirreno): *Giorn. di Geol.* (2), 39 (1): 287-302, 1 tav., 2 figg.
- DALLAN, L., 1967, I Foraminiferi miocenici della Marina del Marchese (Isola di Pianosa): *Palaeont. It.*, 62: 79-141, 9 tavv.
- DESSAU, G., MERLA, G., SCARSELLA, F., SIGNORINI, R. & TREVISAN, L., 1950, Appunti geologici sul Grossetano tra l'Argentario e il Monte Canino: *Boll. Soc. Geol. It.*, 69 (1): 69-76, 1 fig.
- D'ONOFRIO, S., GIANNELLI, L., IACCARINO, S., MORLOTTI, E., ROMEO, M., SALVATORINI, G., SAMPÒ, M. & SPROVIERI, R., 1975, Planktonic Foraminifera of the upper Miocene from some Italian section and the problem of the lower boundary of the Messinian: *Boll. Soc. Paleont. It.*, 14 (2): 177-196, 5 tavv., 4 figg.
- ELTER, F. M. & SANDRELLI, F., 1995, La fase post-nappe della Toscana meridionale: nuova interpretazione sull'evoluzione dell'Appennino Settentrionale: *Atti Tic. Sc. Terra*, 37: 173-193, 6 figg., 1 tab.
- FAZZINI, P., GELMINI, M., MANTOVANI, M. P. & PELLEGRINI, M., 1972, Geologia dei Monti della Tolfa (Lazio settentrionale; prov. di Viterbo e Roma): *Mem. Soc. Geol. It.*, 11 (1): 65-145, 56 figg., 1 carta geologica, 1 tav. delle sezioni.
- FONTANA, D., 1980a, Confronti fra arenarie mioceniche nella Toscana meridionale: *Mem. Soc. Geol. It.*, 21: 85-87, 2 figg.
- , 1980b, Caratteri petrografici e sedimentologici delle Arenarie di Manciano nella Toscana meridionale: *Miner. Petrogr. Acta*, 24: 77-94, 8 figg., 1 tab.
- FORESI, L.M., IACCARINO, S. & SALVATORINI, G., 1997, New data on calcareous plankton biostratigraphy of the Middle-Upper Miocene of the Mediterranean area: *Riv. It. Paleont. Strat.*, in stampa.
- GIANNINI, E., 1957, I fossili dell'Arenaria di Manciano (Grosseto): *Palaeont. It.*, 51: 97-103, 4 tavv.
- & TONGIORGI, M., 1959, Stratigrafia neogenica Toscana. 1 - L'arenaria elveziana di Ponsano (Volterra): *Boll. Soc. Geol. It.*, 78 (2): 83-100, 8 tavv., 3 figg.
- IACCARINO, S. & SALVATORINI, G., 1982, A framework of planktonic foraminiferal biostratigraphy for Early Miocene to Late Pliocene Mediterranean area: *Paleontol. Stratig. Evol.*, 2: 115-125, 2 figg.
- LOEBLICH, A. R., JR. & TAPPAN, H., 1988, Foraminiferal Genera and their Classification. Van Nostrand Reinhold Comp., New York, 970 pp., 847 tavv.
- MARTINI, E., 1971, Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. In A. Farinacci (ed.), *Proceedings II Planktonic Conference*, Roma, 1970, 2: 739-785.
- MARTINI, I. P., CASCELLA, A. & RAU, A., 1995, The Manciano Sandstone: a shoreface deposit of Miocene basin of the Northern Apennines, Italy: *Sedimentary Geology*, 99: 37-59, 16 figg., 2 tabb.

- MAZZANTI, R., MAZZEI, R., MENESINI, E. & SALVATORINI, G., 1981, L' Arenaria di Ponsano: nuove precisazioni sopra l'età. IX Convegno della Soc. Paleont. It., Pisa: 135-160, 5 tavv., 6 figg.
- MAZZEI, R., PASINI, M., SALVATORINI G. & SANDRELLI, F., 1981, L'età dell'Arenaria di Ponsano nella zona di Castellina Scalo (Siena): Mem. Soc. Geol. It., 21: 63-72, 2 tavv., 2 figg.
- MENESINI, E., 1963, Cirripedi miocenici delle " Arenarie di Ponsano" (Volterra, Provincia di Pisa): Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, 70 (1): 15-23, 3 tavv.
- , 1966, I Balani miocenici delle "Arenarie di Ponsano" (Volterra, provincia di Pisa): Palaeont. It., 60 (n. s. 30): 1-129, 8 tavv.
- , 1967 a, Gli Echinidi miocenici delle "Arenarie di Ponsano" (Volterra, provincia di Pisa): Palaeont. It., 62 (n. s. 32): 143-167, 6 tavv., 4 figg.
- , 1967 b, I Pesci miocenici delle " Arenarie di Ponsano" (Volterra, Provincia di Pisa): Atti Soc. Tosc. Sc. Nat., Mem., Serie A, 74 (1): 1-20, 3 tavv., 1 fig.
- MERLA, G. & BORTOLOTTI, V., 1967, Foglio 113 Castelfiorentino. Note illustrative della C.G.I. 1:100.000. Servizio Geologico d'Italia.
- MILLER, K. G., FEIGENSON, M. D., WRIGHT, J. D. & CLEMENT, B.M., 1991, Miocene isotope reference section, Deep Sea drilling Project Site 608: An evaluation of isotope and biostratigraphic resolution: *Paleoceanogr.*, 6: 33-52, 6 figg., 2 tabb.
- MORKHOVEN, F. P. C. M., VAN BERGGREN, W. A. & EDWARDS, A. S., 1986, Cenozoic Cosmopolitan Deep-Water Benthic Foraminifera: Bull. Centres Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine, Mem., 11: 1-415, 126 tavv., 8 figg., 1 tab. f. t.
- MURRAY, J. W., 1973, Distribution and Ecology of Living Benthic Foraminiferids, Heinemann Education Books, Londra: 274 pp., 12 tavv., 103 figg.
- PASINI, M. & SANDRELLI, F., 1977, L'Arenaria di Ponsano a sud-est di Castellina Scalo (Siena): Riv. It. Paleont., 83 (3): 641-664, 4 tavv., 2 figg.
- PELLEGRINI, M., 1967a, Osservazioni geologiche sull'Arenaria di Manciano: Mem. Soc. Geol. It., 6 (3): 329-342, 11 figg., 1 carta geologica.
- , 1967b, Nuovi affioramenti di Arenarie mioceniche nella Maremma Laziale (Prov. di Viterbo): Atti Soc. Nat. e Mat. di Modena, 98: 109-125.
- PERÈS, C.E. & PICARD, J., 1964, Nouveau manuel de Bionomie benthique de la mer Méditerranée: Rec. Trav. Station Marine d'Endoume, 31 (47): 137 pp.
- RIO, D. & FORNACIARI, F., 1994, Remarks on Middle to Late Miocene Chronostratigraphy. *In*: Neogene Newsletter N. 1: 26-34, 5 figg., Milano.
- SGARRELLA, F. & MONCHARMONT ZEI, M., 1993, Benthic Foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology: Boll. Soc. Paleont. Ital., 32 (2): 145-264, 26 tavv., 3 figg., 2 tabb.
- SIGNORINI, R., 1955, Geologia dei Monti di Capalbio (Grosseto): Boll. Soc. Geol. It., 73: 19-29, 1 fig., 1, 1 tav (carta geologica).
- SPROVIERI, R., DI STEFANO, E. & SPROVIERI, M., 1996, High resolution chronology for Late Miocene Mediterranean stratigraphy events: Riv. It. Paleont. Strat., 102 (1): 77-104, 14 figg., 3 tabb.
- TAVANI, G. & TONGIORGI, M., 1963, La fauna miocenica delle "Arenarie di Ponsano" (Volterra, Prov. di Pisa): Palaeont. It., 58: 1-41, 30 tavv., 1 fig.
- TREVISAN, L., 1951, Sul complesso sedimentario del Miocene superiore e Pliocene della Val di Cecina e sui movimenti tettonici tardivi in rapporto ai giacimenti di lignite e di salgemma: Boll. Soc. Geol. It., 70: 65-78, 6 figg.
- VAN WAGONER, J.C., POSAMENTIER, H.W., MITCHUM, R.M. JR., VAIL, P.R., SARG, J.F., LOUTIT, T.S. & HARDENBOL, J., 1988, An Overview of the Fundamental of Sequence Stratigraphy and Key Definitions. *In* Wilgus, C.K., Hastings, B.S., Kendal, C.G.St.C., Posamentier, H.W., Ross, C.A. & Van Wagoner (eds), Sea Level Changes: an integrated approach: SEPM, Special Publication No. 42, p. 39-46, 6 figg.
- ZAMPI, M. & GANDIN, A., 1984, Ricerche su Foraminiferi bentonici nei fondali antistanti la foce del Tevere: Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., Ser. A, 91: 203-235, 5 tavv., 4 figg.

(manuscript received November 30, 1996
accepted June 30, 1997)

Luca Maria FORESI
Vincenzo PASCUCCI
Fabio SANDRELLI
Dipartimento di Scienze della Terra
Via delle Cerchia 3, 53100 Siena, Italy

FORAMINIFERI MIOCENICI DI PONSANO

229

continua

