

**CARATTERI BIOSTRATIGRAFICI E PETROGRAFICI DEL MACIGNO LUNGO LA
TRASVERSALE CINQUE TERRE-VAL GORDANA-M.SILLARA (APPENNINO
SETTENTRIONALE): IMPLICAZIONI SULL'EVOLUZIONE TETTONO-SEDIMENTARIA**

INDICE

RIASSUNTO	pag.	229
ABSTRACT	"	229
IL PROBLEMA DELLE TORBIDITI OLIGOMIOCENICHE ...	"	230
INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SCOPO DEL LAVORO	"	230
PETROGRAFIA DELLE ARENARIE	"	233
BIOSTRATIGRAFIA	"	235
DESCRIZIONE DELLE SEZIONI CAMPIONATE	"	239
CONCLUSIONI	"	242
BIBLIOGRAFIA	"	246

RIASSUNTO

In questo lavoro è stato preso in esame il *Macigno* affiorante lungo la trasversale Cinque Terre-Val Gordana-M.Sillara con lo scopo di ottenere una più precisa definizione dei tempi di inizio e fine della sedimentazione della successione torbiditica, una caratterizzazione petrografica di dettaglio e di verificarne le variazioni in senso trasversale all'avanfossa del *Macigno*. Tali dati sono necessari per stabilire i rapporti intercorrenti tra i Flysch oligo-miocenici (*Macigno*, *Modino*, *Cervarola*), e quindi per le ricostruzioni paleogeografiche e paleotettoniche di gran parte della catena nord-appenninica. In quest'ottica uno studio di questo tipo può rivelarsi di una certa importanza per una corretta interpretazione dei dati sismici.

Con queste finalità, sono state descritte e campionate 8 sezioni nel *Macigno*, distribuite da W a E lungo tutta l'area considerata: la biostratigrafia a nannofossili calcarei è stata ottenuta valutando quantitativamente l'abbondanza delle forme stratigraficamente significative; le analisi petrografiche sono state orientate allo studio sia della composizione modale principale sia di quella della frazione litica. Come è noto, quest'ultima risulta molto significativa per valutare le variazioni composizionali all'interno dei Flysch oligo-miocenici e, nel caso del *Macigno*, per distinguere una *petrofacies* inferiore da una superiore.

Dagli studi biostratigrafico e petrografico emergono i seguenti risultati:

1 - la sedimentazione delle arenarie inizia prima nei settori orientali (area della catena principale) che in quelli occidentali: tale diacronia potrebbe raggiungere anche i 2 milioni di anni;

2 - la chiusura della sedimentazione avviene in tempi diversi nei vari settori esaminati con una diacronia di circa 2 milioni di anni: nei settori occidentali (Cinque Terre) essa si

attua probabilmente tra l'estinzione di "*Reticulofenestra bisecta*" e la comparsa di "*Sphenolithus delphix*"; nell'area della Val Gordana la successione torbiditica termina dopo la comparsa di *S.delphix*; nella zona orientale (M.Sillara) i campioni ubicati nella parte medio-alta della successione sono già collocabili tra la comparsa di *Sphenolithus aff.belemnos* e la comparsa di *Sphenolithus belemnos*. Questa diacronia è imputabile all'avanzamento da occidente delle falde subliguri e liguri;

3 - i dati petrografici confermano l'esistenza di due *petrofacies* stratigraficamente ordinate anche nel *Macigno* della trasversale in esame;

4 - l'integrazione dei dati biostratigrafici e petrografici dimostra che il limite tra le *petrofacies* si colloca costantemente in un intervallo di tempo ben definito, compreso tra l'estinzione di *R. bisecta* e la comparsa di *S.delphix*, ed è quindi grosso modo isocrono;

5 - le *litofacies* siltoso-marnose, spesso indicate come tetto stratigrafico del *Macigno*, sono invece costantemente più vecchie delle arenarie sottostanti e quindi con queste in contatto tettonico. Questo implica che gli orizzonti di argille e calcari compresi tra le due successioni, sotto forma di breccie o di depositi stratificati, non possano essere interpretati come olistostromi intercalati nella successione;

6 - le osservazioni di campagna hanno messo in evidenza che le argille e calcari intercalate nel *Macigno* rappresentano sempre, nell'area considerata, degli inclusi all'interno dei singoli episodi torbiditici: anche in questo caso le argille e calcari non sembrano rappresentare degli olistostromi.

ABSTRACT

The *Macigno* succession, cropping out along the Cinque Terre-Val Gordana-Mt. Sillara transect has been studied biostratigraphically and petrographically. The aim of this work is to determine the age of the beginning and end of the sedimentation and to characterize the petrographic variations across the *Macigno* foredeep. These data allow us to establish the relationship between the Oligo-Miocene Flysch units (*Macigno*, *Modino*, *Cervarola*) and shed light on the paleogeography and paleotectonics of the Northern Apennine. Furthermore, these kind of approaches are useful for a correct interpretation of the seismic data.

Eight sections in the *Macigno* are described, and samples were collected for both calcareous nannofossil biostratigraphy and petrographic analyses. Biostratigraphic interpretation was made possible by quantitative analysis which emphasizes stratigraphically important taxa, despite the reworking. Petrographic analysis was focused on the framework modal composition and on the lithic fraction, which are known to be useful parameters for monitoring compositional variations within the Oligo-Miocene Flysch units and, in the *Macigno*, for distinguishing a lower and an upper *petrofacies*.

The main conclusions are:

1 - The onset of sandstone sedimentation in the eastern part of the area took place earlier than in the western part; this

(*) Istituto Di Geologia, Università Di Parma

(**) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pavia

(***) Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Pisa

diachroneity could be about 2 m.y.

2 - The sedimentation ceased at different times in different part of the study area. A diachroneity of about 2 m.y. is recorded. In the western region (Cinque Terre) sedimentation ceased between the last occurrence of *Reticulofenestra bisecta* and the first occurrence of *Sphenolithus delphix*. In the Gordana Valley, the turbidic succession ends after the first occurrence of *Sphenolithus delphix*. In the eastern part of the area, the upper part of the succession lies between the first occurrence of *Sphenolithus aff. belemnos* and the first occurrence of *S. belemnos*. The above mentioned diachroneity is related to the eastward overthrusting of subligurid and ligurid nappes.

3 - Petrographic data confirm the presence of two distinct, stratigraphically constrained, petrofacies in the study area.

4 - Integrated data from biostratigraphy and petrography show that the petrofacies boundary is consistently located between *R.bisecta* LO and the *S.delphix* FO.

5 - The silty-marly lithofacies, often considered to be the stratigraphic top of the *Macigno*, is older than the underlying sandstones, indicating the presence of a tectonic contact. It implies that the "argille e calcari" levels included between these two successions, as breccias or stratified deposits, do not represent olistostromes included in a continuing succession.

6 - Field evidences show that the "argille e calcari" included in the *Macigno* always represent, in the study area, megaclasts inside each turbiditic episode.

PAROLE CHIAVE: Appennino settentrionale, *Macigno*, biostratigrafia, nanofossili calcarei, petrografia delle arenarie, Oligo-Miocene.

KEY WORDS: Northern Apennines, *Macigno*, Biostratigraphy, calcareous nanofossils, sandstone petrography, Oligo-Miocene.

IL PROBLEMA DELLE TORBIDITI OLIGOMIOCENICHE E DEI LORO RAPPORTI RECIPROCI NEL CONTESTO DELL'OROGENESI APPENNINICA

Le fasi di avanzamento postcollisionale di una catena possono essere datate per mezzo delle età di apertura e chiusura dei bacini sedimentari geneticamente connessi alla sua strutturazione quali i bacini di *piggy back* e i bacini di avanfossa.

Per quanto riguarda la catena appenninica, l'avanzamento delle Unità Subliguri e Liguri fino al margine padano ha impedito la formazione di bacini di *piggy back* impostati direttamente sui *thrust belts* toscano-umbri. Per questo motivo lo strutturarsi della catena appare collegato e scandito, a livello dei depositi di avanfossa, dalla sedimentazione dei Flysch arenacei sommitali delle successioni toscana e umbra (*Macigno* e *Marnoso-arenacea*): la definizione spazio-temporale dell'orogenesi postcollisionale è quindi strettamente legata ad una attribuzione cronostratigrafica di questi depositi di avanfossa.

I modelli più recenti ipotizzano una migrazione spazio-temporale quasi continua delle avanfosse connessa con l'avanzamento della catena verso l'avampese apulo (RICCI LUCCHI & ORI, 1985; BOCCALETTI *et al.*, 1990).

All'interno dei singoli bacini di avanfossa, inoltre, viene ipotizzata un'evoluzione tettono-sedimentaria per cui l'inizio della sedimentazione sarebbe più precoce nelle aree interne e diverrebbe via via più recente in quelle esterne (DALLAN & NARDI, 1968; RICCI LUCCHI, 1975; MONTANARI &

ROSSI, 1983; FAZZUOLI *et al.*, 1988; BOCCALETTI *et al.*, 1990; GANDOLFI & PAGANELLI, 1992).

Secondo l'interpretazione di RICCI LUCCHI (1986) le facies di colmamento del bacino sarebbero costantemente rappresentate da siltiti e marne "di chiusura" (*Marne di Pievepelago* per il *Macigno*, *Marne di Verghereto* per la *Marnoso-arenacea*).

Per quanto riguarda il *Macigno*, alcuni autori tendono a interpretarne i settori più occidentali come depositi di ambiente costiero, quindi non torbiditici, sulla base di differenze litologico-sedimentologiche e in parte anche composizionali (maggior contenuto in CaCO₃) rispetto al *Macigno del Chianti* (TAVANI, 1954; DALLAN & NARDI, 1968; DALLAN NARDI & NARDI, 1972). Sulla base di differenze riscontrate nella sequenza delle facies, FERRINI *et al.*, (1985b) e FAZZUOLI *et al.* (1985) collocano il *Macigno costiero* (Calafuria e La Spezia) in una depressione interna, contigua alla scarpata occidentale, più profonda e precoce rispetto a quella in cui si sedimentava il *Macigno* della dorsale M.Orsaro-Monti del Chianti, ipotizzando pertanto la presenza di due bacini separati. MONTANARI & ROSSI (1983), a loro volta, individuano età diverse alla base delle due sequenze, da cui si può dedurre una storia deposizionale almeno in parte differente tra le due.

BOCCALETTI *et al.* (1986, 1990) interpretano il *Macigno* costiero (termine che storicamente indica gli affioramenti occidentali a sud dell'Arno) come il riempimento di un bacino di *piggy back*, ed il *Macigno s.s.* come il riempimento dell'avanfossa. In quest'ottica paragonano il *Macigno* costiero alle successioni di *Ranzano-Bismantova* e del Bacino Terziario piemontese senza tenere conto delle differenze di età, composizione, rapporti col substrato che intercorrono tra la prima successione e queste ultime.

Come risulta dalla letteratura, appare difficile una classificazione dei bacini di sedimentazione di *M.Modino* e di *M.Cervarola*, in quanto ancora incerta risulta la loro originaria posizione e controversi i loro reciproci rapporti, nonché quelli intercorrenti tra queste due successioni e quella del *Macigno*, soprattutto a causa della scarsità dei dati biostratigrafici.

In merito sono state formulate varie ipotesi e ricostruzioni paleogeografiche anche molto diverse (a questo proposito si vedano le sintesi bibliografiche in SAGRI & ZANZUCCHI, 1975; ABBATE & BRUNI, 1989; CHICCHI & PLESI, 1990).

Questa breve rassegna dei problemi relativi ai Flysch oligo-miocenici mostra in definitiva come siano necessari ancora molti dati biostratigrafici, petrografici e sedimentologici, oltre che geologici, per inquadrare la storia evolutiva dei singoli depositi e per individuare elementi oggettivi che permettano precise discriminazioni.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SCOPO DEL LAVORO

Nell'area compresa tra la Val Taro e la Val d'Arno, il *Macigno* occupa attualmente gran parte del settore più occidentale dell'Appennino settentrionale; dalla Val d'Arno alla trasversale M.Argentario-M.Cetona, il *Macigno* è disposto invece lungo tre allineamenti longitudinali, uno occidentale (*Macigno costiero*, maremmano), uno intermedio (*Macigno del Chianti*) e uno più esterno (*Arenarie*

del Trasimeno), tra loro separati dai depositi recenti rispettivamente della Val d'Elsa e della Val di Chiana.

In questo lavoro è stato preso in considerazione il *Macigno* affiorante lungo la trasversale Cinque Terre-Val Gordana-M.Sillara (Fig.1), che rappresenta il transetto più settentrionale tra quelli possibili attraverso l'area di affioramento del *Macigno*; lungo tale trasversale sono state descritte e campionate varie sezioni stratigrafiche (Fig.1) al fine di precisarne l'età e gli aspetti composizionali, nonché le loro eventuali variazioni in senso trasversale al paleoacino.

La struttura del *Macigno* di questa trasversale è stata presa in esame in vari lavori (ABBATE, 1969; ELTER & SCHWAB, 1959; PLESI, 1971; COSTA, 1987; BERNINI, 1991). La formazione è interessata da una strutturazione precoce a pieghe e *thrusts*, contemporanea e successiva alla sua traslazione, insieme alla sottostante successione toscana, sull'Unità delle Apuane e, a partire dal Miocene superiore, da una tettonica distensiva importante soprattutto in Lunigiana e nei dintorni di La Spezia (BERNINI, 1991).

Questa strutturazione complessa controlla le modalità di affioramento e rende a volte problematico il lavoro di ricostruzione stratigrafica; infatti, anche dove è rappresentata la formazione in tutto il suo spessore (sezioni di Val Pignone e Val Gordana), essa risulta in parte mascherata dalle coperture. Le colonne stratigrafiche riportate in questo lavoro sono state ricostruite in modo speditivo e pertanto

non vanno considerate del tutto esenti da imperfezioni: esse potrebbero contenere piccole ripetizioni stratigrafiche o rappresentare successioni non del tutto indeformate. Tutto questo però non sembra influire, se non in modo molto limitato, sul significato complessivo dei dati acquisiti.

Poichè nel settore orientale dell'area considerata non affiora la base del *Macigno*, vengono riportati per confronto i risultati ottenuti da una campionatura effettuata in località Le Porraie, ubicata ad Est di M. Sillano, circa 25 Km a SE rispetto alla sezione Bagnone (CATANZARITI, 1988).

Un altro problema affrontato in questo lavoro riguarda i rapporti, tuttora controversi, intercorrenti tra il *Macigno* ed una *litofacies* pelitico-siltosa spesso presente al tetto del *Macigno* stesso e intercalata tra questo e l'Unità di Canetolo geomericamente sovrapposta.

Questa *litofacies* è indicata in letteratura come *Marne di Marra* (PAGANI & ZANZUCCHI, 1970), *Marne di Pontecchio* (GUNTHER, 1966), *Macigno siltoso* (VALLONI, 1978), membro siltoso superiore del *Macigno* (PLESI, 1971). Essa poggia in qualche caso direttamente sul *Macigno*, più spesso ne risulta separata da intercalazioni argilloso-calcaree sotto forma di breccie o di depositi sedimentari regolarmente stratificati, che in letteratura sono stati interpretati spesso, seguendo ELTER & SCHWAB (op.cit.), come olistostromi precursori dell'Unità di Canetolo (olistostromi prosimali; PLESI, 1971).

Poichè la natura dei contatti tra il tetto del *Macigno* e

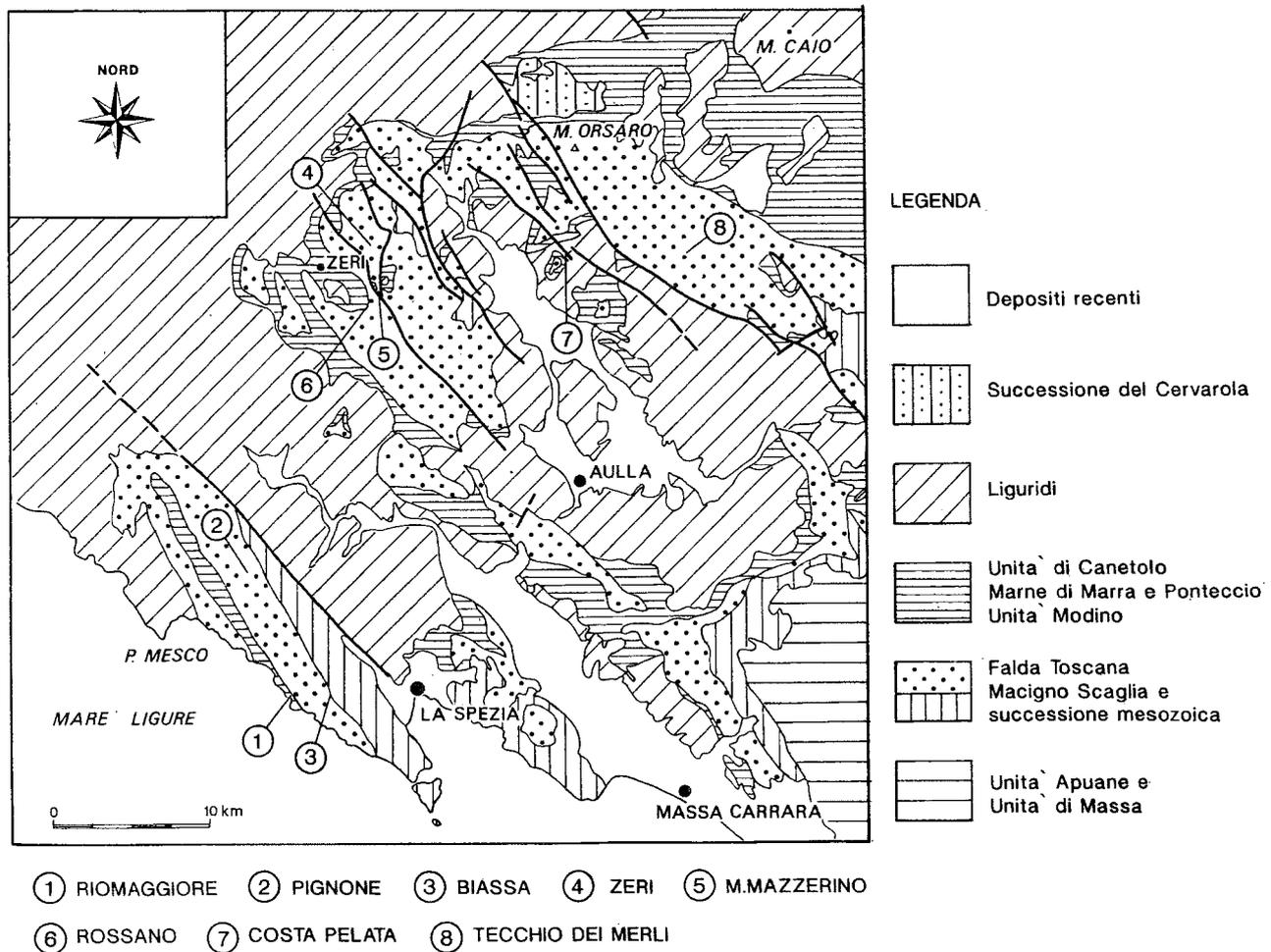


Fig. 1 - Mappa indice con ubicazione delle sezioni studiate.

Tab. 1 - Composizione Modale d'Insieme e della Frazione Litica dell'ossatura del *Macigno* affiorante lungo la trasversale Cinque Terre-Val Gardana-M.Sillara.

Sezione	TAVOLA DELLA COMPOSIZIONE MODALE D'INSIEME																Nord Est																	
	Sud Ovest								VAL PIGNONE								VAL GORDANA								BAGNONE									
	top	base	124	125	114	113	151	152	153	112	111	base	131	133	136	138	140	142	143	145	top	147	base aff.	122	121	119	118	117	top	115				
RIOMI	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109				
Posizione stratigrafica	26,0	23,8	25,3	23,5	22,0	21,8	17,2	18,5	23,6	18,5	26,1	27,4	22,0	18,8	23,9	22,7	16,0	13,7	20,7	20,7	27,5	21,2	25,8	16,5	19,7	25,4	25,4	25,4	25,4	25,4				
Campione AS	2,9	6,0	7,1	6,2	6,7	5,1	5,1	6,0	5,3	6,0	6,3	8,0	9,2	8,3	4,6	3,5	4,8	5,6	3,9	3,9	6,0	8,6	4,1	7,0	6,9	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0				
Extracti essenziali	2,4	2,1	4,3	3,1	2,7	3,5	3,4	6,6	1,5	3,4	1,7	3,3	3,5	1,1	1,7	1,7	3,1	3,7	1,9	2,1	2,1	1,9	4,4	4,2	2,2	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6				
Quarzo	0,3	0,3	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
Quarzo unitario	7,2	7,6	7,9	8,9	7,0	5,1	8,0	3,9	7,6	8,7	4,9	4,7	5,5	13,7	6,8	5,5	7,6	17,1	7,7	7,7	6,7	9,3	6,4	14,8	6,9	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5			
Feldspati	4,3	6,2	6,4	8,7	7,3	7,6	7,4	9,1	7,9	10,1	6,3	7,8	8,3	6,9	7,0	9,6	6,0	4,7	5,1	8,8	9,9	7,9	7,0	10,1	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6	9,6			
K-feldspato	1,9	2,3	2,0	1,7	2,2	2,2	2,3	2,2	1,8	2,2	1,0	1,1	3,2	1,7	2,2	1,7	1,0	3,4	1,0	2,7	2,2	1,2	2,0	4,1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7		
Feldspato alterato	1,0	-	2,0	1,4	0,8	3,2	2,3	1,7	3,6	0,8	1,5	0,6	0,6	0,3	0,7	2,0	2,2	2,2	1,9	-	0,3	0,6	0,8	0,3	1,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
Feldspato alterato in FR	0,3	-	0,5	-	0,3	-	0,6	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-	-	0,2	0,2	0,2	-	-	0,6	-	0,6	-	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
Plagioclasio	6,0	4,7	4,3	5,0	4,8	5,4	5,7	7,7	8,2	8,2	6,8	6,6	8,3	7,8	4,6	8,8	7,9	5,6	3,6	7,3	6,1	5,0	6,7	5,7	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5			
Plagioclasio in FR	1,7	0,8	0,3	2,5	2,2	3,2	1,7	2,5	3,3	2,5	2,4	0,8	3,5	2,8	2,2	1,2	2,2	3,7	2,9	2,4	4,8	2,3	4,5	1,4	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1			
Litici a tessitura fine	6,8	11,5	10,0	8,9	10,5	10,2	18,3	10,5	11,8	12,9	9,8	8,8	11,0	12,5	8,9	15,5	10,0	18,5	11,3	12,1	15,4	14,7	14,3	10,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7			
Litici silicatici	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Litici carbonatici	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Extracti accessori	10,8	9,7	14,3	13,7	11,0	14,0	7,5	9,9	7,9	9,6	12,7	12,2	6,1	7,4	10,9	8,8	11,0	7,1	9,1	5,8	5,8	7,6	5,6	9,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6		
Miche e cloriti	0,5	0,8	1,5	0,3	0,5	1,1	0,9	1,1	0,6	1,4	0,7	1,4	1,1	0,7	0,6	1,2	1,2	0,2	1,3	0,2	1,2	1,3	1,2	1,7	2,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		
Miche e cloriti in FR	0,7	0,8	-	2,2	0,8	1,9	1,4	0,6	1,8	0,6	1,0	1,7	1,2	2,3	1,9	5,0	1,2	2,8	1,7	2,4	2,9	4,0	1,7	2,2	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5		
Pesanti	1,5	1,0	2,0	1,7	-	2,2	1,1	1,1	1,5	1,7	1,7	0,8	-	0,8	1,7	2,6	3,3	1,9	0,2	1,5	1,3	1,5	1,7	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3		
Pseudomatrice	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Intraclasti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Clasi pelitici	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	0,8	0,7	-	-	-	-	-	-	7,9	2,8	0,7	-	-	0,3	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	
Bioclasti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Materiali d'interstizio e plagiogene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Epimatrice	7,2	3,9	2,3	3,9	4,3	0,8	4,9	8,3	1,2	3,7	7,6	2,2	2,6	5,1	9,2	0,6	7,2	0,9	25,3	2,4	2,2	1,2	2,8	4,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	
Cemento cloritico	2,9	4,7	4,6	3,3	10,2	5,1	7,5	6,9	6,3	5,6	4,1	5,8	-	1,7	6,5	3,8	4,3	4,6	-	4,2	2,9	5,6	2,5	5,5	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	
Cemento calcitico	6,0	4,7	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0	0,8	6,4	1,7	0,2	0,3	-	-	-	-	3,3	1,3	0,9	1,4	1,9	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Altri argillini	6,0	5,2	4,9	5,0	3,2	7,6	4,3	3,0	4,5	3,7	2,2	4,1	0,9	2,9	3,9	0,6	2,9	1,9	0,5	3,0	3,0	1,3	1,5	2,2	1,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	
Plaghe calcitiche	3,6	3,9	-	-	0,8	-	0,9	-	-	-	1,5	3,3	4,6	2,9	2,0	5,5	-	0,3	1,9	0,2	0,6	1,0	2,0	1,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
TOTALE ROCCIA	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Sezione	TAVOLA DELLA COMPOSIZIONE MODALE DELLA FRAZIONE LITICA DELL'OSSATURA																Nord Est																
	Sud Ovest								VAL PIGNONE								VAL GORDANA								BAGNONE								
	top	base	124	125	114	113	151	152	153	112	111	base	131	133	136	138	140	142	143	145	top	147	base aff.	122	121	119	118	117	top	115			
RIOMI	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	
Posizione stratigrafica	20,1	19,8	18,4	16,7	15,5	21,8	22,0	15,9	15,0	14,0	14,8	20,9	12,2	10,8	14,3	14,2	17,5	19,4	17,5	16,3	13,9	20,8	23,8	20,2	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8	20,8
Campione AS	2,6	0,4	3,7	2,0	5,1	0,4	0,8	5,0	-	1,0	3,3	3,0	0,4	0,4	1,7	2,5	0,8	1,5	0,8	2,4	1,2	0,8	1,9	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Grani quarzosi a tessitura fine	5,1	1,7	1,8	3,7	3,2	4,3	4,2	7,4	3,7	5,0	2,5	-	4,4	12,2	3,4	1,7	8,2	2,7	6,3	5,7	2,7	4,3	5,9	5,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	
Grani quarzosi a tessitura fine	52,1	52,5	44,5	55,7	43,2	56,8	49,4	43,4	61,4	47,5	39,3	41,5	45,0	43,0	43,6	55,4	42,4	49,6	46,4	47,9	48,3	60,4	49,1	57,9	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4	63,4
Grani poliminerale a tessitura fine e carbonatici	4,6	4,2	8,3	4,5	9,9	3,9	11,2	16,3	2,5	21,5	13,5	11,4	12,7	13,8	11,8	12,1	18,4	15,1	16,7	12,0	13,9	5,9	8,2	7,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	
Litici metamorfici	2,6	4,6	8,3	2,0	3,6	1,6	-	1,2	1,7	0,5	2,1	1,1	1,3	0,4	0,4	2,1	1,2	1,2	2,4	3,3	3,1	1,6	2,2	0,8	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
Litici sedimentari	8,3	9,7	9,5	12,6	13,5	8,9	6,6	8,1	12,0	5,0	17,2	16,0	16,1	13,0	16,4	8,3	3,3	7,0	6,3	10,0	8,0	4,6	4,5	4,0	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Vulc. acide e vetose	-	-	0,4	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	2,2	-	1,7	0,8	1,2	0,4	0,4	-	3,1	-	-	0,7	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-
Vulc. intermedio-basiche	4,6	6,7	5,0	2,8	4,4	2,3	5,0	2,7	3,7	5,5	5,3	5,3	4,4	2,1	2,9																		

queste *litofacies* superiori è quasi sempre di difficile interpretazione in campagna, in questo lavoro sono stati campionati sistematicamente sia il tetto del *Macigno* sia la *litofacies* superiore per verificarne le età reciproche.

PETROGRAFIA DELLE ARENARIE

CAMPIONAMENTO E METODO ANALITICO

L'analisi composizionale del detrito arenaceo è stata effettuata su campioni provenienti dalle tre sezioni più complete affioranti lungo la trasversale considerata; le sezioni della Val Pignone, della Val Gordana e di Bagnone, rappresentative rispettivamente dell'estremità occidentale, della parte centrale e dell'estremo orientale della trasversale.

Sono stati studiati 9 campioni distribuiti sull'intero spessore del *Macigno* della Val Pignone, 9 campioni della Val Gordana provenienti dal terzo inferiore e superiore della formazione (la parte centrale è rappresentata da *facies* pelitico-arenacee prive delle granulometrie adatte ad un'analisi composizionale), mentre i campioni della sezione di Bagnone rappresentano grosso modo i due terzi superiori del Flysch arenaceo (la parte inferiore non è affiorante); oltre a questi è stato studiato un unico campione proveniente dalla sezione di Riomaggiore dove affiora solo il tetto del *Macigno*.

Lo studio composizionale è stato condotto su arenarie da medie a medio-grossolane prelevate dalla porzione basale degli strati torbiditici. Le analisi sono state effettuate con il metodo GAZZI-DICKINSON che, come è noto, minimizza

l'influenza della granulometria sui dati composizionali ottenuti (per una discussione del metodo si veda DI GIULIO & VALLONI, 1992).

Su ciascuna sezione sottile sono stati effettuati due distinti conteggi. Il primo esteso a tutti i componenti della roccia (grani d'ossatura, materiali d'interstizio e plaghe autigene) è stato protratto fino a conteggiare 250 grani essenziali (fillosilicati, pesanti, pseudomatrice ed intrabacinali esclusi); su questo primo stadio analitico è stata ricalcolata la Composizione Modale d'Insieme (Tab. 1) e la Composizione Modale Principale espressa sotto forma di diagramma (diagramma QFL+C; Fig. 2). Il secondo conteggio ha invece preso in considerazione i soli frammenti di roccia a tessitura fine (costituiti da cristalli < 0.062 mm) arrivando a caratterizzarne almeno 200 per ciascun campione; sulla base di questo secondo stadio analitico è stata quindi ricalcolata la Composizione Modale della Frazione Litica dell'ossatura (Tab. 1 e diagramma LmLvLs+C, Fig. 2).

COMPOSIZIONE D'INSIEME E ASPETTI DIAGENETICI

Come è noto le arenarie del *Macigno* hanno un'ossatura francamente terrigena con componente intrabacinali limitata a sporadici fiocchi pelitici e rarissimi bioclasti.

Visto lo scopo del lavoro, le analisi condotte si sono concentrate sugli aspetti relativi alla composizione originaria della frazione terrigena dell'ossatura, trascurando analisi di dettaglio delle modificazioni post-deposizionali subite dal detrito; su tali aspetti vengono quindi date solo alcune informazioni di massima basate su osservazioni qualitative al microscopio ottico.

Nel complesso le osservazioni fatte concordano con

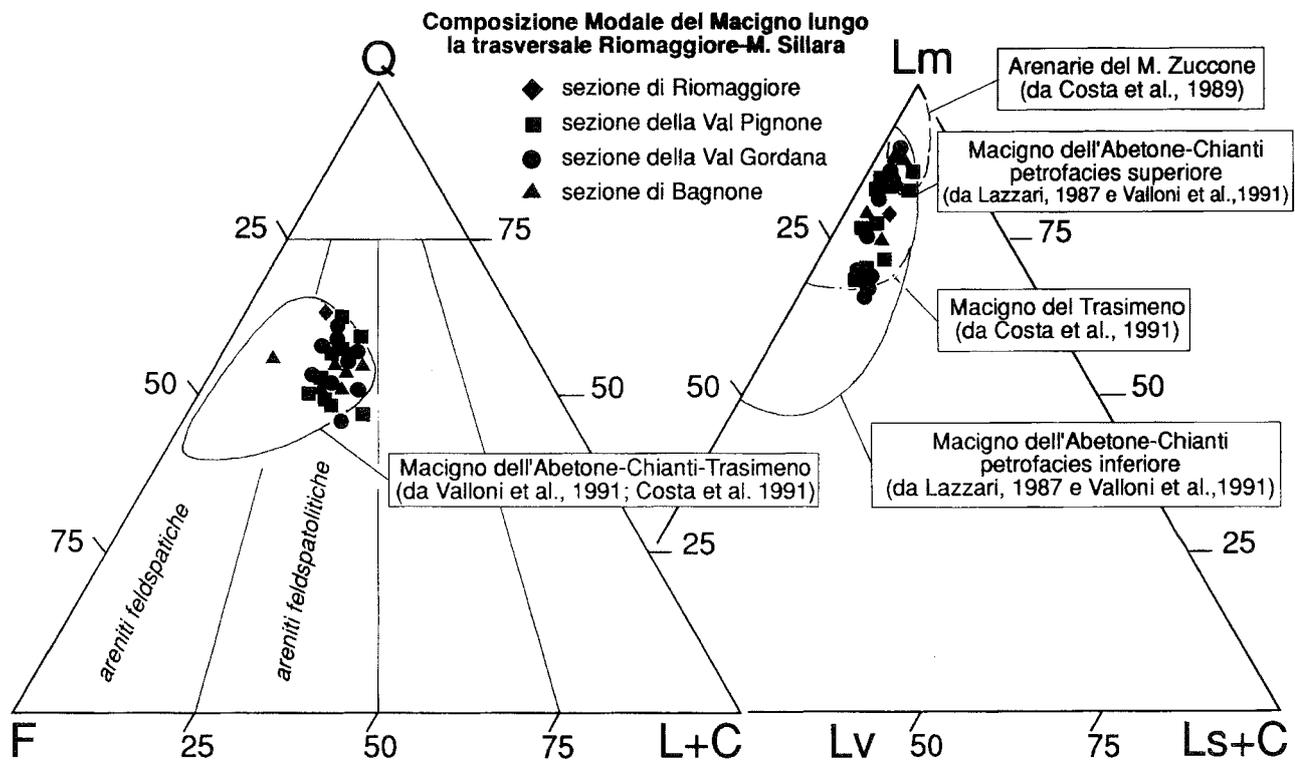


Fig. 2 - Composizione Modale Principale (diagramma QFL+C) e della Frazione Litica dell'ossatura (diagramma LmLvLs+C) del *Macigno* lungo la trasversale Cinque Terre-Val Gordana-M.Sillara e confronto con le analoghe composizioni modali del *Macigno* lungo trasversali più meridionali e delle arenarie affioranti nella finestra tettonica del M. Zuccone.

quanto noto sui caratteri diagenetici del *Macigno* (VALLONI *et al.*, 1991). Il *packing* delle arenarie appare piuttosto serrato, con contatti tra i grani prevalentemente suturati e diffusa deformazione della frazione più duttile dell'ossatura (miche e grani cloritici in particolare).

I materiali d'interstizio sono in generale relativamente scarsi e ripartiti tra un probabile originario detrito fine fortemente ricristallizzato (epimatrice *sensu* DICKINSON, 1970) ed un cemento fillosilicatico di tipo cloritico; ad essi si aggiunge in percentuali molto variabili un precipitato calcitico in posizione interstiziale (cemento calcitico probabilmente sviluppatosi sui materiali fillosilicatici di prima generazione), oppure d'interstizio+ossatura (plaghe calcitiche). Da questo punto di vista appare interessante notare che nell'unico campione analizzato contenente una significativa percentuale di bioclasti (campione AS 136 della Val Gordana) il cemento calcitico venga a sostituire integralmente quello fillosilicatico.

COMPOSIZIONE PRINCIPALE

A questo livello di dettaglio i campioni studiati mostrano una moda detritica estremamente omogenea che ricade sistematicamente entro il campo delle arenite feldspatolitiche (classificazione di DICKINSON, 1970; Fig. 2).

I grani quarzosi costituiscono dal 45 al 65% dei grani essenziali dell'ossatura, sono di tipo prevalentemente monocristallino o composito a tessitura grossolana (singoli cristalli > 0.062 mm), mentre sono più scarsi i tipi compositi a tessitura fine e la selce.

I feldspati rappresentano il 20-35% della frazione essenziale dell'ossatura; i tipi potassici mediamente prevalgono leggermente sui plagioclasti (mediamente P/K+P0,48);

a questi si aggiunge una subordinata frazione di grani feldspatici, in cui i fenomeni di alterazione rendono impossibile attribuire il grano con sufficiente sicurezza ad una specie mineralogica precisa.

I frammenti di roccia a tessitura grossolana (singoli cristalli > 0.062 mm) sono piuttosto abbondanti e quasi esclusivamente di tipo cristallino (faneriti plutonico-metamorfiche); la loro incidenza dipende naturalmente in modo pesante dalla granulometria del campione.

I frammenti di roccia a tessitura fine vanno dal 5 al 25% del totale grani essenziali, ma nella gran parte dei campioni risultano compresi tra il 10 ed il 20%.

Come si può vedere in Fig. 2, a livello della composizione principale non emergono differenze tra le diverse serie studiate, e neppure *trend* composizionali all'interno delle singole successioni.

A scala più ampia i dati raccolti sono completamente assimilabili a quelli noti dalla letteratura sul *Macigno* di altre trasversali (Abetone, Chianti, Trasimeno; VALLONI, 1978; VALLONI *et al.*, 1991 e 1992; FERRINI *et al.*, 1992; COSTA *et al.*, 1992; Fig. 2). D'altra parte è ormai chiaro che a questo livello di dettaglio le arenite dell'avanfossa nord appenninica hanno mantenuto, per tutto l'intervallo oligomiocenico considerato, un notevole grado di omogeneità composizionale.

COMPOSIZIONE DELLA FRAZIONE LITICA DELL'OSSATURA

Come è stato recentemente illustrato (VALLONI *et al.*, 1991 e 1992; ANDREOZZI & DI GIULIO, 1992) questa frazione dell'ossatura delle arenarie dell'avanfossa appenninica, benchè rappresenti una porzione piuttosto limitata dei

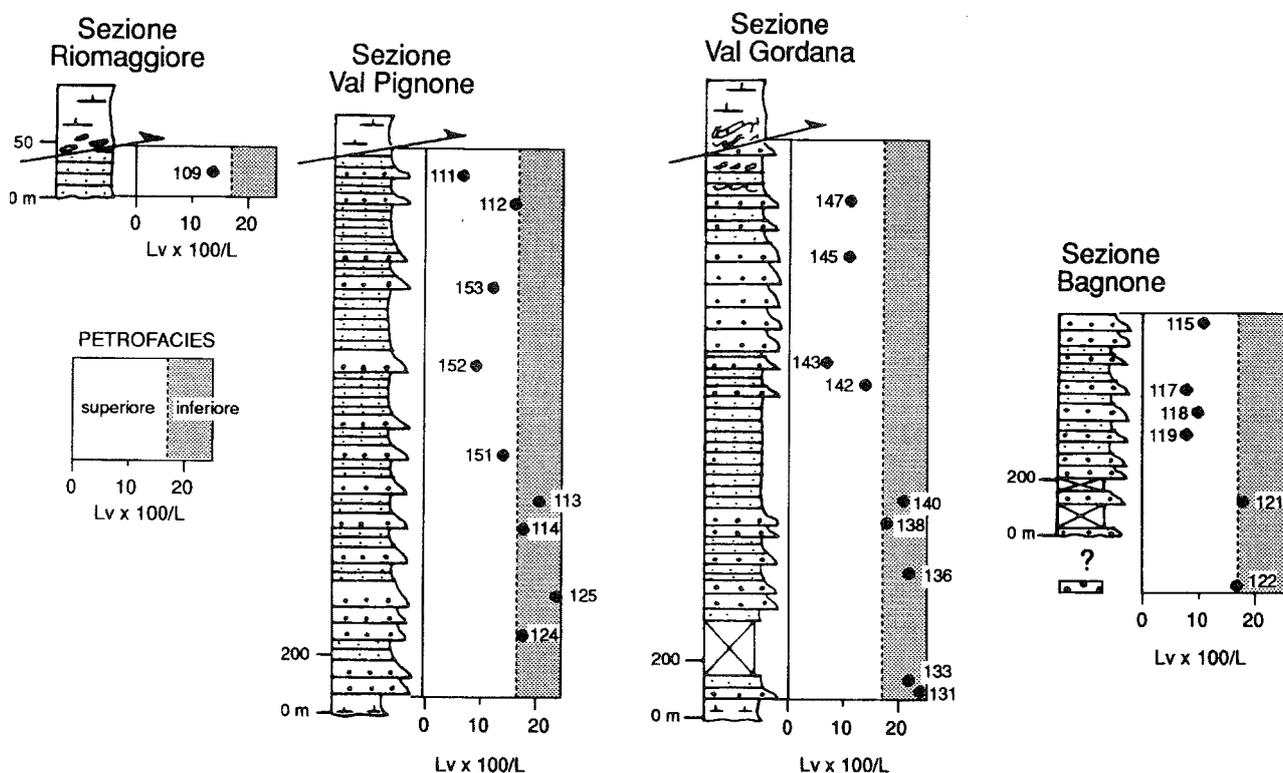


Fig. 3 - Variazione in senso stratigrafico nelle diverse sezioni studiate della percentuale di frammenti di rocce vulcaniche sul totale dei frammenti litici a tessitura fine (parametro Lv x 100/L).

grani, mostra delle sensibili variazioni composizionali nel tempo, consentendo di differenziare le diverse successioni d'avanzosa e, nel caso del *Macigno*, di distinguere una *petrofacies* inferiore ed una superiore (VALLONI *et al.*, 1991; Fig. 2); di qui la necessità di condurre su questa frazione del detrito un'analisi specifica.

Per le arenarie in esame i frammenti di roccia a tessitura fine risultano costantemente dominati dai tipi metamorfici (dal 65 al 90% del totale litici a tessitura fine), essenzialmente rappresentati da scisti e rocce microgranulari a quarzo-muscovite, associati ad una percentuale non trascurabile di scisti cloritici e serpentinitici di vario tipo.

I frammenti di rocce vulcaniche costituiscono il 5-25% dei litici a tessitura fine; tra di essi prevalgono i tipi intermedio-basici, pur non mancando litotipi acidi e rari frammenti di serpentiniti massive (tradizionalmente associate nei diagrammi ai frammenti vulcanici).

I frammenti di rocce sedimentarie sono sempre molto scarsi (< 10% del totale litici fini) e per lo più di tipo silicoclastico; i grani carbonatici ricorrono solo occasionalmente.

Analizzando la variazione in senso stratigrafico della composizione modale della frazione litica dell'ossatura nelle diverse successioni, emerge anche lungo la trasversale considerata una complessiva diminuzione verso l'alto del contenuto in frammenti di rocce vulcaniche (Fig. 3).

Ciò consente di distinguere una *petrofacies* inferiore ed una superiore, caratterizzate rispettivamente da un contenuto in frammenti vulcanici > e < del 18% del totale frammenti litici a tessitura fine; il limite tra le due appare relativamente brusco e ciascuna *petrofacies* non mostra al

suo interno evidenti trend composizionali.

L'insieme dei dati raccolti, integrati con quelli disponibili in letteratura (VALLONI *et al.*, 1991, 1992; COSTA *et al.*, 1992; FERRINI *et al.*, 1992) indica l'esistenza nel *Macigno* dello stesso trend composizionale su una distanza di oltre 200 km lungo il bacino, dalla trasversale La Spezia-Val Gordana al Trasimeno attraverso l'Abetone ed i Monti del Chianti. Nello stesso tempo però emerge il grande sviluppo nel *Macigno* della catena (Abetone-Chianti) della *petrofacies* inferiore (con Lv fino a 30-40% del totale litici fini) rispetto sia alle sezioni più settentrionali e almeno in parte più interne (La Spezia-Val Gordana), sia rispetto a quelle più meridionali ed esterne (Trasimeno).

Infine, l'insieme dei dati composizionali raccolti sul *Macigno* della trasversale in esame, confrontato con i dati petrografici disponibili sulle *Arenarie di M. Modino* (VALLONI *et al.*, 1992) e su quelle di M. Zuccone (COSTA *et al.*, 1989) mette in risalto come queste ultime siano molto più simili, da un punto di vista petrografico, alle *Arenarie di M. Modino* che al *Macigno* (COSTA *et al.*, 1989).

BIOSTRATIGRAFIA

STUDI BIOSTRATIGRAFICI PRECEDENTI

In questo lavoro è stato affrontato per la prima volta lo studio del contenuto in nannofossili calcarei nella successione del *Macigno* affiorante lungo la trasversale Cinque Terre-Val Gordana-M. Sillara, nelle marne alla base (*Marne di Rovaggio*) e in quelle *litofacies* (*Marne di Marra*,

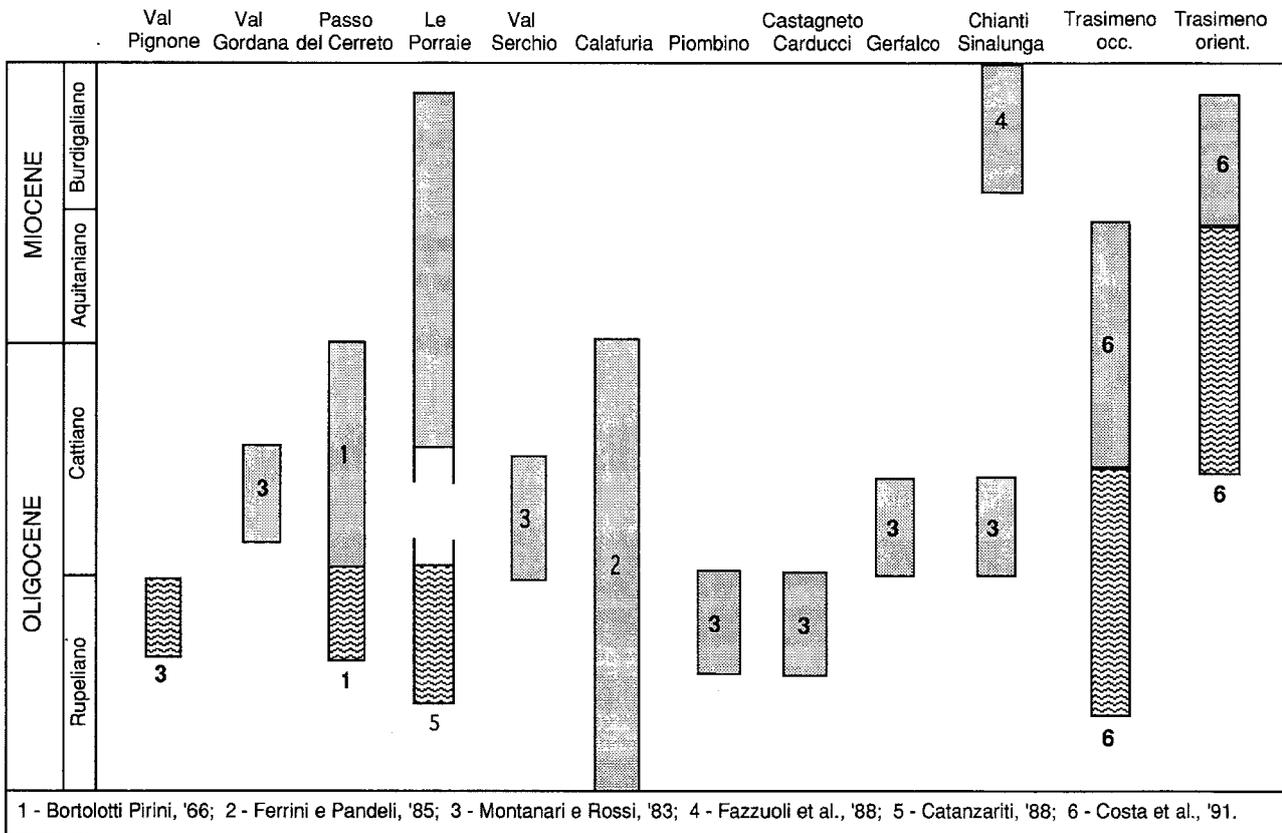


Fig. 4 - Schema grafico che sintetizza, per ogni località, i dati più recenti della letteratura sull'età del *Macigno* (colonne puntinate) e della *Scaglia* (colonne con zig zag).

Marne di Pontecchio, Macigno siltoso) a volte riportate in letteratura come tetto stratigrafico del *Macigno* (PAGANI & ZANZUCCHI, 1970; VALLONI, 1978) a volte invece interpretate come tettonicamente sovrapposte allo stesso (PLESI, 1975).

Uno studio simile a questo è stato oggetto di una tesi di laurea (CATANZARITI R., 1988, Università di Pisa) nella quale venivano presi in esame i "Flysch oligo-miocenici" (*Macigno, Modino, Cervarola*) nella loro globalità. Per quanto riguarda il *Macigno* venivano studiate tre sezioni, più meridionali rispetto a quelle oggetto del presente lavoro, relative alla base e al tetto.

I precedenti studi paleontologici sul *Macigno* (Fig. 4) sono nella quasi totalità basati sul contenuto in foraminiferi planctonici e macroforaminiferi (Lepidocycline). La maggior parte delle attribuzioni cronostratigrafiche riferite in letteratura alla base del *Macigno* è indiretta in quanto ottenuta da brecciole a Lepidocycline intercalate al tetto degli scisti policromi (ABBATE, 1966, ELTER & SCHWAB, 1957, GHELARDONI *et al.*, 1966; SERPAGLI & SIROTTI, 1969; MONTANARI, 1980); esse generalmente indicano un'età Oligocene medio-superiore.

In letteratura il tetto della *Scaglia* e la base del *Macigno* vengono sempre indicati come stratigraficamente equivalenti. A questo proposito, tuttavia occorre sottolineare che nel succitato lavoro di CATANZARITI (1988) viene sempre riscontrata una lacuna che comprende la biozona NP24, tra le *Marne di Rovaggio* e la base del *Macigno*. MONTANARI & ROSSI (1983) analizzando gli stadi evolutivi dell'apparato embrionale delle Lepidocycline avrebbero evidenziato una diacronia dell'inizio della sedimentazione del *Macigno* che sarebbe più precoce nelle aree occidentali e diverrebbe gradualmente più recente nelle aree orientali.

Per rendere direttamente confrontabili i risultati ottenuti con metodologie diverse, in questo lavoro sono state analizzate 2 sezioni (Val Pignone e Val Gordana) coincidenti con quelle esaminate da MONTANARI & ROSSI.

MATERIALI E METODI

Lo studio dei nannofossili calcarei si è rivelato particolarmente utile in queste successioni torbiditiche silicoclastiche in cui le associazioni a foraminiferi planctonici sono rarissime e mal conservate. È noto infatti che i nannofossili, grazie alle piccole dimensioni (2-30 µ), alla ampia distribuzione biogeografica, alla maggiore resistenza alla dissoluzione e alla diagenesi rispetto ad altri microfossili, si rinvengono in quantità sufficienti anche nei rari e sottili intervalli pelitici o carbonatici presenti in queste successioni.

Data la scarsità di questi livelli favorevoli alla presenza dei nannofossili calcarei, sono stati prelevati campioni in tutti i livelli presenti, per un totale di 247, ma soltanto 103 di essi sono risultati fossiliferi. Nella maggior parte dei campioni fossiliferi è stata eseguita un'analisi quantitativa, svolta seguendo due diversi tipi di conteggio già ampiamente descritti in letteratura (RIO *et al.*, 1990); un primo su 300 individui dell'associazione totale, un secondo sui primi 100 sfenoliti presenti. Quest'ultimo conteggio ha una sua precisa utilità per l'intervallo di tempo entro cui si collocano queste successioni. L'abbondanza totale delle associazioni si presenta da rara a scarsa e la conservazione è generalmente scadente. In particolare nelle sezioni del

settore occidentale (Biassa, Val Pignone e Riomaggiore) lo stato di conservazione dei nannofossili calcarei è molto scadente e fenomeni di dissoluzione hanno impoverito l'associazione. Per i suddetti motivi l'ubicazione di un evento biostratigrafico all'interno di una successione scarsamente campionabile e/o fossilifera, non è ovviamente collocabile con il dettaglio desiderato, ottenibile soltanto in successioni pelagiche continue.

SCHEMA BIOSTRATIGRAFICO ADOTTATO

L'intervallo Oligocene superiore-Miocene inferiore è tra i più controversi e di difficile correlazione tra le aree oceaniche e quella mediterranea, anche per quanto riguarda la biostratigrafia a nannofossili calcarei (COSTA *et al.*, 1991). In particolare il limite Oligo/Miocene è tuttora materia di discussione tra gli stratigrafi, soprattutto perchè gli stratotipi del Cattiano e dell'Aquitano, situati in aree distanti, presentano un contenuto in microfossili tanto scarso da non permettere un inquadramento bio/cronostratigrafico. In questo lavoro verrà adottato lo schema stratigrafico che si sta sviluppando dalle ricerche condotte dal "ICS Working Group on the P/N boundary" sullo stratotipo del limite Oligo/Miocene (STEININGER, 1992).

Seguendo i risultati preliminari di questo gruppo (di cui fa parte uno degli autori), è stato compilato lo schema conclusivo di Fig. 10, in cui gli eventi a nannofossili calcarei sono correlati con la Scala delle inversioni del campo magnetico terrestre (CANDE & KENT, 1992) e con le zonature standard di MARTINI (1971) e OKADA & BUKRY (1980). Data la scarsità dei nannofossili nel materiale studiato, non è sembrato opportuno in questa sede proporre nuove biozone, anche se alcuni degli eventi utilizzati non sono mai stati formalmente proposti (e.g. comparsa di *Sphenolithus aff. belemnos*).

Per questo motivo, nella descrizione dei dati ottenuti si farà riferimento alle zonature standard quando corrispondenti direttamente agli eventi adottati (Fig. 10). Tra questi ultimi vale la pena ricordare che l'estinzione di *Reticulofenestra bisecta* è stata identificata in corrispondenza di un netto calo di frequenza nell'associazione (<1%). Per quanto riguarda gli sfenoliti, la cui abbondanza è stata valutata su 100 individui all'interno del genere, si è rivelata particolarmente utile, anche in questi sedimenti, la comparsa di *Sphenolithus delphix*, già segnalata all'interno della biozona NN1, sia in Oceano Indiano (RIO *et al.*, 1990, FORNACIARI *et al.*, 1990) che in Oceano Atlantico (GARTNER, 1992). Solo in una sezione è stata rinvenuto *S. capricornutus*, la cui presenza è segnalata entro l'intervallo di distribuzione di *S. delphix* (FORNACIARI *et al.*, 1990, GARTNER, 1992), confermando così, dove presente, il Miocene inferiore.

Le specie citate sono tutte ampiamente descritte in letteratura, ad eccezione di *S. aff. belemnos*, riportato da RIO *et al.*, 1990, come *S. dissimilis-belemnos*, nel Miocene inferiore dell'Oceano Indiano, cui si rimanda per una descrizione tassonomica. Quest'ultima forma è qui considerata utile per dettagliare l'intervallo corrispondente alle biozone NN1-NN2, infatti succede alla comparsa di *S. delphix* e precede la comparsa di *S. belemnos*. Di seguito vengono descritte le sezioni campionate e i relativi risultati delle analisi.

Tab. 2 - Analisi quantitativa su 300 individui dell'associazione totale e su 100 sfenoliti.

Campioni		S. morif.	C. florid.	C. pelag.	R. bisect.	R. umbil.	C. formes	C. abisect.	S. conicus	Sfen. spp.	S. dissim.	S. ciper.	S. conic	S. delphix
Biassa	Bi 4	6,3	92,3	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-
	Bi 3	6,0	90,0	0,3	3,7	0,0	0,0	0,0	0,3	98	1	0	1	0
	Bi 2	9,0	87,3	1,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,3	98	1	0	1	0
	Bi 1	13,0	80,0	5,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,3	-	-	-	-	-
	Bs 7	3,3	76,0	9,6	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-
	Bs 5	0,3	96,0	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-
	Bs 3	4,7	78,7	0,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-
	Bs 2	4,3	88,7	6,3	5,0	0,0	0,0	0,3	0,0	-	-	-	-	-
	Bs 1	2,6	90,7	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-
	Ma 1	11,0	83,0	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98	0	2	0	0
Ma 2	10,3	82,0	7,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0	0	0	0	
...														
Ri 1	5,3	94,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
Ri 3	2,0	98,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-
Ma 3	7,3	87,7	2,3	1,7	0,3	0,0	0,3	0,0	99	0	cf.	0	0	
Ma 4	15,0	80,7	2,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	99	0	cf.	0	0	
Pi 1	11,6	85,6	0,0	1,0	0,0	0,0	1,3	0,0	-	-	-	-	-	
P 24	1,0	96,6	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	
.....														
P 12	1,7	97,7	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	
Pi 3	9,3	84,7	4,3	3,0	0,0	0,0	0,3	1,0	-	-	-	-	-	
.....														
P 5	7,3	80,7	9,7	1,7	0,0	0,0	0,3	0,3	-	-	-	-	-	
Bau 5	2,3	92,6	3,3	10,0	0,0	0,0	1,0	0,0	-	-	-	-	-	
Tm 9	5,7	84,0	8,7	1,0	0,3	0,3	0,0	0,0	98	0	0	2	0	
Tm 8	8,7	86,3	3,7	0,3	0,0	0,0	0,3	0,7	97	0	0	3	0	
Tm 7	7,3	81,3	8,3	1,7	0,0	0,0	0,7	0,7	98	0	0	2	0	
Tm 6	6,0	87,0	5,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	
Tm 3	12,7	73,0	12,7	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	99	0	cf.	0	0	
Rs 7	17,3	76,0	3,7	1,3	0,0	0,0	0,3	0,0	96	0	0	4	0	
Rs 6	19,7	76,7	4,7	1,7	0,0	0,0	0,0	1,3	97	0	0	3	0	
Rs 5	8,3	82,0	9,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	-	-	-	-	-	
Rs 4	14,0	76,0	6,3	2,7	0,0	0,0	0,7	0,3	98	0	0	2	0	
Rs 3	16,7	71,0	10,0	1,3	0,0	0,0	0,3	0,7	98	0	0	2	0	
Rs 2	24,0	68,7	5,3	1,7	0,0	0,0	0,0	0,3	99	0	0	1	0	
Rs 1	13,0	77,7	5,3	3,3	0,0	0,0	0,3	0,3	-	-	-	-	-	
Cp3	4,3	93,0	1,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98	0	cf.	0	0	
Cp4	9,3	87,3	2,0	0,3	0,0	0,0	0,3	0,0	89	0	1	0	0	
Cp5	12,3	80,0	4,3	1,3	0,0	0,0	0,3	0,0	96	0	3	0	0	
Cp6	12,7	80,7	4,7	1,0	0,0	0,0	0,7	0,0	90	0	0	1	0	
Cp7	12,0	80,0	5,7	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0	0	0	0	
Cp8	8,3	86,7	3,7	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0	0	0	0	
Mo4	14,3	79,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	97	1	0	0	2	
Mo3	3,0	91,7	4,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	99	0	0	0	0	
Mo2	1,3	97,3	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100	0	0	0	0	

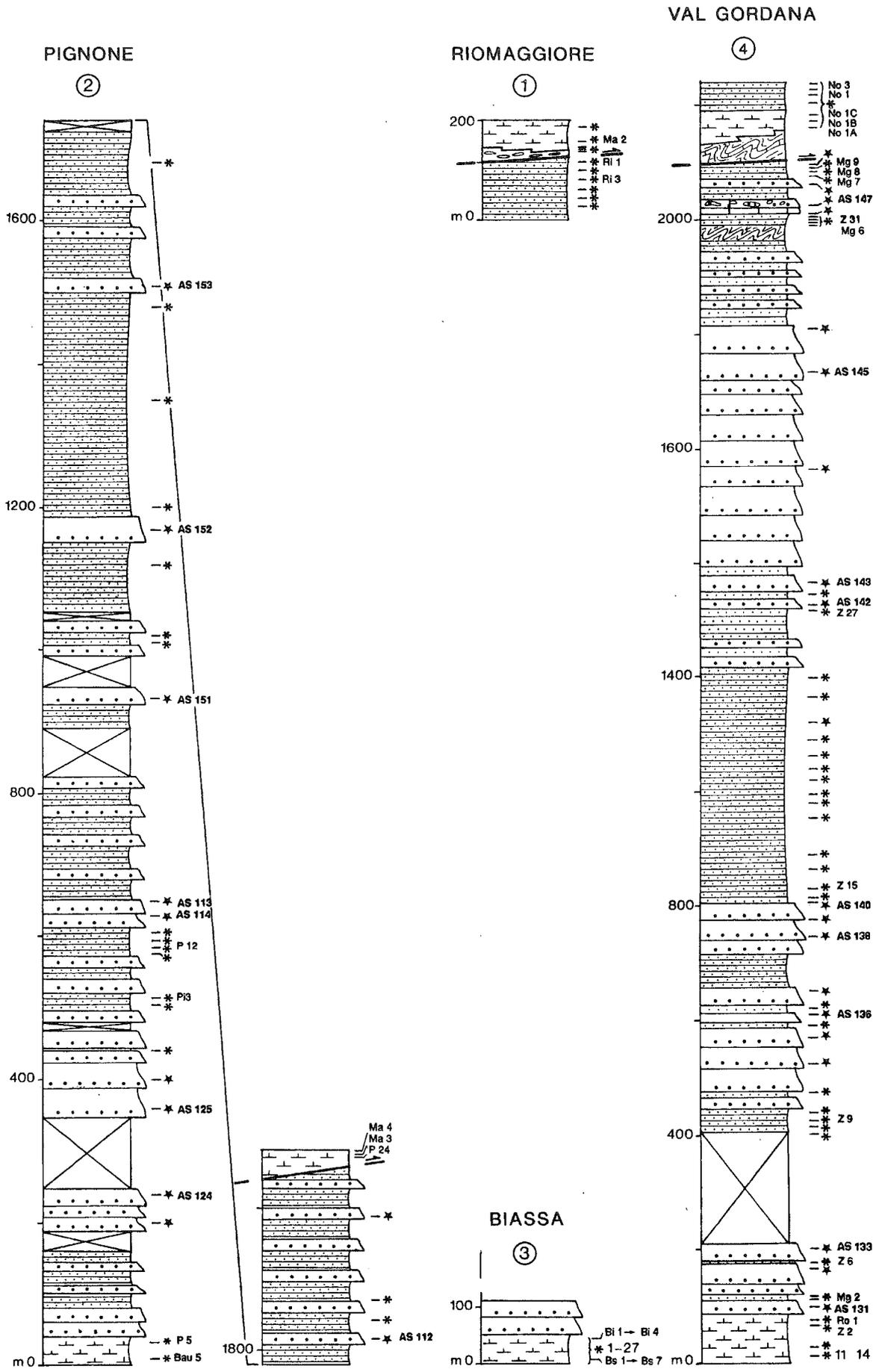


Fig. 5 - Sezioni stratigrafiche schematiche con ubicazione dei campioni; * = campioni per nannofossili calcarei; ★ = campioni per petrografia.

DESCRIZIONE DELLE SEZIONI CAMPIONATE

Biassa (Fig. 5)

La sezione è ubicata sopra il paese di Biassa (La Spezia) lungo la strada per il M. Parodi, poco sotto il contatto con il *Macigno*.

Nelle peliti siltose e marnose che rappresentano il membro superiore della *Scaglia* noto in letteratura come *Marne di Rovaggio* (KRAMPE, 1964), sono stati prelevati 27 campioni di cui 9 sono risultati fossiliferi (Tab. 2); l'abbondanza totale è generalmente scarsa e la conservazione spesso scadente. La presenza di *R. bisecta* in percentuali molto alte e l'assenza di *S. ciperensis* valutato su 100 sfenoliti permette di attribuire la parte alta della *Scaglia* all'Oligocene superiore, collocabile più precisamente tra l'estinzione di *S. ciperensis* e l'estinzione di *R. bisecta*.

Riomaggiore (Fig. 5, 8)

La sezione è ubicata a nord di Riomaggiore (La Spezia) lungo il sentiero "via dell'amore". La successione, rappresentata dalla parte sommitale del *Macigno*, è costituita in prevalenza da strati sottili, siltoso-arenacei ("arenarie zonate" in ABBATE, 1969) in cui sono stati prelevati 6 campioni (sigle Ri); l'analisi quantitativa (Tab. 2) effettuata sulle associazioni presenti nei 2 campioni risultati fossiliferi ha permesso di collocare, anche se con qualche riserva dovuta alla scarsità sia dei campioni che delle associazioni presenti, il tetto delle arenarie sopra alla estinzione di *R. bisecta*.

Questo dato è importante in quanto è l'unico disponibile circa l'età del tetto del *Macigno* nel settore occidentale, poichè la sezione della Val Pignone ha fornito scarsi dati in proposito. La composizione dell'unico campione arenaceo analizzato di questa sezione si inserisce nel quadro generale delineato in precedenza mostrando una composizione modale della frazione litica perfettamente in accordo con la sua posizione stratigrafica nella parte sommitale del *Macigno* (Fig. 3).

In contatto discordante e chiaramente tettonico sul *Macigno* (Fig. 8) affiora una breccia a matrice siltoso-marnosa con clasti molto allungati, isorientati in direzione NS, rappresentati da siltiti marnose grigio chiaro, calcareniti a grana fine grigie, *mudstones* silicizzati con pirite. Nella matrice sono stati prelevati 2 campioni, Ma2 contiene un'associazione indicativa dell'Oligocene superiore (CP19b) per la presenza di *S. ciperensis* e pertanto più vecchia di quella presente nel *Macigno* sottostante.

Val Pignone (Fig. 5)

La sezione è ubicata in Val Pignone nell'entroterra di Monterosso (La Spezia) ed è stata misurata e descritta da ABBATE (1969) cui si rimanda per una descrizione più dettagliata.

Tutta la successione torbiditica, dal contatto inferiore con la *Scaglia* a quello superiore con l'Unità di Canetolo è stata fittamente campionata, in quanto essa rappresenta un importante riferimento dell'area nord-occidentale del bacino del *Macigno*.

Nelle *Marne di Rovaggio*, che rappresentano per uno spessore di circa 20 m il termine di passaggio dalla *Scaglia*

al *Macigno*, sono stati prelevati 9 campioni di cui i due fossiliferi (P5, Bau5) si collocano tra l'estinzione di *S. ciperensis* e l'estinzione di *R. bisecta* (Tab. 2). Nella parte bassa delle torbiditi silicoclastiche (350 m circa) non sono presenti livelli idonei alla campionatura per l'analisi biostratigrafica, mentre è stato possibile caratterizzare gli aspetti composizionali delle arenarie. Nella restante porzione di successione sono stati prelevati 15 campioni, nell'intervallo compreso tra i due soli campioni fossiliferi (P13, P12) è stata individuata l'estinzione di *R. bisecta* (Tab. 2). Purtroppo tutta la parte medio alta della successione torbiditica rimane non databile a causa del pessimo stato di conservazione delle rare forme presenti nei restanti campioni.

In questa sezione i dati composizionali sulle arenarie del *Macigno* sono abbastanza ben distribuiti su tutto lo spessore della formazione; in base ai dati raccolti il limite tra le due *petrofacies* presenti è ubicabile tra i campioni AS 113 e 151 (Fig. 3), quindi, approssimativamente, rientrano nella *petrofacies* inferiore i primi 800 metri della formazione arenacea. Come si può vedere dalla figura, mentre risulta abbastanza chiara la differenza tra i campioni delle due *petrofacies*, non emergono con evidenza *trend* al loro interno.

Alle arenarie si sovrappone geometricamente con un contatto pseudoconcordante una *litofacies* siltoso-pelitica da cui sono stati prelevati 7 campioni, mentre altri 2 provengono dalla stessa *litofacies* affiorante circa 2 Km più a ovest; i 3 campioni fossiliferi (P24, Ma3,4) indicano un'età precedente l'estinzione di *R. bisecta*, mettendo in evidenza che si tratta di sedimenti più vecchi del sottostante *Macigno*.

Monte Mazzerino (Fig. 6)

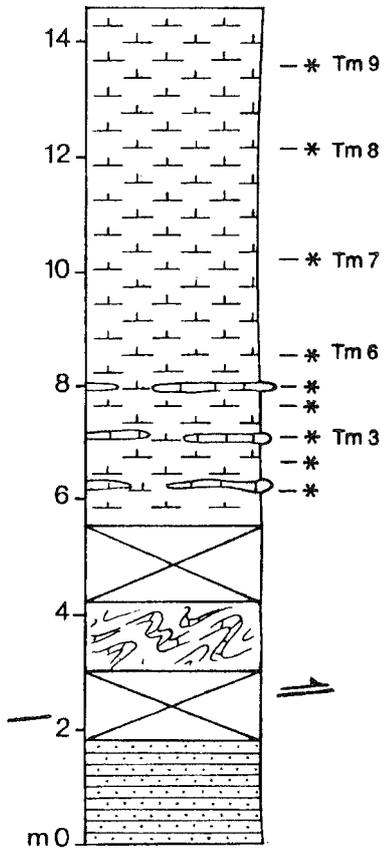
La sezione è ubicata circa 3 Km a SE di Noce (Pontremoli) ed è costituita dal basso da 3-4 m di peliti marnose inglobanti alcuni spezzoni di straterelli calcarei cui fanno seguito alcuni metri di marne siltose. Questa successione si trova al tetto del *Macigno*, anche se il contatto non è esposto, e alla base delle *Argille e Calcari* dell'Unità di Canetolo. Dalla successione descritta sono stati prelevati 9 campioni di cui i 6 fossiliferi si collocano prima dell'estinzione di *R. bisecta* (Tab. 2). Inoltre nel campione Tm9 sono presenti *R. umbilicus* e *C. formosus*, che sono rimaneggiati dall'Oligocene inferiore. Dove possibile, è stata eseguita l'analisi quantitativa sulla popolazione degli sfenoliti, ma non ha rivelato nessuna specie significativa.

Rossano (Fig. 6)

Nella sezione di Rossano, ubicata 2 km a sud di M. Mazzerino, affiora una *litofacies* siltosa riportata nella cartografia geologica esistente come il tetto del *Macigno* (*Macigno* siltoso). Sono stati prelevati 8 campioni di cui solo 1 è risultato sterile. L'analisi quantitativa dei 7 campioni fossiliferi indica un'associazione contenente *R. bisecta* in percentuali alte (Tab. 2) che denota che la forma è con ogni probabilità in posto. Di conseguenza questa *litofacies* è più vecchia della parte alta del *Macigno* affiorante nell'area (Val Gordana) e pertanto non è interpretabile come facente parte della successione del *Macigno* stesso.

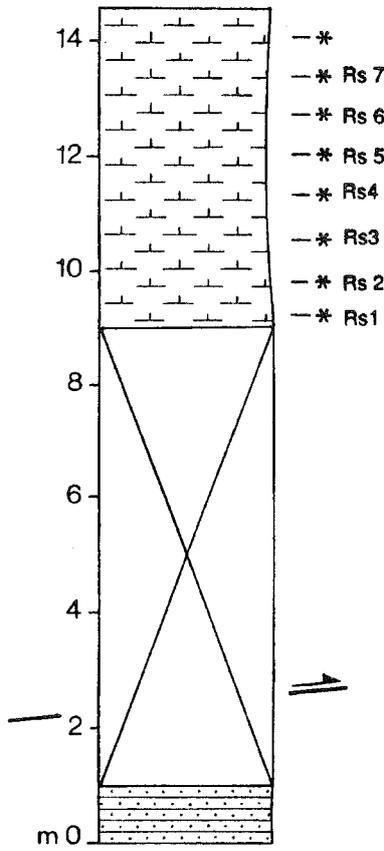
M. MAZZERINO

⑤



ROSSANO

⑥



COSTA PELATA

⑦

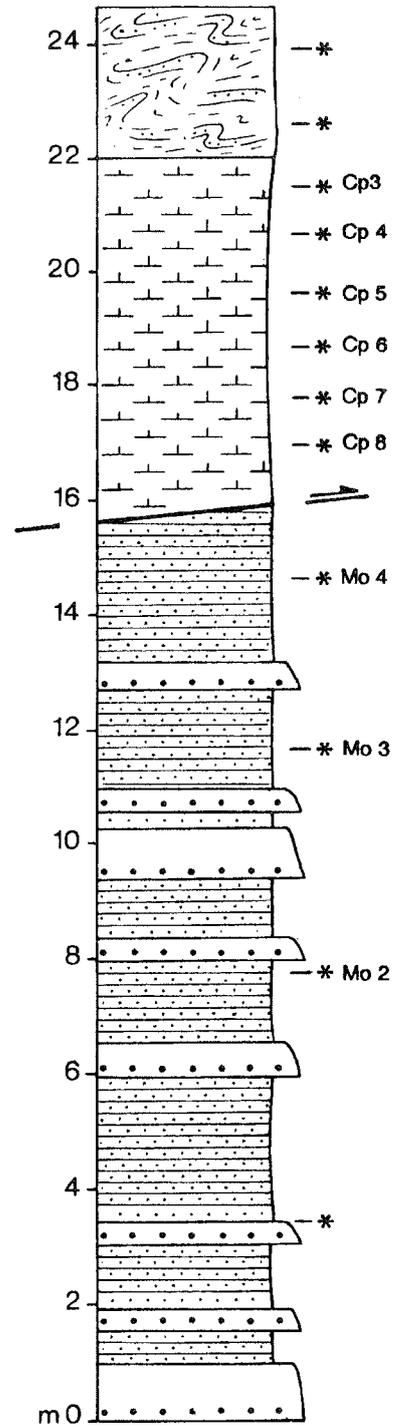


Fig. 6 - Vedi didascalia Fig. 5.

Tab. 3 - Vedi didascalìa Tab. 2

Campioni	S. monif.	C. florid.	C. pelag.	R. bisect.	C. abisect.	S. conic.	Z. bijug.	Sfen. spp	S. delphix	S. dissim.	S. aff. bel.	S. caly.	S. conl.	S. capric.	
Val Gardana	No3	28,3	55,0	11,0	2,0	1,0	0,3	98	0	1	0	0	1	0	
	No1c	11,6	74,3	11,6	0,6	0,3	0,3	100	0	0	0	0	0	0	
	No1b	5,6	86,6	6,6	1,0	0,0	0,0	100	0	0	0	0	0	0	
	No1a	9,0	85,63	4,0	1,0	0,3	0,0	100	0	0	0	0	0	0	
	No1	17,3	71,3	8,6	2,0	0,3	0,0	100	0	0	0	0	0	0	
	Mg9	22,7	74,7	1,3	0,0	0,0	0,0	93	4	3	0	0	0	0	0
	Mg8	12,7	78,3	7,3	0,3	0,0	0,0	97	3	0	0	0	0	0	0
	Mg7	8,7	80,3	9,3	0,3	0,3	0,0	97	3	0	0	0	0	0	0
	Z31	7,3	81,3	10,3	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mg6	18,0	71,0	10,3	0,0	0,0	0,0	96	4	0	0	0	0	0	0
	Z27	10,7	85,7	3,3	0,0	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Z15	11,7	84,0	3,3	0,3	0,3	0,0	96	cf	2	0	0	1	0	0
	Z9	4,0	92,7	3,0	4,0	0,3	0,0	100	0	2	0	0	0	0	0
	Z6	2,7	89,0	5,0	2,3	0,3	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mg2	30,7	59,3	2,7	6,0	0,0	0,3	97	0	2	0	0	1	0	0
	Z2	6,7	87,7	4,7	3,0	0,3	0,0	100	0	0	0	0	0	0	0
	Ro1	17,7	60,0	17,0	10,0	0,0	0,7	100	0	0	0	0	0	0	0
Ro14	10,7	74,0	13,3	1,0	0,7	0,3	100	0	0	0	0	0	0	0	
Ro13	7,7	83,0	5,7	1,7	1,0	1,0	100	0	0	0	0	0	0	0	
Ro12	11,7	75,0	10,7	1,0	1,0	0,0	100	0	0	0	0	0	0	0	
Ro11	25,3	56,3	15,7	1,0	0,3	0,6	98	0	1	0	0	0	0	0	
Ro10	3,0	88,7	6,7	1,3	0,0	0,0	100	0	0	0	0	0	0	0	
Bagnone	BA101	18,0	65,0	16,3	0,3	0,3	0,0	98	0	0	2	0	0	0	
	BA103	27,0	60,3	10,3	0,3	1,0	0,0	99	0	0	1	0	0	0	
	BA105	10,7	74,7	13,7	0,3	0,3	0,0	95	2	0	0	0	2	1	
	BA106	4,7	82,7	11,3	0,3	0,0	0,0	95	2	0	0	0	0	0	
	BA107	17,0	75,0	4,7	0,3	0,0	1,3	95	2	0	0	0	0	0	
	BA109	36,3	61,0	1,7	0,3	0,0	0,0	98	2	0	0	0	0	0	
	BA110	12,0	76,0	10,0	1,0	0,3	0,0	96	1	0	0	0	0	0	
	BA111	9,0	84,7	5,7	0,7	0,3	0,0	96	1	0	0	0	0	0	
	BA114	8,3	86,3	4,0	0,7	0,3	0,0	96	1	0	0	0	0	0	
	BA118	18,7	78,7	1,7	0,0	0,0	0,7	96	cf	0	0	0	1	1	
	BA119	31,7	62,0	4,0	0,0	0,0	3,0	98	0	0	0	1	1	0	
	BA120	24,3	69,3	3,3	0,0	0,0	0,3	99	0	1	0	0	0	0	
	BA125	39,3	56,0	3,3	0,0	0,7	0,0	97	cf	1	0	1	0	0	
	BA126	9,0	80,0	9,7	0,0	0,0	0,0	99	0	0	0	0	1	0	
	BA128	41,3	53,7	4,0	0,0	0,0	1,0	99	0	0	0	0	1	0	
	BA129	35,7	56,7	5,7	0,0	0,0	1,0	100	0	0	0	0	0	0	
	BA132	14,7	82,7	2,0	0,0	0,0	0,0	98	0	0	0	0	0	0	
	BA137	18,0	40,3	5,7	0,0	0,0	1,7	98	cf	0	0	0	0	0	
	BA138	12,7	76,3	9,3	0,0	0,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	
	BA139	9,0	83,0	6,7	0,0	0,0	0,3	-	-	-	-	-	-	-	
	BA143	29,0	62,7	4,3	0,0	0,0	0,7	98	0	1	0	0	1	0	
	BA146	19,3	73,3	4,7	0,7	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	BA3	38,6	58,0	1,3	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	BA147	15,7	75,0	7,0	0,3	0,0	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
	BA2	13,6	80,6	4,0	0,0	0,3	0,6	0,0	98	cf	0	0	0	1	
	BA1	10,0	78,0	1,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
BA150	14,3	81,7	2,3	0,7	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		

Val Gordana (Fig. 5)

La sezione è ubicata a W di Pontremoli ed è una delle più complete tra quelle studiate in questo lavoro. Essa è stata analizzata da un punto di vista sedimentologico da GHIRAUDO (1980), cui si rimanda per una descrizione più dettagliata.

Nelle *Marne di Rovaggio*, poco sotto al contatto con il *Macigno*, sono risultati fossiliferi 7 dei 10 campioni prelevati (sigle Ro e Z2); questi si collocano tra l'estinzione di *S. ciperoensis* e l'estinzione di *R. bisecta* (Tab. 3).

La successione del *Macigno* è qui esposta completamente ed è stato possibile prelevare 36 campioni. Dei 10 campioni sufficientemente fossiliferi da permettere un'analisi quantitativa (Mg2, Mg6-9, Z6, 9, 15, 27, 31) quelli provenienti dalla parte bassa della successione si collocano prima dell'estinzione di *R. bisecta*. Nel campione Mg6 (Tab. 3) è presente *S. delphix*, valutato all'interno della popolazione degli Sphenoliti, la cui comparsa indica la parte basale della NN1.

In questa sezione lo studio composizionale delle arenarie trova un limite nell'impossibilità di raccogliere dati con la metodologia descritta su buona parte del membro arenaceo-pelitico intermedio, costituente circa un terzo dell'intero spessore del *Macigno*.

Nella parte restante della successione i dati raccolti permettono di ascrivere alla *petrofacies* inferiore la parte di *Macigno* sottostante al membro arenaceo-pelitico, ed alla *petrofacies* superiore la parte di formazione ad esso sovrastante; per comodità è quindi possibile far coincidere approssimativamente il limite di *petrofacies* con quello di *facies* alla base del membro pelitico. Anche in Val Gordana non emergono evidenti *trend* composizionali all'interno delle singole *petrofacies* (Fig. 3).

Il *Macigno* è sormontato geometricamente da un orizzonte di argille e calcari cui fanno seguito delle siltiti marnose a stratificazione maldistinta che passano con gradualità ad arenarie fini, laminate (arenarie di Noce), su cui poggia tettonicamente l'Unità di Canetolo.

L'insieme di queste due *litofacies* (siltiti marnose e arenarie), il cui spessore complessivo raggiunge alcune decine di metri, è stato interpretato in letteratura come una ripresa di sedimentazione al di sopra di un olistostroma di materiale subgluride (*Argille e Calcari*; ELTER & SCHWAB, 1959; PLESI, 1971; VALLONI, 1978).

I campioni provenienti da queste *litofacies* (8, di cui 5 fossiliferi, sigle No) sono riferibili ad un intervallo che precede l'estinzione di *R. bisecta*. In alcuni campioni sono inoltre presenti forme distribuite nell'intervallo Eocene-Oligocene inferiore chiaramente rimaneggiate. Questi dati sembrano escludere la appartenenza di questi livelli alla successione del *Macigno*.

Costa pelata (Fig. 6)

La sezione è ubicata in Lunigiana, tra le località Filattiera e Gigliana (SE di Pontremoli), dove affiora il tetto del *Macigno* in finestra al di sotto delle coperture liguri.

La sezione comprende i 15 m sommitali di arenarie del *Macigno* sulle quali poggia, con un contatto di difficile interpretazione, un orizzonte lenticolare a spessore variabile di marne siltose grigie. Sopra affiorano delle peliti ocracee, vinate, verdastre, a patina lucida contenenti spez-

zoni di straterelli arenacei a grana fine e di siltiti che sono risultate sterili. Nei campioni provenienti dal tetto del *Macigno* (4, di cui 3 fossiliferi, sigle Mo) *R. bisecta* è assente ed inoltre nel campione stratigraficamente più alto, l'analisi quantitativa di 100 sfenoliti ha messo in evidenza la presenza di *S. delphix* che permette di attribuire alla NN1 basale almeno la parte più alta delle arenarie (Tab. 2).

I campioni provenienti dalle marne siltose geometricamente sovrapposte al *Macigno* (6, sigle CP) sono attribuibili alla zona CP19b (Oligocene superiore) in base alla presenza di *S. ciperoensis*.

Bagnone (Figg. 7, 9)

La sezione è ubicata a SE di Pontremoli sulla sinistra del T. Bagnone (tributario del F. Magra) e rappresenta il versante sud-occidentale del M. Sillara.

Il versante SW della catena è interessato da faglie dirette che, con rigetti notevoli, ne abbassano i settori più interni. Queste faglie, di tutte le dimensioni, si sviluppano parallelamente al versante e quindi non sono sempre facilmente individuabili. La sezione è stata descritta e misurata con un certo dettaglio, almeno nelle parti più fittamente campinate; d'altra parte, alcuni *marker beds* bene individuabili hanno permesso di ubicare con un buon dettaglio le campionature, anche negli spezzoni misurati e descritti in modo speditivo.

La sezione stratigrafica misurata parte da q.660 e si sviluppa per circa 750 m nella parte presumibilmente medio alta della successione (Fig. 9); nella parte misurata manca la base, non affiorante, e il tetto che si trova nel versante padano della catena. In questa successione è stato possibile raccogliere 50 campioni per la presenza di litologie più favorevoli. È stata condotta un'analisi quantitativa sui 27 campioni meglio conservati (sigle Ba). In particolare il conteggio di 100 sfenoliti (Tab. 3) ha evidenziato la presenza di *S. delphix* e di *S. capricornutus* nella parte medio alta della sezione, riferibile al Miocene inferiore. Al tetto della sezione è presente *S. aff. belemnos*, che come descritto sopra, indica l'Aquitano superiore.

Nella sezione di Bagnone i dati petrografici consentono di porre il limite di *petrofacies* tra i campioni AS 121 e 119, attribuendo così alla *petrofacies* inferiore del *Macigno* circa 200 dei 750 metri affioranti (Fig. 3).

CONCLUSIONI

I risultati ottenuti grazie alle analisi biostratigrafiche e petrografiche condotte sul *Macigno* dell'area compresa tra le Cinque Terre e il M. Sillara hanno consentito di delineare l'evoluzione tettono-sedimentaria della successione torbida e di precisare le modalità e i tempi di chiusura della sedimentazione in relazione alla messa in posto dell'alloctono (Fig. 10). L'insieme dei dati presentati mostra come la base del *Macigno* affiorante nei settori più occidentali (Cinque Terre, Val Gordana) sia più giovane rispetto a quella della catena (Le Porraie). Il tetto del *Macigno*, al contrario, risulta più vecchio nei settori occidentali e diventa via via più giovane verso est andando dalla Val Gordana-Lunigiana alla catena, dove è francamente miocenico; questa diacronia è correlabile con l'avanzamento da

BAGNONE-TECCHIO DEI MERLI.

(8)

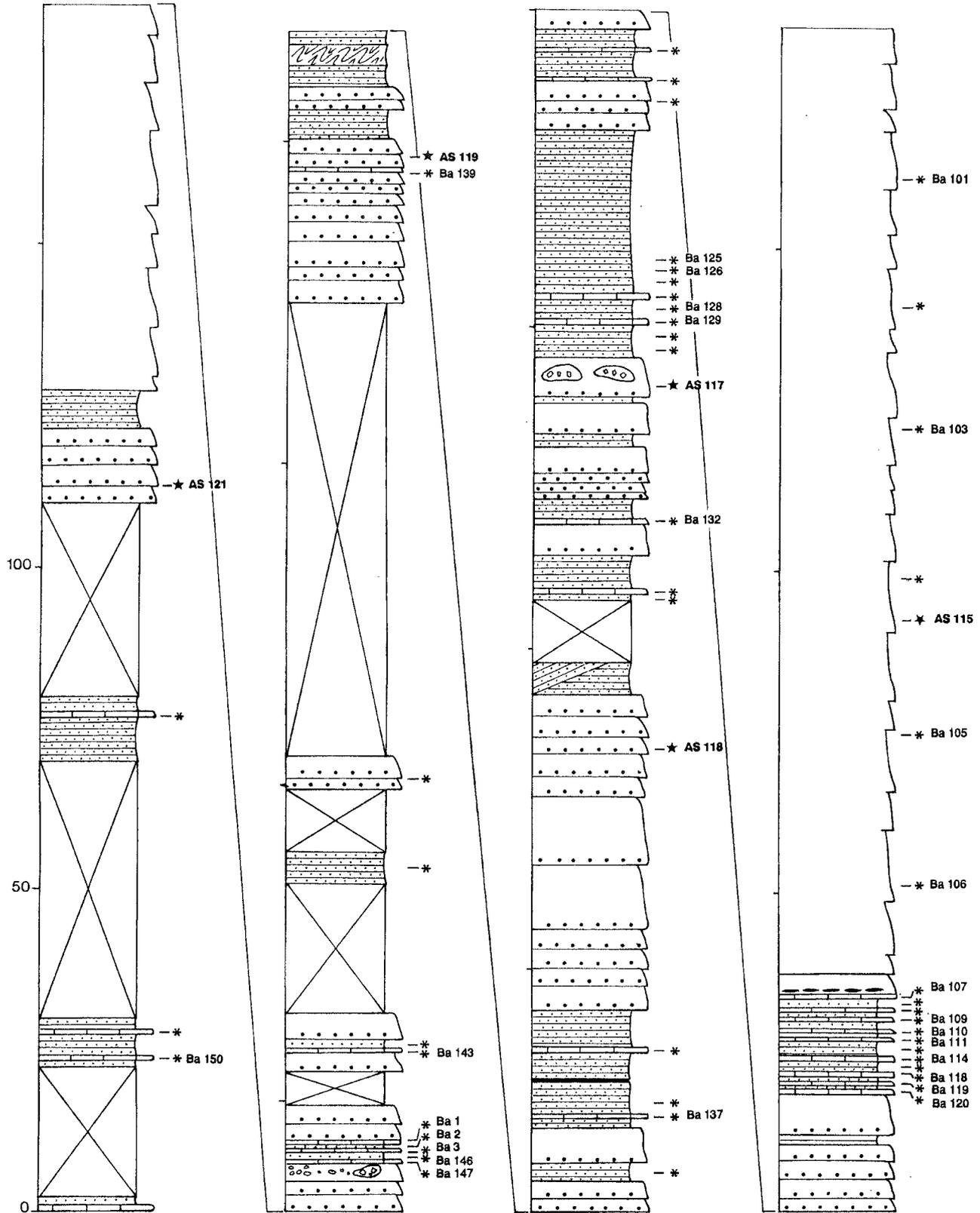


Fig. 7 - Vedi didascalia Fig. 5.



Fig. 8 - Riomaggiore: panoramica del tetto del *Macigno* e del contatto discordante con la breccia a matrice più scura.



Fig. 9 - Bagnone: panoramica del versante sud-orientale del M.Sillara; a destra la parte alta della successione campionata.

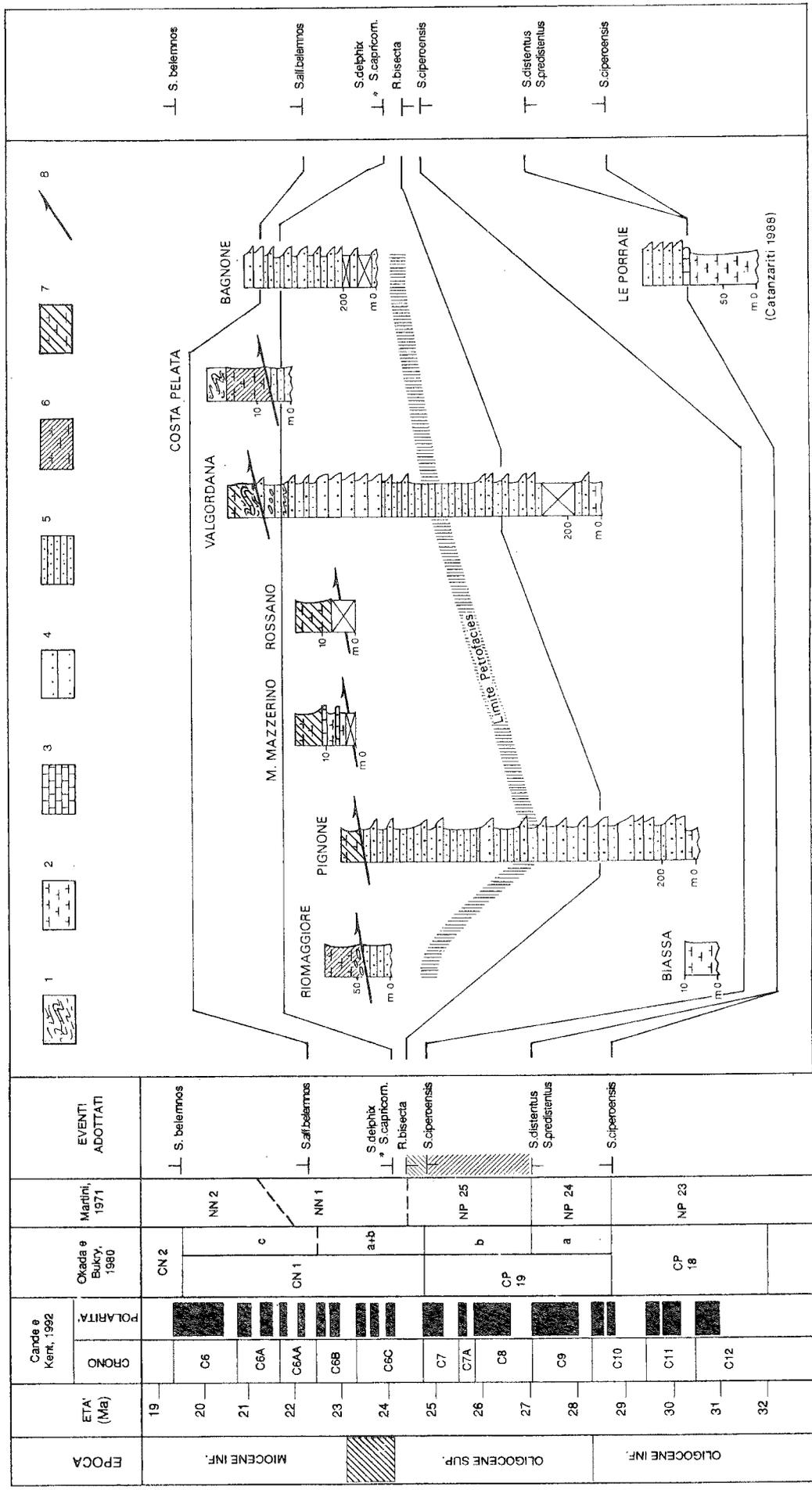


Fig. 10 - Schema bio/cronostratigrafico di tutte le sezioni esaminate. Per maggior chiarezza le parti in contatto tettonico sopra le arenarie sono state lasciate nella attuale posizione geometrica, benchè di età più vecchia: l'intervallo di tempo in cui queste si collocano è evidenziato da differenti simbologie.
 1: *Argille e Calcari*; 2: *Marne di Rovaggio*; 3: calcareniti a tetto marnoso; 4: *Macigno*; 5: *Macigno* pelitico-arenaceo; 6: intervallo di tempo corrispondente alla subzona CP19b; 7: intervallo di tempo copreso tra l'estinzione di *S. ciproensis* e *R. bisecta*. 8: sovrascorrimento. Il simbolo con la retinatura indicante l'intervallo temporale rappresenta le siltiti marnose al tetto geometrico del *Macigno* e adesso tettonicamente sovrapposte.

ovest delle falde subliguri e liguri che quindi è databile tra l'estinzione di *R. bisecta* e la comparsa di *S. aff. belemnos*. Questa distribuzione delle età di inizio e fine della sedimentazione torbiditica, trasversalmente al paleobacino, contrasta con i modelli correntemente utilizzati per inquadrare l'evoluzione sedimentaria delle successioni d'avanfossa; tali modelli (si veda in particolare RICCI LUCCHI, 1986), ben documentati in altre successioni (*Marnoso-arenacea*), prevedono infatti una migrazione dei depocentri deposizionali dall'interno all'esterno del bacino, evidenziati da una diacronia dell'inizio della sedimentazione torbiditica che diventa più giovane nella stessa direzione. Nel *Macigno*, almeno lungo la trasversale esaminata, l'evoluzione cronologica registrata appare esattamente opposta.

Lo studio composizionale delle arenarie ha permesso di riconoscere, anche nel *Macigno* dell'area studiata, la presenza di due diverse *petrofacies*, che si susseguono regolarmente dal basso all'alto della successione e si distinguono per il contenuto di frammenti vulcanici della Frazione Litica dell'ossatura. Sulla base dei dati biostratigrafici si evidenzia inoltre come il limite tra le due *petrofacies* si collochi costantemente in un intervallo di tempo ben definito e relativamente limitato, compreso tra l'estinzione di *R. bisecta* e la comparsa di *S. delphix*; le due *petrofacies* presenti nel *Macigno* possono essere pertanto considerate delle vere e proprie unità "petro-stratigrafiche" separate da un limite che, almeno lungo la trasversale in esame, risulta grosso modo isocrono.

La notevole analogia composizionale delle arenarie del *Macigno*, anche a livello di Composizione della Frazione Litica, e la presenza di identici *trend* verticali nell'evoluzione della moda detritica, sostengono l'appartenenza delle diverse successioni esaminate ad un medesimo bacino deposizionale. Il fatto che questi *trend* composizionali ricalchino fedelmente quelli documentati in settori più meridionali (Abetone-Chianti-Trasimeno, VALLONI *et al.*, 1991; FERRINI *et al.*, 1992; COSTA *et al.*, 1991) supporta inoltre l'ipotesi dell'esistenza di un unico grande bacino alimentato da una sorgente di tipo longitudinale. È necessario sottolineare come questa conclusione contrasti con i modelli che ipotizzano la deposizione del *Macigno* di La Spezia in un bacino distinto (ad esempio tra gli altri FAZZUOLI *et al.*, 1985; GANDOLFI & PAGANELLI, 1992).

Per gli affioramenti di *Macigno* a sud dell'Arno mancano dati composizionali e biostratigrafici tra loro integrati e non è quindi possibile estendere anche a queste aree le considerazioni fatte per il settore più settentrionale. Tenendo conto tuttavia dei dati disponibili per le *Arenarie del Trasimeno* (COSTA *et al.*, 1991), sembrerebbe comunque delinearsi una certa simmetria di massima del bacino del *Macigno*.

Ci sembra importante sottolineare come i nuovi dati petrografici raccolti sul *Macigno* delle Cinque Terre-Val Gordana, insieme ai dati composizionali recentemente pubblicati sulle *Arenarie di M. Modino* (VALLONI *et al.*, 1992), permettano anche un migliore confronto composizionale con le arenarie coeve affioranti nella finestra di M. Zuccone, alcuni chilometri più a nord. Ne risulta l'assoluta identità composizionale tra le *arenarie di M. Zuccone* e le *Arenarie di M. Modino*, che viceversa si differenziano dalla *petrofacies* superiore del *Macigno* per il minore contenuto percentuale di frammenti di rocce vulcaniche sul totale dei

grani litici a tessitura fine (VALLONI *et al.*, 1992).

Un'ultima osservazione è possibile circa il significato delle *Argille e Calcari* sotto forma di breccie o di depositi stratificati intercalati nel *Macigno* o presenti tra questo e le marni siltose geometricamente sovrastanti. Sulla base dei risultati biostratigrafici e delle osservazioni di campagna non sembra che, almeno nell'area esaminata, la loro giacitura possa corrispondere a quella di olistostromi. Le breccie argilloso-calcaree presenti all'interno del *Macigno* sono costantemente incluse in singoli strati (Fig. 11) e pertanto la loro messa in posto non è scindibile da quella della torbida relativa. Le argille e calcari presenti al tetto del *Macigno* sono sormontate da un deposito detritico sistematicamente più vecchio delle arenarie sottostanti e, a volte, anche più vecchio del tetto della *Scaglia* e non possono perciò corrispondere a intercalazioni stratigrafiche in rapporto alla successione considerata.

In conclusione ci sembra opportuno sottolineare anco-



Fig. 11 - Megaclasto di argille e calcari incluso in uno strato di *Macigno* affiorante nel versante sudoccidentale di M.Sillara.

ra una volta la necessità di raccogliere una grande quantità di dati, integrando approcci analitici diversi, per poter porre dei vincoli oggettivi ai modelli interpretativi proposti e contribuire così ad una corretta interpretazione dei dati sismici sfruttandone appieno le potenzialità.

RINGRAZIAMENTI

Gli Autori ringraziano E. Masini per la elaborazione grafica. Lavoro finanziato con fondi MURST 40% e 60%: progetti di ricerca coordinati dai Proff. Zanzucchi, Plesi e Vanossi.

BIBLIOGRAFIA

- ABBATE E. (1966) - Nuovi dati sull'età degli scisti policromi e del *Macigno della Spezia*. Boll. Soc. Geol. It., **85** (3/4), 655-666.
- ABBATE E. (1969) - *Geologia delle Cinque Terre e dell'entroterra di Levante (Liguria orientale)*. Mem. Soc. Geol. It., **8**, 823-1014.
- ABBATE E. & BRUNI P. (1987) - *Modino-Cervarola o Modino e Cervarola? Torbiditi oligo-mioceniche ed evoluzione del margine nord-appenninico*. Mem. Soc. Geol. It., **39**, 19-33.
- ANDREOZZI M. & DI GIULIO A. (1992) - *Studio stratigrafico-*

- composizionale delle Arenarie di M. Cervarola nell'area tipo. 76° Congr. Società Geologica Italiana, 116, abs.
- BERNINI M. (1991) - *Le strutture estensionali della Lunigiana (Appennino settentrionale): proposta di un modello deformativo*. Atti Tic. Sc. Terra, **34**, 29-38.
- BOCCALETTI M., CALAMITA F., CENTAMORE E., CHIOCCHINI U., DEIANA G., MICARELLI A., MORATTI G., & POTETTI M. (1986) - *Evoluzione dell'Appennino tosco-umbro-marchigiano durante il Neogene*. G. Geol., **3**, 227-233.
- BOCCALETTI M., CALAMITA G., DEIANA R., GELATI R., MASSARI F., MORATTI G. & RICCI LUCCHI F. (1990) - *Migrating foredeep-thrust belt system in the northern Apennines and southern Alps*. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, **77**, 3-14.
- CANDE S.C. & KENT D.V. (1992) - *A New Geomagnetic Polarity Time Scale for the Late Cretaceous and Cenozoic*. Jour. of geophysical research, **97**, 13917-13951.
- CHICCHI S. & PLESI G. (1991) - *Il Complesso di M. Modino-M. Cervarola nell'alto Appennino emiliano (tra il Passo di Lagastrello e M. Cimone) e i suoi rapporti con la Falda Toscana, L'Unità di Canetolo e le Liguridi*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., XLVI, 139-163.
- COSTA E. (1987) - *La struttura di M. Zuccone (alta Val Taro, prov. di Parma): analisi preliminare*. Mem. Soc. Geol. It., **39**, 57-67.
- COSTA E., DI GIULIO A. & VILLA G. (1989) - *La finestra tettonica di M. Zuccone (Appennino settentrionale): rilevamento, petrografia delle arenarie e biostratigrafia*. Atti Tic. Sc. Terra, **32**, 175-190.
- COSTA E., DI GIULIO A., NEGRI A. & PLESI G. (1991) - *CROP03. settore compreso tra Castiglione Fiorentino e Bocca Trabaria: nuovi dati stratigrafici, petrografici e strutturali*. Studi Geologici Camerti, Volume speciale (1991/1), 217-234.
- DALLAN L. & NARDI R. (1968) - *I microforaminiferi del "Macigno" di Calafuria (Monti Livornesi)*. Boll. Soc. Geol. It., **87** (4).
- DALLAN NARDI L. & NARDI R. (1972) - *Schema stratigrafico e strutturale dell'Appennino settentrionale*. Mem. Acc. Lunigianese di Scienze "G. Cappellini", **42**.
- DICKINSON W. (1970) - *Interpreting detrital modes of graywacke and arkose*. Jour. Sed. Petr., **40**, 695-707.
- DI GIULIO A. & VALLONI R. (1992) - *Analisi microscopica delle arenite terrigene: parametri petrologici e composizioni modali*. Acta Naturalia Ateneo Parmense, **28**, 55-101.
- ELTER P. & SCHWAB K. (1959) - *Nota illustrativa sulla Carta Geologica all'1:50.000 della regione Carro-Zeri-Pontremoli*. Boll. Soc. Geol. It., **78**, 157-188.
- FAZZUOLI M., FERRINI G., PANDELI E. & SGUAZZONI G. (1988) - *Le formazioni giurassico-mioceniche della Falda Toscana a nord dell'Arno: considerazioni sull'evoluzione sedimentaria*. Mem. Soc. Geol. It., **30**, 159-201.
- FERRINI G., PANDELI E. & COLI M. (1985b) - *Facies e sequenze verticali nel Macigno di Calafuria (Livorno)*. Boll. Soc. Geol. It., **104**, 445-458.
- FERRINI G., LAZZARI D., PANDELI E. & VALLONI R. (1992) - *Sedimentologia e petrofacies del Macigno lungo l'allineamento Abetone-Monti del Chianti (Appennino settentrionale)*. 76° Congr. Società Geologica Italiana, 135-136, abstr.
- GANDOLFI G. & PAGANELLI L. (1992) - *Il Macigno costiero tra La Spezia e Grosseto*. Giornale di Geologia, **54** (1), 163-179.
- GARTNER S. (1992) - *Miocene Nannofossil Chronology in the North Atlantic, DSDP site 608*. Marine Micropal., **18**, 307-331.
- GHELARDONI R., PIERI M. & PIRINI C. (1966) - *Osservazioni stratigrafiche nell'area dei F.84 (Pontremoli) e 85 (Castelnuovo Monti)*. Boll. Soc. Geol. It., **84**(6), 297-416.
- GHIRBAUDO G. (1980) - *Deep sea fan deposits in the Macigno formation (middle upper Oligocene) of the Gordana Valley, Northern Apennines, Italy*. Journ. Sedim. Petr., **50**, 723-742.
- GUNTER K. (1966) - *Zur Geologie der Zone Zwischen den Nordlichen Apuaner Alpen und dem Apennin Hauptkamm*. Diss. Freie Univ. Berlin.
- KRAMPE K.D. (1964) - *Zur Geologie des Hochapennins zwischen Secchia und Enza*. Diss. Freie Univ. Berlin.
- MARTINI E. (1971) - *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton Zonation*. In: A. FARINACCI (Ed.), Proceedings of the second international conference on planktonic microfossils. Roma. 739-785.
- MONTANARI L. (1980) - *Elementi di sintesi tassonomico-stratigrafica sulle Eulepidine italiane*. Natura Soc. It. Sc. Nat., **71**, 35-57.
- MONTANARI L. & ROSSI M. (1983) - *Evoluzione delle Unità stratigrafico-strutturali terziarie del Nordappennino. 2. Macigno s.s. e Pseudomacigno. Nuovi dati cronostatigrafici e loro implicazioni*. Mem. Soc. Geol. It., **25**, 185-217.
- OKADA H. & BUKRY D. (1980) - *Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry 1973, 1975)*. Mar. Micropal., **5**, 321-325.
- PAPANI G. & ZANZUCCHI G. (1970) - *Osservazioni sul contatto fra il Macigno e l'Unità delle argille e calcari*. L'Ateneo Parmense - Acta Naturalia, **6**, 3-42.
- PLESI G. (1971) - *Segnalazioni di arenarie vulcaniche rimanegiate negli olistostromi del Macigno di M. Antessio (Appennino settentrionale)*. Atti Soc. Tosc. Sc. Nat. Mem., **78**, 105-109.
- PLESI G. (1971) - *La natura sedimentaria e il significato tettonico degli olistostromi intercalati al "Macigno" dell'Appennino settentrionale*. Mem. Acc. Lunigianese di Scienze "G. Cappellini", XXXVIII.
- PLESI G. (1975) - *La giacitura del Complesso Bratica-Petrignacola nella serie del Rio di Roccaferara (Val Parma) e dei Flysch arenacei tipo Cervarola dell'Appennino settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., **44** (1/2), 157-176.
- REUTTER K.J. (1969) - *La geologia dell'alto Appennino modenese tra Civago e Fanano e considerazioni sull'Unità M. Modino-M. Cervarola*. L'Ateneo Parmense - Acta Naturalia, **5**, 3-86.
- RIO D., RAFFI I. & VILLA G. (1990) - *Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the Western*

Mediterranean. Proceedings of O.D.P. Scientific Results. **107**, 513-533.

RIO D., FORNACIARI E. & RAFFI I. (1990) - *Late Oligocene through early Pleistocene calcareous nannofossils from Western Equatorial Indian Ocean (Leg 115)*. Proceedings of O.D.P. Scientific Results., **115**, 175-235.

RICCI LUCCHI F. (1975) - *Miocene paleogeography and basin analysis in the Periadriatic Apennines*. In: C. SQUYRES (Ed.), *Geology of Italy*. PESL, Tripoli, 129-236.

RICCI LUCCHI F. & ORI G.G. (1985) - *Syn-orogenic deposits of a migrating basin system in the NW Adriatic foreland: examples from Emilia Romagna region, Northern Apennines*. In: Int. Symp. Foreland Basins, Fribourg, Excursion Guidebook, 137-176.

SAGRI M. & ZANZUCCHI G. (1975) - *Geological setting*. In: "Examples of turbidite facies association from selected formations of the Northern Apennines" Field Trip Guide, A11, IX Int. Congr. Sedim. Nice; 4-12.

SERPAGLI E. & SIROTTI A. (1976) - *L'età della base del Macigno in Val Gordana (Pontremoli) dallo studio biometrico delle*

lepidocicline. *Atti Soc. Nat. Mat. Modena*, C, 3-12.

STEININGER F.F. (1992) - *A candidate for the Paleogene/Neogene Global Stratotype section and Point: The Lemme valley section, Piedmont basin, Italy*. IGC, Kyoto. abs.

TAVIANI G. (1954) - *Fossili nel Macigno di Calafuria (Livorno)*. *Atti Soc. Tosc. Sc. Nat.*, **61**, 16-25.

VALLONI R. (1978) - *Provenienza e storia post-deposizionale del Macigno di Pontremoli*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **98**, 317-326.

VALLONI R., LAZZARI D. & CALZOLARI M. A. (1991) - *Selective alteration of arkose framework in Oligo-Miocene turbidites of Northern Apennines foreland: impact on sedimentary provenance analysis*. In: MORTON A. C., TODD S. P. & HAUGHTON P. D. W. (Eds.), *Developments in Sedimentary Provenance Studies*, *Geol. Soc. Sp. Publ.*, **57**, 125-136.

VALLONI R., BELFIORE A., CALZETTI L., CALZOLARI M.A., DONAGEMMA V., LAZZARI D. & PANDELI E. (1992) - *Evoluzione delle petrofacies arenacee nell'Oligo-Miocene d'avanfossa del Nord-Appennino*. 76° Congr. Società Geologica Italiana, 110-112, abstr.