

L. RAGAINI (*), R. MARIANI (**)

ANALISI PALEOECOLOGICA DELLA MALACOFAUNA PLIOCENICA DI CAMINO TONDO (GROSSETO, ITALIA)

Riassunto — Nel presente lavoro è stata presa in esame un'associazione a Molluschi raccolta in un livello di sabbie gialle plioceniche affioranti nelle vicinanze di Roselle (prov. di Grosseto). Tale associazione ha confermato l'inquadramento biostratigrafico del livello di provenienza effettuato sulla base delle microfaune e delle nanoflore (Zona a *Globorotalia aemiliana*).

La malacofauna è risultata composta da 136 taxa, di cui 57 riferibili ai Bivalvi, 75 ai Gasteropodi e 4 agli Scafopodi; è stata rinvenuta anche un'ittiofauna ad Otoliti costituita da 16 taxa. Sono presenti inoltre Policheti, Cirripedi, chele di piccoli Crostacei, radioli di Echinoidi e frammenti di Briozoi.

È stata desunta una profondità del biotopo originario corrispondente alla parte inferiore dell'Infralitorale (20-40 m).

Lo studio paleoecologico ha evidenziato l'originaria presenza di un posidonieto successivamente interessato da una fase di instabilità del fondo con incremento della torbidità delle acque.

Abstract — *Paleoecologic remarks on the pliocenic malacofauna of Camino Tondo (Grosseto, Italia).* This report deals with a molluscan paleocommunity gathered from a pliocenic sandy level outcropping at Camino Tondo, near Roselle (Grosseto).

This level has been attributed to *Globorotalia aemiliana* Zone, on the basis of microfaunas and nannofloras, and the presence of various tropical and/or subtropical taxa among the Molluscs shows that the temperature of the water was higher than today. Therefore it seems apparent that the sedimentation of the pliocenic sands of Camino Tondo took place after the first pulse of cooling, occurred about 3.0-3.2 MA ago, and before the severe cooling that began about 2.5-2.4 MA ago.

In the fossiliferous association the Molluscs are represented by 136 taxa: 57 taxa belong to Bivalvia, 75 to Gastropoda and 4 to Scaphopoda, and moreover Otholiths (16 taxa), Polichaetes, Barnacles, Echinoids, Bryozoans and Crustaceans are present, too.

The paleocommunity is typical of sandy soft bottoms and can be attributed to a bathymetric level which corresponds to the lower part of the Infralittoral zone (20-40 m). This conclusion could also be drawn on the basis of the following considerations: 1) the predominance of infra-circalittoral species; 2) the presence of typical

(*) Centro Interdip. Museo di Storia Naturale e del Territorio, Università di Pisa.

(**) Via Corridoni, 104 - Pisa.

infralittoral species; 3) the negligible abundance of circalittoral species. The presence of a large benthic component in the fish-community, with numerous specimens of *Gobius niger*, confirms this bathymetric interpretation.

In the trophic structure the prevalent suspension-feeders are followed by browsers, deposit-feeders, carnivores and parasites, with a negligible dominance of the last group.

From the biocenotic point of view, the characteristic species of the AP/HP and DC/DE biocenoses form the most significant stocks, together with those characteristic of PE. The presence of PE is pointed out also by the elevated dominance of suspension-feeders, the abundance of «l.r.e.» taxa, the prevalence of vagrant forms and the presence of a large number of Polychaete *Ditrupa cornea*.

A reasonable assumption is that the characteristic species of PE represent the beginning of the first phase of the instability sequence, because some species which indicate instability invade the biotope, even though they are secondary in comparison with the previous biocenotic stocks, which can still be recognized.

Key words — Molluscs, Paleoecology, Pliocene, Tuscany.

PREMESSA E CENNI GEOLOGICI

Questo lavoro si inserisce nell'ambito degli studi a carattere prevalentemente paleoecologico, condotto da vari anni dal gruppo informale «Paleobenthos», sottogruppo dell'Università di Pisa, sulle macrofaune marine plio-pleistoceniche dei bacini neoautoctoni della Toscana a Sud dell'Arno. In particolare esso rappresenta un tentativo di ricostruzione paleoambientale basato sull'analisi qualitativa e quantitativa di un'associazione a Molluschi rinvenuta nei sedimenti pliocenici di Camino Tondo (Grosseto).

Il giacimento, costituito da un deposito di sabbie gialle riccamente fossilifere, è esposto alla base del pendio occidentale del colle su cui sorge il podere di Camino Tondo (Fig. 1), nelle vicinanze del paese di Roselle (Grosseto), e si trova nel Bacino del medio Ombrone, ubicato ad Est del tratto meridionale della «Dorsale Mediotoscana».

Recentemente Bossio *et alii* (1991b) hanno riconosciuto, sia in questo che in altri bacini neoautoctoni della Toscana a Sud dell'Arno, la presenza di due cicli sedimentari all'interno della successione pliocenica: il primo si sviluppa nel Pliocene inferiore, dalla Zona a *Sphaeroidinellopsis seminulina* s.l. alla parte inferiore della Zona a *Globorotalia puncticulata*, mentre il secondo inizia con sedimenti marini del Pliocene «medio» (Zona a *Globorotalia aemiliana*) e prose-

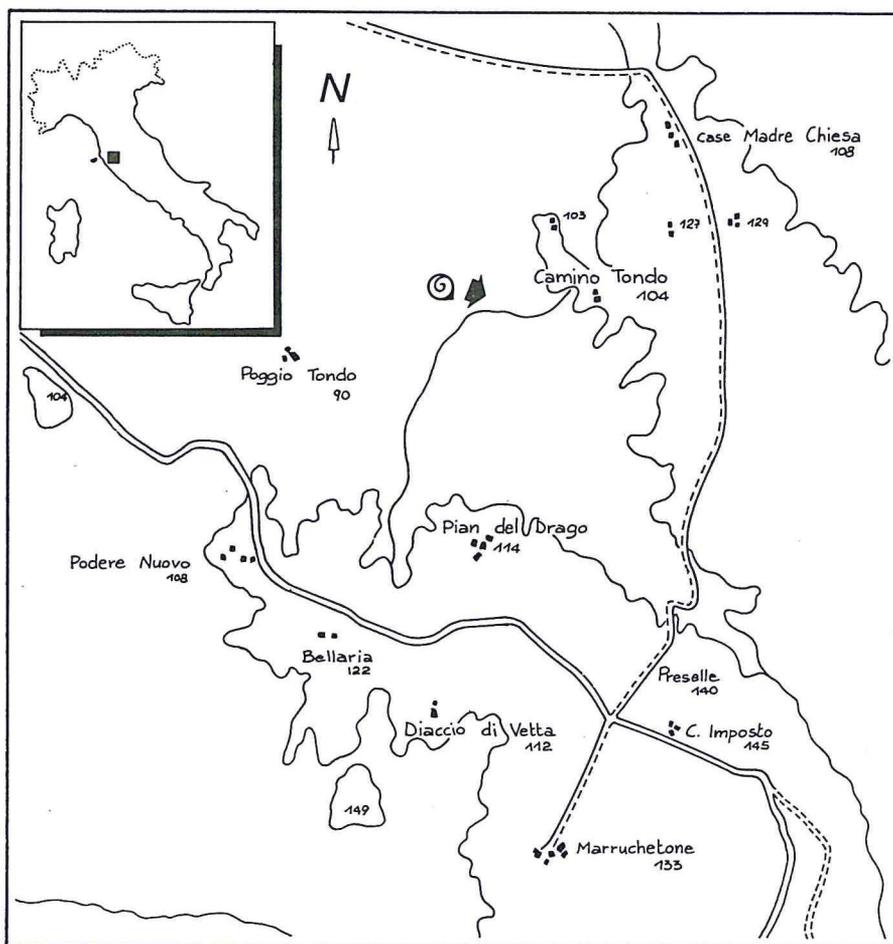


Fig. 1 - Ubicazione dell'affioramento di Camino Tondo.

gue, senza soluzione di continuità, con depositi continentali riferibili ad una parte del Villafranchiano inferiore contenuta entro i limiti del Pliocene «medio». Questo secondo ciclo, in particolare, risulta iniziare a poco meno di 3.0 MA e la sua durata complessiva è inferiore a 1 MA (Bossio *et alii*, 1991a).

Le sabbie gialle da cui proviene la malacofauna oggetto di questo studio e che, almeno nel Bacino del medio Ombrone, rappresentano i sedimenti tipici della fase marina del ciclo medio-pliocenico, si sono quindi depositate in un intervallo di tempo che risulta essere successivo alla prima fase di deterioramento climatico, tarata a

3.2-3.0 MA, che ha interessato il Bacino Mediterraneo nel corso del Pliocene.

CAMPIONATURA ED ANALISI GRANULOMETRICA DEI SEDIMENTI

Dall'affioramento fossilifero, nel quale non si evidenziano strutture sedimentarie, sono stati prelevati due campioni volumetrici (CT1 e CT2), rispettivamente di 40 e 60 decimetri cubici, ad una distanza di circa 1.50 m.

I campioni sono stati disgregati in acqua e poi lavati su setaccio con maglie di 1 mm. Sul residuo accumulato ed asciugato, è stato eseguito il picking, raccogliendo, oltre ai Molluschi, anche gli altri resti fossili presenti.

Al fine di valutare la tessitura del sedimento, fattore edafico che può essere direttamente studiato, è stato preventivamente raccolto un campione di 100 gr di sedimento da sottoporre ad analisi granulometrica. Questo è stato immerso in due bagni successivi: il primo di acqua distillata ed il secondo di acqua ossigenata, in modo da poter sciogliere i sali eventualmente presenti, disgregare i singoli granuli e distruggere la componente organica.

Dopo la pesatura a secco il campione è stato sottoposto ad analisi granulometrica secondo i metodi usuali di vagliatura e decantazione. Per la suddivisione dei sedimenti in classi granulometriche si è utilizzata la scala granulometrica Udden/Wentworth espressa in unità ϕ (Φ).

I risultati ottenuti da questa analisi sono illustrati mediante la curva di Fig. 2, dalla quale, attraverso l'applicazione delle formule proposte dal Gruppo informale «Paleobenthos», sono stati ricavati i seguenti parametri granulometrici, espressi in unità ϕ (Φ):

- MODA = 2,5
- MEDIANA = 2,5
- MEDIA (1) $(16\% + 84\% / 2) = 4$
- MEDIA (2) $(16\% + 50\% + 84\% / 3) = 3,5$
- COEFFICIENTE DI CERNITA SIGMA = $(84\% - 16\% / 2) = 2$
- COEFFICIENTE DI ASIMMETRIA SK = $(16\% + 84\% - 2,50\%) / 2 (84\% - 16\%) = 0,6875$.

Questi dati indicano che il sedimento è costituito da una sabbia fine, poco selezionata, con coda in eccesso di frazioni fini.

Riportando le quantità percentuali di sabbia (75.46%), limo (11.84%) ed argilla (12.7%) del campione analizzato in un corrispon-

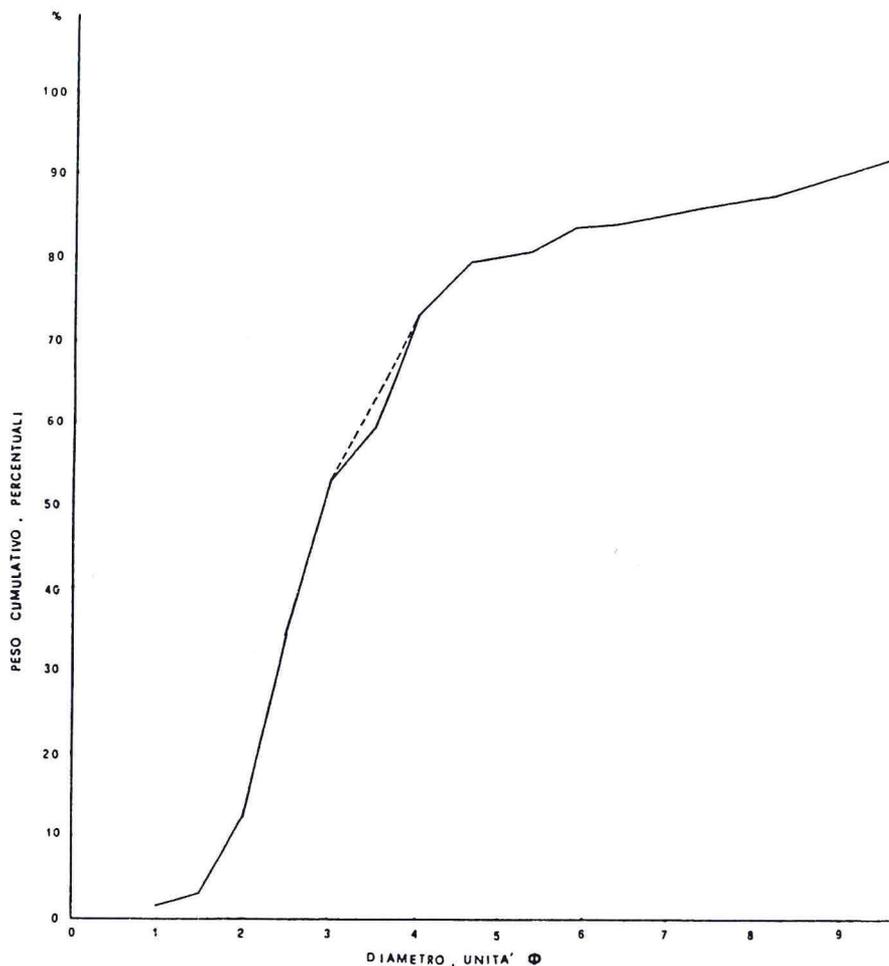


Fig. 2 - Curva cumulativa relativa alla composizione granulometrica del sedimento.

dente diagramma triangolare, con le suddivisioni fra i vari campi proposte da Trefethen (PETTJOHN, 1975), il sedimento di Camino Tondo cade nel campo delle sabbie argillose, al limite con quello delle sabbie limose (Fig. 3).

Si deve specificare comunque che dall'esame sono stati esclusi i ciottoli (corrispondenti all'1% circa del sedimento) aventi diametro superiore a quello delle maglie del setaccio (2 mm) usato per la selezione preventiva del campione da sottoporre ad analisi granulometrica.

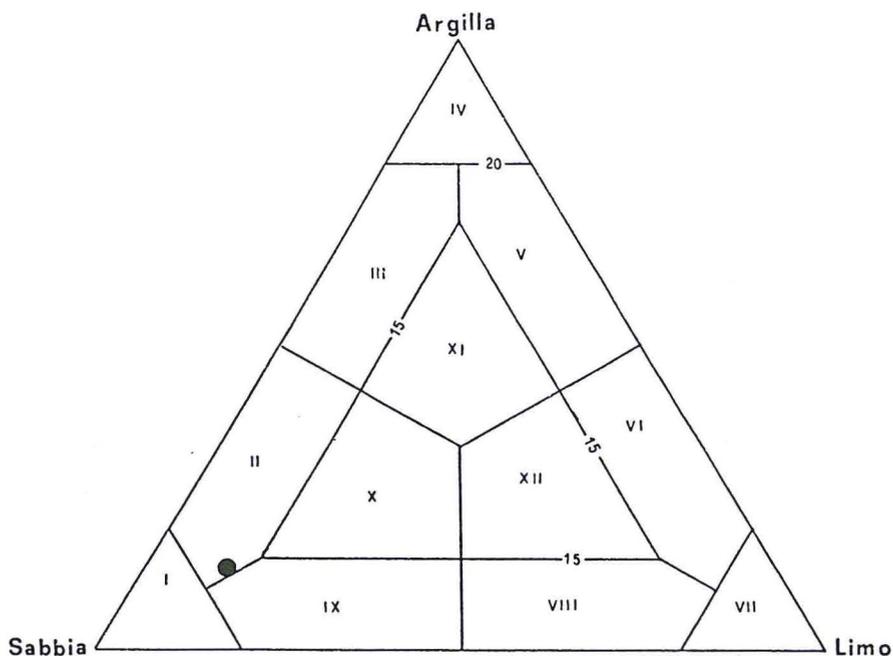


Fig. 3 - Diagramma ternario con la composizione del campione analizzato. I = sabbia; II = sabbia argillosa; III = argilla sabbiosa; IV = argilla; V = argilla limosa; VI = limo argilloso; VII = limo; VIII = limo sabbioso; IX = sabbia limosa; X = sabbia limo-argillosa; XI = argilla limo-sabbiosa; XII = limo argillo-sabbioso.

COMPOSIZIONE DELL'ASSOCIAZIONE FOSSILE

Nell'associazione fossilifera sono stati rinvenuti, oltre ad abbondanti resti di Molluschi, anche Otoliti ed Ittiodontoliti, tubi calcarei di Policheti, radioli di Echinoidi irregolari, piastre calcaree di Cirripedi, chele di Crostacei e frammenti di Briozoi, che verranno trattati in un capitolo a parte.

La Tab. 1 fornisce l'elenco, in ordine sistematico, di tutti i molluschi identificati a livello specifico o, dove ciò non sia stato possibile, a livello di genere o di famiglia. Per l'inquadramento sistematico sopraspecifico si è fatto riferimento a (MOORE, 1969-71) per i Bivalvi, PIANI (1980) integrato da WENZ (1938-44) per i Gasteropodi e CAPROTTI (1979) per gli Scafopodi. Ciascuna specie è accompagnata dai valori di abbondanza (NES) e dominanza (DM) relativi sia ai singoli campioni (CT1 e CT2) che al totale (TOT).

Nel conteggio dei Bivalvi gli esemplari con le valve in connessione sono stati considerati unitari, mentre nel caso di valve disarti-

ELENCO DEI TAXA	CT1 NES	CT1 %DM	CT2 NES	CT2 %DM	TOT NES	TOT %DM
BIVALVIA						
<i>Nucula (N.) placentina</i> LAMARCK	3	0.22	5	0.13	8	0.16
<i>Nuculana (Lembulus) pella</i> (LINNEO)	1	0.07	12	0.32	13	0.26
<i>N. (Saccella) fragilis</i> (CHEMNITZ)	28	2.1	83	2.23	111	2.2
<i>Arca (A.) tetragona</i> POLI	2	0.15	3	0.08	5	0.1
<i>Anadara (A.) darwini</i> (MAYER)	19	1.42	58	1.56	77	1.52
<i>Anadara (A.) diluvii</i> (LAMARCK)	-	-	3	0.08	3	0.06
<i>Striarca lactea</i> (LINNEO)	1	0.07	-	-	1	0.02
<i>Limopsis (Pectunculina) aradasi</i> (TESTA)	7	0.52	12	0.32	19	0.38
<i>Glycymeris (G.) bimaculata</i> (POLI)	1	0.07	1	0.03	2	0.04
<i>Glycymeris (G.) insubrica</i> (BROCCHI)	16	1.2	37	1	53	1.05
<i>Amusium cristatum</i> (BRONN)	1	0.07	3	0.08	4	0.08
<i>Chlamys (C.) multistriata</i> (POLI)	7	0.52	10	0.27	17	0.34
<i>Chlamys (Aequipecten) opercularis</i> (LINNEO)	24	1.8	89	2.39	113	2.24
<i>Chlamys (Aequipecten) scabrella</i> (LAMARCK)	25	1.87	76	2.04	101	2
<i>Pecten (P.) benedictus</i> LAMARCK	27	2.02	102	2.74	129	2.55
<i>Anomia (A.) ephippium</i> LINNEO	3	0.22	3	0.08	6	0.12
<i>Pododesmus (Heteranomia) aculeatus</i> (MULLER)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Lima (Mantellum) inflata</i> (CHEMNITZ)	-	-	2	0.05	2	0.04
<i>Ostrea (O.) lamellosa</i> BROCCHI	9	0.67	18	0.48	27	0.53
<i>Ctena (C.) decussata</i> (COSTA)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Loripes lacteus</i> (LINNEO)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Megaxinus (M.) transversus</i> (BRONN)	110	8.25	294	7.91	404	8
<i>Myrtea (M.) spinifera</i> (MONTAGU)	11	0.82	44	1.18	55	1.09
<i>Gonimyrtea meneghini</i> (DE STEFANI e PANTANELLI)	12	0.9	30	0.81	42	0.83
<i>Lucinoma borealis</i> (LINNEO)	74	5.55	155	4.17	229	4.53
<i>Anodontia (Loripinus) fragilis</i> (PHILIPPI)	1	0.07	10	0.27	11	0.22
<i>Glans (G.) intermedia</i> (BROCCHI)	7	0.52	15	0.4	22	0.44
<i>Venericardia antiquata</i> (LINNEO)	1	0.07	1	0.03	2	0.04
<i>Cardium (Bucardium) hians</i> BROCCHI	2	0.15	6	0.16	8	0.16
<i>Acanthocardia (A.) aculeata</i> (LINNEO)	6	0.45	20	0.54	26	0.51
<i>Plagiocardium (Papillicardium) papillosum</i> (POLI)	7	0.52	27	0.73	34	0.67
<i>Laevicardium (L.) crassum</i> (GMELIN)	3	0.22	7	0.19	10	0.2
<i>Laevicardium (L.) subturgidum</i> (D'ORBIGNY)	4	0.3	9	0.24	13	0.26
<i>Nemocardium (Discors) aquitanicum</i> (MAYER)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Spisula (S.) subtruncata</i> (DA COSTA)	1	0.07	4	0.11	5	0.1
<i>Tellina (Moerella) donacina</i> LINNEO	3	0.22	14	0.38	17	0.34
<i>Tellina (Oudardia) compressa</i> BROCCHI	1	0.07	3	0.08	4	0.08
<i>Tellina (Serratina) serrata</i> RENIER	3	0.22	5	0.13	8	0.16
<i>Donax</i> sp.	1	0.07	2	0.05	3	0.06
<i>Psammobia (P.) ferroensis</i> (CHEMNITZ)	2	0.15	8	0.22	10	0.2
<i>Abra (Syndosmia) alba</i> (WOOD)	2	0.15	1	0.03	3	0.06
<i>Solecurtus</i> sp.	1	0.07	-	-	-	-
<i>Azorinus (A.) chamasolen</i> (DA COSTA)	-	-	4	0.11	4	0.08
<i>Venus (V.) verrucosa</i> LINNEO	7	0.52	24	0.65	31	0.61
<i>Venus (Ventricoloidea) multilamella</i> (LAMARCK)	2	0.15	-	-	2	0.04
<i>Circomphalus foliaceolamellosus</i> (DILLWYN)	3	0.22	8	0.22	11	0.22
<i>Gouldia minima</i> (MONTAGU)	101	7.57	345	9.28	446	8.83
<i>Pitar (P.) rudis</i> (POLI)	4	0.3	8	0.22	12	0.24
<i>Callista (C.) chione</i> (LINNEO)	10	0.75	21	0.56	31	0.61
<i>Dosinia (D.) lupinus</i> (LINNEO)	4	0.3	10	0.27	14	0.28
<i>Venerupis</i> sp.	1	0.07	-	-	1	0.02
<i>Chamelea gallina</i> (LINNEO)	6	0.45	15	0.4	21	0.42
<i>Chamelea lamellosa</i> (DE RAYN., V. D. HECKE e PONZI)	3	0.22	8	0.22	11	0.22
<i>Chamelea</i> spp.	7	0.52	9	0.24	16	0.32
<i>Clausinella fasciata</i> (DA COSTA)	1	0.07	4	0.11	5	0.1
<i>Timoclea (T.) ovata</i> (PENNANT)	43	3.22	92	2.48	135	2.67
<i>Corbula (Varicorbula) gibba</i> (OLIVI)	124	9.3	299	8.04	423	8.37
GASTROPODA						
<i>Jujubinus (J.) striatus</i> (LINNEO)	109	8.17	247	6.64	356	7.05
<i>Calliostoma (Ampullotrochus) granulatum</i> (BORN)	-	-	2	0.05	2	0.04
<i>Clanculus (Clanculopsis) jussieui</i> (PAYRAUDEAU)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Astrea (Bolma) rugosa</i> (LINNEO)	3	0.22	4	0.11	7	0.14
<i>Tricolia pulla</i> (LINNEO)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Smaragdia viridis</i> (LINNEO)	126	9.45	600	16.14	726	14.37
<i>Barleeia rubra</i> (ADAMS)	2	0.15	5	0.13	7	0.14
<i>Turbona (T.) reticulata</i> (MONTAGU)	3	0.22	6	0.16	9	0.18
<i>Rissoina pusilla</i> (BROCCHI)	-	-	2	0.05	2	0.04
<i>Turritella (T.) aspera</i> MAYER	2	0.15	4	0.11	6	0.12
<i>Turritella (T.) tricarinata</i> tricarinata BROCCHI	5	0.37	19	0.51	24	0.48
<i>Turritella (Zaria) subangulata</i> BROCCHI	12	0.9	47	1.26	59	1.17
<i>Haustator vermicularis</i> (BROCCHI)	30	2.25	64	1.72	94	1.86

Tab. 1 - continua

ELENCO DEI TAXA	CT1 NES	CT1 %DM	CT2 NES	CT2 %DM	TOT NES	TOT NES
<i>Archimediella (Turculoidella) spirata</i> (BROCCHI)	87	6.52	135	3.63	222	4.39
<i>Architectonica monilifera</i> (BRONN)	1	0.07	-	-	1	0.02
<i>Architectonica simplex</i> (BRONN)	1	0.07	5	0.13	6	0.12
<i>Petalococonchus (Macrophragma) intortus</i> (LAMARCK)	-	-	5	0.13	5	0.1
<i>Bittium deshayesi</i> CERULLI IRELLI	8	0.6	38	1.02	46	0.91
<i>Bittium reticulatum</i> (DA COSTA)	28	2.1	68	1.83	96	1.9
<i>Cerithium varicosum</i> (BROCCHI)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Cerithium vulgatum</i> (BRUGUIERE)	18	1.35	22	0.59	40	0.79
<i>Biforina perversa</i> (LINNEO)	5	0.37	9	0.24	14	0.28
<i>Epitonium commune</i> (LAMARCK)	3	0.22	5	0.13	8	0.16
<i>Epitonium spiniferum</i> (SEGUENZA)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Strombiformis glaber</i> (DA COSTA)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Calyptrea chinensis</i> (LINNEO)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Crepidula gibbosa</i> DEFRANCE	1	0.07	6	0.16	7	0.14
<i>Aporrhais pespelecani</i> (LINNEO)	2	0.15	13	0.35	15	0.3
<i>Strombus (S.) coronatus</i> DEFRANCE	1	0.07	7	0.19	8	0.16
<i>Erato voluta</i> (MONTAGU)	4	0.3	10	0.27	14	0.28
<i>Trivia monacha</i> (DA COSTA)	-	-	2	0.05	2	0.04
<i>Luria</i> sp.	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Natica epiglottina pseudoepiglottina</i> SISMONDA	1	0.07	3	0.08	4	0.08
<i>Naticarius tigrinus</i> GRATELOUP	4	0.3	18	0.48	22	0.44
<i>Tectonatica tectula</i> (BONELLI)	5	0.37	7	0.19	12	0.24
<i>Payradeautia intricata</i> (DONOVAN)	5	0.37	11	0.3	16	0.32
<i>Neverita josephina</i> RISSO	1	0.07	4	0.11	5	0.1
<i>Lunatia catena helicina</i> (BROCCHI)	2	0.15	3	0.08	5	0.1
Naticidae indet.	9	0.67	30	0.81	39	0.77
<i>Cymatium (Septa) doderleini</i> (D'ANCONA)	1	0.07	5	0.13	6	0.12
<i>Aspa marginata</i> (GMELIN)	1	0.07	3	0.08	4	0.08
<i>Ficus communis</i> (RODING)	-	-	2	0.05	2	0.04
<i>Bolinus brandaris</i> (LINNEO)	1	0.07	1	0.03	2	0.04
<i>Phos polygonum</i> (BROCCHI)	2	0.15	3	0.08	5	0.1
<i>Pyrene (Macrurella) subulata</i> (BROCCHI)	-	-	8	0.22	8	0.16
<i>Pyrene (Mitrella) scripta</i> (LINNEO)	6	0.45	12	0.32	18	0.36
<i>Hinia (H.) asperula</i> (BROCCHI)	2	0.15	8	0.22	10	0.2
<i>Hinia (H.) musiva</i> (BROCCHI)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Hinia (Uzita) limata</i> (CHEMNITZ)	2	0.15	2	0.05	4	0.08
<i>Fusinus crispus</i> (BORSON)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Cancellaria cancellata</i> (LINNEO)	4	0.3	6	0.16	10	0.2
<i>Narona (Sveltia) lyrata</i> (BROCCHI)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Pusia eburnus</i> (LAMARCK)	1	0.07	5	0.13	6	0.12
<i>Conus (Chelyconus) ponderosus</i> BROCCHI	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Conus (Lithoconus) mercati</i> BROCCHI	1	0.07	3	0.08	4	0.08
<i>Conus (Lithoconus) virginalis</i> BROCCHI	1	0.07	5	0.13	6	0.12
<i>Strioterebrum (S.) pliogenicum</i> (FONTANNES)	-	-	3	0.08	3	0.06
<i>Subula (S.) fuscata</i> (BROCCHI)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Terebra (Myurellina) acuminata</i> BORSON	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Clavatula</i> sp.1	2	0.15	4	0.11	6	0.12
<i>Clavatula</i> sp.2	6	0.45	16	0.43	22	0.44
<i>Crassopleura incrassata</i> (DUJARDIN)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Crassopleura sigmoidea</i> (BRONN)	2	0.15	-	-	2	0.04
<i>Gemmula contigua</i> (BROCCHI)	2	0.15	4	0.11	6	0.12
<i>Bathytoma (B.) cataphracta</i> (BROCCHI)	-	-	6	0.16	6	0.12
<i>Mangelia costata</i> (DONOVAN)	-	-	3	0.08	3	0.06
<i>Bela nebula</i> (MONTAGU)	-	-	3	0.08	3	0.06
<i>Raphitoma purpurea</i> (MONTAGU)	-	-	1	0.03	1	0.02
Turridae indet.	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Acteon tornatilis</i> (LINNEO)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Rhizorus acuminatus</i> (BRUGUIERE)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Ringicula (R.) buccinea</i> (BROCCHI)	48	3.6	105	2.82	153	3.03
<i>Roxania utriculus</i> (BROCCHI)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Chrysalida intermixta</i> (MONTEROSATO)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Eulimella (E.) scillae</i> (SCACCHI)	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Odostomia (Megastomia) conoidea</i> (BROCCHI)	12	0.9	34	0.91	46	0.91
<i>Turbonilla (T.) lactea</i> (LINNEO)	7	0.52	11	0.3	18	0.36
SCAPHOPODA						
<i>Dentalium (D.) inaequale</i> BRONN	-	-	1	0.03	1	0.02
<i>Dentalium (D.) sexangulum</i> GMELIN	7	0.52	10	0.27	17	0.34
<i>Dentalium (Antalis) dentale</i> LINNEO	3	0.22	5	0.13	8	0.16
<i>Fustiaria rubescens</i> DESHAYES	3	0.22	5	0.13	8	0.16
Totale	1334	100	3718	100	5052	100

Tab. 1 - Elenco sistematico dei Molluschi.

colate, anche frammentate purché contenenti parte dell'umbone, sono stati utilizzati metodi diversi in relazione alla equilateralità o meno delle varie forme. Nel primo caso (*Glycymeris*) il numero complessivo delle valve è stato moltiplicato per 3/4, mentre nel secondo si è sommato alle valve più abbondanti la metà di quelle meno numerose.

Per quanto concerne i Gasteropodi si è dovuto valutare, caso per caso, il criterio da adottare per gli esemplari incompleti; in genere si è considerato come singolo individuo ogni esemplare contenente la parte apicale della conchiglia.

Si deve specificare infine che le forme denominate *Chamelea* spp. comprendono individui appartenenti sia a *Chamelea gallina* che a *C. lamellosa*, indistinguibili tra loro a causa dello stato di conservazione. Così pure il gruppo delle Naticidae indet. contiene esemplari riferibili a più forme non riconoscibili.

La malacofauna è risultata composta complessivamente da 136 taxa per un totale di 5.052 esemplari, tra cui prevalgono come numero di esemplari i Bivalvi (2.765 pari al 54.73%) rispetto ai Gasteropodi (2.253 pari al 44.6%), mentre questi ultimi presentano un maggior numero di taxa (75 contro 57). Seguono, molto subordinati, gli Scafopodi, con 34 esemplari (0.67%) e 4 specie.

Un ristretto numero di specie, *Smaragdia viridis* (14.37%), *Gouldia minima* (8.83%), *Corbula gibba* (8.37%), *Megaxinus transversus* (8%) e *Jujubinus striatus* (7.05%), presentano una dominanza abbastanza elevata, ed a questi seguono, con valori sensibilmente inferiori, *Lucinoma borealis* (4.53%), *Archimediella spirata* (4.39%), *Ringicula buccinea* (3.03%), *Timoclea ovata* (2.67%), *Pecten benedictus* (2.55%), *Chlamys opercularis* (2.24%), *Nuculana fragilis* (2.2%) e *C. scabrella* (2%). Tra le rimanenti forme, soltanto alcune raggiungono dominanze superiori all'1% (*Anadara darwini*, *Glycymeris insubrica*, *Myrtea spinifera*, *Turritella subangulata*, *Haustator vermicularis*, *Bitium reticulatum*), mentre tutte le rimanenti sono rappresentate da un esiguo numero di esemplari.

GRADO DI AUTOCTONIA

La valutazione del grado di autoctonia dell'associazione a Molluschi è stata effettuata sulla base di quattro elementi: lo stato di conservazione degli esemplari, l'affinità tessiturale della malacofauna con il sedimento in cui è stata rinvenuta, la distribuzione batime-

trica, il rapporto tra valve sinistre e valve destre nei Bivalvi.

Lo stato di conservazione dei fossili risulta nel complesso buono ed alcuni taxa, come ad esempio *Smaragdia viridis*, conservano ancora gran parte della colorazione originaria.

Per quanto riguarda l'affinità tessiturale, della quale si parlerà più diffusamente nel paragrafo specifico, l'elevata dominanza di forme mistofile e psammofile e la trascurabile percentuale di organismi pelofili puri, testimoniano la buona compatibilità della fauna con il sedimento.

Anche i dati batimetrici concordano per una generale autoctonia dell'associazione studiata. Oltre il 78% dei taxa individuati (con una dominanza complessiva che supera il 90%) hanno una distribuzione batimetrica in cui il piano Infralitorale rappresenta il denominatore comune, mentre le altre categorie batimetriche hanno dominanze nettamente trascurabili (largamente inferiori all'1%).

Il rapporto valve sinistre/valve destre è stato calcolato per i Bivalvi con dominanza superiore all'1%: *Gouldia minima*, *Corbula gibba*, *Megaxinus transversus*, *Lucinoma borealis*, *Timoclea ovata*, *Pecten benedictus*, *Chlamys opercularis*, *Nuculana fragilis*, *Chlamys scabrella*, *Anadara darwini* e *Myrtea spinifera* (Tab. 2).

TAB. 2 - Rapporto valve sinistre/valve destre.

Specie	CT1			CT2			TOT		
	VS	VD	S/D	VS	VD	S/D	VS	VD	S/D
<i>Gouldia minima</i>	71	59	1.2	222	234	0.95	293	293	1
<i>Corbula gibba</i>	46	101	0.46	123	238	0.52	169	339	0.5
<i>Megaxinus transversus</i>	76	75	1.01	199	211	0.94	275	286	0.96
<i>Lucinoma borealis</i>	50	53	0.94	97	115	0.84	147	168	0.88
<i>Timoclea ovata</i>	30	26	1.15	57	63	0.9	87	89	0.98
<i>Pecten benedictus</i>	20	13	1.54	80	44	1.82	100	57	1.75
<i>Chlamys opercularis</i>	10	19	0.53	54	62	0.87	64	81	0.79
<i>Nuculana fragilis</i>	19	19	1	55	62	0.89	74	81	0.91
<i>Chlamys scabrella</i>	17	16	1.06	48	52	0.92	65	68	0.96
<i>Anadara darwini</i>	13	11	1.18	32	42	0.76	45	53	0.84
<i>Myrtea spinifera</i>	7	7	1	26	31	0.84	33	38	0.87

Per quasi tutte le specie il valore del rapporto vs/vd risulta prossimo all'unità e solo *Corbula gibba* e *Pecten benedictus* se ne discostano in maniera sensibile in entrambi i campioni.

Per *Corbula gibba* la spiegazione di questo disequilibrio numerico è con tutta probabilità da ricercarsi nella maggiore fragilità della valva sinistra, più soggetta a frantumarsi della destra in quanto meno spessa.

Nel caso di *Pecten benedictus* tale discrepanza potrebbe essere dovuta all'accentuata diversità di conformazione delle due valve, piatta la sinistra e convessa la destra, che potrebbe aver favorito un tendenziale accumulo delle prime, in quanto più facilmente trasportabili, da parte di correnti di fondo, la cui presenza appare confermata dalle specie reofile riconosciute nell'associazione (*Glycymeris insubrica*, *Myrtea spinifera*, *Glans intermedia*, *Laevicardium crassum*, *Gouldia minima*, *Clausinella fasciata*). Tali correnti, comunque, dovevano essere abbastanza moderate, tanto da consentire la deposizione, o comunque la non-aspersione, della frazione pelitica del sedimento. Con tutta probabilità, quindi, si tratta di un trasporto limitato avvenuto all'interno del biotopo originario.

Nel complesso la malacofauna di Camino Tondo può essere ritenuta sostanzialmente autoctona, essendo stati riscontrati soltanto alcuni indizi di un limitato trasporto.

CONSIDERAZIONI BIO E CRONOSTRATIGRAFICHE

I dati biostratigrafici già acquisiti derivano dall'analisi condotta sulle microfaune e nannoflore da parte di Bossio *et alii* (1991b), i quali hanno inquadrato le sabbie gialle di Camino Tondo all'interno del secondo ciclo sedimentario pliocenico, riferito alla zona a *Globorotalia aemiliana*. In particolare, la deposizione di questi sedimenti marini è verosimilmente iniziata, in analogia con quanto osservato in altre aree (Bossio *et alii*, 1991a), a partire da poco meno di 3.0 MA.

Anche la fauna a Molluschi fornisce importanti indicazioni relativamente all'età del giacimento fossilifero per la presenza di vari taxa caratteristici di climi caldi. Tra questi troviamo i Terebridi *Strioterebrum pliocenicum*, di cui non si hanno ritrovamenti certi nel Piacenziano superiore, né risulta segnalato in sedimenti del «Calabriano» (MARASTI e RAFFI, 1976), *Subula fuscata* e *Terebra acuminata*, le cui attuali specie congeneri, considerate stenoterme, vivono in mari tropicali (MALATESTA, 1974).

La presenza di Terebridae e di *Conus virginalis* documenta, per il giacimento di Camino Tondo, un'età non posteriore alla fase di deterioramento climatico indicata come «Pliocene glaciale», il cui inizio è

tarato biocronologicamente a circa 2.4-2.5 MA (RAFFI e MONEGATTI, 1986). Tale indicazione è confermata anche dalla presenza di *Natica epiglottina pseudoepiglottina*, che fornisce indicazioni simili a *Strioterebrum pliocenicum* (MARASTI e RAFFI, 1976), nonché di *Crassopleura sigmoidea*, *Gemmula contigua* e *Bathytoma cataphracta* (tra le Turridae) e di *Strombus coronatus*, che sono specie appartenenti a generi attualmente viventi in acque tropicali.

Il dato più significativo è però offerto dal Bivalve *Circomphalus foliaceolamellosus*, una forma tropicale (attualmente vive, infatti, lungo le coste del Senegal e della Mauritania e comunque non è mai stata rinvenuta a Nord di Agadir) presente nei sedimenti di piattaforma interna del Pliocene inferiore mediterraneo e fino ad ora mai segnalata nei depositi pliocenici successivi al primo impulso di raffreddamento (3.2 - 3.0 MA). Se si ammette la scomparsa di *C. foliaceolamellosus* dal Bacino Mediterraneo in corrispondenza di questa prima crisi climatica, la presenza di tale specie nei sedimenti «medio»- pliocenici di Camino Tondo potrebbe essere messa in relazione con una successiva reintroduzione legata al ripristinarsi di condizioni climatiche calde, evidenziate anche dall'esame comparativo tra i Bivalvi riconosciuti nell'associazione studiata e quelli riportati nella tabella elaborata da RAFFI *et alii* (1985). Tra le 34 specie individuate, 7 sono infatti indicative di clima tropicale-subtropicale, 7 di clima da tropicale a temperato-caldo e le rimanenti 20 sono praticamente euriterme; non sono invece presenti forme tipiche di climi temperati. Indicazioni paleoclimatiche in linea con quanto esposto sono evidenziate anche da recenti studi sui foraminiferi bentonici (SPROVIERI, 1985) e da analisi isotopiche (THUNELL e WILLIAMS, 1983).

ANALISI PALEOECOLOGICA

Rapporto con il substrato

La Tab. 3 (per la definizione delle categorie utilizzate si è fatto riferimento a DI GERONIMO e COSTA, 1978) mostra la prevalenza delle specie mistofile, rappresentate da 30 taxa con dominanza del 37.31%, cui segue, con 15 specie e dominanza del 17.99%, il gruppo delle psammofile pure. Su valori inferiori si attestano le pelofile tolleranti (11 sp.; 11.24% dm.) e le psefofile (10 sp.; 9.94% dm.). La categoria delle psammofile tolleranti è rappresentata invece da un più elevato numero di specie (19), ma con una dominanza piuttosto bassa (5.53%).

TAB. 3 - NSP = numero specie; %SP = %specie; %DM = dominanza.

Categorie	CT1	CT1	CT1	CT2	CT2	CT2	TOT	TOT	TOT
	NSP	%SP	%DM	NSP	%SP	%DM	NSP	%SP	%DM
PSAMM.	11	11.34	13.49	15	11.54	19.56	15	11.03	17.98
PSAMM. TOLL.	16	16.49	6.22	18	13.85	5.22	19	13.97	5.3
PEL.	4	4.12	0.97	8	6.15	1.02	8	5.88	1.01
PEL. TOLL.	15	15.46	14.09	17	13.08	10.22	18	13.24	11.24
PSEF.	7	7.22	8.62	9	6.92	10.41	10	7.35	9.94
MIX.	24	24.74	39.13	30	23.08	36.34	30	22.06	37.3
S. SOL.	6	6.18	1.42	11	8.46	1.32	11	8.09	1.33
ALTRE	14	14.43	16.04	22	16.92	15.92	25	18.38	15.91

Dominanze complessive trascurabili (1% circa) caratterizzano sia il gruppo delle specie (11) che vivono su substrati solidi, che quello delle pelofile pure (8). Infine i taxa ritenuti ubiquisti (7) ed i rimanenti 18, dei quali non si hanno informazioni sufficienti circa le loro preferenze tessiturali, sono stati raggruppati in un'unica categoria denominata «altre» (15.91%).

Nello stock delle forme mistofile, ben 9 specie presentano una dominanza superiore all'unità (*Corbula gibba* (8.37%), *Megaxinus transversus* (8%), *Lucinoma borealis* (4,53%), *Timoclea ovata* (2.67%), *Chlamys opercularis* (2.24%), *Nuculana fragilis* (2.2%), *Anadara darwini* (1.52%), *Myrtea spinifera* (1.09%)), mentre troviamo soltanto *Smaragdina viridis* (14,37%) e *Glycymeris insubrica* (1,05%) tra le psammofile pure, così come *Haustator vermicularis* (1,86%) tra le psammofile tolleranti e *Gouldia minima* (8,83%) tra le psefofile. Tra le pelofile tolleranti i valori più elevati sono relativi a *Archimediella spirata* (4,39%) e *Ringicula buccinea* (3,02%).

Sulla base di quanto sopra esposto si può affermare che l'affinità tessiturale della maggior parte dei taxa è sostanzialmente in accordo con le caratteristiche granulometriche del sedimento. Fanno eccezione le forme pelofile pure, la cui dominanza può comunque essere considerata trascurabile.

HABITUS E FORMA BIOLOGICA

Nell'associazione prevalgono gli organismi infaunali (62 sp.;

TAB. 4 - NSP = numero specie; %SP = %specie; %DM = dominanza.

Categorie	CT1	CT1	CT1	CT2	CT2	CT2	TOT	TOT	TOT
	NSP	%SP	%DM	NSP	%SP	%DM	NSP	%SP	%DM
EPIFAUN. VAG.	21	21.65	27.21	35	26.92	32.38	36	26.47	31.15
EPIFAUN. SESS.	8	8.25	5.73	10	7.69	5.86	11	8.09	5.8
SEMIFAUN. VAG.	10	10.31	17.92	12	9.23	14.85	12	8.82	15.62
INFAUN. VAG.	50	51.55	37.55	57	43.85	36.42	60	44.12	37.63
INFAUN. SESS.	2	2.06	10.34	2	1.54	8.93	2	1.47	8.47
ALTRE	6	6.19	1.25	14	10.77	1.57	15	11.03	1.33

46.1% dm.) rispetto agli epifaunali che sono però ugualmente ben rappresentati (47 sp.; 36.95% dm.). I seminfaunali sono nettamente subordinati (12 sp.; 15,62% dm.), mentre le 15 specie di cui non si hanno dati sufficienti, inserite nella categoria «altre», hanno una dominanza molto bassa (1.33%).

Per quanto riguarda la forma biologica predominano nettamente le forme vagili (84.40%), rappresentate in particolare da 36 specie tra gli epifaunali (31.15%), da tutte le 12 specie seminfaunali (15.62%) e da 60 specie tra gli infaunali (37.63%). Lo stock delle forme sessili (14.27%) è costituito soltanto da 11 specie epifaunali (5.8%) e dalle infaunali *Corbula gibba* e *Arca tetragona* (rispettivamente 8,37% e 0,1%).

La netta prevalenza degli organismi vagili (108 sp.; 84,40% dm.) rispetto a quelli sessili (13 sp.; 14,27% dm.) può essere ritenuta un indizio di instabilità del fondo; in situazioni di questo tipo, infatti, tra gli epibionti prevalgono le forme che, potendo muoversi, sono in grado di evitare il seppellimento causato da rapido infangamento del fondo, mentre tra gli endobionti predominano quelle che si infossano attivamente e che riescono comunque a fuggire con altrettanta rapidità.

TROFISMO

I sospensivori, che globalmente rappresentano il 59,74% della associazione, sono costituiti soprattutto da Bivalvi (49 sp.; 51.47% dm), tra cui predominano *Gouldia minima* (8.83%), *Corbula gibba* (8.37%), *Megaxinus transversus* (8%), *Lucinoma borealis* (4.53%), *Timoclea ova-*

TAB. 5 - NSP = numero specie; %SP = %specie; %DM = dominanza.

Categorie	CT1 NSP	CT1 %SP	CT1 %DM	CT2 NSP	CT2 %SP	CT2 %DM	TOT NSP	TOT %SP	TOT %DM
SOSP.	48	49.48	62.81	53	40.77	58.66	57	41.91	59.75
DETR.	17	17.53	10.0	19	14.62	6.29	19	13.97	8.44
ERB.	4	4.12	17.92	7	5.38	23.18	7	5.15	21.9
CARN.	25	25.77	8.62	41	31.54	8.1	43	31.62	8.28
PARASS.	3	3.09	1.65	7	5.38	1.45	7	5.15	1.5
ALTRE	—	—	—	3	2.31	0.32	3	2.21	0.24

ta (2.67%), *Pecten benedictus* (2.55%), *Chlamys opercularis* (2.24%), *Chlamys scabrella* (2%), *Anadara darwini* (1.52%), *Glycymeris insubrica* (1.04%). I Gasteropodi, nettamente subordinati sia per numero di specie (8) che per dominanza complessiva (8.28%), sono rappresentati quasi esclusivamente della famiglia Turritellidae.

Tra i detritivori (8.45%) prevalgono invece i Gasteropodi, con 8 specie ed una dominanza del 4.51%, mentre i Bivalvi sono rappresentati da 7 specie (3.26%) di cui la più abbondante è *Nuculana fragilis* (2.2%). Il rimanente 0.68% di questa categoria trofica è costituito dagli Scafo-podi, presenti nei campioni esaminati con 4 specie.

Gli erbivori (21.79%) sono rappresentati da 7 specie di Gasteropodi, tra cui sono numericamente rilevanti *Smaragdia viridis* (14.37%) e *Jujubinus striatus* (7.05%).

Lo stock dei carnivori, che comprende sia i predatori che i necrofagi (questi ultimi presenti con poche forme), è rappresentato da ben 43 specie, ma con una dominanza non particolarmente elevata (8.28%); soltanto *Ringicula buccinea* (3.03%) raggiunge un valore considerevole.

I parassiti comprendono Epitonidae, Melanellidae e Pyramidellidae per un totale di 7 specie con una dominanza molto bassa (1.5%).

I taxa per i quali non sono disponibili dati sufficienti, inseriti nella categoria «altre», presentano una dominanza trascurabile (0.24%).

In definitiva la struttura trofica dell'associazione vede prevalere i sospensivori, mentre nettamente subordinati appaiono gli erbivori, i detritivori ed i carnivori, questi ultimi presenti con un numero di specie notevolmente elevato. I parassiti, infine, sono caratterizzati da poche specie ed un basso valore di dominanza.

La netta prevalenza degli organismi sospensivori sui detritivori è legata allo scarso accumulo di materia organica sul fondo. Questo può

essere dovuto, oltre che alla composizione granulometrica del sedimento (è infatti noto [SANDERS, 1958; DI GERONIMO *et alii*, 1982] come le forme sospensivore prevalgano su quelle detritivore in presenza di sedimenti sabbiosi, in quanto la materia organica tende ad accumularsi maggiormente nei fanghi che non nei sedimenti più grossolani), ad una certa instabilità ambientale, la quale inibisce la formazione del film alimentare superficiale. Per quanto riguarda invece la diversificazione dei Gasteropodi carnivori, questa potrebbe essere dovuta sia all'elevata frequenza dei sospensivori loro prede potenziali, che alla possibile presenza di altri invertebrati-prede, rappresentati da organismi non fossilizzabili.

BATIMETRIA

TAB. 6 - NSP = numero specie; %SP = %specie; %DM = dominanza.

Categorie	CT1 NSP	CT1 %SP	CT1 %DM	CT2 NSP	CT2 %SP	CT2 %DM	TOT NSP	TOT %SP	TOT %DM
MESO-INFRA	1	1.03	0.22	2	1.54	0.16	2	1.47	0.18
INFRA	19	19.59	15.59	25	19.23	15.44	25	18.38	15.54
MESO-CIRCA	1	1.03	0.67	2	1.54	0.54	2	1.47	0.57
INFRA-CIRCA	44	45.36	52.4	61	46.93	57.4	62	45.59	56.08
CIRCA	3	3.09	0.45	4	3.08	0.32	4	2.94	0.38
INFRA-BAT.	18	18.56	23.24	17	13.08	17.8	20	14.7	19.2
CIRCA-BAT.	3	3.09	0.6	5	3.85	0.56	5	3.68	0.57
ALTRE	8	8.25	6.82	14	10.77	7.77	16	11.76	7.48

La categoria più rilevante è rappresentata dallo stock delle forme infra-circulari (62 sp.; 56.08% dm.) cui seguono, con valori nettamente inferiori, il gruppo delle infra-batiali (20 sp.; 19.2% dm.) e quello delle forme esclusivamente infralitorali (25 sp.; 15.54% dm.). Trascurabile risulta la dominanza delle rimanenti categorie batimetriche (inferiore all'1%), ad eccezione delle «altre» (16 sp.; 7.48% dm.), che raggruppa i taxa per i quali non si hanno dati sufficienti.

Le specie infra-circulari più significative sono *Gouldia minima* (8.83%), *Corbula gibba* (8.37%), *Timoclea ovata* (2.67%), *Chlamys opercularis* (2.24%) e *Nuculana fragilis* (2.2%) tra i Bivalvi e *Smaragdia viridis* (14.37%) e *Jujubinus striatus* (7.05%) tra i Gasteropodi, mentre nel-

l'Infralitorale risultano particolarmente abbondanti *Megaxinus transversus* (8%) e *Glycymeris insubrica* (1.05%) tra i Bivalvi ed *Haustator vermicularis* (1.86%) tra i Gasteropodi.

Tra le forme che possono fornire una più precisa delimitazione batimetrica, l'unica con dominanza non trascurabile (2.2%) è *Nuculana fragilis*, specie tipica del Circalitorale, che nel Mediterraneo non è mai stata segnalata a profondità minori di 20-30 m (DI GERONIMO *et alii*, 1987).

In base al significato batimetrico dei taxa riconosciuti, il biotopo della paleocomunità in studio può essere quindi collocato nella parte inferiore dell'Infralitorale, ad una profondità corrispondente all'intervallo 20-40 m.

BIOCENOSI

Sulla base dei dati raccolti, sono state riconosciute le seguenti biocenosi di appartenenza, con riferimento allo schema biocenotico di PERES e PICARD (1964) e PICARD (1965):

1) Biocenosi delle Sabbie Fini Ben Calibrate (SFBC):

SPECIE ESCLUSIVE SFBC		SPECIE PREFERENZIALI SFBC	
<i>Glycymeris insubrica</i>	1.05%	<i>Abra alba</i>	0.06%
<i>Spisula subtruncata</i>	0.1 %	<i>Chamelea gallina</i>	0.42%
<i>Acanthocardia aculeata</i>	0.51%	<i>Chamelea lamellosa</i>	0.22%
<i>Dosinia lupinus</i>	0.28%	<i>Chamelea spp.</i>	0.32%
<i>Neverita josephinia</i>	0.1 %	<i>Callista chione</i>	0.61%
<i>Bela nebula</i>	0.06%	<i>Barleeia rubra</i>	0.14%
<i>Acteon tornatilis</i>	0.02%	<i>Turbonilla lactea</i>	0.36%
	2.12%		2.13%

2) Biocenosi delle Sabbie Fangose Superficiali di Ambiente Calmo (SVMC)

SPECIE ESCLUSIVE SVMC		SPECIE PREFERENZIALI SVMC	
<i>Loripes lacteus</i>	0.02%	<i>Bittium deshayesi</i>	0.91%

3) Biocenosi delle Praterie a Posidonia (HP) e delle Alghe Fotofile (AP)

SPECIE ESCLUSIVE HP-AP

<i>Jujubinus striatus</i>	7.05%
<i>Clanculus jussieui</i>	0.02%
<i>Tricolia pulla</i>	0.02%
<i>Smaragdia viridis</i>	14.37%
<i>Pyrene scripta</i>	0.36%
<i>Cerithium vulgatum</i>	0.79%
<i>Pusia ebenus</i>	0.12%
	<hr/>
	22.73%

SPECIE PREFERENZIALI HP-AP

<i>Calliostoma granulatum</i>	0.04%
<i>Biforina perversa</i>	0.28%
<i>Trivia monacha</i>	0.04%
<i>Bolinus brandaris</i>	0.04%
<i>Rhizorus acuminatus</i>	0.02%
<i>Ringicula buccinea</i>	3.03%
<i>Crepidula gibbosa</i>	0.14%
<i>Mangelia costata</i>	0.06%
<i>Strombus coronatus</i>	0.16%
<i>Lima inflata</i>	0.04%
<i>Turbona reticulata</i>	0.18%
	<hr/>
	4.03%

5) Biocenosi delle Sabbie Grossolane e Ghiaie Fini sotto l'Influenza di Correnti di Fondo (SGCF)

SPECIE ESCLUSIVE SGCF

<i>Laevicardium crassum</i>	0.2%
-----------------------------	------

SPECIE PREFERENZIALI SGCF

<i>Clausinella fasciata</i>	0.1 %
<i>Venus verrucosa</i>	0.61%
	<hr/>
	0.71%

6) Popolamenti Eterogenei (PE)

SPECIE INDICATRICI DI INSTABILITÀ

<i>Corbula gibba</i>	8.37%
<i>Lucinoma borealis</i>	4.53%
<i>Nuculana pella</i>	0.26%
<i>Fustiaria rubescens</i>	0.16%
	<hr/>
	13.32%

Alle forme sopra elencate bisogna aggiungere l'Anellide Polichete *Ditrupea cornea* (284 es.), ritenuto un filtratore tipico di ambienti instabili (PERES e PICARD, 1964).

7) Biocenosi dei Fondi Detritici Costieri (DC) e dei Fondi Detritici Fangosi (DE).

SPECIE ESCLUSIVE DC/DE		SPECIE PREFERENZIALI DC/DE	
<i>Chlamys scabrella</i>	2 %	<i>Timoclea ovata</i>	2.67%
<i>Tellina donacina</i>	0.34%	<i>Nuculana fragilis</i>	2.2 %
<i>Erato voluta</i>	0.28%	<i>Myrtea spinifera</i>	1.09%
<i>Psammobia ferroeensis</i>	0.2 %	<i>Plagiocardium</i>	
<i>Tellina serrata</i>	0.16%	<i>papillosum</i>	0.67%
	<u>2.98%</u>	<i>Chlamys multistriata</i>	0.34%
		<i>Pitar rudis</i>	0.24%
		<i>Astrea rugosa</i>	0.14%
		<i>Arca tetragona</i>	0.1 %
		<i>Hinia limata</i>	0.08%
		<i>Venus multilamella</i>	0.04%
		<i>Cerithium varicosum</i>	0.02%
		<i>Roxania utriculus</i>	0.02%
		<i>Calyptrea chinensis</i>	0.02%
		<i>Fusinus crispus</i>	<u>0.02%</u>
			7.65%

8) Biocenosi dei Fanghi Terrigeni Costieri (VTC)

SPECIE PREFERENZIALI VTC

<i>Archimediella spirata</i>	4.39%
<i>Natica epiglottina</i>	
<i>pseudoepiglottina</i>	<u>0.08%</u>
	4.47%

Non sono presenti specie caratteristiche esclusive.

9) Specie a Larga Ripartizione Ecologica (LRE)

<i>Nucula placentina</i>	0.16%
<i>Anadara diluvii</i>	0.06%
<i>Anomia ephippium</i>	0.12%
<i>Pododesmus aculeatus</i>	0.02%
<i>Megaxinus transversus</i>	8 %
<i>Bittium reticulatum</i>	1.9 %
<i>Tectonatica astensis</i>	0.24%

<i>Lunatia catena helicina</i>	0.1 %
<i>Narona lyrata</i>	0.02%
<i>Crassopleura sigmoidea</i>	0.04%
<i>Gemmula contigua</i>	0.12%
	<hr/>
	10.77%

10) Specie Senza Significato Preciso (SSPR)

<i>Striarca lactea</i>	0.02%
<i>Chlamys opercularis</i>	2.24%
<i>Ctena decussata</i>	0.02%
<i>Gonimyrtea meneghinii</i>	0.83%
<i>Venericardia antiquata</i>	0.04%
<i>Architectonica</i>	
<i>monilifera</i>	0.02%
<i>Epitonium commune</i>	0.16%
<i>Strombiformis glaber</i>	0.02%
<i>Aporrhais pespelecani</i>	0.3 %
<i>Eulimella scillae</i>	0.02%
<i>Odostomia conoidea</i>	0.91%
	<hr/>
	4.57%

TAB. 7 - NSP = numero specie; %SP = %specie; %DM = dominanza.

Categorie	CT1 NSP	CT1 %SP	CT1 %DM	CT2 NSP	CT2 %SP	CT2 %DM	TOT NSP	TOT %SP	TOT %DM
SFBC	11	11.34	4.87	13	10	4.01	13	9.56	4.24
SCGF	3	3.09	0.82	3	2.31	0.94	3	2.21	0.91
SVMC	1	1.03	0.6	2	1.54	1.05	2	1.47	0.93
HP/AP	11	11.34	23.91	18	13.85	27.76	18	13.24	26.74
DC/DE	15	15.46	10.94	19	14.62	10.6	20	14.71	10.69
VTC	2	2.06	6.6	2	1.54	3.71	2	1.47	4.47
PE	4	4.12	15.14	4	3.08	12.67	4	2.94	13.32
LRE	8	8.25	11.62	10	7.69	10.46	11	8.09	10.77
SSPR	8	8.25	4.2	9	6.92	4.71	11	8.09	4.57
ALTRE	34	34.99	21.29	50	38.46	24.1	52	38.24	23.36

Gli stocks faunistici più significativi sono relativi ai complessi bio-cenotici HP/AP (18 sp.; 26.76% dm.) e DC/DE (20 sp.; 10.63% dm.) nonché ai Popolamenti Eterogenei (4 sp.; 13.32% dm.), ai quali appartiene

anche l'Anellide Polichete *Ditrupa cornea* (284 es.). Con dominanze sensibilmente inferiori troviamo la Biocenosi VTC (2 sp. 4.47% dm.) e SFBC (13 sp.; 4.25% dm.), mentre sono trascurabili i valori relativi agli stocks SGCF e SVMC (dominanze inferiori all'1%), che possono essere ritenuti accidentali.

Il gruppo delle forme a Larga Ripartizione Ecologica (LRE) e quello dei taxa Senza Significato Preciso (SSPR) sono presenti con lo stesso numero di specie (11), ma con diversi valori di dominanza (10.77% e 4.57% rispettivamente). Nella categoria «altre» (52 sp.; 23.36% dm.), infine, sono stati inseriti i taxa di cui non si hanno dati relativamente al significato biocenotico.

Se si prendono in esame le sole specie caratteristiche esclusive, appare confermata la predominanza delle specie proprie del complesso HP/AP (7 sp.; 22.73% dm.), risulta ridimensionata l'influenza degli stocks faunistici relativi ai gruppi DC/DE (5 sp.; 2.96% dm.) e SFBC (7 sp.; 2.11% dm.) e viene eliminata la rilevanza del gruppo VTC.

In conclusione quindi l'associazione di Camino Tondo può essere riferita ad un complesso biocenotico HP/AP con sviluppo dei relativi popolamenti. All'interno di questo biotopo lo stock delle forme reofile può essere considerato legato all'ambiente a consistente idrodinamismo dei canali «intermattes», mentre le specie riferibili alla Biocenosi SFBC sembrano trovare un habitat più congeniale nelle zone maggiormente protette dalle correnti, dove si accumulano le sabbie più fini. La presenza (abbondante se si considerano sia le specie esclusive che quelle preferenziali) dello stock DC/DE è invece probabilmente imputabile alla presenza di «enclaves» caratterizzate da popolamenti sciafili, comuni nelle praterie di *Posidonia*.

L'esistenza di forme legate ai PE, presenti con dominanze significative ma non particolarmente rilevanti, sembra indicativa di una certa torbidità dell'acqua più che di fasi critiche dei parametri ambientali (PAVIA *et alii*, 1989). Probabilmente la situazione è riconducibile all'inizio della prima fase della sequenza di instabilità descritta da DI GERONIMO e ROBBA (1987), in cui le forme indicatrici di instabilità cominciano ad invadere il biotopo, rimanando però ancora subordinate rispetto agli stocks biocenotici preesistenti.

ALTRE ASSOCIAZIONI FAUNISTICHE

Nel giacimento di Camino Tondo, oltre alla malacofauna sopra descritta, è stata rinvenuta un'associazione ittica costituita nella quasi

totalità da Otoliti (371 es.) cui si devono aggiungere pochi esemplari di Ittiodontoliti. Nella Tab. 8 è riportato l'elenco degli Otoliti riconosciuti con le relative abbondanze e dominanze.

TAB. 8 - NES = numero esemplari; %DM = dominanza.

Elenco dei Taxa	CT1 NES	CT1 %DM	CT2 NES	CT2 %DM	TOT NES	TOT %DM
Fam. Myctophidae						
<i>Myctophum punctatum</i> RAFINESQUE	—	—	2	0.7	2	0.5
<i>Lobianchia dofleini</i> (ZUGMAYER)	—	—	1	0.3	1	0.3
<i>Diaphus</i> sp.	1	1.2	9	3.1	10	2.7
<i>Hygophus</i> sp.	1	1.2	1	0.3	2	0.5
Fam. Congridae						
<i>Hildebrandia</i> sp.	—	—	1	0.3	1	0.3
Fam. Gadidae						
<i>Merlangus</i> sp.	3	3.6	6	2.1	9	2.4
<i>Merluccius merluccius</i> (LINNEO)	1	1.2	—	—	1	0.3
Fam. Ophidiidae						
<i>Ophiodon barbatum</i> LINNEO	4	4.8	4	1.4	8	2.2
Fam. Cepolidae						
<i>Cepola macrophthalmia</i> (LINNEO)	2	2.4	6	2.1	8	2.2
Fam. Carapidae						
<i>Carapus acus</i> (BRUNNICK)	2	2.4	4	1.4	6	1.6
Fam. Sparidae						
<i>Dentex</i> sp.	12	14.5	45	15.6	57	15.4
<i>Pagellus incisus</i> (BOWDICH)	1	1.2	—	—	1	0.3
<i>Pagellus</i> spp.	24	28.9	96	33.3	120	32.3
Fam. Gobiidae						
<i>Gobius niger</i> LINNEO	15	18.1	91	31.6	106	28.6
<i>Gobius</i> spp.	13	15.7	21	7.3	34	9.2
Fam. Soleidae						
<i>Solea</i> sp.	—	—	3	1	3	0.8

L'associazione più ricca da un punto di vista qualitativo e quantitativo è quella proveniente dal campione CT2 con 288 esemplari contro gli 83 del campione CT1. Nonostante queste differenze quantitative, legate anche alla diversità volumetrica dei due campioni, la struttura dell'associazione ittica risulta sostanzialmente simile e largamente

dominata dalle famiglie Sparidae e Gobiidae, che insieme ne costituiscono circa l'80%.

In base al modo di vita possono essere individuati, all'interno dell'associazione, i raggruppamenti riportati nella Tab. 9. Risulta eviden-

TAB. 9 - B = bentonici; NB = necto-bentonici; N = nectonici; P = pelagici.

ELENCO DEI TAXA		B	NB	N	P
Fam. Myctophidae	<i>Myctophum punctatum</i>				*
	<i>Lobianchia dofleini</i>				*
	<i>Diaphus</i> sp.				*
	<i>Hygophum</i> sp.				*
Fam. Congridae	<i>Hildebrandia</i> sp.	*			
Fam. Gadidae	<i>Merlangus</i> sp.		*		
	<i>Merluccius merluccius</i>		*		
Fam. Ophididae	<i>Ophiodon barbatum</i>	*			
Fam. Cepolidae	<i>Cepola macrophthalmia</i>	*			
Fam. Carapidae	<i>Carapus acus</i>	*			
Fam. Sparidae	<i>Dentex</i> sp.		*		
	<i>Pagellus incisus</i>		*		
	<i>Pagellus</i> spp.		*		
Fam. Gobiidae	<i>Gobius niger</i>	*			
	<i>Gobius</i> spp.	*			
Fam. Soleidae	<i>Solea</i> sp.	*			

te come l'associazione sia costituita prevalentemente da specie ad habitus bentonico (Gobidi, Congridi, Cepolidi, Carapidi, Ophididi e Soleidi) che complessivamente rappresentano circa il 45% del popolamento e da specie ad habitus nectobentonico (Gadidi, Sparidi), che ne rappresentano circa il 50%.

La fauna nel suo complesso è caratterizzata da forme litorali ed in particolare la forte rappresentanza di Otoliti appartenenti a *Gobius niger* è indicativa di un ambiente limitato al piano Infralitorale.

La presenza di sagitte appartenenti a forme bentoniche caratteristiche del Circalitorale, può essere messa in relazione all'intervento di predatori ad ampio raggio d'azione, che si alimentano nei diversi ambienti dell'Infra- e del Circalitorale; la frequenza di queste specie nei campioni esaminati, infatti, è sempre molto limitata.

Per quanto riguarda infine la presenza di Otoliti appartenenti a pesci pelagici (Mictofidi), essa può essere dovuta sia alle particolari abitudini di questi pesci, che compiono migrazioni nictomerali di natura

trofica avvicinandosi durante la notte alle coste, sia all'azione di predatori.

L'associazione ittica, oltre che dagli Otoliti, risulta costituita (in entrambi i campioni) anche da alcuni Ittiodontoliti mal conservati e spesso incompleti. Tra questi sono stati identificati i generi *Carcharhinus* sp. e *Sparus* sp.

Nei campioni raccolti sono stati rinvenuti anche numerosi esemplari dell'Anellide Polichete *Ditrupa cornea* (284 es.), ritenuto un filtratore tipico di ambienti instabili (PERES e PICARD, 1964) ed il Cirripede *Concavus concavus* (61 es.), una forma infralitorale conosciuta dall'Oligocene al Pleistocene inferiore alla cui sommità scompare, ritenuta ad alta valenza ecologica, per diversi litotipi (sabbie grossolane, sabbie fini, sabbie argillose, argille sabbiose) e per le associazioni fossilifere in cui è stata rinvenuta (MENESINI, 1989).

Da segnalare infine il rinvenimento di chele di piccoli Crostacei, di Echinoidi irregolari rappresentati da radioli e di frammenti di Briozoi.

CONCLUSIONI PALEOAMBIENTALI

Nei depositi sabbiosi di Camino Tondo (dall'analisi granulometrica il sedimento è risultato essere costituito da una sabbia fine poco selezionata) è stata rinvenuta un'abbondante fauna a Molluschi costituita da 5.052 esemplari in rappresentanza di 136 taxa così ripartiti: 57 Bivalvi, 75 Gasteropodi e 4 Scafopodi.

La presenza nell'associazione di forme ad affinità tropicale e/o subtropicale quali *Circomphalus foliaceolamellosus*, Terebridae, Strombidae e Turridae, e l'assenza di taxa tipici di climi temperati, testimoniano a favore di temperature delle acque superiori a quelle attuali.

Il biotopo della paleocomunità è collocabile nella parte inferiore dell'Infralitorale. Oltre il 78% dei taxa individuati (90% dm.) comprendono infatti questo piano nella loro distribuzione batimetrica e 25 tra questi (15.54% dm.) sono esclusivi dell'Infralitorale; tale indicazione è confortata anche dall'esame dell'ittiofauna, che presenta una ricca componente bentonica con numerosi esemplari di *Gobius niger*.

Per quanto riguarda l'habitus e la forma biologica, predominano nettamente gli organismi vagili (84.40%) sia tra gli epifaunali che tra gli infaunali, mentre nella struttura trofica risultano prevalere i sospensivori (59.74%) rispetto alle altre categorie.

La dominanza significativa (26.76%) e l'elevato numero di specie

(18) caratteristiche del complesso biocenotico HP/AP testimoniano l'esistenza, nel biotopo originario, di un posidonieto all'interno del quale erano presenti «enclaves» limitate alle zone meno esposte alla luce solare e popolate da forme sciafile, che solitamente vivono a profondità maggiori, riferibili allo stock biocenotico DC/DE. Nelle aree protette dalle correnti, dove si accumulavano le sabbie più fini, potevano invece trovare un habitat più idoneo i taxa caratteristici della Biocenosi SFBC, mentre la presenza di specie reofile può essere ritenuta un indizio dell'esistenza, all'interno del posidonieto, di quelle zone a più elevato idrodinamismo dette «canali intermattes». La presenza di vari taxa indicatori di instabilità ambientale, con una dominanza significativa ma non particolarmente elevata nei confronti degli altri stocks biocenotici, è probabilmente legata all'instaurarsi dello stadio iniziale di un PE inquadrabile nella prima fase della sequenza di instabilità descritta da DI GERONIMO e ROBBA (1987). Indizi in tal senso provengono anche da altre considerazioni:

- la netta prevalenza degli organismi sospensivori sui detritivori che, oltre ad essere tipica dei sedimenti a prevalente componente sabbiosa, può essere indicativa di acque torbide ricche di materiale organico in sospensione; in queste condizioni, infatti, non si può formare, od è stato distrutto, il film alimentare superficiale necessario ai detritivori;
- l'abbondanza di forme vagili, le quali riescono a fuggire rapidamente in caso di infangamento del biotopo;
- la presenza significativa di specie LRE che, non essendo condizionate da limitazioni biocenotiche, meglio sopportano fenomeni di instabilità del fondo e stress ambientale.

In conclusione per il biotopo originario si può prefigurare l'esistenza di un posidonieto alla cui struttura è legata la presenza degli stocks faunistici in precedenza segnalati. Ad una situazione di questo tipo si sovrappone un fenomeno di instabilità ambientale, legato probabilmente ad un incremento della torbidità dell'acqua, riconducibile all'inizio della prima fase della sequenza di instabilità di DI GERONIMO e ROBBA (1987), allorché le forme indicatrici di instabilità iniziano ad invadere il biotopo rimanendo però ancora subordinate rispetto agli stocks biocenotici preesistenti, ancora ben riconoscibili.

RINGRAZIAMENTI

Desideriamo ringraziare il Prof. W. Landini per l'analisi dell'ittiofauna e la Prof. E. Menesini per la rilettura critica del manoscritto.

BIBLIOGRAFIA

- BOSSIO A., MAZZANTI R., MAZZEI R., SALVATORINI G., SANDRELLI F. (1991a) - Il Pliocene di S. Dalmazio-Anqua e Radicondoli-Belforte. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Ser. A*, **98**, 99-191.
- BOSSIO A., COSTANTINI A., FORESI L., MONTEFORTI B., SALVATORINI G., SANDRELLI F. (1991b) - Notizie preliminari sul Pliocene del medio Ombrone e della zona di Roccastrada. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Ser. A*, **98**, 11 pp.
- CAPROTTI E. (1979) - Scafopodi neogenici e recenti del bacino mediterraneo. Iconografia ed epitome. *Boll. Malacol.*, **15** (9-10), 213-288.
- DI GERONIMO I., COSTA B. (1978) - Il Pleistocene di Monte dell'Apa. *Riv. Ital. Paleont. Stratig.*, **84** (4), 1121-1158.
- DI GERONIMO I., LI GIOI R., SCIACCA V. (1982) - La fauna pleistocenica dell'abbeveratoio Conzo (Grammichele, Catania). *Geol. Rom.*, **21**, 577-601.
- DI GERONIMO I., ROBBA E. (1987) - The structure of benthic communities in relation to basin stability. In: «The Lithosphere in Italy» Accad. Naz. Lincei, Convegno 1987, 341-352.
- MALATESTA A. (1974) - Malacofauna pliocenica umbra. *Mem. Serv. C.G.I.*, **13**, 498 pp.
- MARASTI R., RAFFI S. (1976) - Osservazioni biostratigrafiche e paleoecologiche sulla malacofauna del Piacenziano di Maiatico (Parma, Emilia occidentale). *Boll. Soc. Paleont. It.*, **15** (2), 189-214.
- MENESINI E. (1985) - Alcune balanofaune a bassa diversità specifica del Pliocene toscano: condizioni ambientali, competizione od opportunismo? *Atti 3° Simposio Ecol. Paleoecol. Com. Bent.*, Catania 1985, 207-226.
- MOORE R.C. (1969-1971) - Treatise on invertebrate Paleontology. Part. N, Mollusca 6, pp. 1224, Geol. Soc. Am. Univ. Kansas Press, Lawrence (Kansas).
- PAVIA G., CHIAMBRETTO L., OREGGIA G. (1985) - Paleocomunità a Molluschi nel Pliocene inferiore di Breolungi (Mondovì, Italia NW). *Atti 3° Simposio Ecol. Paleoecol. Com. Bent.*, Catania 1985, 521-570.
- PERES J.M., PICARD J. (1964) - Noveau manuel de Bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, **31** (47), 137 pp.
- PETTJOHN F.J. (1975) - Sedimentary rocks. 3rd ed. Harper and Row, Publ.
- PIANI P. (1980) - Catalogo dei Molluschi conchiferi viventi nel Mediterraneo. *Boll. Malacol.*, **16** (5-6), 113-324.
- PICARD J. (1965) - Recherches qualitatives sur les Biocénoses marines des substrats meubles dragables de la Région marseillaise. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, **36** (52), 160 pp.
- RAFFI S., MONEGATTI P. (1986) - Preliminary remarks on the ecobiostratigraphy of the Piacenzian stratotype section. *Ist. Geol. Paleont. Univ. Parma*, 8 pp.
- RAFFI S., STANLEY S., MARASTI R. (1985) - Biogeographic patterns and Plio-Pleistocene extinction of Bivalvia in the Mediterranean and southern North Sea. *Paleobiology*, **11** (4), 368-388.
- SANDERS H.L. (1958) - Benthic studies in Buzzards Bay. I. Animal-sediment relationships. *Limnol. and Oceanog.*, **3**, 245-258.

- SPROVIERI R. (1985) - Paleotemperature changes and speciation among benthic Foraminifera in the Mediterranean Pliocene. *Boll. Soc. Pal. It.*, **24** (1), 13-21.
- THUNELL R.C., WILLIAMS D.F. (1983) - The stepwise development of Pliocene - Pleistocene paleoclimatic and paleogeographic conditions in the Mediterranean: oxygen isotopic studies of DSDP Sites 125 and 132. *Utrecht Micropal.*, **30**, 111-127.
- WENZ W. (1938-44) - Gastropoda. In: *Handbuch der Paläozoologie*, 1639 pp., Schindewolf und Borutraeger Ed., Berlin (ristampa 1960-62).

(ms. pres. il 28 febbraio 1992; ult. bozze il 14 dicembre 1992)