

I NANNOFOSSILI E LA BIOSTRATIGRAFIA DELL'APPENNINO CENTRALE: GENERALITA' E APPLICAZIONI(**)

INDICE

RIASSUNTO	pag. 131
ABSTRACT	" 131
INTRODUZIONE	" 131
GENERALITA'	" 132
METODI DI PREPARAZIONE	" 133
EVOLUZIONE DELLA RICERCA SUI NANNOFOSSILI	" 133
STRATIGRAFIA	" 134
BIOSTRATIGRAFIA	" 134
SISTEMATICA	" 137
APPENDICE:	" 144
PREPARATI PER IL MICROSCOPIO OTTICO	" 144
PREPARATI PER IL MICROSCOPIO ELETTRONICO	" 144
BIBLIOGRAFIA	" 145

RIASSUNTO

Nannofossili sono tutti i rappresentanti delle associazioni nelle quali si rinvengono i frammenti dei gusci dei Coccolitoforidi. Questi ultimi, tuttora viventi, sono delle alghe planctoniche unicellulari che formano un guscio calcareo costituito da placchette (coccoliti); numerosi fattori condizionano la loro esistenza (ad es. temperatura, salinità, illuminazione) e la possibilità che i gusci si conservino fino a sedimentare e poi resistano ai processi diagenetici.

Tra gli altri componenti delle associazioni a nannofossili, i nannoliti si differenziano dai coccoliti, in quanto non si sa a quale tipo di organismi appartenessero, mentre i dinocisti sono formati da dinoflagellati. Gli stessi coccoliti sono divisi in olococcoliti ed eterococcoliti, sulla base della forma dei singoli cristalli di calcite che li costituiscono (tutti uguali per i primi, diversi per i secondi).

Uno sguardo generale è dedicato alla storia della ricerca sui nannofossili, ai metodi di studio adottati e a come questi si siano evoluti e, con loro, le possibilità di applicazione della stratigrafia a nannofossili.

Alcune litologie si prestano meglio alla conservazione dei nannofossili e consentono quindi più di altre di raggiungere un elevato dettaglio stratigrafico per mezzo degli eventi che, a cominciare dal Domeriano, caratterizzano l'Appennino Centrale.

Per seguire la breve descrizione delle principali famiglie di nannofossili, è necessario conoscere i termini più comuni usati per la definizione delle caratteristiche tassonomiche come: scudo, ciclo, elemento; placolite, planolite, muroilite (rispettivamente coccoliti con due, uno o senza scudi); area marginale, area centrale; parete, tubo; lato distale (convesso), lato prossimale (concavo); strutture che occupano l'area centrale: croce, "x", barra, ponte, placca, rete, spina, processo centrale.

I metodi di preparazione dei campioni, semplici per l'os-

servazione di "smear slides" al microscopio ottico, più complicati per le sospensioni diluite o per i preparati da osservare al microscopio elettronico, sono delineati in Appendice. Litologie diverse o peculiari necessità di osservazione possono richiedere l'impiego di strumenti particolari come la centrifuga o la vaschetta ad ultrasuoni.

ABSTRACT

A brief overview on the living coccolithophorid way of life is given, together with a list of characteristics individuating the nannofossil assemblages.

The differences between coccoliths and nannoliths, coccoliths and dinocysts, holococcoliths and heterococcoliths are mentioned, as well as some of the information which can be obtained from them on sedimentation and diagenesis.

A general overview follows on the story of nannofossil research, as it evolved, on the methods of study adopted from time to time and on nannofossil stratigraphy.

The nannofossil biostratigraphy applied in the Central Apennines is represented in detail, citing the sections studied for each interval. The nannofossil events start in the Domerian and are listed and reported in the figures, as they occur.

In the systematics section, the more commonly used terms are named and the main features useful for taxonomy are described as: shield, cycle, element; placolith, planolith, muroilite (respectively coccoliths with two shields, with one shield, without shield); marginal area, central area; wall, tube; distal side (convex), proximal side (concave); central area structures: cross, x, bar, bridge, plate, net, spine, central process. A list of short descriptions of the main families of nannofossils closes the section.

Different methods of preparation of the material for LM or SEM observation, according to the lithologies or other requirements, are found in the Appendix and a detailed references guide in the Bibliography.

PAROLE CHIAVE: Nannofossili, Appennino Centrale, Stratigrafia, Sistematica.

KEY WORDS: Nannofossils, Central Apennines, Stratigraphy, Systematics.

INTRODUZIONE

L'utilizzazione dei nannofossili, nell'ambito delle ricerche stratigrafiche in Italia, è un fatto abbastanza recente, la cui diffusione si può far risalire a circa venticinque anni fa, e che solo negli ultimi anni ha cominciato a progredire più rapidamente.

La loro presenza numerica relativamente modesta e il grado di conservazione generalmente povero rappresentano una limitazione nello studio di questi fossili, per quel che riguarda i terreni mesozoici in Italia, specialmente se confrontati con analoghe associazioni coeve rinvenute in altri paesi (basti pensare alla Craie). Le facies italiane di quel tempo evidentemente erano

(*)Dipartimento di Scienze della Terra, Università degli Studi "La Sapienza", Roma.

(**)Lavoro eseguito con il contributo finanziario MURST 60%, Ricerca d'Ateneo dell'Università "La Sapienza" (assegnazioni 1990-91-92) dal titolo "Biostratigrafia dell'Italia centrale", coordinatore A. FARINACCI.

poco adatte sia al loro proliferare che alla successiva conservazione nei sedimenti. Diversa è invece la situazione per alcuni dei terreni più recenti, quando i materiali terrigeni dei flysch non siano tanto abbondanti da influenzare negativamente le associazioni.

Ciononostante, data l'ampia diffusione di queste forme e il continuo affinamento delle conoscenze in materia, i nannofossili sono divenuti uno strumento indispensabile per completare qualsiasi studio di dettaglio in campo stratigrafico.

Le informazioni da essi fornite sono state di volta in volta utilizzate per tentare di risolvere alcuni interrogativi che caratterizzano le problematiche geologiche generali e che anche nell'Appennino centrale hanno trovato notevole applicazione.

GENERALITÀ

Sono considerati nannofossili tutti i rappresentanti delle associazioni nelle quali si rinvengono i frammenti dei gusci calcarei delle alghe chiamate Coccolitoforidi. Il termine è stato preferito a nannoplancton, in quanto per i fossili è impossibile stabilire se tutte le specie individuate fossero realmente planctoniche.

I nannofossili sono stati suddivisi in due gruppi cui è stata attribuita una definizione formale (INA Terminology workshop, London 1992, in stampa): coccoliti (Fig. 1a) e nannoliti (Fig. 1b), corrispondenti alle forme che risultano appartenenti con certezza ai coc-

colitoforidi oppure che siano ancora di dubbia origine. Nelle associazioni a nannofossili calcarei sono inclusi anche i dinoflagellati che formano delle cisti calcaree (es. Thoracosferidi, Fig. 1c), abitualmente rinvenute unitamente alla nannofacies.

Si distinguono poi gli olococcoliti (Fig. 1d), costituiti da piccoli cristalli di uguali dimensioni, e gli eterococcoliti (Fig. 1e), più comuni, i cui cristalli sono di forme e dimensioni diverse che rendono possibile il differenziarsi delle figure di interferenza in luce polarizzata, utili alla classificazione.

L'interpretazione delle informazioni paleoecologiche fornite dalle associazioni a nannofossili non è ancora del tutto chiara; l'individuazione di province biogeografiche è abbastanza evidente nel Giurassico (boreale e tetisiana) e nel Cretaceo (tetisiana e pacifica e più tardi di alta e di bassa latitudine). Inoltre è stata accertata la preferenza di numerose forme per mari epicontinentali. Sono state infine individuate aree in cui alcune specie compaiono con frequenza diversa (THIERSTEIN, 1981).

Indicazioni sulla profondità dell'ambiente di sedimentazione possono essere ricavate dalla presenza di particolari forme (p.es. gli olococcoliti comuni di solito solo a profondità limitata).

Casi particolari sono rappresentati dai cosiddetti "bloom", improvvisi picchi di abbondanza di una specie o di un genere (es. *Thoracosphaera*, *Braarudosphaera*), legati ad ambienti ristretti o a marcati fenomeni di soluzione, che rendono possibile quasi esclusivamen-

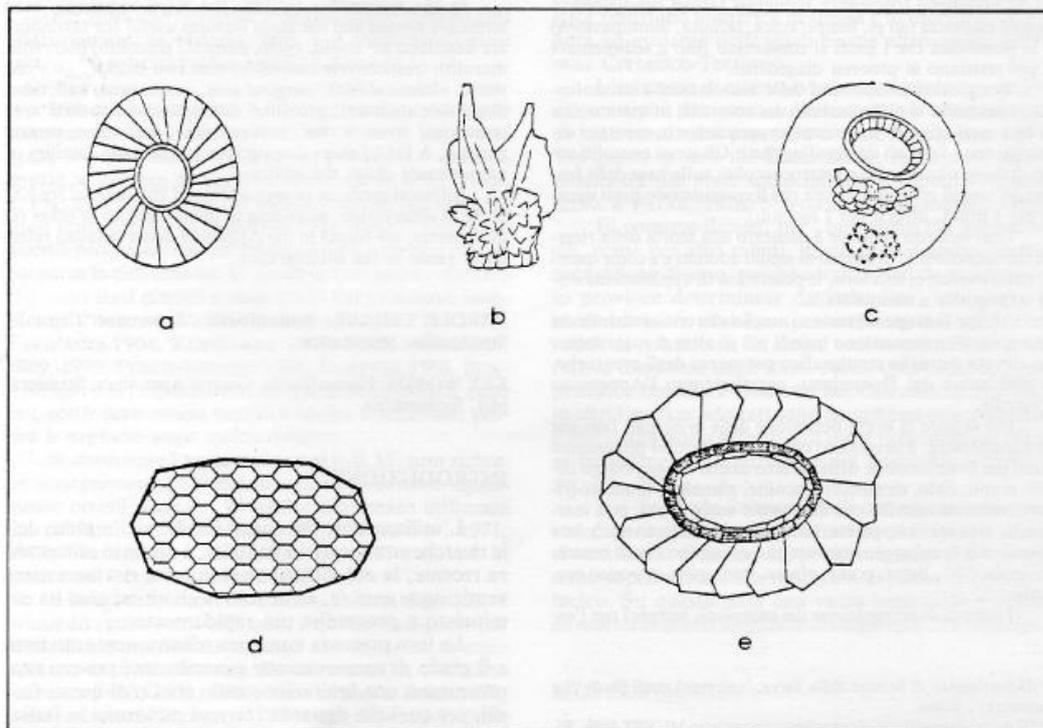


Fig. 1 - a) Coccolite; b) nannolite; c) thoracosferide; d) olococcolite; e) eterococcolite. (da J. Young, INA Terminology workshop final document, 1992; FARINACCI, 1971)

te la conservazione delle forme più resistenti a tale processo.

La secrezione dei coccoliti da parte dei Coccolitoforidi è condizionata da alcuni fattori, come le condizioni di nutrizione, la temperatura, la luce, la concentrazione del carbonato di calcio. D'altra parte questi stessi fattori condizionano anche i limiti ambientali di diffusione; la temperatura deve essere compresa tra i 7 e i 27 gradi centigradi, meglio se tra i 20 e i 23; la salinità tra 9 e 40‰, ma può essere tollerata anche al di sopra di questo limite (soprattutto per taluni stadi non mobili); il pH deve essere maggiore di 8,5 (e questo è un fattore da tenere ben presente anche nella preparazione dei campioni in laboratorio); la profondità può variare molto, ma è nei primi cinquanta metri che si hanno le condizioni ideali per la massima diffusione; l'illuminazione, preferibilmente compresa tra 10.000 e 25.000 lux, può anche variare, ma deve consentire la fotosintesi.

In condizioni normali i coccoliti impiegano tempi dell'ordine dei cento anni per raggiungere il fondo e, soprattutto a profondità superiori a quella della lisoclina (livello al quale aumenta notevolmente la dissoluzione dei carbonati), sono soggetti al deterioramento e alla cancellazione di quei caratteri distintivi utili alla classificazione. A favore della loro conservazione intervengono i fecal pellets e le particelle argillose, che li possono inglobare proteggendoli dagli attacchi chimici e rendendone inoltre più rapida la sedimentazione, che può essere ridotta a qualche settimana. Una volta sul fondo i fecal pellets sono attaccati dai batteri e quindi i coccoliti sono nuovamente vulnerabili all'azione di dissoluzione, ciò che non avviene invece con le particelle argillose.

Attualmente i sedimenti a coccoliti sono rappresentati quasi esclusivamente dai fanghi oceanici calcarei, in particolare quelli compresi in aree che possono variare geograficamente a seconda delle condizioni climatiche, ma che sono limitate dall'isoterma di + 10 gradi centigradi; sebbene esistano specie viventi in acque più fredde [la più nota delle quali è *Coccolithus pelagicus* (WALLICH) SCHILLER], è più difficile che queste raggiungano il fondo, a causa del più alto livello della lisoclina e della concorrenza delle Diatomee, meglio adattate a quelle condizioni ambientali.

I tipi litologici in cui è comune trovare associazioni di nannofossili sono calcari, calcari marnosi, marne, craie, calcari bituminosi, calcari fosfatici, scisti carbonati, calcari laminati.

Occorre dire a questo proposito che, se da una parte gli ambienti in cui è diffusa la precipitazione chimica di carbonati non sono favorevoli alla conservazione dei nannofossili, d'altra parte nessuno studio in merito è stato effettuato per verificarne la completa assenza, né si è mai tentata un'accurata analisi di facies di transizione per poter, se non altro, ottenere una correlazione con le forme bentoniche proprie di tali ambienti. Le condizioni ideali per la conservazione si verificano in ambienti pelagici in cui sia la precipitazione che la soluzione dei carbonati siano moderate e in rocce in cui la diagenesi non sia troppo spinta e soprattutto la circolazione di fluidi interstiziali modesta.

Da quanto sopra esposto risulta che uno dei parametri determinanti nell'analisi delle associazioni a nannofossili, la diversità di specie, cioè il numero complessivo di specie che compongono un'associazione, varia notevolmente e, a parità di altre condizioni, è maggiore alle basse latitudini.

METODI DI PREPARAZIONE

Compatibilmente con i tipi litologici e le necessità di osservazione, occorre trovare il metodo che consenta di raggiungere i migliori risultati, ottimizzando contemporaneamente la preparazione.

Pochi granelli di materiale sono sufficienti per la preparazione di numerosi vetrini, rendendo lo studio dei nannofossili particolarmente adatto ai campioni provenienti da perforazioni. Molta attenzione è richiesta per evitare contaminazioni, facilissime sia al momento del prelievo dei campioni che durante la preparazione in laboratorio.

Per le indagini di routine sulle associazioni e le frequenze dei nannofossili si effettuano solo osservazioni di smear-slides (vedi Appendice) al microscopio ottico, che consentono un'attività più spedita; su campioni contenenti associazioni più interessanti, qualora si vogliano analizzare ulteriori dettagli strutturali e per una completa documentazione fotografica, si è soliti ricorrere anche all'utilizzazione del microscopio elettronico.

EVOLUZIONE DELLA RICERCA SUI NANNOFOSSILI

La collocazione sistematica del nannoplancton è stata a lungo incerta e controversa, così come la nomenclatura rimasta per molto tempo a metà tra quella botanica e quella zoologica.

Fu EHRENBERG, nel 1836, a scoprire per primo dei discoasteridi e dei coccoliti, ma li ritenne di origine inorganica. Nel 1858 HUXLEY ne scoprì nei fanghi pelagici e li chiamò "coccoliti", pur ritenendoli ancora di origine inorganica. SORBY e WALLICH giunsero per primi, ed indipendentemente uno dall'altro, nel 1861, alla conclusione che fossero di origine organica e che dovessero esistere delle coccosfere; mentre SORBY li ritenne degli organismi di un gruppo a parte, WALLICH li credette stadi giovanili di foraminiferi. In seguito lo stesso WALLICH, nelle sue ricerche tra il 1863 e il 1877, ne trovò di viventi nelle acque oceaniche.

Le prime considerazioni ecologiche risalgono a MURRAY e RENARD, i quali, nel 1891, interpretarono i dati raccolti dal H.M.S. CHALLENGER.

Dall'inizio del secolo lo studio dei coccoliti si diffuse: nel 1902, LOHMANN li pone tra i flagellati; nel 1930, SCHILLER presenta un lavoro che rimane ancora uno dei classici in materia; sono quindi DEFLANDRE e KAMPTNER a portare avanti la ricerca, avvalendosi dei nuovi mezzi a loro disposizione, primo tra tutti il microscopio elettronico a trasmissione (T.E.M.); molto si deve poi al laboratorio di Oslo, dove BRAARUD, HALLDAL e GAARDER studiano colture di laboratorio, così come PARKE, che più tardi pubblicherà (1960), insieme a ADAM, un altro dei più importanti lavori sui coccoliti e forse il più importante per quel che riguarda la loro biologia. Nel 1954, BRAMLETTE e RIEDEL ne sottolineano l'importanza e l'utilità stratigrafica.

I caratteri generali dei nannofossili sono stati presentati in alcuni articoli di REINHARDT (1972), HAQ (1978) e TAPPAN (1980). Per uno sguardo più completo su sistematica e bibliografia occorre comunque ricorrere a LOEBLICH & TAPPAN (1966-73), FARINACCI (1969-90), REINHARDT (1970-71), VAN HECK (1979-82), STEINMETZ (1983-), AUBRY (1984) e PERCH-NIELSEN (1985).

Negli anni '60 e '70 si ha quindi un proliferare di studi sui nannofossili, soprattutto terziari (BRAMLETTE & SULLIVAN, 1961; BRAMLETTE & MARTINI, 1964; BRAMLETTE & WILCOXON 1967; HAY & MOHLER, 1967; MARTINI, 1971; BUKRY, 1973, 1975; OKADA & BUKRY, 1980); per quanto riguarda il Mesozoico, lavori che, nonostante le modifiche e interpretazioni sviluppate in seguito da altri autori, rimangono di grande valore sono quelli di STRADNER (1961) e NOËL (1965); quindi PERCH-NIELSEN nel 1968, BUKRY nel 1969 e BLACK nei primi anni settanta sviluppano i temi fondamentali dell'analisi dei nannofossili, utilizzando anche il microscopio elettronico a scansione (S.E.M.), che segna un'ulteriore svolta per le possibilità di studio di questi organismi. Parallelamente, viene portato avanti anche il lavoro con il microscopio ottico, che risulta sicuramente più rapido e del quale si avvale spesso THIERSTEIN (1973, 1975, 1976).

Infine un caso a parte è rappresentato dagli studi specifici sul gruppo dei nannoconi; ricordiamo BRÖNNIMANN (1955), TREJO (1960), BALDI-BEKE (1965), MOSHKOVITZ (1972), DERES & ACHERITIGUY (1980), VAN NIEL (1992).

Non sempre è stato possibile correlare esattamente le zonazioni basate sui nannofossili con quelle basate su altri fossili, come Ammoniti e foraminiferi planctonici. Schemi di correlazione comunque esistono (THIERSTEIN, 1971, Nannofossili, Ammoniti, Belemniti, Foraminiferi e Tintinnidi). In ogni caso sono sempre utili confronti con i lavori precedenti (TREJO 1960, STRADNER 1963, BALDI-BEKE 1965, REINHARDT 1966, STOVER 1966, GARTNER 1968, CEPEK & HAY 1969, MANIVIT 1971, WORSLEY 1971).

Per quel che riguarda il Malm, sono interessanti i dati riportati da MEDD (1982), con confronti di altre zonazioni del Giurassico medio-superiore.

Per molto tempo si è fatto uso del microscopio elettronico a trasmissione (T.E.M., Tav. 2, Fig. 1), al quale si osservano le repliche dei campioni e che evidenzia, ancor più di quello a scansione (S.E.M., Tav. 2, Fig. 2), i particolari più piccoli, poiché tali repliche sono ombreggiate al momento della metallizzazione e questo processo crea un effetto di chiaroscuro che ne potenzia la definizione. E' proprio con questo metodo che sono stati portati avanti molti dei principali lavori, soprattutto negli anni '60: DEFLANDRE & FERT 1954, FARINACCI 1964, REINHARDT 1964, 1966, NOËL 1965, 1969, 1970, PERCH-NIELSEN 1968, GARTNER 1968, BUKRY 1969. La preparazione dei campioni richiede però in questo caso molto tempo e molta attenzione, poiché le repliche sono molto delicate.

Sicuramente l'osservazione al S.E.M. non richiede una preparazione così laboriosa e fornisce ugualmente ottimi risultati. E' quella più spesso utilizzata dai primi anni '70: BLACK, 1971; THIERSTEIN, 1971, 1973; FORCHHEIMER, 1972; KEUPP, 1977 e quindi in quasi tutti i resoconti del DSDP-ODP.

Il microscopio ottico (L.M., Tav. 1, Fig. 12), il primo ad essere stato utilizzato e quindi riscoperto per la facilità e rapidità di impiego che consente, è stato adottato in moltissimi casi: KAMPTNER 1931, 1938, DEFLANDRE 1950, 1953, 1963, DEFLANDRE & FERT 1954, BRÖNNIMANN 1955, NOËL 1957, 1959, VEKSHINA 1959, STRADNER 1961, 1962, 1963, BRAMLETTE & MARTINI 1964, MANIVIT 1965, 1966, STOVER 1966, WORSLEY 1971, ROOD, HAY & BARNARD 1971, 1973, THIERSTEIN

1971, 1973, 1976. Esso offre la possibilità di eseguire un'analisi ancora più rapida, ma non sempre consente di distinguere specie molto simili tra loro. Infatti molte definizioni di specie sono basate su osservazioni e fotografie al microscopio elettronico.

Il metodo proposto da MOSHKOVITZ (1974), le cui linee essenziali erano già state anticipate da THIERSTEIN, FRANZ e ROTH nel 1972, che consente di osservare lo stesso preparato con entrambe i microscopi, si è rivelato di grande utilità per ovviare a tale inconveniente, uniformare le descrizioni, evitando inutili sinonimie tra specie distinte solo perché definite sulla base di un diverso metodo di osservazione, e poter disporre di immagini dello stesso esemplare sia al microscopio ottico che elettronico. Un precedente in tale direzione si trova in PERCH-NIELSEN (1967).

L'analisi al LM richiedendo una preparazione più semplice consente una più accurata indagine statistica, ove questa si renda necessaria.

STRATIGRAFIA

Segnalazioni di ritrovamenti di nannofossili in terreni paleozoici sono sporadiche e molto limitate (PIRINI-RADRIZZANI, 1971, GARTNER & GENTILE, 1973). Le prime forme rinvenute con continuità risalgono al Triassico superiore dell'Austria (MOSHKOVITZ, 1982; JAFAR, 1983).

Nel Giurassico comincia la diffusione di numerose forme che raggiungerà nel Cretacico, e nel Maastrichtiano in special modo, il suo massimo relativo al Mesozoico. Tale diffusione conoscerà più episodi di drastica riduzione numerica di specie e di individui, la più nota ed evidente delle quali è senz'altro quella del limite Cretacico-Terziario.

L'interesse di questo evento ha stimolato una prolifica attività di ricerca sulle successioni che presentano una continuità presunta o reale in tale intervallo. Tra queste la serie del Bottaccione, che è stata quindi analizzata più volte sotto numerosi aspetti (PREMOLI SILVA & PAGGI, 1976, MONECHI & THIERSTEIN, 1985).

E' comune il caso, per i bio-eventi dei nannofossili, come per altri eventi, di risultare diacroni in aree geografiche diverse, poiché condizionati da suddivisioni in province determinate da latitudine, temperatura, profondità. Ne risultano spesso almeno due schemi paralleli di zonazione; in alcuni casi si tratta solo di effettiva diacronia degli stessi eventi (per esempio tra le province boreale e tetisiana nel Giurassico, Fig. 2a); in altri i marker adottati sono completamente differenti e non compaiono affatto nell'altra provincia (es.: bassa latitudine e alta latitudine nel Tardo Maastrichtiano, Fig. 2b).

Nel Terziario i nannofossili conoscono una nuova ed ancor più ampia irradiazione, che porta ad un diversificarsi di forme dai pochi originari antenati comuni sopravvissuti alla mortalità di massa di fine Cretacico. Su questa base una vasta letteratura è fiorita ed una stratigrafia di grande dettaglio si è resa possibile.

BIOSTRATIGRAFIA

Nei casi in cui sia difficile identificare con precisione delle zone già definite, ci si basa, per riferimento, su singoli eventi, ugualmente utili se esattamente

a			b			
Età	Boreale	Tetisiana	Età	Alta latitudine (Pospichal & Wise, 1990)	Bassa latitudine (fiorentino, in prep.)	
Tit		└ C. crassus	MAASTRICHTIANO	N. frequens	M. prinsii	
Kim	└ C. crassus				M. murus or N. frequens	
Oxf					L. quadratus	
Cal	└ W. manivtae					
Bat	└ A. helvetica			N. corystus	L. praequadr.	
Baj	└ A. helvetica └ C. superbus					
Aal	└ C. superbus	└ W. manivtae		B. magnum	A. cymbiformis	R. levis
Toa	└ D. striatus	└ M. elegans				
Pli	└ M. elegans	└ D. striatus		B. coronum	Q. trifidum	
Sin		└ P. liasicus				
Het	└ P. liasicus					

Fig. 2 - Esempi di eventi diacroni nelle province boreale e tetisiana nel corso del Giurassico (a) e di zonazioni parallele con marker diversi nel Maastrichtiano (b).

collocati nell'ambito della scala stratigrafica degli eventi locali; risulta, ad esempio, oltremodo utile la correlazione con le zone ad Ammoniti nel Mesozoico.

Nella successione Umbro-Marchigiana esiste ormai una zonazione completa, relativa alle formazioni in cui è possibile trovare nannofossili, basata su numerose sezioni per i diversi intervalli di tempo (Fig. 3). Non sempre purtroppo i bio-eventi si presentano con la stessa frequenza rinvenibile altrove. Si trovano infatti, nell'Appennino, anche successioni in cui compaiono facies poco consone al ritrovamento di nannofossili; è, per esempio il caso della successione Laziale-Abruzzese, tutta in facies di piattaforma, in cui non v'è testimonianza alcuna di tali forme.

La zonazione della successione Umbro-Marchigiana può essere quindi adottata come riferimento per ogni studio stratigrafico sui nannofossili nell'Appennino centrale; una caratteristica delle associazioni osservate è di essere spesso dominate da poche forme molto diffuse. Questo effetto è dovuto al forte grado di ricristallizzazione dei materiali che consente solo la conservazione delle specie maggiormente resistenti a tale processo.

Non si ha notizia di nannofossili nei depositi triasici delle successioni appenniniche, anche perché le li-

tologie qui ritrovate si prestano poco alla loro conservazione. Le prime comparse risalgono al Domeriano, nella formazione della Corniola (sezione di Valdorbìa, REALE *et alii*, 1991); quindi gli eventi si succedono nelle formazioni seguenti, più numerosi in quelle idonee alla conservazione (es. Rosso Ammonitico) e meno numerosi nelle altre (es. Calcari Diasprigni), in diverse sezioni (Valdorbìa, Pale, Infernaccio, Fonte Avellana: Domeriano-Bajociano; Monte Serrone, Monte Civitella, Pozzale: Toarciano; Presale: Toarciano-Aaleniano; BALDANZA *et alii*, 1990, REALE *et alii*, 1991).

Si susseguono (Fig. 4): la base di *Mitrolithus jansae* nella Zona a F. lavinianum; quella di *Lotharingius hauffii* e di *Biscutum finchii* in quella ad E. emaciatum; quella di *Lotharingius crucicentralis* nella Zona a O. tenuicostatum, seguita dal top di *B. finchii*, dalla base di *Carinolithus superbus* e dal top di *M. jansae*. Nella Zona a H. serpentinus si trova la base di *Discorhabdus ignotus*; in quella a H. bifrons il top di *Parhabdolithus liasicus*.

Il passaggio al Giurassico superiore è segnato dalla comparsa del genere *Watznaueria* che caratterizza poi tutto l'intervallo fino al limite con il Cretaceo. Nella Zona a P. aalensis c'è la base di *Watznaueria barnesae*, ancora nell'Aaleniano quella di *Watznaueria mani-*

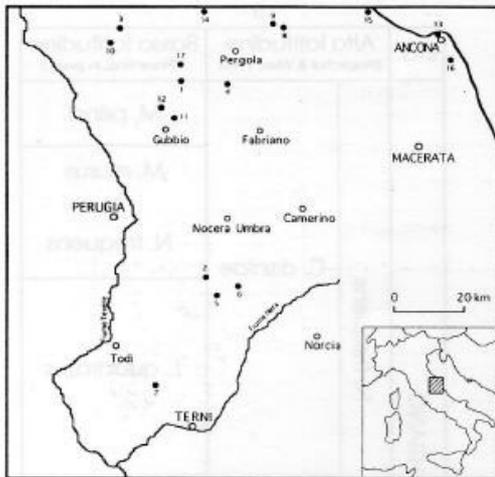


Fig. 3 - Ubicazione delle sezioni citate nel testo: 1) Valdorbia; 2) Pale; 3) Infernaccio, Presale e Piobbico; 4) Fonte Avellana; 5) Monte Serrone; 6) Monte Civitella; 7) Pozzale; 8) Torrente Bosso; 9) Fonte Giordano; 10) S.S. Apecchiese; 11) Gola del Bottaccione; 12) Valle della Contessa; 13) Monte Conero; 14) Montebello d'Urbino; 15) Senigallia; 16) Camerano; 17) Moria.

Età	Zona a nannofossili	Eventi riscontrati nell'Appennino
Titonico	Nannoconus steinmannii	Nannoconus steinmannii Polycostella beckmannii Conusphaera mexicana
	Conusphaera mexicana	
Kimmeridgiano	Parhabdolithus emergent	Parhabdolithus emergent
	Watznaueria strachet	
Oxfordiano	Polypodolobus escargi	Polypodolobus escargi
Calloviano	Stephanolithon bigottii	Stephanolithon bigottii
Batoniano	Diazomolithus lehmani	Diazomolithus lehmani Stephanolithon speciosum
	Stephanolithon speciosum	
Bajociano	Watznaueria britannica	Watznaueria britannica
Aaleniano	Watznaueria manlfrae	Watznaueria manlfrae Cyclagelosphaera margereli
	Watznaueria barnesae	
Toarciano	Discorhabdus ignotus	Discorhabdus ignotus Parhabdolithus italicus Mithrotholus januae Calnotholus superbus Biscutum finchi Lotharingus crucicentralis
	Lotharingus crucicentralis	
	Lotharingus hauffi	
Pliensbachiano	Mithrotholus januae	Mithrotholus januae Crepidolithus crassus
	Crepidolithus crassus	
Sinemuriano	Parhabdolithus italicus	Parhabdolithus italicus
Hettangiano	Crucirhabdus pinnatus	Crucirhabdus pinnatus

Fig. 4 - Zonazione a nannofossili del Giurassico e successione degli eventi riscontrati nell'Appennino Centrale.

vitae; segue poi la base di *Watznaueria britannica* insieme a quella di *Cyclagelosphaera margereli*.

L'intervallo Kimmeridgiano superiore - Titonico inferiore è segnato dalla comparsa di *Conusphaera mexicana* e *Polycostella beckmannii*.

Nel Titonico superiore comincia invece la parte in cui i nannofossili sono più abbondanti; anche gli studi in merito sono più numerosi e i risultati consentono una risoluzione biostratigrafica di maggior dettaglio.

Una zonazione dell'intervallo dal Titonico superiore al Valanginiano è stata proposta da BRALOWER *et alii* 1989; sezioni di Torrente Bosso e Fonte Giordano) ed è correlata alla zonazione a Calpionellidi di REMANE come segue (Fig. 5): zona a *Microstaurus chiastius*, dalla base del marker alla base di *Nannoconus steinmannii steinmannii*, corrispondente alle zone A e B p.p., fin sotto la base della zona a *Calpionella elliptica*. La zona è suddivisa in quattro sottozone dalle comparse di *Umbria granulosa granulosa*, *Rotelapillus laffittei* e *N. steinmannii minor*; zona a *Nannoconus steinmannii steinmannii*, dalla base del marker alla base di *Cretarhabdus angustiphorus*, corrispondente alle zone B p.p., C e base della D prima della comparsa di *Calpionellopsis oblonga*; zona a *Cretarhabdus angustiphorus*, dalla base del marker a quella di *Calcicalathina oblongata*, corrispondente alla zona D; zona a *Calcicalathina oblongata*, corrispondente al top della zona D ed alla zona E.

La parte superiore della Maiolica non presenta un'associazione sufficientemente conservata da poter fornire informazioni significative. Con gli Scisti a Fucoidi invece si ha un incremento in tal senso e si possono identificare le seguenti zone (Fig. 6) nell'Aptiano, Albiano e base del Cenomaniano (sezioni della S.S. Apecchiese, del Torrente Bosso, della Gola del Bottaccione e della Valle della Contessa: CRESTA, MONECHI & PARISI, 1989; pozzo Piobbico: ERBA, 1988; PREMOLI SILVA *et alii*, 1989; MONECHI, 1981; MADILE & MONECHI, 1985):

z. a *Chiastozygus litterarius*, fino alla comparsa di *Rhagodiscus angustus*;

z. a *Rhagodiscus angustus*, dalla comparsa del marker alla base di *Nannoconus regularis*;

z. a *Nannoconus regularis*, dalla base del marker alla base di *Prediscosphaera columnata*;

z. a *Prediscosphaera columnata*, dalla base del marker alla base di *Axopodorhabdus albianus*;

z. a *Axopodorhabdus albianus*, dalla base del marker alla base di *Parhabdolithus achylostaurion*;

z. a *Parhabdolithus achylostaurion*, dalla base del marker alla base di *Eiffelithus turriseiffelii*.

L'intervallo dal Cenomaniano superiore al Campaniano è stato oggetto in passato di minor attenzione, ma è attualmente in fase di studio; dalla zona ad *Aspidolithus parvus* nel Campaniano è quindi possibile seguire le zone fino al top del Cretaceo (sezioni Bottaccione e Contessa). Si succedono la zona a *Ceratolithoides aculeus*, *Quadrum gothicum* e *Quadrum trifidum*, all'interno della quale si ha il limite tra Campaniano e Maastrichtiano; quest'ultimo è infine suddiviso nelle zone ad *Arkhangelskiella cymbiformis*, *Lithraphidites quadratus* e *Micula murus*, che giunge fino al termine del Cretaceo. I bio-eventi sono qui più comuni e consentono, oltre ad un certo dettaglio, l'identificazione di zone anche in assenza dei marker.

Il passaggio al Terziario (sezioni Bottaccione e Contessa) è marcato, come detto, da un netto muta-

	ETA'	Zone a nannofossili	Sottozone a nannof.	Zone a calpionelle
Cretaceo	Valanginiano	Calcic. oblongata	Tubodiscus verena	Calpionellites
			Rucinolithus wisel	Lorenzella hungarica
	Berriasiano	Cretarh. angustiforatus	Perissocyclus fenestrata	Calpionellopsis oblonga
			Assipetra infracretacea	Calpionellopsis simplex
				Calpionella elliptica
			Nannoc. steinm. steinm.	Calpionella alpina
Giurassico	Titanico	Microstaurus chiasmus	Nannoc. steinm. minor	Crassicollaria
			Rotelapillus laffittei	
			Umbria gran. gran.	
		Conusphaera mexicana	Hexapodorhabdus noelae	Chitinoidea
			Polycostella beckmannii	
	Kimmeridgiano	Vekshinella stradneri	Hexapodorhabdus cuvillieri	
Parhabdolthus embergeri				

Fig. 5 - Esempio di correlazione tra la zonazione a nannofossili e quella a calpionelle (da BRALOWER *et alii*, 1989).

mento di associazioni e da un incremento della diversità e della abbondanza dei nannofossili, conseguente al ristabilirsi di condizioni ambientali favorevoli; sono state identificate le seguenti zone:

z. a *Cruciplacolithus primus*, z. a *Cruciplacolithus tenuis*, z. a *Chiasmolithus danicus*, z. a *Ellipsolithus macellus*, z. a *Fasciculithus tympaniformis*, z. a *Heliolithus kleinpellii*, z. a *Discoaster mohleri*, z. a *Discoaster nobilis*, z. a *Discoaster multiradiatus*, nel Paleocene;

z. a *Discoaster diastypus*, z. a *Tribrachiatum orthostylus*, z. a *Discoaster lodoensis*, z. a *Discoaster subloensis*, z. a *Nannotetrina quadrata*, z. a *Reticulofenestra umbilica*, z. a *Discoaster barbadiensis*, nell'Eocene. (MONECHI, 1986).

Occorre sottolineare l'importanza rivestita dai Discoasteridi nelle zonazioni adottate alle basse latitudini, tenendo d'altra parte sempre presente che anche all'interno di una stessa fascia climatica sussistono delle divisioni biogeografiche che limitano l'applicabilità di tali zonazioni. Questo problema, di solito, si attenua con l'avvicinarsi all'Attuale.

Le zone citate, come tutte le altre adottate per il Cenozoico, sono riconducibili alle zonazioni fondamentali di riferimento di MARTINI (1971) e di OKADA & BUKRY (1980) (Fig. 7); ulteriori dettagli relativi all'area del Mediterraneo si trovano in RAFFI & RIO (1979), THEODORIDIS (1984) e RIO, RAFFI & VILLA (1989). Le sezioni analizzate per questo intervallo sono: Monte Conero (BIOLZI, 1985), Montebello d'Urbino, Senigallia e Camarano (CATI & BORSETTI, 1970) e Moria, alcune delle quali tuttora in fase di studio.

Nonostante i limiti elencati, l'utilizzazione dei nannofossili si rende ogni giorno maggiormente necessaria e diviene addirittura indispensabile in taluni casi. Tra i più noti: la determinazione del limite tra Cretaci-

co e Terziario e della sua continuità e la datazione dei ricoprimenti terziari e della loro messa in posto.

Ulteriori analisi sono attualmente in corso, sia per rielaborare dati che risalgono ad anni precedenti le più aggiornate pubblicazioni, sia per cercare di ampliare ed approfondire le conoscenze relative all'Appennino centrale in questo campo.

SISTEMATICA

Anzitutto sono necessarie alcune definizioni relative ai termini adottati nella descrizione delle famiglie di nannofossili; senza compilare un vero e proprio glossario, che sarà reperibile nella nuova terminologia e che non ha ancora assunto un assetto formale, è sufficiente fornire la definizione di muroliti (Fig. 8a), placoliti (Fig. 8b) e planoliti (Fig. 8c), che sono i tre raggruppamenti morfologici principali basati sulla disposizione degli elementi (singoli cristalli) che formano la parete (tubo) dei nannofossili e gli eventuali scudi (uno nei planoliti, due nei placoliti ed assenti nei muroliti).

Vengono distinte un'area marginale (dal bordo del nannofossile al tubo), di solito formata da uno o più cicli di elementi, e un'area centrale (dal tubo al centro) (Fig. 8e); un lato distale (generalmente convesso e che in posizione vitale è rivolto verso l'esterno) e uno prossimale (generalmente concavo e che in vita è rivolto verso l'interno) (Fig. 8d).

Per quanto riguarda le strutture che occupano l'area centrale, il termine croce si riferisce a strutture formate da assi che si intersecano ed orientate parallelamente agli assi dell'ellisse (Fig. 9a), mentre "x" è riferito a quelle orientate diagonalmente (Fig. 9b). Barra è usato per una struttura lineare che giace sullo stesso piano del nannofossile (Fig. 9e, f), mentre ponte per

ETA'	Zone a nannofossili	Eventi riscontrati nell'Appennino
Maastrichtiano	Micula murus	Micula murus
	Lithraphidites quadratus	Lithraphidites quadratus
	Arkhangelskella cymbiformis	
Campaniano	Quadrum trifidum	Quadrum trifidum
		Eiffelithus eximius
		Quadrum trifidum
Santoniano	Ceratolithoides aculeus	Ceratolithoides aculeus
	Aspidolithus parvus	Aspidolithus parvus
Coniaciano	Calcutites obscurus	
	Lucianorhabdus cayeuxii	
	Reinhardtites anthophorus	
Turoniano	Micula staurophora	
	Marthasterites furcatus	
	Lucianorhabdus maleformis	
Cenomaniano	Quadrum gartneri	
	Microrhabdulus decoratus	
Albiano	Eiffelithus turriseiffeli	Eiffelithus turriseiffeli
	Parhabdololithus achiostaurion	Parhabdololithus achiostaurion
	Axopodorhabdus albianus	Biscutum magnum Axopodorhabdus albianus
Aptiano	Prediscosphaera columnata	Cribrosphaerella ehrenbergi Prediscosphaera columnata
	Nannoconus regularis	Nannoconus regularis
	Rhagodiscus angustus	Assipetra infracretacea Rhagodiscus angustus Lithastrinus floralis
Barremiano	Chlastozygus litterarius	
Hauteriviano	Micrantholithus hoschulzii	
	Lithraphidites bollii	
Valanginiano	Cretarhabdus loriel	
	Calcicalathina oblongata	
Berriasiano	Cretarhabdus angustiforatus	
	Nannoconus stehmanni	

Fig. 6 - Zonazione a nannofossili del Cretaceo e successione degli eventi riscontrati nell'Appennino Centrale.

ERA	EPOCA	Martini, 1971 Zone	NN	Okada & Bukry, 1980 Zone e sottozone	CN	
C E N O Z O I C O	Pleistocene	<i>Emiliania huxleyi</i>	21	<i>Emiliania huxleyi</i>	15	
		<i>Gephyrocapsa oceanica</i>	20	<i>Gephyrocapsa oceanica</i> <i>Ca. cristatus</i> <i>E. ovata</i>	14b 14a	
		<i>Pseudoemiliania lacunosa</i>	19	<i>Crenalithus daronicoides</i> <i>G. caribbean</i> <i>E. annula</i>	13b 13a	
	Pliocene	<i>Discoaster brouweri</i>	18	<i>Discoaster brouweri</i>	<i>Ca. macintyr</i>	12d
		<i>Discoaster pentaradiatus</i>	17		<i>D. pentarad.</i>	12c
		<i>Discoaster surculus</i>	16	<i>D. surculus</i> <i>D. tamalis</i>	12b 12a	
		<i>Reticulofenestra pseudumbilica</i>	15	<i>Reticulofenestra pseudumbilica</i> <i>D. asymmetr.</i> <i>S. neobabes</i>	11b 11a	
		<i>Discoaster asymmetricus</i>	14	<i>Ceratolithus rugosus</i>	10c	
		<i>Ceratolithus rugosus</i>	13	<i>Amaurolithus tricomiculatus</i>	<i>Ca. acutus</i> <i>Tr. rugosus</i>	10b 10a
	<i>Amaurolithus tricomiculatus</i>	12	<i>A. primus</i> <i>D. berggrenii</i>		9b 9a	
	Miocene	<i>Discoaster quinquemur</i>	11	<i>D. quinquemur.</i> <i>D. neorectus</i> <i>D. ballus</i>	8b 8a	
		<i>Discoaster calcaris</i>	10	<i>D. hamatus</i> <i>Ca. calvarius</i> <i>Helic. carteri</i>	7b 7a	
		<i>Discoaster hamatus</i>	9	<i>Catinaster coaltus</i>	6	
		<i>Catinaster coaltus</i>	8	<i>Discoaster exilis</i> <i>D. kugleri</i>	5b 5a	
		<i>Discoaster kugleri</i>	7	<i>Sphenolithus heteromorphus</i>	4	
		<i>Discoaster exilis</i>	6	<i>Helicosphaera ampliaperta</i>	3	
		<i>Sphenolithus heteromorphus</i>	5	<i>Sphenolithus belemnos</i>	2	
		<i>Helicosphaera ampliaperta</i>	4	<i>Discoaster druggii</i>	1c	
		<i>Sphenolithus belemnos</i>	3	<i>Tr. carinatus</i>	<i>D. druggii</i> <i>D. deflandrei</i>	1b
		<i>Discoaster druggii</i>	2		<i>Cy. abisectus</i>	1a
	Oligocene	<i>Triquetrorhabdulus carinatus</i>	1	<i>Sphenolithus ciproensis</i>	<i>Di. bisectus</i> <i>Cy. floridanus</i>	19a 19b
		<i>Sphenolithus ciproensis</i>	25		<i>Sphenolithus distentus</i>	18
		<i>Sphenolithus distentus</i>	24	<i>Helicosphaera reticulata</i> <i>Ericsonia subdisticha</i>	16a 16b 16c	
		<i>Sphenolithus predistentus</i>	23	<i>Helicosphaera reticulata</i> <i>Ericsonia subdisticha</i>	16a 16b 16c	
		<i>Helicosphaera reticulata</i>	22	<i>Helicosphaera reticulata</i> <i>Ericsonia subdisticha</i>	16a 16b 16c	
	Eocene	<i>Ericsonia subdisticha</i>	21	<i>Discoaster barbadensis</i>	<i>Isthmolithus recurvus</i>	16b
		<i>Sphenolithus pseudoradians</i>	20		<i>Ch. oamar.</i>	15a
		<i>Isthmolithus recurvus</i>	19	<i>Retic. umbilica</i>	<i>D. salpanensis</i> <i>D. bifax</i>	14b 14a
		<i>Chiasmolithus oamaruensis</i>	18		<i>C. staurion</i> <i>Ch. gigas</i> <i>D. strictus</i>	13c 13b 13a
		<i>Discoaster salpanensis</i>	17	<i>Nannotetrina quadrata</i>	<i>Rh. inflata</i> <i>D. kuepperi</i>	12b 12a
		<i>Discoaster tani nodifer</i>	16		<i>Discoaster lodoensis</i>	11
		<i>Nannotetrina fulgens</i>	15	<i>Discoaster lodoensis</i>	11	
		<i>Discoaster subloboensis</i>	14	<i>Tribachiatus orthostylus</i>	10	
		<i>Discoaster lodoensis</i>	13	<i>D. diastypus</i>	<i>D. binodosus</i> <i>T. contortus</i>	9b 9a
		<i>Tribachiatus orthostylus</i>	12		<i>Cam. eocela</i> <i>Ch. bidens</i>	8b 8a
		Paleocene	<i>Discoaster binodosus</i>	11	<i>Discoaster nobilis</i>	<i>Discoaster nobilis</i>
<i>Tribachiatus contortus</i>	10		<i>Discoaster mohleri</i>	6		
<i>Discoaster multiradiatus</i>	9		<i>Helolithus kleinpellii</i>	5		
<i>Helolithus riedelii</i>	8		<i>Fasciculithus tympaniformis</i>	4		
<i>Discoaster mohleri</i>	7		<i>Ellipsolithus macellus</i>	3		
<i>Helolithus kleinpellii</i>	6		<i>Chiasmolithus danicus</i>	2		
<i>Fasciculithus tympaniformis</i>	5		<i>Z. sigmoides</i>	<i>Crucipl. tenuis</i>	1b	
<i>Ellipsolithus macellus</i>	4			<i>Crucipl. primus</i>	1a	
<i>Chiasmolithus danicus</i>	3	<i>Markalii inversus</i>	1			

Fig. 7 - Zonazione a nanfossili del Cenozoico secondo MARTINI, 1971 e OKADA & BUKRY, 1980, e loro correlazione, in alcuni casi approssimativa.

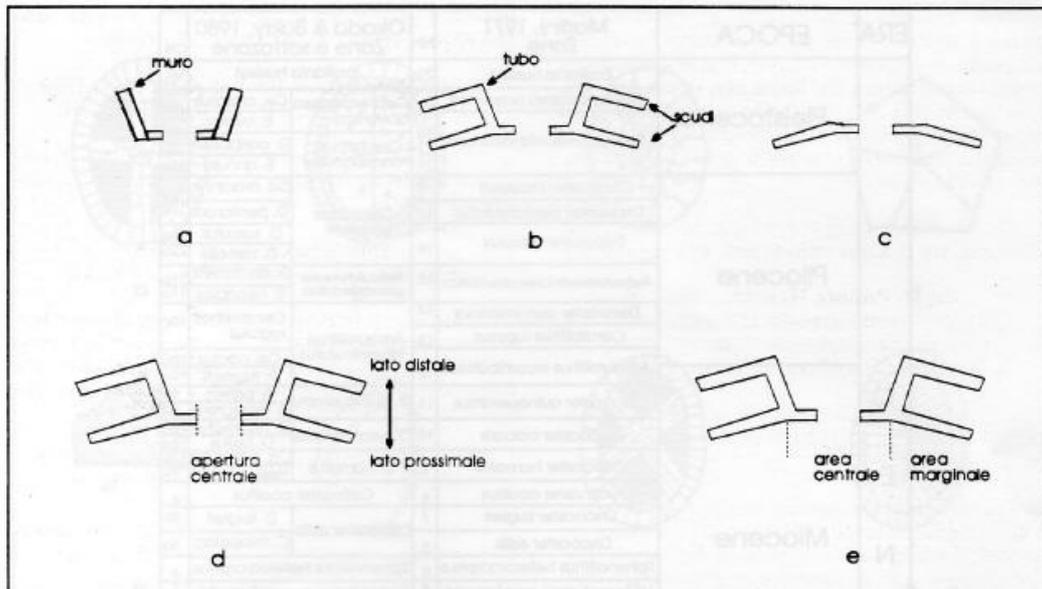


Fig. 8 - Schema di definizione dei coccoliti e delle loro parti costituenti (da J. YOUNG, INA Terminology workshop final document, 1992, modificato): a) murolite; b) placolite; c) planolite; d) identificazione dei lati distale e prossimale e della apertura centrale; e) identificazione dell'area centrale e di quella marginale.

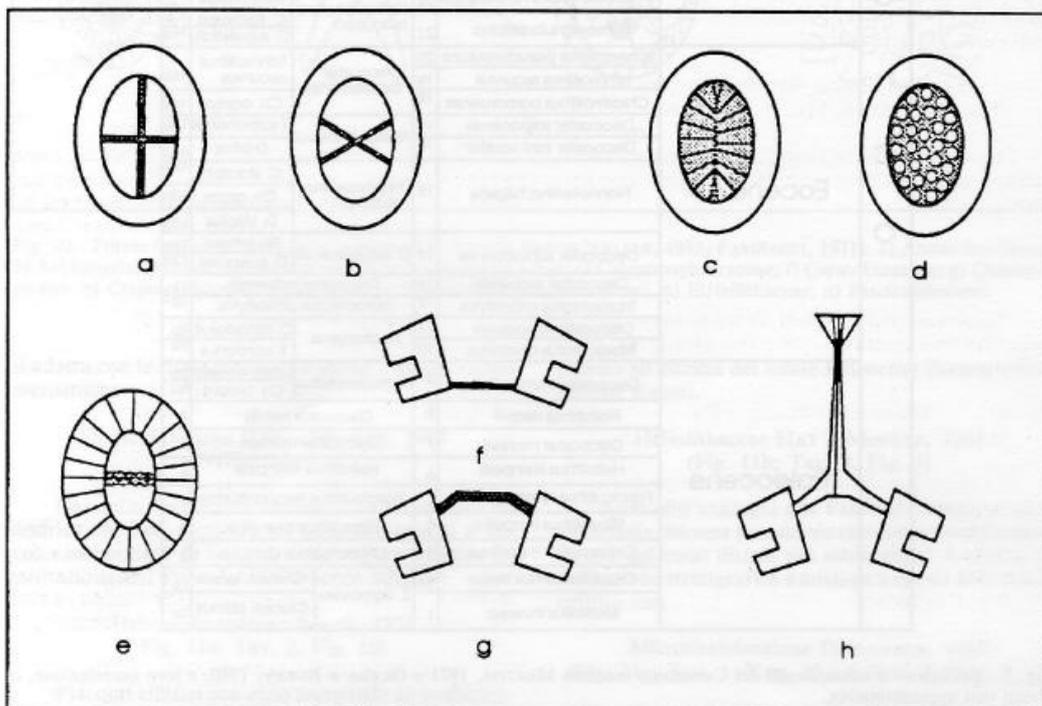


Fig. 9 - Esempi di strutture presenti nell'area centrale (da J. YOUNG, INA Terminology workshop final document, 1992, modificato): a) croce; b) ics; c) placca; d) rete; e) barra o ponte; f) barra; g) ponte; h) spina.

quelle che sono soprelevate (Fig. 9e, g). Placca è adottata per le strutture occupanti interamente l'area centrale (anche se presentano dei fori, Fig. 9c), mentre rete indica una struttura che lascia essa stessa dei vuoti al suo interno (Fig. 9d). Con spina si intende qualsiasi processo centrale che si estende perpendicolarmente al piano del nannofossile al di sopra della struttura centrale, sul lato distale (Fig. 9h).

La classificazione oggi adottata, che pone i coccolitoforidi tra le alghe unicellulari, è la seguente:

Regno Protista HAECKEL, 1866
Phylum Prymnesiophyta HIBBERD, 1976
Classe Prymnesiophyceae HIBBERD, 1976
Ordine Coccolithophorales SCHILLER, 1926

E' comunque ancora possibile imbattersi in designazioni diverse sia a livello di phylum, che di classe e di ordine.

I caratteri che distinguono famiglie, generi e specie di nannofossili sono: la forma e le dimensioni del coccolite, il numero e la disposizione degli scudi (Fig. 8b) e dei loro cicli, il numero e la disposizione degli elementi che formano i cicli (Fig. 1e), la struttura dell'area centrale, comprese le spine, quando presenti, e le caratteristiche ottiche che presentano nella osservazione in luce polarizzata.

Non esiste comunque accordo generale sulle suddivisioni tassonomiche. Nel delineare alcune caratteristiche utili alla identificazione dei nannofossili si farà di seguito riferimento, per brevità, unicamente alle principali famiglie. E' bene però tener presente che nell'applicazione corrente bisogna rifarsi alle singole descrizioni di generi e specie.

Ahmuellerellaceae REINHARDT, 1965
(Fig. 10a; Tav. 1, Fig. 1; Tav. 3, Fig. 3)

Muroliti ellittici con elementi della parete inclinati ed una croce nell'area centrale. Principalmente mesozoici.

Arkhangelskiellaceae BUKRY, 1969
(Fig. 10b; Tav. 1, Fig. 16; Tav. 2, Fig. 5)

Placoliti ellittici costituiti da tre a cinque cicli di elementi; l'area centrale è spesso riempita da una placca. Sono distribuiti dall'Aptiano alla fine del Cretaceo.

Biscutateae BLACK, 1971
(Fig. 10c; Tav. 1, Fig. 4; Tav. 2, Fig. 8)

Placoliti rotondi ed ellittici, formati da due scudi molto prossimi fra loro e costituiti da elementi radiali non imbricati. Solitamente restano scuri durante l'osservazione a nicols incrociati, ad eccezione dell'area centrale che risulta molto luminosa. Si trovano dal Giurassico al Paleogene.

Braarudosphaeraceae DEFLANDRE, 1947
(Fig. 10d; Tav. 1, Fig. 6; Tav. 3, Fig. 10)

Nannoliti formati da pentaliti, termine specifico che si riferisce alla loro costituzione, di cinque elementi disposti con simmetria pentaradiata, corrispondenti

ognuno a un cristallo di calcite e orientati a 82° uno dall'altro. Presenti dal Cretaceo all'Attuale.

Calyptosphaeraceae BOUDREAUX & HAY, 1969
(Fig. 10e; Tav. 1, Fig. 18; Tav. 2, Fig. 3)

Famiglia rappresentata da olococcoliti, distinti unicamente dalla forma generale. Distribuiti dal Giurassico all'Attuale.

Ceratolithaceae NORRIS, 1965
(Fig. 10f; Tav. 1, Fig. 9; Tav. 2, Fig. 11)

Nannoliti a ferro di cavallo; comprendono le forme mio-plioceniche *Amaurolithus* (non birifrangente) e *Ceratolithus* (birifrangente) e solo con incertezza le forme cretache *Ceratolithoides* e *Ceratolithina* che non mostrano discendenti alla loro scomparsa.

Chiastozygaceae ROOD, HAY & BARNARD, 1973
(Fig. 10g; Tav. 1, Fig. 3; Tav. 2, Fig. 4)

Muroliti ellittici ad elementi inclinati e con una X o H nell'area centrale. Giurassico - Paleogene.

Coccolithaceae POCHE, 1913
(Fig. 10i; Tav. 1, Fig. 17; Tav. 3, Fig. 9)

Sono, unitamente alle Ellipsagelosphaeraceae mesozoiche, la famiglia più diffusa, sia stratigraficamente che numericamente. Includono placoliti ellittici e circolari. Contrariamente a quanto avviene nelle forme mesozoiche, lo scudo distale non è birifrangente e risultano quindi più piccole a nicols incrociati. L'area centrale può essere aperta, presentare una struttura centrale definita o essere totalmente riempita.

Crepidolithaceae BLACK, 1971
(Fig. 10h)

Muroliti ellittici ad elementi non imbricati e con un processo centrale spesso massivo. Non è stato stabilito con certezza un legame tra le forme mesozoiche e quelle cenozoiche che sono state inserite tra le Zygodiscaceae.

Discoasteraceae TAN, 1927
(Fig. 10l; Tav. 3, Figg. 7,8)

Nannoliti stellati o a rosetta, non birifrangenti, caratterizzanti tutto il Cenozoico con numerosissime forme spesso utilizzate come marker zonali.

Eiffellithaceae REINHARDT, 1965
(Fig. 10m; Tav. 1, Fig. 11)

~~Placoliti~~
Muroliti con un sottile bordo di elementi inclinati ed un ciclo interno di elementi a forma di placca che occludono parzialmente o totalmente l'area centrale. Struttura centrale a X, generalmente sormontata da una spina. Presenti dal Barremiano al Maastrichtiano.

Ellipsagelosphaeraceae NOËL, 1965
(Fig. 10i; Tav. 1, Fig. 12; Tav. 2, Figg. 1,2)

Per la descrizione confrontare la famiglia Coccolithaceae; ne sono i naturali antenati e la definizione

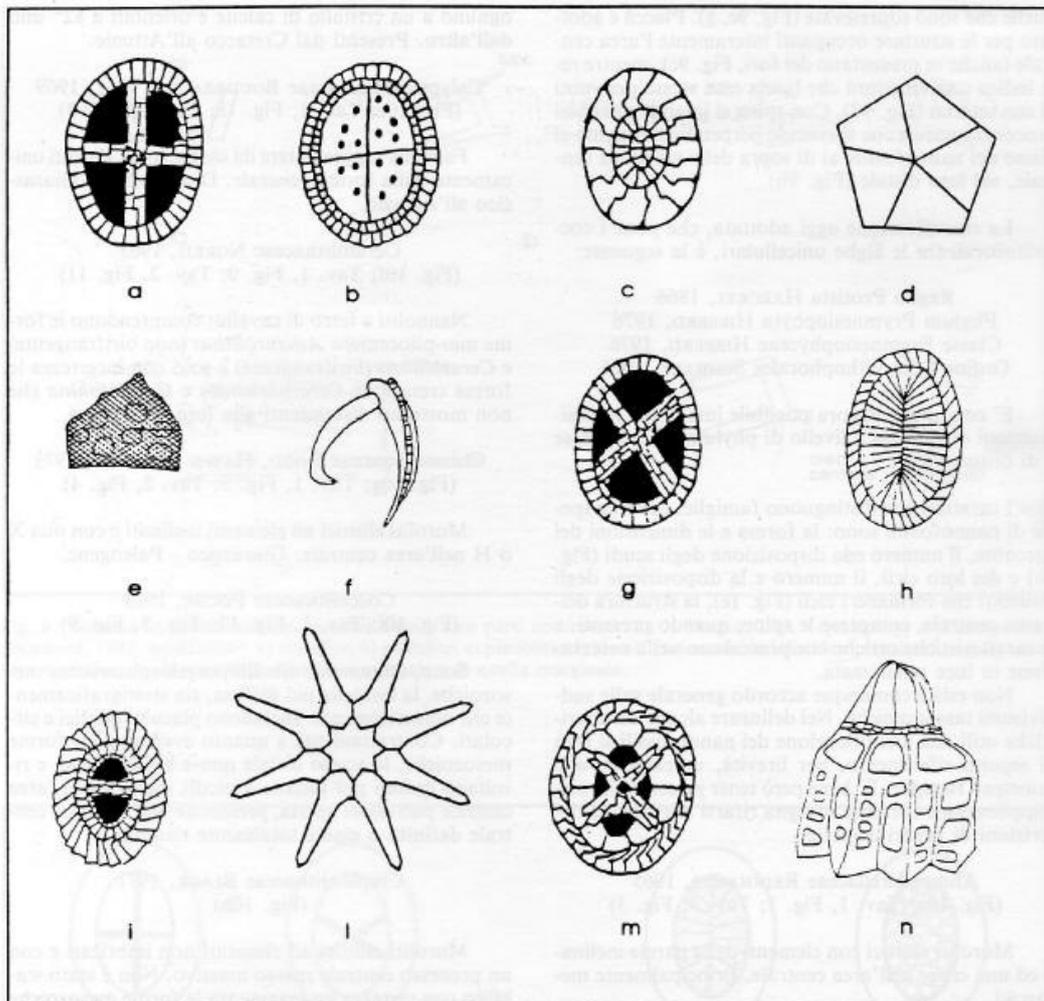


Fig. 10 - Forme rappresentative delle famiglie descritte (da PERCH-NIELSEN, 1985; FARINACCI, 1971): a) Ahmuellerellaceae; b) Arkhangelskiellaceae; c) Biscutateae; d) Braarudosphaeraceae; e) Calyptosphaeraceae; f) Ceratolithaceae; g) Chiastozygaceae; h) Crepidolithaceae; i) Ellipsagelosphaeraceae; l) Discoasteraceae; m) Eiffellithaceae; n) Fasciculithaceae.

si adatta con le citate distinzioni anche a queste forme mesozoiche.

Fasciculithaceae HAY & MOHLER, 1967
(Fig. 10n)

Nannoliti formati da una colonna prossimale cilindrica cui è sovrapposto un ciclo di elementi a sua volta sormontato da un cono distale. Caratteristica distribuzione dal Paleocene all'Eocene inferiore.

Helicosphaeraceae BLACK, 1971
Fig. 11a; Tav. 2, Fig. 10)

Placoliti ellittici con ciclo marginale ad andamento elicoidale, che forma di solito un'ala. L'area centrale può essere da completamente libera a completamente riempita o occupata da vari tipi di barre. Com-

paiono all'altezza del limite Paleocene-Eocene e sono tuttora viventi.

Heliolithaceae HAY & MOHLER, 1967
(Fig. 11b; Tav. 3, Fig. 5)

Nannoliti analoghi alle Fasciculithaceae ad eccezione della colonna prossimale che non presenta depressioni e del cono distale più schiacciato. Anche la distribuzione stratigrafica è analoga a quella delle Fasciculithaceae.

Microrhabdulaceae DEFLANDRE, 1963
(Fig. 11c; Tav. 1, Figg. 13,14; Tav. 2, Figg. 9,12)

Nannoliti a spina o cilindrici, comunque molto più estesi in una direzione che nelle altre. Si rinvennero dal tardo Giurassico alla fine del Cretacico.

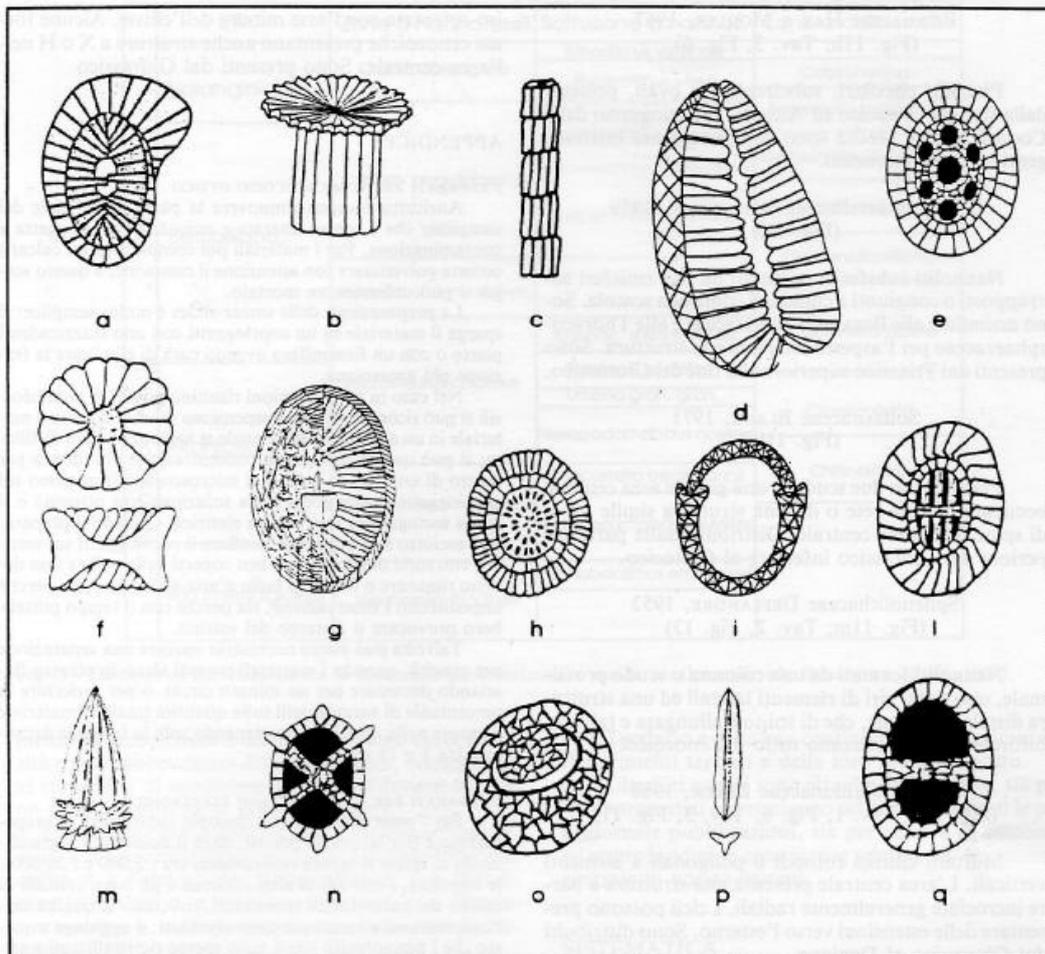


Fig. 11 Forme rappresentative delle famiglie descritte (da PERCH-NIELSEN, 1985; FARINACCI, 1971): a) Helicosphaeraceae; b) Heliolithaceae; c) Microrhabdulaceae; d) Nannoconaceae; e) Podorhabdaceae; f) Polycyclolithaceae; g) Pontosphaeraceae; h) Prinsiacae; i) Schizosphaerellaceae; l) Sollasitaceae; m) Sphenolithaceae; n) Stephanolithionaceae o) Thoracosphaeraceae; p) Triquetrorhabdulaceae; q) Zygodiscaceae.

Nannoconaceae DEFLANDRE, 1959
(Fig. 11d; Tav. 1, Fig. 7; Tav. 3, Fig. 4)

Nannoliti conici con una spessa parete costituita da cunei irregolari a perfetto contatto fra loro, disposti ortogonalmente all'asse centrale e la cui successione segue un andamento spiralato attorno ad un canale assiale. Sono presenti dal Totonico a parte del Cretacico superiore.

Podorhabdaceae NOËL, 1965
(Fig. 11e; Tav. 1, Fig. 19; Tav. 2, Fig. 7)

Placoliti ellittici formati da due o tre scudi che circondano un'area centrale grande, occupata da microcristalli o da una rete a forma di volta ed al centro della quale si erge spesso una spina massiccia e sottile. Esclusivamente mesozoici.

Polycyclolithaceae FORCHHEIMER, 1972
(Fig. 11f; Tav. 1, Fig. 5; Tav. 3, Fig. 2)

Nannoliti cilindrici e a blocchi, a rosetta o stellati, composti di alcuni cicli di elementi romboedrici o sinusoidali, che circondano un'area centrale aperta o chiusa. I cicli composti da tali elementi formano anelli concentrici che si sovrappongono. Prevalentemente mesozoici hanno forse un discendente nel genere *Nanno-* *tetrina* dell'Eocene.

Pontosphaeraceae LEMMERMANN, 1908
(Fig. 11g; Tav. 1, Fig. 21; Tav. 2, Fig. 6)

Muroliti con una parete composta da due cicli di elementi ed un'ampia area centrale, il cui pavimento è attraversato da perforazioni o assottigliato da depressioni. Comparsi nel Paleocene e tuttora viventi.

Prinsiacae HAY & MOHLER, 1967
(Fig. 11h; Tav. 3, Fig. 6)

Placoliti circolari, subcircolari o ovali, presenti dalla fine del Cretacico all'Attuale. Si distinguono dalle Coccolithaceae perché sono completamente birifrangenti a nicols incrociati.

Schizosphaerellaceae DEFLANDRE, 1959
(Fig. 11i)

Nannoliti subsferici costituiti da due emisferi sovrapposti o congiunti a chiudersi come una scatola. Sono assimilate alle Braarudosphaeraceae e alle Thoracosphaeraceae per l'aspetto esteriore e la struttura. Sono presenti dal Triassico superiore alla fine del Giurassico.

Sollasitaceae BLACK, 1971
(Fig. 11j)

Placoliti con due scudi ed una grande area centrale occupata da una rete o da una struttura simile priva di spine o bottone centrale. Distribuiti dalla parte superiore del Giurassico inferiore al Cretacico.

Sphenolithaceae DEFLANDRE, 1952
(Fig. 11m; Tav. 2, Fig. 13)

Nannoliti formati da una colonna o scudo prossimale, uno o più giri di elementi laterali ed una struttura distale, o apicale, che di solito è allungata e talvolta biforcata. Caratterizzano tutto il Cenozoico.

Stephanolithonaceae BLACK, 1968
(Fig. 11n; Tav. 1, Fig. 8; Tav. 3, Fig. 11)

Murroliti ellittici rotondi o poligonali a elementi verticali. L'area centrale presenta una struttura a barre incrociate generalmente radiali. I cicli possono presentare delle estensioni verso l'esterno. Sono distribuiti dal Giurassico al Daniano.

Thoracosphaeraceae SCHILLER, 1930
(Fig. 11o; Tav. 1, Figg. 10,15,20; Tav. 3, Fig. 12)

Nannoliti sferici o ellissoidici la cui parete è costituita da elementi prismatici fittamente impacchettati. Alcune forme presentano un'apertura che può essere chiusa da un opercolo. Solo di un certo numero di specie è stata accertata la natura di dinocisti. Compaiono nel Giurassico e proseguono fino all'Attuale.

Triquetrorhabdulaceae LIPPS, 1969
(Fig. 11p)

Nannoliti a forma di bacchetta, fusiformi. Dei due generi appartenenti alla famiglia, *Triquetrorhabdulus* presenta una sezione triradiata a lati concavi, mentre *Pseudotriquetrorhabdulus* può essere composto da un numero di elementi maggiore, fino ad otto. Il primo è distribuito dall'Oligocene superiore alla fine del Miocene; il secondo è invece più comune nell'Eocene medio.

Zygodiscaceae HAY & MOHLER, 1967
(Fig. 11q; Tav. 1, Fig. 2; Tav. 3, Fig. 1)

Murroliti ellittici a elementi inclinati e con una barra

iso-orientata con l'asse minore dell'ellisse. Alcune forme cenozoiche presentano anche strutture a X o H nell'area centrale. Sono presenti dal Giurassico.

APPENDICE:

PREPARATI PER IL MICROSCOPIO OTTICO

Anzitutto bisogna rimuovere la parte superficiale del campione che è spesso alterata e comunque più soggetta a contaminazione. Per i materiali più compatti (p.es. calcari) occorre polverizzare con attenzione il campione; a questo scopo si può utilizzare un mortaio.

La preparazione delle smear-slides è molto semplice: si sparge il materiale su un coprioggetti con uno stuzzicadenti piatto o con un fiammifero avendo cura di eliminare la frazione più grossolana.

Nel caso in cui i campioni risultino poveri di nannofossili si può ricorrere ad una sospensione diluita: si versa il materiale in un a boccetta nella quale si aggiunge acqua distillata; si può quindi regolare la concentrazione più idonea per mezzo di una rapida analisi al microscopio. Si mettono sul coprioggetti alcune gocce della soluzione così ottenuta e si lascia asciugare su una piastra elettrica. Quando il preparato è asciutto si procede ad incollare il coprioggetti sul vetrino; entrambi devono essere ben coperti dalla colla e non devono rimanere o formarsi bolle d'aria all'interno, sia perché impediscono l'osservazione, sia perché con il tempo potrebbero provocare il distacco del vetrino.

Talvolta può essere necessario operare una separazione per gravità, quando i materiali pesanti siano in eccesso (lasciando decantare per un minuto circa), o per arricchire la percentuale di nannofossili sulla quantità totale di materiale presente nella soluzione (trattenendo solo la frazione decantata tra i 1 e 15 minuti).

PREPARATI PER IL MICROSCOPIO ELETTRONICO

Per l'osservazione al microscopio elettronico, la preparazione è più laboriosa perché, dato il numero di ingrandimenti al quale si lavora (solitamente tra i 2.000 e i 20.000), le impurità, i cristalli di altri minerali e gli stessi cristalli di calcite dei nannofossili smembrati, inficiano la qualità dell'osservazione e vanno pertanto eliminati; si aggiunga a questo che i nannofossili stessi sono spesso ricristallizzati e saldati ad altri piccoli cristalli, e devono essere puliti e separati per consentirne il riconoscimento e la classificazione.

In alcuni casi può rivelarsi utile l'uso di soluzioni di acqua ossigenata o di metafosfato di sodio, per eliminare particelle che impediscano l'osservazione di dettagli strutturali, provvedendo poi alla rimozione delle soluzioni servendosi della centrifuga.

Si può ricorrere all'uso degli ultrasuoni, al fine di favorire un'ulteriore separazione tra le varie parti e il distacco dei cristalli dai singoli individui. Anche in questo caso i preparati devono essere centrifugati. La centrifugazione deve essere ripetuta almeno due o tre volte, o più ancora a seconda del tipo di campione e comunque finché l'acqua risulti chiara.

I coprioggetti, del diametro di 11-12 mm, sono incollati sui sostegni del microscopio elettronico per mezzo di colla alla grafite, che è necessaria per stabilire il contatto elettrico, si preparano quindi come nel caso del microscopio ottico e vengono infine metallizzati.

RINGRAZIAMENTI

Voglio rivolgere un ringraziamento particolare alla Prof. A. FARINACCI, alla Prof. K. VON SALIS PERCH-NIELSEN ed al Dott. J. YOUNG, dai cui lavori (Roundtable on Calcareous nannoplankton, Plankton Stratigraphy, INA Terminology workshop final document) sono stati tratti la gran parte dei disegni esplicativi delle strutture dei nannofossili. Le fotografie al SEM sono state possibili grazie all'ausilio tecnico del Dott. R. TONELLI.

BIBLIOGRAFIA

- AUBRY M.P. (1984) - *Handbook of Cenozoic Calcareous Nannoplankton*. Micropaleontology Press, American Museum of Natural History.
- BALDANZA A. (1989) - *La sezione tipo delle Marne di Monte Serro-ne. Analisi stratigrafica delle associazioni ad ammoniti, nan-nofossili calcarei e foraminiferi*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 39, 165-171.
- BALDANZA A., CRESTA S. & MATTIOLI E. (1990) - *Bajocian calcareous nanofossils from Umbro-Marchean Apennines (Monte Nerone area)*. In CRESTA, S. & PAVIA, G. (Eds.) Proc. "Meeting on Ba-jocian Stratigraphy", Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 40, 225-235.
- BALDI-BEKE M. (1965) - *The Genus Nannoconus (Protozoa, Inc. se-dis) in Hungary*. Geologica Hungarica, ser. Paleontologica, 30, 145-173.
- BLACK M. (1968) - *Taxonomic problems in the study of coccoliths*. Palaeontology, 11(5), 793-813.
- BLACK M. (1971) - *Problematical microfossils from the Gault Clay*. Geol. Mag., 108, 325-327.
- BLACK M. (1972, 1973, 1975) - *British Lower Cretaceous coccoliths*. I. Gault Clay, 1, 2, 3. Monogr. Palaeontogr. Soc. London, 126, 1-48; 127, 49-112; 129, 113-142.
- BOUDREAUX J.E. & HAY W.W. (1969) - *Calcareous nannoplankton and biostratigraphy of the Late Pliocene-Pleistocene-Recent sediments in the Submarx cores*. Rev. Esp. Micropaleont., 1, 249-292.
- BRALOWER T., MONECHI S. & THIERSTEIN H. (1989) - *Calcareous nanofossil zonation of the Jurassic-Cretaceous boundary interval and correlation with the Geomagnetic polarity time scale*. Marine Micropaleont., 14, 153-235.
- BRAMLETTE M.N. & MARTINI E. (1964) - *The great change in calca-reous nannoplankton fossils between the Maestrichtian and the Danian*. Micropaleontology, 10, 291-322.
- BRAMLETTE M.N. & RIEDEL W.R. (1954) - *Stratigraphic value of dis-coasters and some other microfossils related to Recent coccolithop hores*. J. Paleontol., 28, 385-403.
- BRAMLETTE M.N. & SULLIVAN F.R. (1961) - *Coccolithophorids and related nannoplankton of the Early Tertiary in California*. Mi-cropaleontology, 7, 129-174.
- BRAMLETTE M.N. & WILCOXON J.A. (1967) - *Middle Tertiary calca-reous nannoplankton of the Cipero Section, Trinidad, W.I.* Tulane Stud. Geol., 5, 93-131.
- BRÖNNIMANN P. (1955) - *Microfossils incertae sedis from Upper Ju-rassic and Lower Cretaceous of Cuba*. Micropaleontology, 1(1), 28-51.
- BUKRY D. (1969) - *Upper Cretaceous coccoliths from Texas and Eu-rope*. Univ. Kansas Paleontol. Contrib., 51 (Protista 2), 1-79.
- BUKRY D. (1973a) - *Low-latitude coccolith biostratigraphic zonation*. Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., 15, 685-703.
- BUKRY D. (1973b) - *Phytoplankton stratigraphy, Deep Sea Drilling Project Leg 20, Western Pacific Ocean*. Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., 20, 307-317.
- BUKRY D. (1975) - *Coccolith and silicoflagellate stratigraphy, north-western Pacific Ocean, Deep Sea Drilling Project Leg 32*. Initial Rep. Deep Sea Drill. Proj., 32, 677-701.
- CATI F. & BORSETTI A.M. (1970) - *I Discoasteridi del Miocene delle Marche*. Giornale di Geologia, ser. 2, 36, 617-652.
- CEPEK P. & HAY W.W. (1969) - *Calcareous nannoplankton and bio-stratigraphic subdivision of the Upper Cretaceous*. Trans. Gulf Coast Assoc. geol. Soc., 19, 323-336.
- COCCIONI R., DI LEO C., FORNACIARI E., GALEOTTI S. & RIO D. (1992) - *Integrated calcareous plankton biostratigraphy from the S. Croce and Moria sections (Northeastern Apennines, Italy)*. IUGS-SOG MICOP meeting Ancona, Abstracts, 48-50.
- COCCIONI R., ERBA E. & PREMOLI SILVA I. (in stampa) - *Barremian-Aptian calcareous plankton biostratigraphy from the Gorgo Cerbara section (Marche, Italy) and implications for plankton evolution*. Cret. Res.
- COCCIONI R. & MONECHI S. (1992) - *New biostratigraphic data based on calcareous plankton of the uppermost Oligocene-Lower Mio-cene of the Contessa section (Gubbio, Italy)*. IUGS-SOG MI-COP meeting Ancona, Abstracts, 38-40.
- CRESTA S., MONECHI S. & PARISI G. (1989) - *Stratigrafia del Meso-zoico e Cenozoico nell'area umbro-marchigiana*. Mem. Descr. Carta Geol. Ital., 39, 1-185.
- DEFLANDRE G. (1947) - *Braarudosphaera nov. gen., type d'une fa-mille nouvelle de Coccolithophoridés actuels à éléments com-posités*. C. R. Seances Acad. Sci. Paris, 225, 439-441.
- DEFLANDRE G. (1950) - *Observations sur les Coccolithophoridés a propos d'un nouveau type de Braarudosphaeride, Micrantho-lithus, a e lements clastiques*. C.R. Seances Acad. Sci. Paris, 231, 1156-1158.
- DEFLANDRE G. (1952) - *Classe des coccolithophoridés*. In P.P. Grassé (ed.), Traité de Zoologie, 1, 439-470.
- DEFLANDRE G. (1953) - *Hétérogénéité intrinsèque et pluralité des élé-ments dans les coccolithes actuels et fossiles*. C.R. Seances Acad. Sci. Paris, 237, 1785-1787.
- DEFLANDRE G. (1959) - *Sur les nanofossiles calcaires et leur syste-matique*. Rev. Micropaleont., 2, 127-152.
- DEFLANDRE G. (1963) - *Sur les Microrhabdulides, famille nouvelle de nanofossiles calcaires*. C.R. Seances Acad. Sci. Paris, 256, 3484-3486.
- DEFLANDRE G. & FERT C. (1954) - *Observations sur les Coccolitho-phoridés actuels et fossiles en microscopie ordinaire et électro-nique*. Ann. Paleontol., 40, 115-176.
- DERES F. & ACHERITGUEY J. (1980) - *Biostratigraphie des Nannoco-nidés*. Bull. Cent. Rech. S.N.E.A., 4, 1-53.
- EHERENBERG C.G. (1836) - *Bemerkungen uber feste mikroskopische, anorganische Formen in den erdigen und derben Mineralien*. Ber. Dtsch. Akad. Wiss., 1836, 84-85.
- ERBA E. (1988) - *Aptian-Albian calcareous nanofossil biostratigra-phy of the Scisti a Fucoidi cored at Piobbico (Central Italy)*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 92(2), 249-474.
- FARINACCI A. (1964) - *Microorganismi dei calcari "maiolica" e "scag-lia" osservati al microscopio elettronico (Nannoconi e Coc-colithophoridi)*. Boll. Soc. Paleont. Ital., 3(2), 172-181.
- FARINACCI A. (1969-1989) - *Catalogue of Calcareous Nannofossils*, 1-13, Tecnoscienza, Roma.
- FARINACCI A. (1971) - *Roundtable on calcareous nannoplankton*. In FARINACCI A. (Ed.), Proc. 2nd Intern. Planktonic Conf., Ro-ma 1970, 2, 1343-1359, Tecnoscienza, Roma.
- FORCHHEIMER S. (1972) - *Scanning electron microscope studies of Cretaceous coccoliths from the Kopinsberg Borehole No. 1, SE Sweden*. Sver. geol. Unders., ser. C. 668, 65(14), 1-141.
- GARTNER S. (1968) - *Coccoliths and related calcareous nanofossils from Upper Cretaceous deposits of Texas and Arkansas*. Univ. Kansas Paleontol. Contrib., 48 (Protista), 1-56.
- GARTNER S. & GENTILE R. (1973) - *Problematical Pennsylvanian coc-coliths from Missouri*. Micropaleontology, 18, 401-404.
- HAQ B.U. (1978) - *Calcareous nannoplankton*. In B.U. HAQ & A. BOERSMA (eds), Introduction to marine micropaleontology, 79-107, Elsevier.
- HAY W.W. & MOHLER H.P. (1967) - *Calcareous nannoplankton from early Tertiary rocks at Pont Labau, France, and Paleocene-Eocene correlations*. J. Paleontol., 41, 1504-1541.
- HECK S. VAN (1979-1982) - *Bibliography and taxa of calcareous nan-noplankton*. INA Newsletter, 1-4.
- HUXLEY T.H. (1858) - *On some organisms living at great depths in the North Atlantic Ocean*. Quart. J. Micr. Sc., 2(8), 203-212.
- INA Terminology workshop, London, April 1992 (in press).
- JAFAR A.S. (1983) - *Significance of Late Triassic calcareous Nanno-plankton from Austria and Southern Germany*. Neues Jahrb. Geol. Paläontol. Abh., 166(2), 218-259.
- KAMPTNER E. (1931) - *Nannoconus steinmanni nov. gen. nov. spec., ein merkwürdiges gesteinbildendes Mikrofossil aus dem jun-geren Mesozoikum der Alpen*. Paläont. Z., 13, 288-298.
- KAMPTNER E. (1938) - *Einige Bemerkungen über Nannoconus*. Pa-läont. Z., 20, 249-257.
- KEUPP H. (1977) - *Ultrafazies und Genese der Solnhofener Platten-kalke (Oberer Malm, Südliche Frankenalb)*. Abh. Naturhist. Gesellschaft Nürnberg e. V., 37, 1-128.
- LEMMERMANN E. (1908) - *Flagellatae, Chlorophyceae, Cocco-sphaerales und Silicoflagellatae*. In K. BRANDT & C. APSTEIN (eds), Nordisches Plankton, 1-40, Lipsius & Tischer, Kiel und Leipzig.
- LIPPS J.H. (1969) - *Triquetrorhabdulus and similar calcareous nan-noplankton*. J. Paleontol., 43, 1029-1032.
- LOEBLICH A.R. & TAPPAN H. (1966, 1968, 1969, 1970a, b, 1971, 1973) - *Annotated index and bibliography of the calcareous nanno-plankton*. I-VII, Phycologia, 5, 81-216; 9, 157-174; 10, 315-339; J. Paleontol., 42, 584-598; 43, 568-588; 44, 558-574; 47, 715-759.
- LOHMANN H. (1902) - *Die Coccolithophoridae, eine Monographie der Coccolithen bildenden Flagellaten, zugleich ein Beitrag zur Kenn-tnis des Mittelmeerauftriebs*. Arch. Protistenkunde, 1, 89-165.

- MADILE M. & MONECHI S. (1985) - *Paleogene calcareous nannofossil events and magnetostratigraphic correlation in the Scaglia Umbra Formation, Central Italy*. INA Newsletter Proceeding INA Meeting Vienna 1985, 7(2), 68-70.
- MANIVIT H. (1965) - *Nannofossiles calcaires de l'Albo-Aptien*. Rev. Micropaléontol., 8, 189-201.
- MANIVIT, H. (1966) - *Sur quelques coccolithes nouveaux du Néocène*. C. R. Somm. Soc. Géol. Fr., 7, 267-268.
- MANIVIT H. (1971) - *Les nannofossiles calcaires du Crétacé français (de l'Aptien au Danien)*. Essai de biozonation appuyée sur les stratotypes. Thèse, Université de Paris.
- MARTINI, E. (1971) - *Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation*. In FARINACCI A. (Ed.), Proc. 2nd Intern. Planktonic Conf., Roma 1970, 2, 739-785, Tecnoscienza, Roma.
- MEDD A.W. (1982) - *Nannofossil zonation of the English Middle and Upper Jurassic*. Marine Micropaleont., 7(1), 73-95.
- MONECHI S. (1977) - *Upper Cretaceous and Early Tertiary nannoplankton from Scaglia Umbra Formation (Gubbio, Italy)*. Riv. Ital. Paleont., 83(4), 759-802.
- MONECHI S. (1981) - *Aptian-Cenomanian calcareous nannoplankton from some sections in the Umbrian Apennine*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 87(2), 193-226.
- MONECHI S. (1986) - *Calcareous nannofossil events around the Eocene-Oligocene boundary in the Umbrian sections (Italy)*. Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol., 57, 61-69.
- MONECHI S. (1989) - *Nannofossili calcarei nella sezione cretacicopaleogenica del Bottaccione*. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, 39, 59-69.
- MONECHI S. (1989) - *Nannofossili calcarei nella sezione cretacicopaleogenica della Valle della Contessa*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 39, 103-113.
- MONECHI S. (1989) - *Nannofossili calcarei e Calpionellidi della Maiolica nella sezione del Torrente Bosso*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 39, 125-129.
- MONECHI S. & PIRINI RADRIZZANI C. (1975) - *Nannoplankton from Scaglia Umbra Formation (Gubbio) at Cretaceous-Tertiary boundary*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 81(1), 31-44.
- MONECHI S. & THIERSTEIN H.R. (1985) - *Late Cretaceous-Eocene nannofossil and magnetostratigraphic correlation near Gubbio, Italy*. Marine Micropaleont. 9, 419-440.
- MOSHKOVITZ S. (1972) - *Biostratigraphy of the genus Nannoconus in the Lower Cretaceous sediments of the subsurface: Ashqelon-Helez area, central Israel*. Israel J. Earth Sci., 21, 1-28.
- MOSHKOVITZ S. (1974) - *A new method for observing the same nannofossil specimens both by light microscope and scanning electron microscope and preservation of types*. Israel J. Earth Sci., 23, 145-147.
- MOSHKOVITZ S. (1982) - *On the findings of a new calcareous nannofossil (Conusphaera zambachensis) and other calcareous organisms in the Upper Triassic sediments of Austria*. Eclog. geol. Helv., 75(3), 611-619.
- MURRAY J & RENARD A.F. (1891) - *Report on deep sea deposits based on specimens collected during the voyage of H.M.S. Challenger in the years 1872 to 1876*. Deep sea deposits, VII-XXIX, 3, 1-525.
- NOCCHI M., PARISI G., MONACO P., MONECHI S. & MADILE M. (1988) - *Eocene and Early Oligocene micropaleontology and paleoenvironments in SE Umbria, Italy*. Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol., 67, 181-244.
- NOËL D. (1957) - *Coccolithes des terrains jurassiques d'Algérie*. Publ. Serv. Carte Géol. Algérie, 8, 303-345.
- NOËL D. (1959) - *Etude des coccolithes du Jurassique et du Crétacé inférieur*. Publ. Serv. Carte Géol. Algérie, 20, 155-196.
- NOËL D. (1965) - *Sur les coccolithes du Jurassique Européen et d'Afrique du Nord. Essai de classification des coccolithes fossiles*. Edition du CNRS Paris, 1-209.
- NOËL D. (1969) - *Structure des quelques coccolithes du Crétacé supérieur du Bassin de Paris examinés au microscope électronique*. Proc. I Int. Plankt. Conf. Geneva (1967), 2, 475-491.
- NOËL D. (1970) - *Coccolithes Crétacés. La Craie Campanienne du Bassin de Paris*. Edition du CNRS Paris, 1-129.
- NORRIS R.E. (1965) - *Living cells of Ceratolithus cristatus (Coccolithophorineae)*. Arch. Protistenk., 108, 19-24.
- OKADA H. & BUKRY D. (1980) - *Supplementary modification and introduction of code numbers to the "Low-latitude coccolith biostratigraphic zonation"*. Marine Micropaleont., 5(3), 321-325.
- PAMPALONI M.L., PICHEZZI R.M., RAFFI I. & ROSSI M.G. (1992) - *Biostratigraphy of the Marne ad Orbulina unit*. IUGS-SOG MICOP meeting Ancona, Abstracts, 1-90.
- PARISI G., GUERRERA F., MADILE M., MAGNONI G., MONACO P., MONECHI S. & NOCCHI M. (1988) - *Middle Eocene to Early Oligocene calcareous nannofossil and foraminiferal biostratigraphy at Monte Cagnero section, Piobbico, (Italy)*. In: PREMOLI SILVA I., COCCIONI R. & MONTANARI A. (Eds.), 119-135.
- PARKE M. & ADAM I. (1960) - *The motile (Crystallolithus hyalinus Gaarder & Markali) and nonmotile phases in the life history of Coccolithus pelagicus (Wallich) Schiller*. J. Mar. Biol. Assoc., U.K., 39, 263-274.
- PERCH-NIELSEN K. (1967) - *Eine Präparationstechnik zur Untersuchung von Nannoplankton im Lichtmikroskop und im Elektronenmikroskop*. Medd. Dansk. geol. Foren., 17, 129-130.
- PERCH-NIELSEN K. (1968) - *Der Feinbau und die Klassifikation der Coccolithen aus dem Maastrichtien von Denmark*. K. Dan. Vidensk. Selsk. Biol. Skr., 16(1), 1-96.
- PERCH-NIELSEN K. (1985) - *Mesozoic calcareous nannofossils*. In: BOLLI H.M., SAUNDERS J.B. & PERCH-NIELSEN K. (Eds.), "Plankton Stratigraphy", 329-426. Cambridge University Press.
- PERCH-NIELSEN K. (1985) - *Cenozoic calcareous nannofossils*. In: BOLLI H.M., SAUNDERS J.B. & PERCH-NIELSEN K. (Eds.), "Plankton Stratigraphy", 427-554. Cambridge University Press.
- PIRINI-RADRIZZANI C. (1971) - *Coccoliths from Permian deposits of Eastern Turkey*. Proc. II Plankt. Conf. Roma (1970), 2, 993-1001.
- POCHE F. (1913) - *Das System der Protozoa*. Arch. Protistenk., 30, 125-321.
- PREMOLI SILVA I., ERBA E. & TORNAGHI M.E. (1989) - *Paleoenvironmental signals and changes in surface fertility in Mid-Cretaceous C-org rich pelagic facies of the Fucoid Marls (Central Italy)*. Geobios, mem. spéc., 11.
- PREMOLI SILVA I., ORLANDO M., MONECHI S., MADILE A., NAPOLEONE G. & RIPEPE M. (1988) - *Calcareous plankton biostratigraphy and magnetostratigraphy at the Eocene-Oligocene transition in the Gubbio area*. In I. PREMOLI SILVA, R. COCCIONI & A. MONTANARI (eds), The Eocene-Oligocene boundary in the Marche-Umbria basin (Italy), 137-161.
- PREMOLI SILVA I. & PAGGI L. (1977) - *Cretaceous through Paleocene biostratigraphy of the pelagic sequence at Gubbio, Italy*. Mem. Soc. Geol. It., 15, 21-32.
- RAFFI I. & RIO D. (1979) - *Calcareous nannofossil biostratigraphy of DSDP Site 132-Leg 13 (Tyrrhenian Sea - Western Mediterranean)*. Riv. Ital. Paleont. Strat., 85, 127-172.
- REALE V. (1989) - *Nannofossili calcarei e foraminiferi nella sezione giurassica di Valdorbis*. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, 39, 80-88.
- REALE V., BALDANZA A., MONECHI S. & MATTIOLI E. (1991) - *Calcareous nannofossil biostratigraphic events from the Early-Middle Jurassic sequences of the Umbria-Marche area (Central Italy)*. Mem. Sci. Geol. Univ. Padova, 43, 41-75.
- REALE V., MONECHI S., BALDANZA A. & MATTIOLI E. (1991) - *A biostratigraphic synthesis of the Jurassic nannofossil events from Central Italy, France, Portugal and Hungary*. Mem. Sci. Geol. Univ. Padova, 43.
- REINHARDT P. (1964) - *Einige Kalkflagellaten Gattungen (Coccolithophoridae, Coccolithineen) aus dem Mesozoikum Deutschlands*. Monatsber. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin, 6, 749-759.
- REINHARDT P. (1965) - *Neue Familien für fossile Kalkflagellaten (Coccolithophoridae, Coccolithineen)*. Monatsber. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin, 7, 30-40.
- REINHARDT P. (1966a) - *Zur Taxonomie und Biostratigraphie des fossilen Nannoplankton aus dem Malm, der Kreide und dem Alttertiär Mitteleuropas*. Freiburger Forsch., (C), 196.
- REINHARDT P. (1966b) - *Fossile Vertreter coronoider und styloider Coccolithen*. Monatsber. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin, 8, 513-524.
- REINHARDT P. (1970a,b, 1971) - *Synopsis der Gattungen und Arten der mesozoischen Coccolithen und anderer kalkigen Nannofossilien, Teil I, II, III*. Freiburger Forsch., (C), 260, 5-33; 265, 43-110; 267, 19-41.
- REINHARDT P. (1972) - *Coccolithen. Kalkiges Nannoplankton seit Jahrmillionen*. Neue Brehm Bücherei, 453, 1-99.
- RIO D., RAFFI I. & VILLA G. (1989) - *Pliocene-Pleistocene calcareous nannofossil distribution patterns in the Western Mediterranean*. Proc. ODP, Sci. Results, 107, 513-533.
- ROOD A.P., HAY W.W. & BARNARD T. (1971) - *Electron microscop-*

- pe studies of Oxford Clay coccoliths. *Eclog. Geol. Helv.*, **64**(2), 245-272.
- ROOD A.P., HAY W.W. & BARNARD T. (1973) - *Electron microscope studies of Lower and Middle Jurassic coccoliths*. *Eclog. geol. Helv.*, **66**(2), 365-382.
- SCHILLER J. (1930) - *Coccolithineae*. In RABENHORST L. (ed.): *Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Leipzig: Akad. Verlagsgesellschaft, 89-267.
- SIESSER W.G. (1990-1993) - *Bibliography and taxa of calcareous nanoplankton*. *INA Newsletter*, **12-15**.
- STEINMETZ J. (1982-1990) - *Bibliography and taxa of calcareous nanoplankton*. *INA Newsletter*, **5-12**.
- STOVER L.E. (1966) - *Cretaceous coccoliths and associated nanofossils from France and The Netherlands*. *Micropaleontology*, **12**(2), 133-167.
- STRADNER H. (1961) - *Vorkommen von Nannofossilien in Mesozoikum und Alttertiär*. *Erdoel Z.*, **77**, 77-88.
- STRADNER H. (1962) - *Über neue und wenig bekannte Nannofossilien aus Kreide und Alttertiär*. *Verh. geol. Bundesanst.*, **2**, 363-377.
- STRADNER H. (1963) - *New contribution to Mesozoic stratigraphy by means of nanofossils*. *Proc. VI World Petrol. Congr.*, **1**(4), 1-16.
- TAN S.H. (1927) - *Discoasteridae incertae sedis*. *Proc. Sect. Sc. K. Akad. Wet. Amsterdam*, **30**, 411-419.
- TAPPAN H. (1980) - *The Paleobiology of Plant Protists*. Freeman & Co., San Francisco, 1-1028.
- THIERSTEIN H.R. (1971) - *Tentative Lower Cretaceous calcareous nanoplankton zonation*. *Eclog. geol. Helv.*, **64**(3), 459-488.
- THIERSTEIN H.R. (1973) - *Lower Cretaceous calcareous nanoplankton biostratigraphy*. *Abh. Geol. Bundesanst. (Wien)*, **29**, 1-52.
- THIERSTEIN H.R. (1975) - *Calcareous nanoplankton biostratigraphy at the Jurassic-Cretaceous boundary*. *Mem. Bur. Rech. Géol. Min.*, **86**, 84-94.
- THIERSTEIN H.R. (1971) - *Mesozoic calcareous nanoplankton biostratigraphy of marine sediments*. *Marine Micropaleont.*, **1**(4), 325-362.
- THIERSTEIN H.R. (1980) - *Selective dissolution of Late Cretaceous and earliest Tertiary calcareous nanofossils: experimental evidence*. *Cret. Res.*, **2**, 165-176.
- THIERSTEIN H.R. (1981) - *Late Cretaceous nanoplankton and the change at the Cretaceous-Tertiary boundary*. In J.E. WARME *et alii* (eds), *The Deep Sea Drilling Project: a decade of progress*. *Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral.*, **32**, 355-394.
- THIERSTEIN H.R., FRANZ H.E. & ROTH P.H. (1972) - *Scanning electron and light microscopy of the same small object*. *Micropaleontology*, **17**(4), 501-502.
- TREJO M. (1960) - *La familia Nannoconidae y su alcance estratigráfico en America (Protozoa, incertae sedis)*. *Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol.*, **12**, 259-314.
- VEKSHINA V.N. (1959) - *Coccolithophoridae of the Maastrichtian deposits of the west Siberian lowlands*. *SNIIGGIMS*, **2**, 56-77.
- WALLICH G.C. (1861) - *Remarks on some novel phases of organic life and on the boring powers of minute anellids, at great depths in the sea*. *Ann. Mag. Nat. Hist. Ser.*, **3**(8), 52-58.
- WORSLEY T.R. (1971) - *Calcareous nanofossil zonation of Upper Jurassic and Lower Cretaceous sediments from the Western Atlantic*. *Proc. II Plankt Conf. Roma* (1970), **321**, 1301-1322.

TAVOLE

TAVOLA I
(Figg. 1-6 e 8-21 x 3750; Fig. 7 x 1200)

- Fig. 1 - Ahmuellerellaceae: *Vagalapilla imbricata*.
Fig. 2 - Zygodiscaceae: *Zygodiscus theta*.
Fig. 3 - Chiastozygaceae: *Chiastozygus amphipons*.
Fig. 4 - Biscutateae: *Biscutum constans*.
Fig. 5 - Polycyclolithaceae: *Quadrum gothicum*.
Fig. 6 - Braarudosphaeraceae: *Braarudosphaera bigelowii*.
Fig. 7 - Nannoconaceae: *Nannoconus steinmanni*.
Fig. 8 - Stephanolithionaceae: *Corolithion rhombicum*.
Fig. 9 - Ceratolithaceae: *Ceratolithoides aculeus*.
Fig. 10 - Thoracosphaeraceae: *Thoracosphaera operculata* (opercolo).
Fig. 11 - Eiffellithaceae: *Eiffellithus turriseiffeli*.
Fig. 12 - Ellipsagelosphaeraceae: *Watznaueria barnesae*.
Fig. 13 - Microrhabdulaceae: *Lithraphidites carniolensis*.
Fig. 14 - Microrhabdulaceae: *Microrhabdulus decoratus*.
Fig. 15 - Thoracosphaeraceae: *Thoracosphaera operculata* (individuo privo di opercolo).
Fig. 16 - Arkhangelskiellaceae: *Arkhangelskiella cymbiformis*.
Fig. 17 - Coccolithaceae: *Cruciplacolithus primus*.
Fig. 18 - Calyptosphaeraceae: *Lucianorhabdus cayeuxii*.
Fig. 19 - Podorhabdaceae: *Cretrarhabdus conicus*.
Fig. 20 - Thoracosphaeraceae: *Thoracosphaera operculata* (frammento).
Fig. 21 - Pontosphaeraceae: *Prolatipatella multicarinata*.

TAVOLA

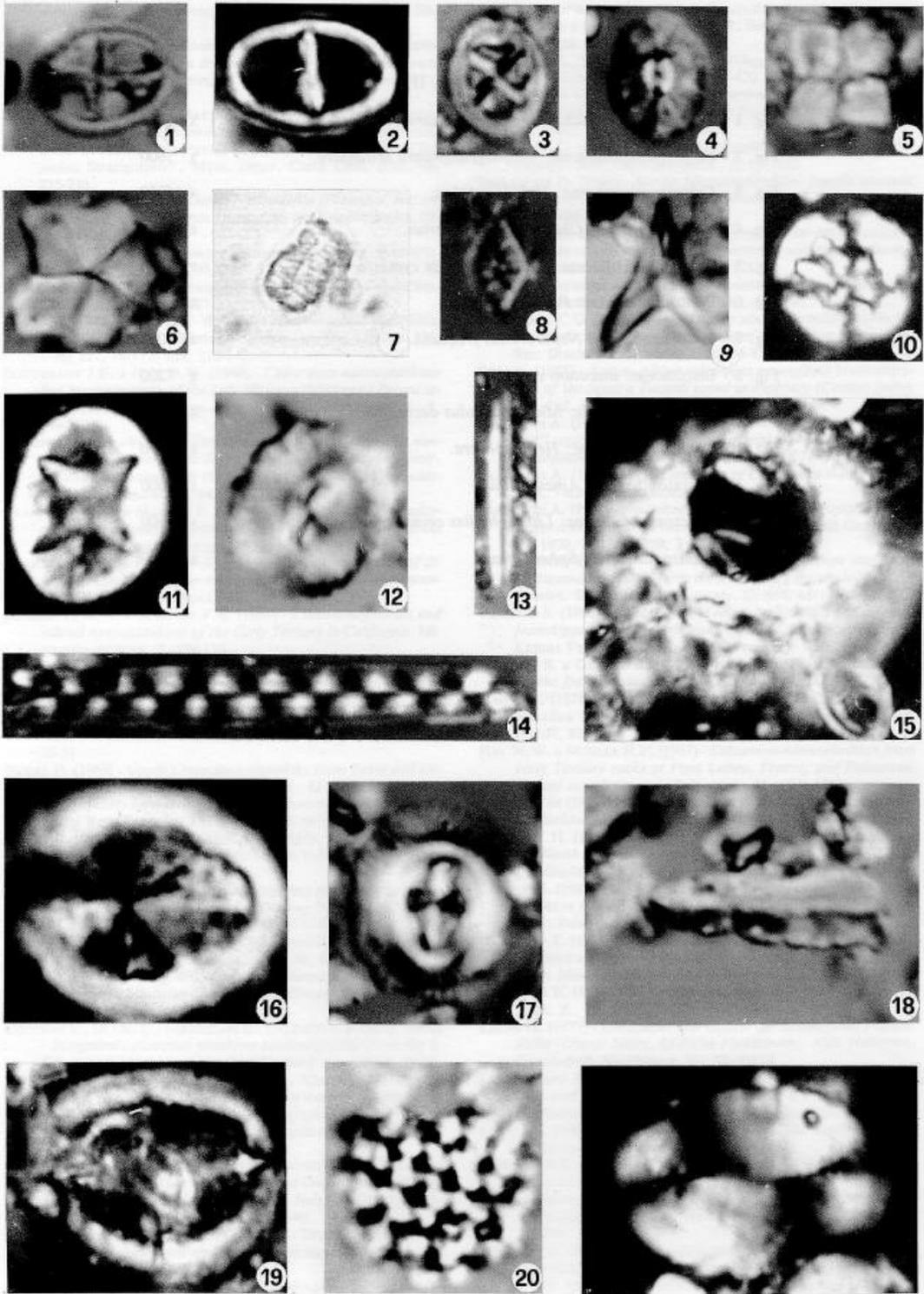


TAVOLA II

- | | |
|---|---------|
| Fig. 1 - Ellipsagelosphaeraceae: <i>Cyclagelosphaera margereli</i> . | x 6400 |
| Fig. 2 - Ellipsagelosphaeraceae: <i>Ellipsagelosphaera britannica</i> . | x 5600 |
| Fig. 3 - Calyptosphaeraceae: <i>Holodiscolithus</i> . | x 16000 |
| Fig. 4 - Chiastozygaceae: <i>Chiastozygus litterarius</i> . | x 16000 |
| Fig. 5 - Arkhangelskiellaceae: <i>Arkhangelskiella cymbiformis</i> . | x 6400 |
| Fig. 6 - Pontosphaeraceae: <i>Pontosphaera</i> . | x 8000 |
| Fig. 7 - Podorhabdaceae: <i>Nephrolithus frequens</i> . | x 8000 |
| Fig. 8 - Biscutaceae: <i>Biscutum constans</i> . | x 7200 |
| Fig. 9 - Microrhabdulaceae: <i>Microrhabdulus decoratus</i> . | x 4000 |
| Fig. 10 - Helicosphaeraceae: <i>Helicosphaera</i> . | x 8000 |
| Fig. 11 - Ceratolithaceae: <i>Amaurolithus</i> . | x 4000 |
| Fig. 12 - Microrhabdulaceae: <i>Lithraphidites carniolensis</i> . | x 5600 |
| Fig. 13 - Sphenolithaceae: <i>Sphenolithus</i> . | x 7200 |

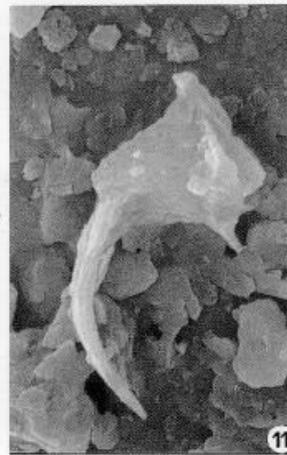
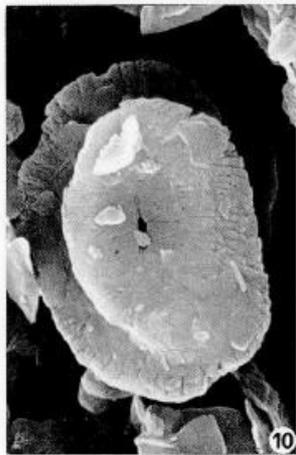
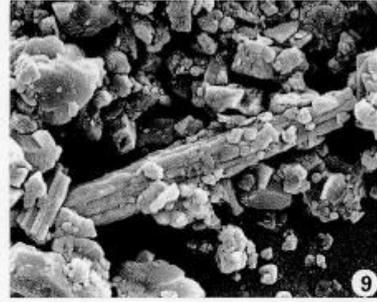
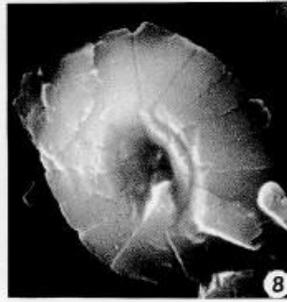
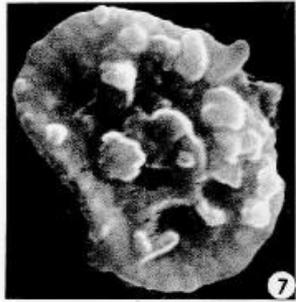
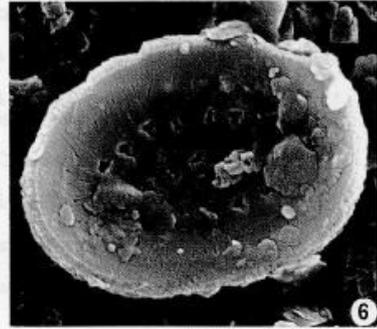
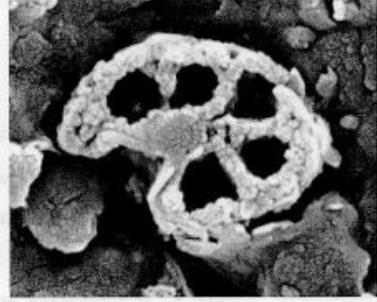
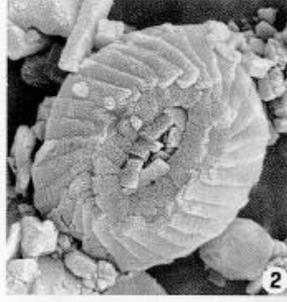


TAVOLA III

- | | |
|--|--------|
| Fig. 1 - Zygodiscaceae: <i>Parhabdolithus embergeri</i> . | x 4300 |
| Fig. 2 - Polycyclolithaceae: <i>Micula murus</i> . | x 4700 |
| Fig. 3 - Ahmuellerellaceae: <i>Vagalapilla imbricata</i> . | x 6000 |
| Fig. 4 - Nannoconaceae: <i>Nannoconus steinmanni</i> . | x 4700 |
| Fig. 5 - Heliolithaceae: <i>Heliolithus</i> . | x 6000 |
| Fig. 6 - Prinsiaceae: <i>Reticulofenestra</i> . | x 6700 |
| Fig. 7 - Discoasteraceae: <i>Discoaster</i> (forma neogenica a sei raggi biforcati) | x 3400 |
| Fig. 8 - Discoasteraceae: <i>Discoaster</i> (forma paleogenica a raggi corti, larghi, più numerosi e a contatto fra loro). | x 4000 |
| Fig. 9 - Coccolithaceae: <i>Coccolithus pelagicus</i> . | x 6700 |
| Fig. 10 - Braarudosphaeraceae: <i>Braarudosphaera bigelowii</i> . | x 3400 |
| Fig. 11 - Stephanolithionaceae: <i>Stephanolithion bigotii</i> . | x 7000 |
| Fig. 12 - Thoracosphaeraceae: <i>Thoracosphaera</i> (frammento) | x 2000 |

