

FOSSILI UTILI IN BIOSTRATIGRAFIA

Palinomorfi (Acritarchi - Spore e pollini)

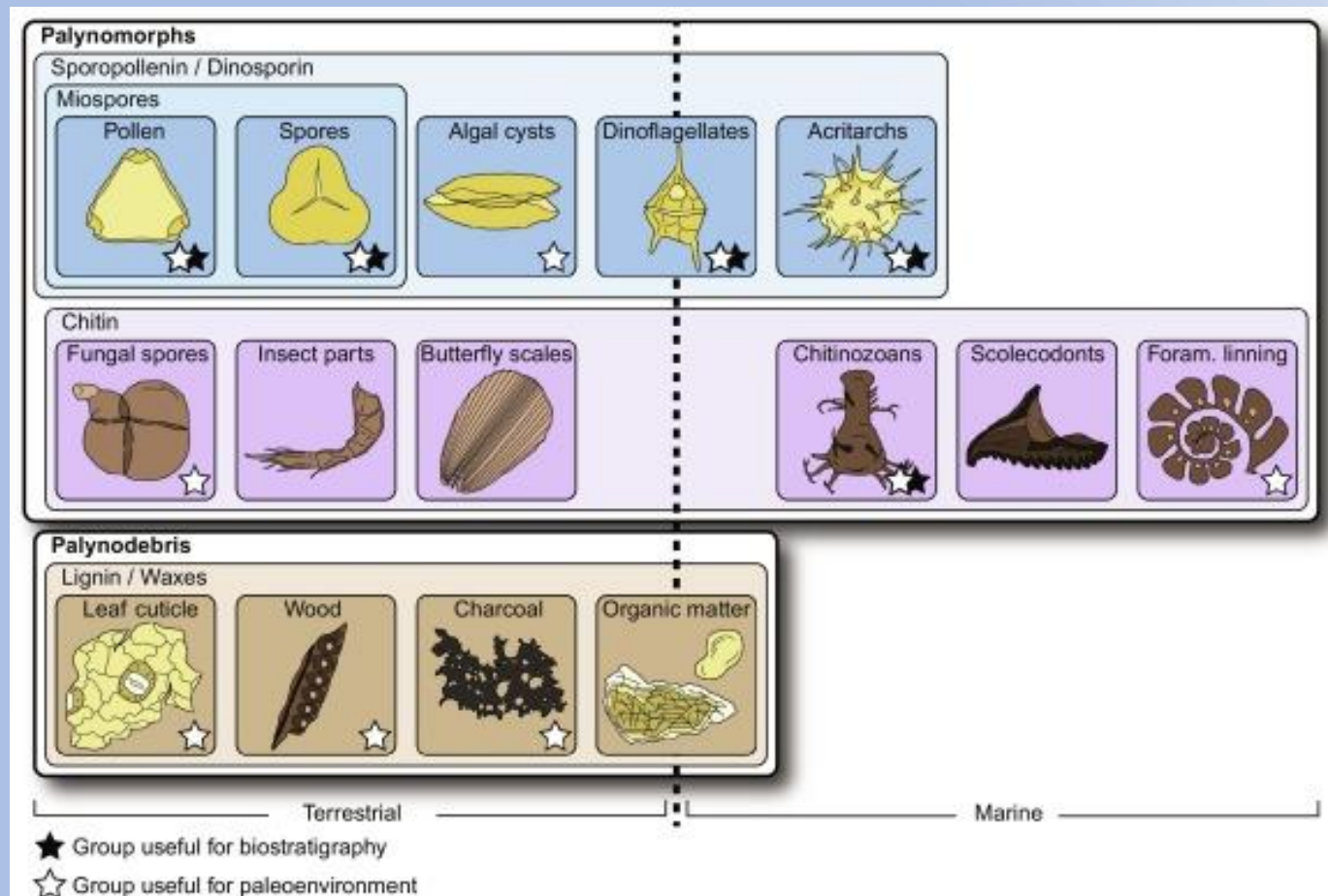
Tentaculiti - Calpionelle - Microcrinoidi

Radiolari - Diatomee

Palinomorfi

I microresti di vegetali sono in generale abbondanti in sedimenti continentali e marini costieri, spesso abbinati ad altri microresti di origine animale.

Il termine **palinomorfi** indica tutti i fossili di piccole dimensioni di origine vegetale e viene esteso (impropriamente) a fossili animali che possono essere trovati nei campioni preparati con tecniche palinologiche.

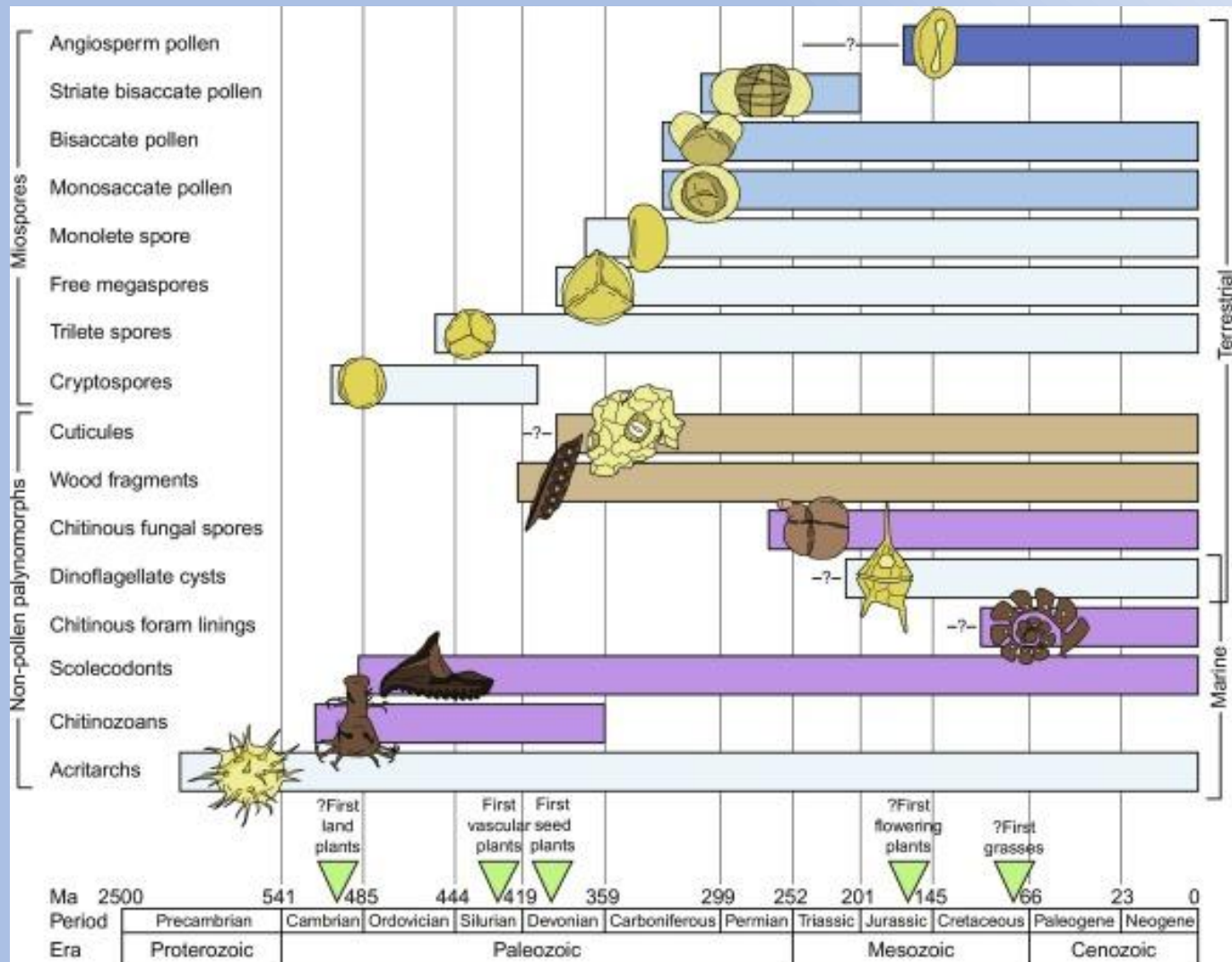


Palinomorfi

I palinomorfi sono costituiti da pareti organiche molto resistenti e hanno un ottimo potenziale di conservazione.

Utili in biostratigrafia sono:

Acritarchi
Dinoflagellati
Spore e pollini



Acritarchi

Il nome “acritarco” significa “di origine incerta” e fu inventato per la prima volta da Evitt nel 1963 per indicare tutti i microfossili a parete organica che non si riescono a collocare nei gruppi noti. Gli acritarchi, infatti, costituiscono un gruppo artificiale.

Si tratta di vescicole sferoidali con una ornamentazione superficiale, di dimensioni comprese tra circa 20 e 120 μm . Sono dotati di una parete organica relativamente robusta, simile alle cisti di certe alghe dinoflagellate attuali.

Si ritiene che siano organismi ad affinità vegetale, probabilmente cisti di alghe planctoniche eucariote



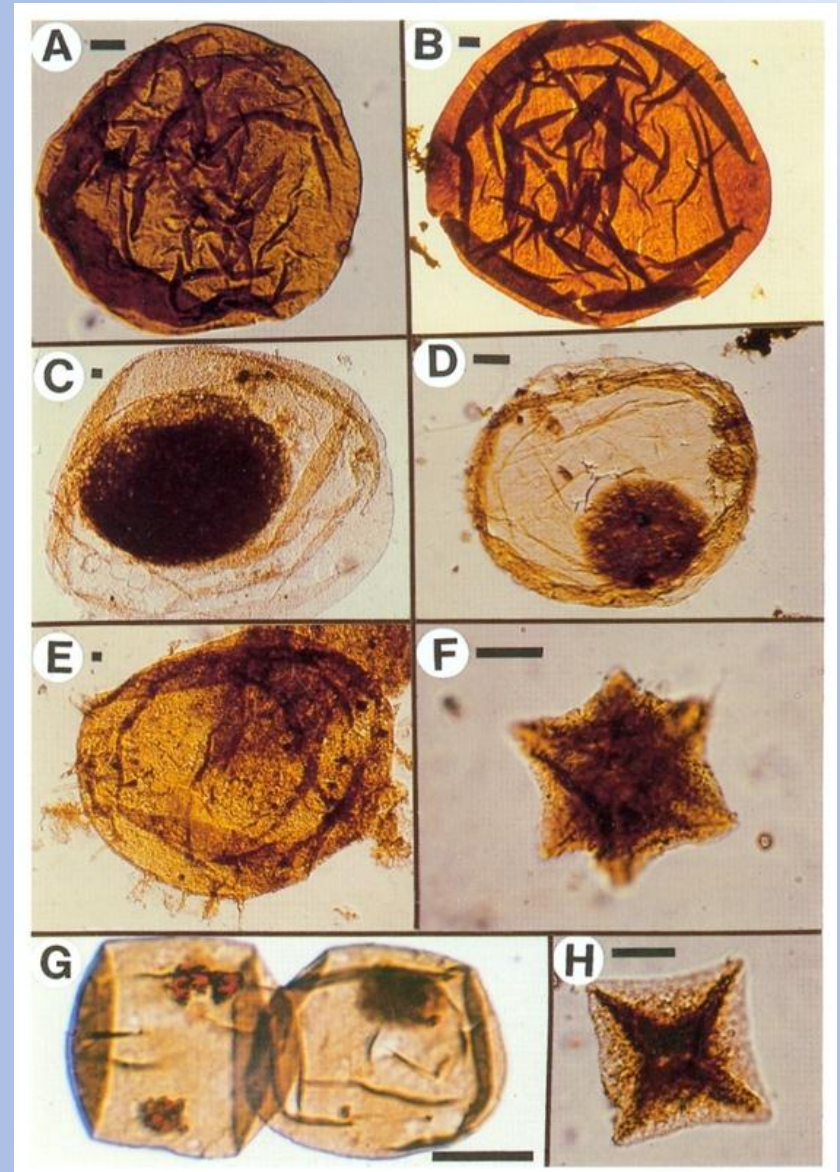
Acritarchi

I più antichi acritarchi noti provengono da scisti Proterozoici (circa 1900 Ma) ritrovati in Siberia e rappresentano i primi organismi planctonici comparsi sulla Terra.

Raggiungono un notevole sviluppo attorno agli 800 Ma e vanno in declino a partire da 660 Ma, in corrispondenza dell'inizio di una glaciazione.

Successivamente, si osserva una nuova affermazione con forme spinose, con una ripresa evolutiva che perdurerà nel Paleozoico inferiore.

La loro scomparsa avvenne durante il Permiano, ma a partire da circa 400 Ma sono estremamente rari.



Acritarchi

MORFOLOGIA

Lo schema di classificazione artificiale (cioè basata sulla morfologia e non sulle affinità biologiche).

Acanthomorfi: hanno corpo sferico e spine, di norma aperte verso il corpo.

Polygonomorfi: hanno una forma definita dal numero di spine; spesso hanno un profilo triangolare o quadrato.

Netromorfi: hanno un corpo fusiforme con una o più spine.

Diacromorfi: hanno una forma sferica o elissoidale, con ornamentazioni limitate ai poli.

Prismatomorfi: hanno una forma prismatica poligonale, con frange o creste attorno ai margini.

Oomorfi: hanno forma ovoidale, con ornamentazione a una sola estremità.

Herkomorfi: hanno forma sferica, con la parete divisa in poligoni (come un pallone da calcio).

Pteromorfi: sono vagamente sferoidali, ma con la zona centrale compressa.

Sphaeromorfi: hanno una morfologia sferica.



Acanthomorph,
from the latin acantha = thorn



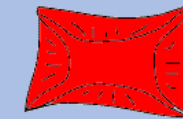
Polygonomorph,
poly = many,
gonia= angle



Netromorph, netron
= spindle



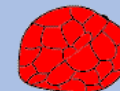
Diacromorph,
di = two, akron = summit



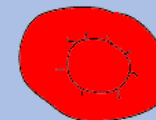
Prismatomorph,
prisma = prism



Oomorph, oon = egg



Herkomorph, herkos
= wall or fence



Pteromorph,
pteros = wing



Sphaeromorph,
sphaira = ball

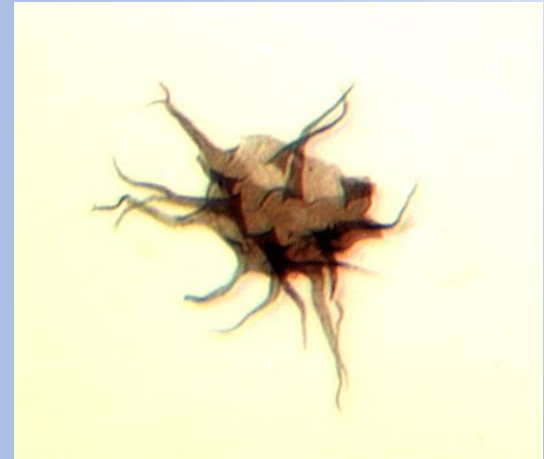
Acritarchi

APPLICAZIONI

Gli acritarchi sono comuni in sedimenti scistosi e siltitosi, raramente si trovano anche in arenarie e calcari.

In prima approssimazione le associazioni costiere e di acqua profonda presentano una bassa diversità e sono dominate da sferomorfi; quelle di piattaforma sono molto più differenziate.

Gli acritarchi sono estremamente utili nei lavori di correlazione stratigrafica delle rocce del **Proterozoico e del Paleozoico inferiore** (soprattutto fino all'Ordoviciano), principalmente perchè sono gli unici microfossili relativamente abbondanti.



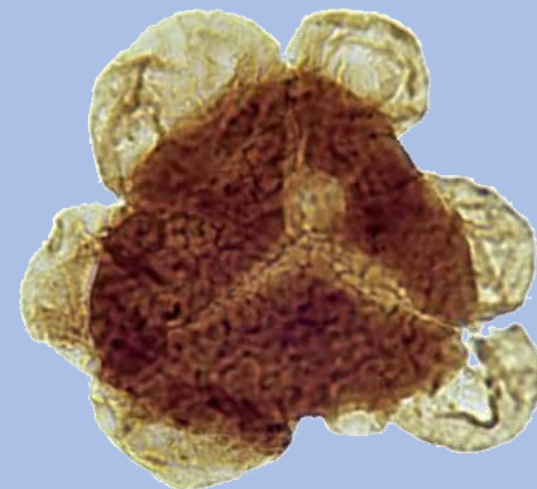
Multiplicisphaeridium
Siluriano



Vulcanisphaera africana
Ordoviciano Inf.

Spore e pollini

Spore e pollini sono organi riproduttivi delle piante.
Le dimensioni sono di norma comprese tra 10 e 100 μm di diametro.
La classificazione è basata sulla morfologia.



Fossili utili in stratigrafia

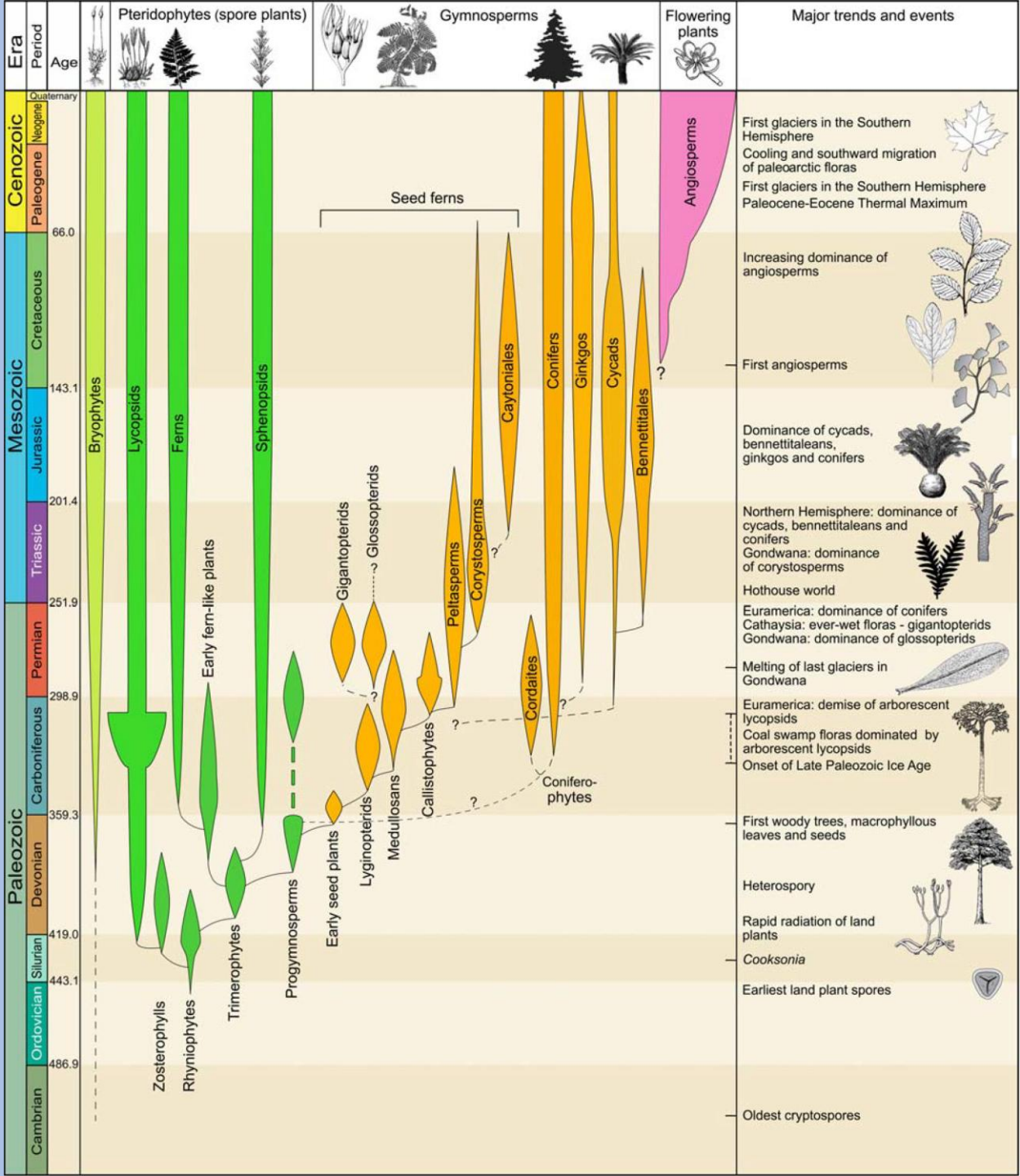
Esistono quattro grandi gruppi di piante:

Briofite – le piante più semplici (es. muschi)

Pteridofite - piante inferiori con alternanza di generazioni e senza fiori né semi (es. felci ed equiseti)

Gimnosperme - piante che non hanno veri fiori e i semi si sviluppano all'interno di una struttura riproduttiva detta pigna o cono, simile ad un fiore primitivo (es. conifere)

Angiosperme – piante con fiori



Schemi di biozonazione sono disponibili per quasi tutti gli intervalli di tempo.

Devonian Plants and Vertebrates										
AGE (Ma)	Epoch/Age (Stage)	Macro-plants	Spore Zonation, Western Europe	Shark zonation	Armored Fish Zonation	Acanthodian Zonation				
360	Carboniferous	Mp1	R. lepid. - V. variatus R. lepid. - V. nitidus	VI LVa						
	Late	359.3	Cyclostigma	LE	Phoeobodus limpidus	PLACODERM Extinction				
			Famennian	R. lepid. - I. explanatus R. lepid. - R. lapid. minor			LL	Bothriolepis ciechere		
				R. lepidophyta - R. literatus A. varians - V. varians			VH		Phoeobodus gothicus	
				D. versabilis - G. cornuta			VCo			Bothriolepis omala
				Retispora macroneticulata			GF			
		Grandispora microseta		DV	Bothriolepis typicus					
		G. gracilis - G. famenensis	Phoeobodus bifurcatus							
		Knoxiosporites daedaleus - Diducites versabilis				Phoeobodus atus				
		Frasnian					Grandispora gracilis	Omalodus Phoeobodus sophiae	Bothriolepis cellulosa	
R. bricei - C. acanthaceus							B. prima - B. obrutschewi			
Verrucosiporites bulliferus - Lophozonotrites media	Asterolepis ornata									
Verrucosiporites bulliferus - Cirratiradites jekhowskyi			Schizosteus heterolepis							
Middle				378.9	First large trees: Eospermopteris	TCo				Devononchus concinnus
		Givetian			Samarisporites triangulatus	TA		Diplacanthus gravis		
					Chelinospora concinna					
	Svalbardia				Samarisporites triangulatus					
	Ancyrospora ancyrea									
	Geminispora lemurata									
	Eifelian	First small trees: Calamophyton Pseudosporochneus	AD	Schizosteus striatus	Nostolepis kernavensis					
		385.3	Acinosporites acanthomammillatus - Densosporites devonicus			AP	Coccosteus cuspidatus	Ptychodictyon rimosum		
			Grandispora velata							
			Acinosporites apiculatus - Grandispora protea							
Emphanisporites foveolatus										
Verruciretusispora dubia										
Early	394.3	Stockmenseella, Leclerqia	FD	Skamolepis fragilis	Laliacanthus singularis					
			Emphanisporites annulatus							
			Brochotrilletes bellatulus							
			Verrucosiporites polygonalis - Dictyotrilletes emsiensis							
			Emphanisporites breconensis - Emphanisporites zavalatius							
	Pragian	Psilophyton	PoW	Rhinopteraspis dunensis	Gomphonchus tauragensis					
		Gosslingia (Zosterophyllum)	BZ			Althaspis leachi				
		Emphanisporites micromatus - Streelispora newportensis	MN				Rhinopteraspis crouchi			
		Lochkovian						Phialaspis, Protopteraspis, Pteraspis rostrata	Nostolepis minima	
410	410.51									
412.4										
415										
420	Silurian					Katoprodus timanicus				

Spore e pollini

Sono l'unico gruppo di fossili che consente una correlazione diretta tra sequenze marine e continentali.

AGE (Ma)	SYSTEM	STAGE	CONODONTS		AMMONOIDS	SPORES	FORAMINIFERS		RUGOSE CORALS	HANGENBERG CRISIS	
			Corradini et al. 2017, 2021	Becker et al. 2016, 2020	Becker et al. 2016, 2020	Streel et al. 1987 Prestianni et al. 2016	Kulagina et al. 2021	Poty et al. 2006 Denayer et al. 2021	Poty et al. 2006 Denayer et al. 2021	Becker et al. 2016, 2021	
357	CARBONIFEROUS	Tournaisian	Si. sandbergi	Si. sandbergi	Zadelsdorfia	HD	Chernyshinella disputabilis	MFZ 2	RC 1β		
					Pseudoarietites						
358			Si. jii	Si. mehli	Paprothites	Earlandia minima	MFZ 1	RC 1α			
			Si. duplicata	Si. duplicata							
			Si. bransoni	Si. bransoni	Gattendorfia	Tournayelina pseudobeata - remnant Quasiendotyhra	DFZ 8				
359	Pr. kockeli	Si. sulcata/ Pr. kuehni	Acumitoceras (Stockumites)	VI	Tournayelina pseudobeata - remnant Quasiendotyhra	DFZ 8	RC 1α	post-crisis Interval			
		Pr. kockeli									
360	DEVONIAN	Famennian	Pr. meischneri SZ	ckl	Postclymenia	LE	Quasiendotyhra kobeitusana	DFZ 7	RC 0β	Upper III	
					Si. praesulcata					Wocklumeria	Middle II
				Bi. ultimus	Bi. ultimus ultimus					Parawocklumeria	Lower I
										Effenbergia	Prelude II
										M. bisulcata	pre-crisis Interval
362			Bi. costatus	Bi. costatus	Kalloclymenia						

Tentaculiti

I tentaculiti (**Tentaculita**, Boucek, 1964) sono un enigmatico gruppo di animali estinti, forse appartenenti ai molluschi, vissuti tra il Cambriano medio e il Devoniano Superiore.

Sono noti principalmente in sedimenti dell'Europa e del Nordamerica.



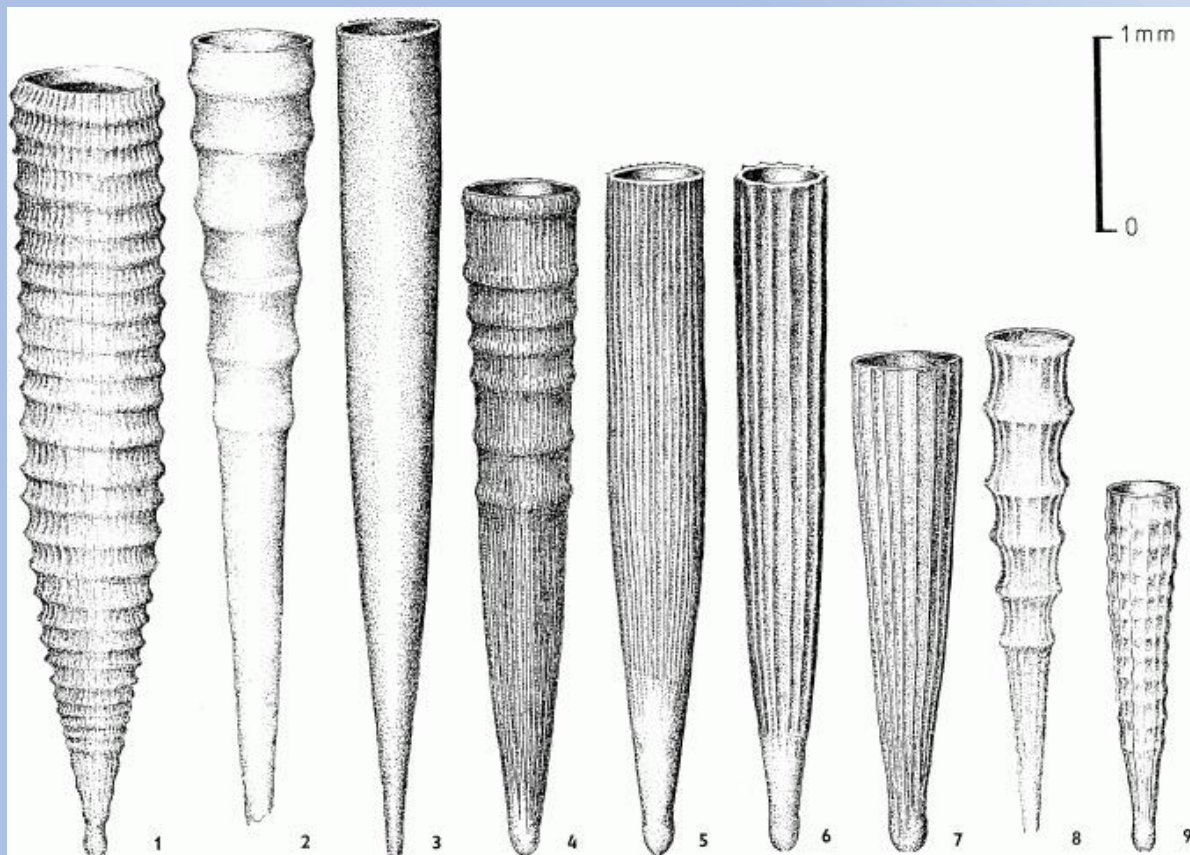
Tentaculiti

MORFOLOGIA

Sono piccole conchiglie calcaree allungate, quasi aghiformi. Le dimensioni variano da pochi millimetri a qualche centimetro.

Sono strutture coniche aperte da un lato e, chiuse, quasi appuntite dall'altro.

Spesso sono presenti ornamentazioni esterne, per lo più coste trasversali o longitudinali.



Tentaculiti

MORFOLOGIA

Alcuni esemplari conservano le parti molli, e tra di esse sono visibili chiaramente una struttura simile a un sifone e dei tentacoli.

AFFINITA' BIOLOGICA

L'attribuzione tassonomica dei tentaculiti è incerta.

Alcuni autori li associano agli pteropodi, ma non c'è nessun reale supporto scientifico a parte una vaga similitudine morfologica. Altri ai cefalopodi, per la presenza di un sifone e tentacoli.

La microstruttura delle conchiglie ricorda quella dei brachiopodi.

Inoltre potrebbero essere imparentati con altri gruppi con conchiglie allungata, quali ad esempio i cornulitidi, microconchidi, ecc.

Tentaculiti

CLASSIFICAZIONE

Non esiste un generale accordo sulla classificazione dei tentaculiti.

La Classe Tentaculita è divisa in tre ordini: Tentaculitida, Homoctenida e Dacryoconarida.

I **Tentaculita** sono noti dall'Ordoviciano al Devoniano; hanno dimensioni maggiori e si ritiene fossero bentonici.

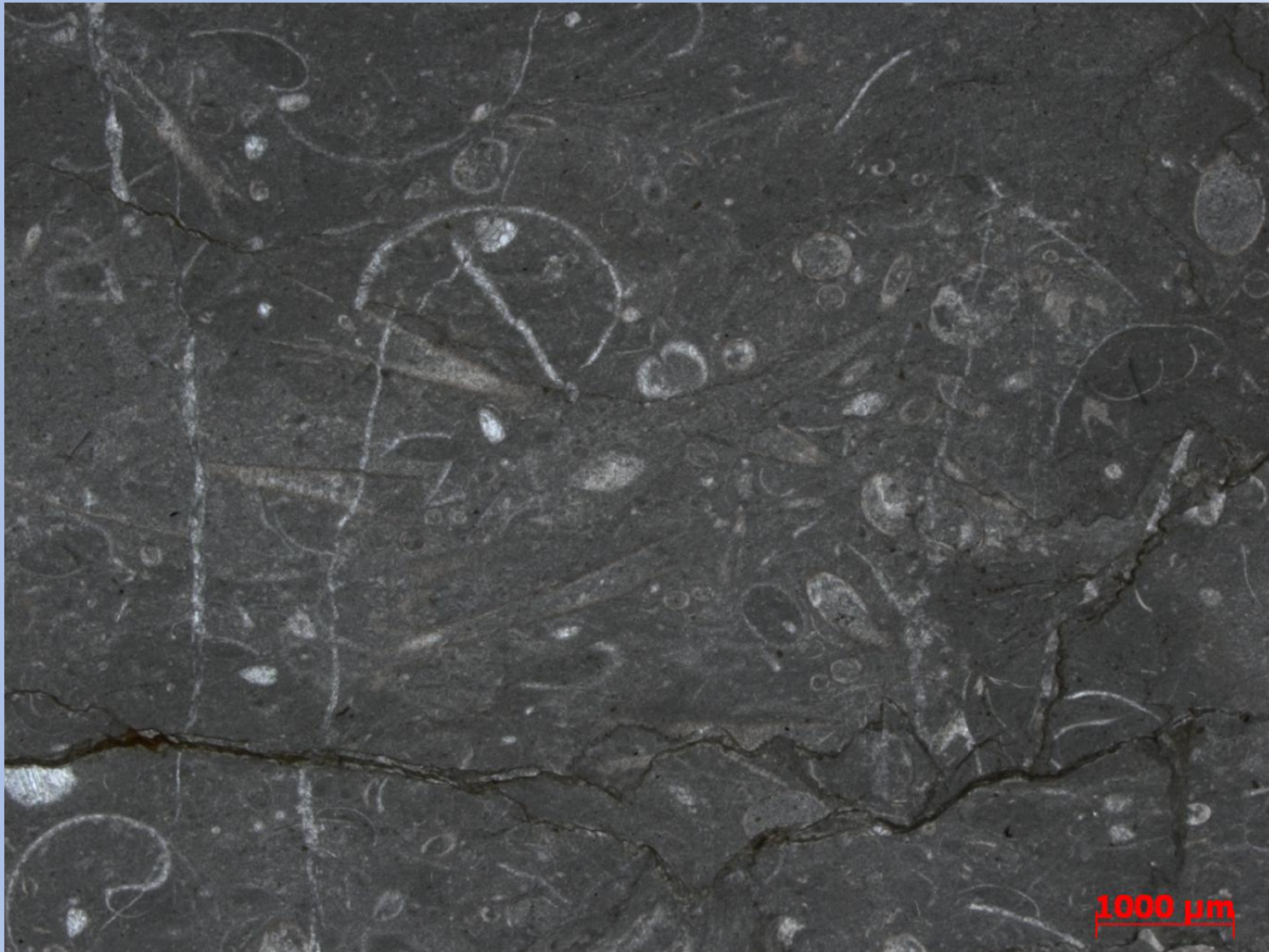
Homoctenida e **Dacryoconarida** sono esclusivamente devoniani, di piccole dimensioni e ampia diffusione geografica. Si ritiene fossero planktonici.

Tentaculiti



Devoniano Medio, Alpi Carniche

Tentaculiti



Devoniano Medio, Alpi Carniche

Tentaculiti

STRATIGRAFIA

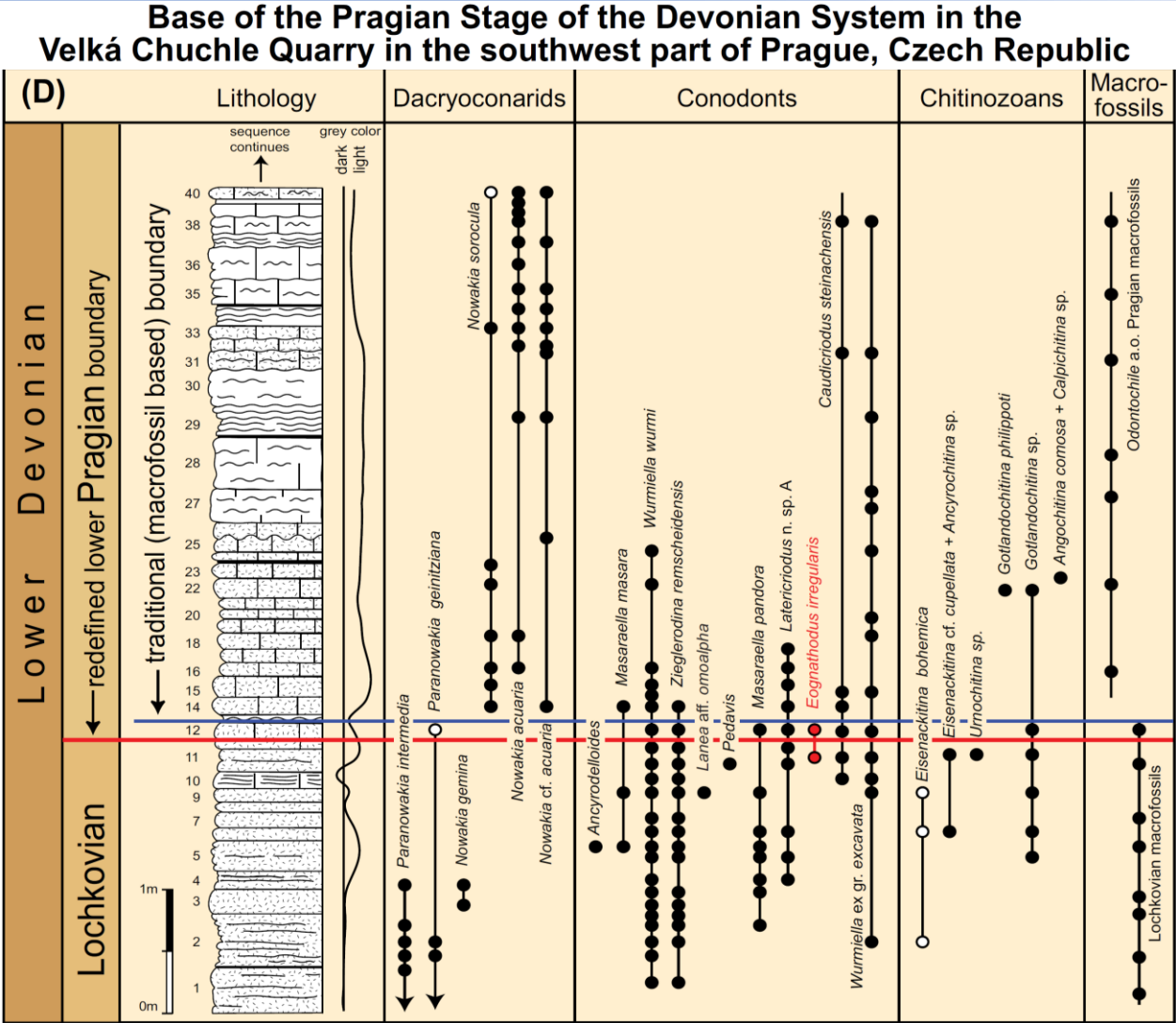
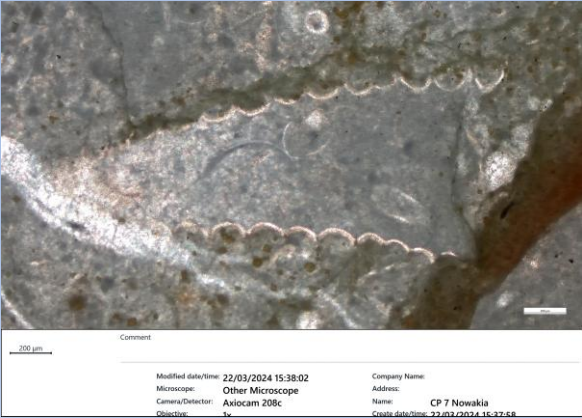
I dacryoconaridi sono particolarmente importanti per la stratigrafia del Devoniano, soprattutto dal Lochkoviano superiore al Frasniano inferiore

Devonian Time Scale											
AGE (Ma)	Epoch/Age (Stage)	Conodont Zonation		Ammonoid Zonation		Ostracod Zonation	Chitino-zoan Zonation	Dacryoconarid Zonation			
379	Givetian	LT	Polygnathus dengleri dengleri	MD III	E	Petteroceras	Franklinella (F.) torleyi	Parisochitina perforata	Striatostyliolina striata		
			Polygnathus dengleri sagitta		D	Pseudoproboloceras					
			Klapperina disparilis		C	Synphariceras					
380			Polygnathus cristatus ectypus		B2	Lunuphariceras					
			Schmidognathus hermanni		B1	Extrophariceras					
		"Ozarkodina" semialternans	A	Phariceras	Waldeckella suberecta		Nowakia (Now.) globulosa				
381		Polygnathus ansatus	D	Atramaeniceras				Waldeckella praerecta	Linochitina jardinei	Vriatellina minuta	
382			Polygnathus rhenanus - Polygnathus varcus	C	Wedekindella						
383		E	Polygnathus timorensis	MD II	B	Maenioceras	Richteria nayensis	A. comigera	Nowakia (Now.) postotomari		
384					Polygnathus hemiansatus	A				Bensaidites	
385					385.3						
386	Eifelian	LT	Polygnathus ensensis	MD I	F2	Holzapfeloceras	Richteria longisulcata	Eisenackitina aranea	Nowakia (Now.) chlupaciana		
			Polygnathus eifflii		F1	Agoniatites					
387			Tortodus kockelianus		E	Cabrieroceras					Cepanowakia pumilio
388			Tortodus australis								
389			Polygnathus pseudofoliatus		D	Subanarcestes macrocephalus				Bisulco-entomozoe tuberculata	Alpenachitina eisenacki
390		Polygnathus costatus	C				Pinacites				
391		Polygnathus partitus	B				Fidelites				
392			A								
393											
394		394.3									
395	Early Emsian	LT	Polygnathus patulus	LD IV	D2b	Anarcestes (without Sellanarcestes)	Angochitina sp. A	Armorico-chitina panzuda	Nowakia (Now.) richteri		
			Linguipolygnathus cooperi cooperi		D2a						
396			Linguipolygnathus serotinus		D1	Anarcestes (with Sellanarcestes)					
397			Eolinguipolygnathus laticostatus		C	Sellanarcestes					
398					B	Latanarcestes					
399		A			Rherisites		Nowakia (N.) cancellata				
									Nowakia (N.) elegans		
400						LD III	E	Mimosphinctes			
							D	Mimagoniatites			

Tentaculiti

STRATIGRAFIA

In particolare la base del Pragian era stata storicamente basata sul FAD di *Nowakia acuaria*.

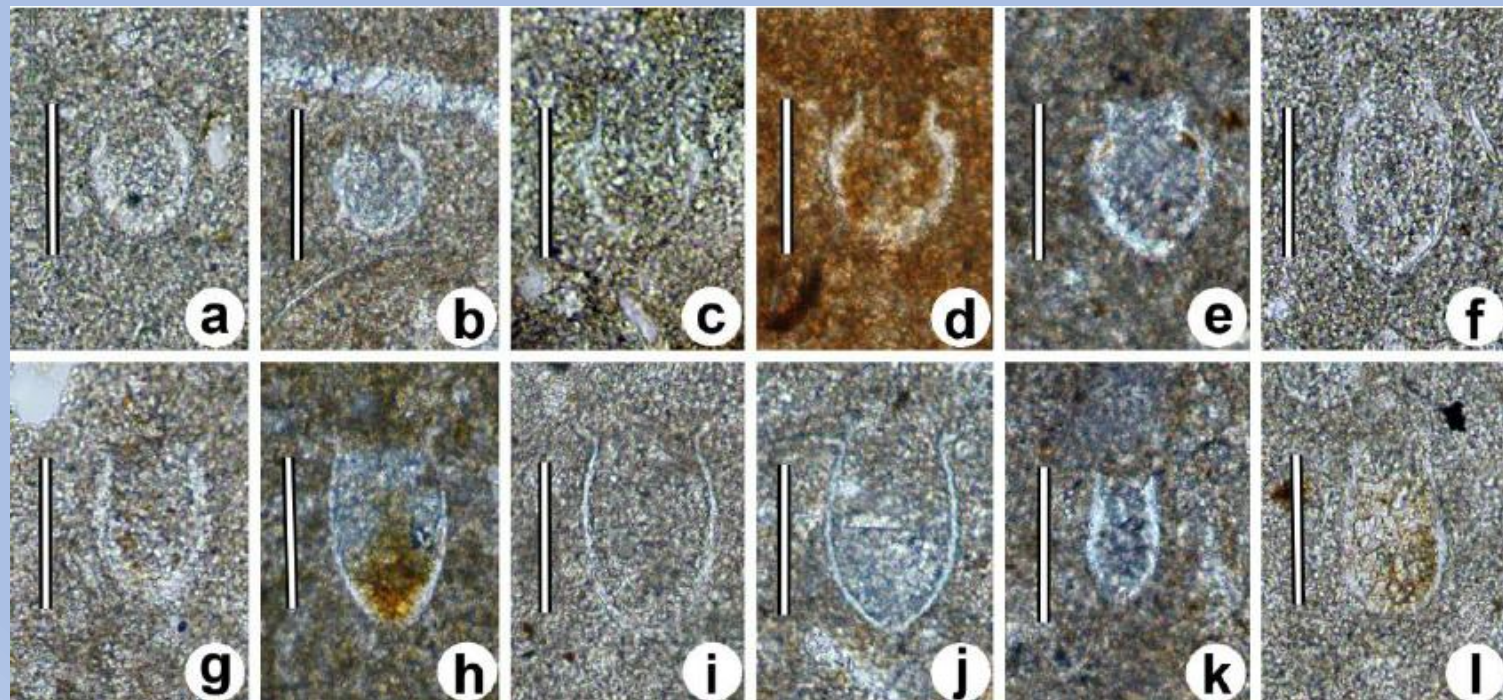


Calpionellidi

I calpionellidi sono un gruppo estinto di organismi eucarioti unicellulari di affinità incerte.

Sono noti dal Giurassico Superiore e del Cretaceo Inferiore.

Erano organismi planctonici con scheletro di calcite a forma di urna, diffusi nella Tetide e documentati anche altrove.

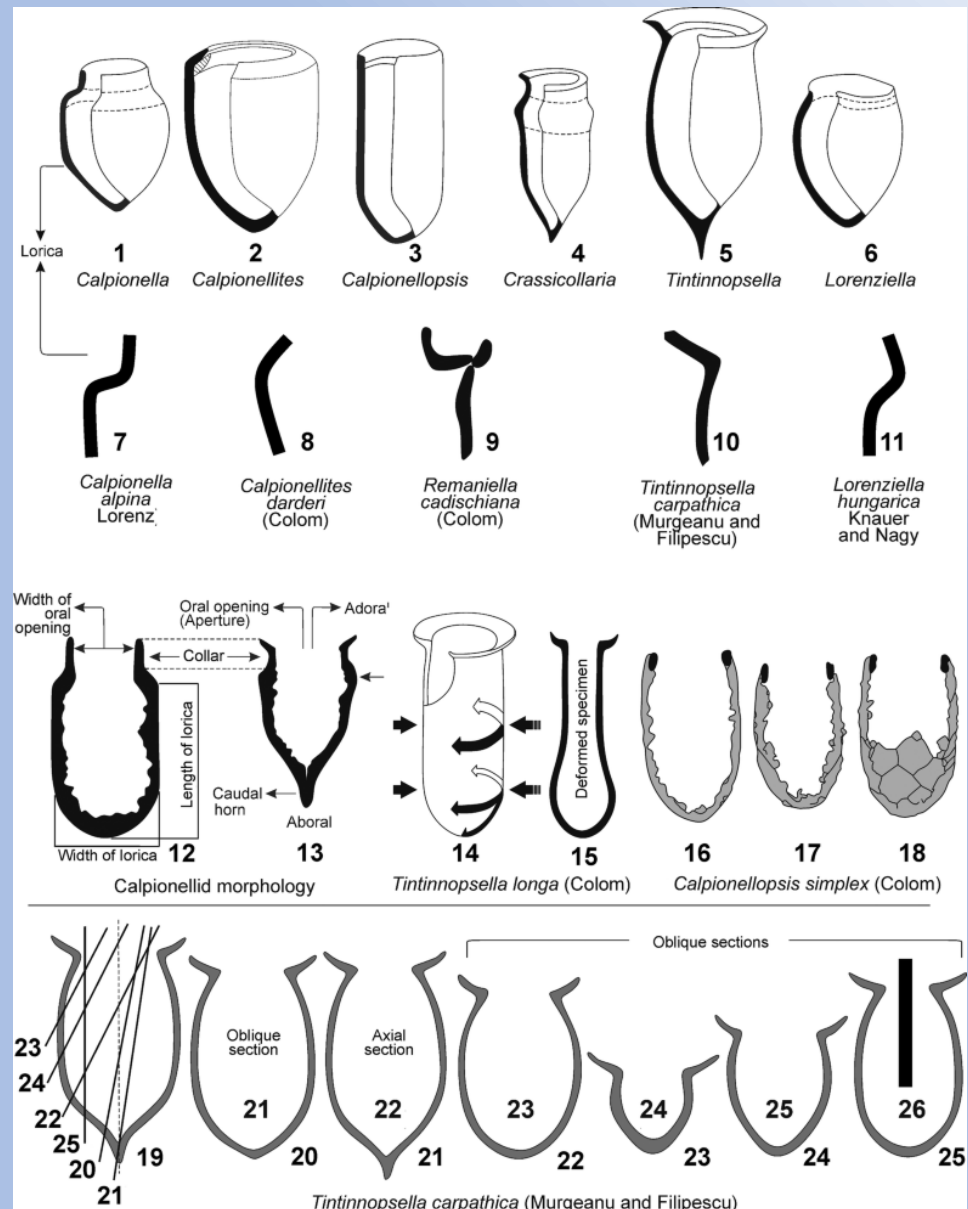


Calpionellidi

MORFOLOGIA

Major calpionellid genera (1–6), lorica (test wall) (7–12), morphology (13–16) and sectional details (17–25)

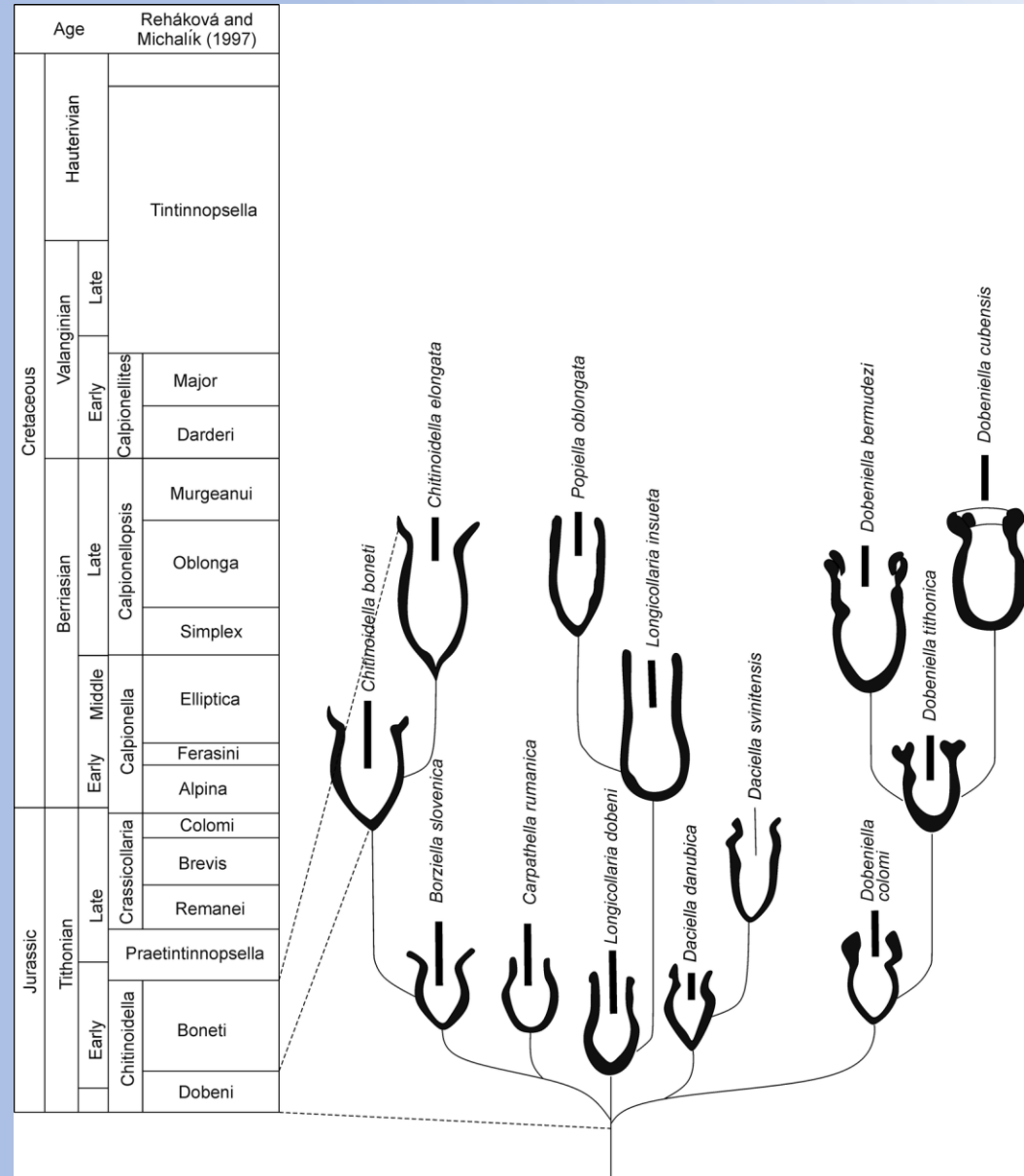
- 1: *Calpionella* Lorenz;
- 2: *Calpionellites* Colom;
- 3: *Calpionellopsis* Colom;
- 4: *Crassicollaria* Remane;
- 5: *Tintinnopsella* Colom;
- 6: *Lorenziella* Knauer and Nagy;
- 7: *Calpionella alpina* Lorenz;
- 8: *Calpionellites darderi* (Colom);
- 9: *Remaniella cadischiana* (Colom);
- 10: *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu and Filipescu);
- 11: *Lorenziella hungarica* Knauer and Nagy;
- 12–13: Calpionellid morphology;
- 14–15: *Tintinnopsella longa* (Colom);
- 16–18: *Calpionellopsis simplex* (Colom);
- 19–25: *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu and Filipescu).



STRATIGRAFIA

La loro abbondanza, soprattutto in sedimenti pelagici, consente correlazioni biostratigrafiche a lunga distanza e datazioni precise.

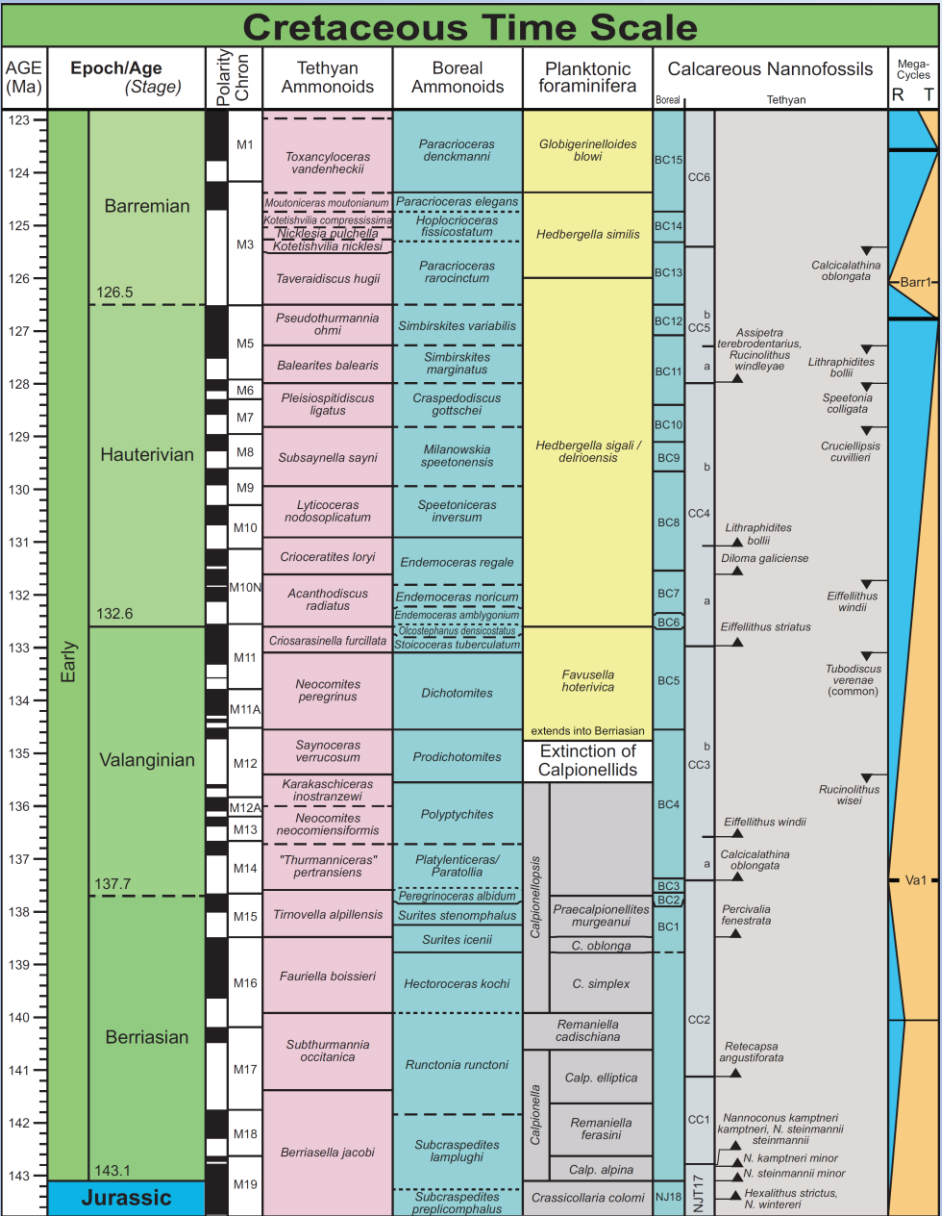
Schema filogenetico e distribuzione stratigrafica dei principali generi di calpionellidi



Calpionellidi

BIOSTRATIGRAFIA

Schemi di biozonazione a calpionellidi sono utilizzati soprattutto nel Titoniano, Berrisiano e Valanginiano inferiore nella Tetide



Calpionellidi

CRONOSTRATIGRAFIA

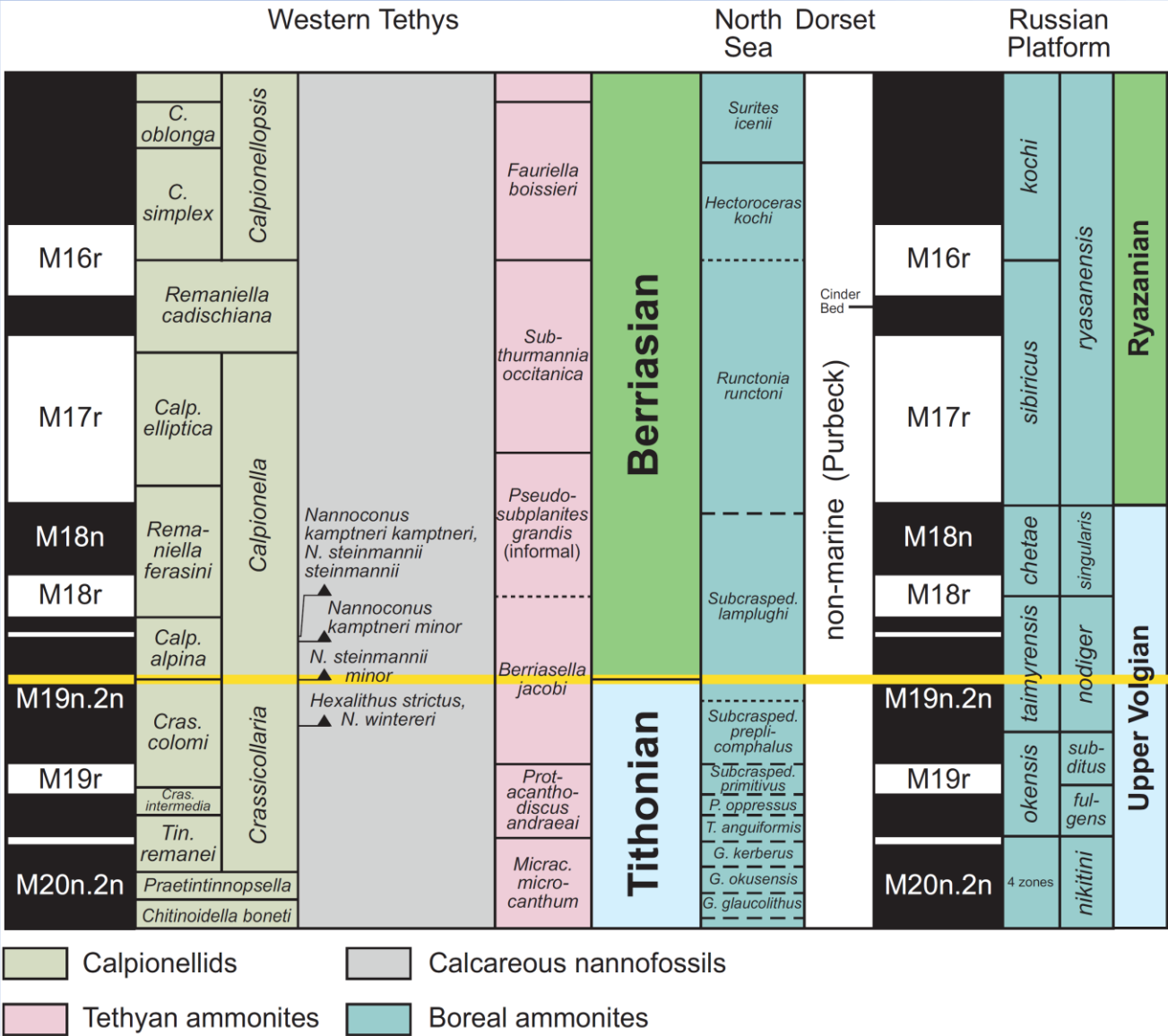
GSSPs of the Cretaceous Stages, with location and primary correlation criteria					
Stage	GSSP Location	Latitude, Longitude	Boundary Level	Correlation Events	Reference
Maastrichtian	Tercis les Bains, Landes, France	43°40'46.1"N 1°06'47.9"W*	level 115.2 on platform IV of the geological site at Tercis les Bains	Mean of 12 biostratigraphic criteria of equal importance. Near ammonite FAD of <i>Pachydiscus neubergicus</i>	Episodes 24/4, 2001
Campanian	<i>candidates are in Italy and in Texas</i>			<i>Crinoid, LAD of Marsupites testudinarius or base of Chron C33r</i>	
Santonian	Olazagutia, Northern Spain	42°52'5.3"N 2°11'40"W	94.4 m in the eastern border of the Cantera de Margas quarry	Inoceramid bivalve, FAD <i>Platyceramus undulaticus</i>	Episodes 37/1, 2014
Coniacian	<i>candidates are in Poland (Slupia Nadbrzeza) and Germany (Salzgitter)</i>			<i>Inoceramid bivalve, FAD of Cremonoceras deformis erectus</i>	
Turonian	Pueblo, Colorado, USA	38°16'56"N 104°43'39"W*	base of Bed 86 of the Bridge Creek Limestone Member	Ammonite, FAD of <i>Watinoceras devonense</i>	Episodes 28/2, 2005
Cenomanian	Mont Risou, Hautes-Alpes, France	44°23'33"N 5°30'43"E	36 m below the top of the Marnes Bleues Formation on the south side of Mont Risou	Foraminifer, FAD of <i>Thalmanninella globotruncanoides</i>	Episodes 27/1, 2004
Albian	Col de Pré-Guittard Section, Drôme, France	44°29'47"N 5°18'41"E	37.4 m above the base of the Marnes Bleues Formation and 40 cm above the base of the Kilian Niveau	Foraminifer, FAD of <i>Microhedbergella renilaevis</i>	Episodes 40/3, 2017
Aptian	<i>candidate is Gorgo a Cerbara, Umbria-Marche, central Italy</i>			<i>Base of Chron M0r; near ammonite, FAD of Deshayesites ogilensis</i>	
Barremian	<i>candidate is Río Argos near Caravaca, Murcia province, Spain</i>			<i>Ammonite, FAD of Taveriaidiscus hugii</i>	
Hauterivian	La Charce Section, Drôme Province, southeast France	44°28'10"N 5°26'37.4"E	base of Bed 189 of La Charce Section	Ammonite, FAD of genus <i>Acanthodiscus</i>	
Valanginian	<i>candidate is near Caravaca (S. Spain)</i>			<i>Calpionellid, FAD of Calpionellites darderi</i>	
Berriasian	<i>Tré Maroua, SE of Gap, southeast France</i>			<i>Calpionellid, FAD of Calpionella alpina</i>	
* according to Google Earth					



Calpionellidi

CRONOSTRATIGRAFIA

Correlation of the Jurassic-Cretaceous boundary from Western Tethys into the Boreal Realm. Relative placement of selected index fossils for defining the Jurassic-Cretaceous boundary among different paleogeographic regions of the Western Tethys, the Sub-Boreal (North Sea, Dorset), the Boreal (Nordvik, Russian Platform). Yellow line is the proposed GSSP.



Microcrinoidi

Minuscoli crinoidi pelagici dell'Ordine Roveacrinida sono comuni in alcuni intervalli del Triassico, del Giurassico Superiore e del Cretaceo Medio-Superiore, sebbene non sia chiaro se le forme del Triassico siano strettamente correlate a quelle del Giurassico e del Cretaceo o rappresentino un sviluppo evolutivo parallelo.

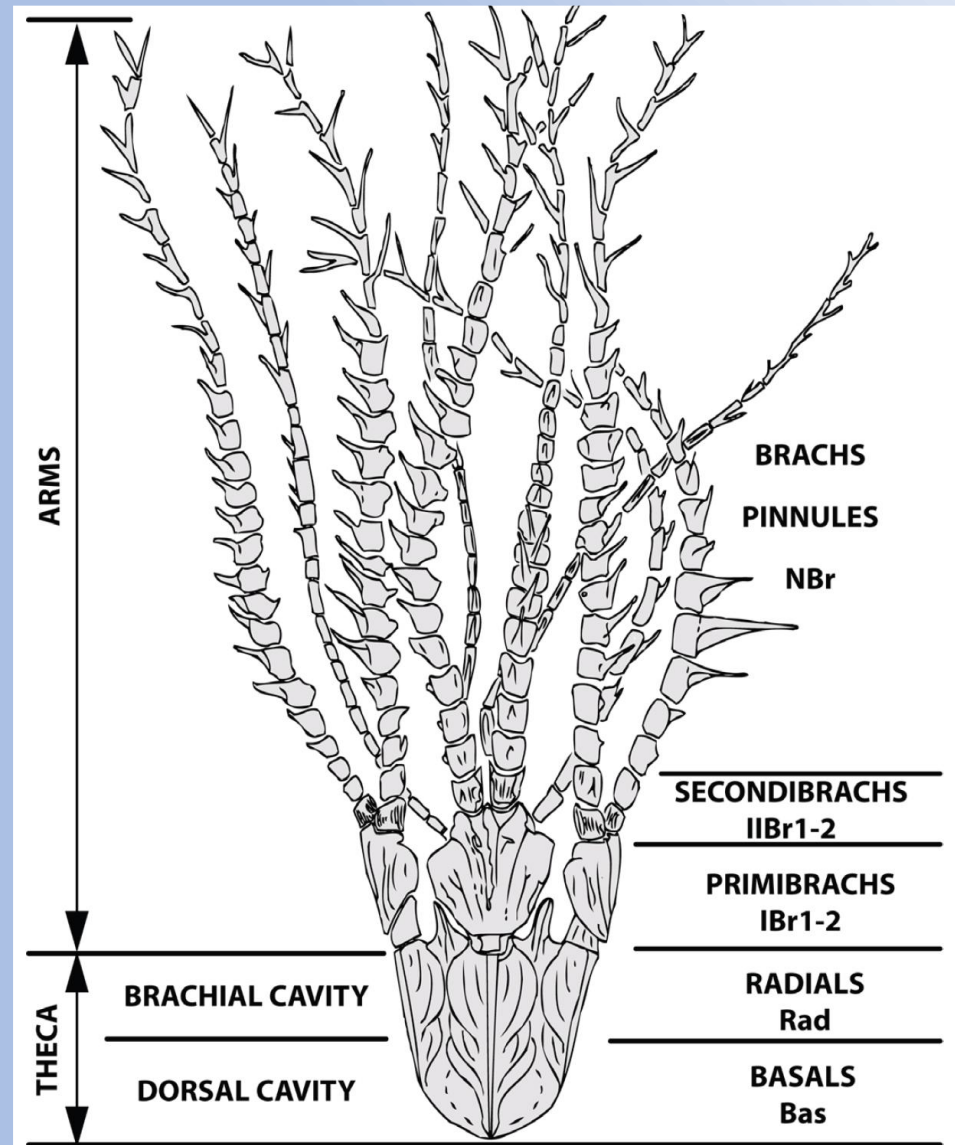
Microcrinoidi

I taxa hanno dimensioni del calice da uno a pochi millimetri e gli ossicili delle braccia sono spesso costituenti comuni di residui prelevati da sedimenti marini del tardo Cretaceo.

Il peduncolo è assente.

L'abbondanza e la notevole diversità di microcrinoidi **dall'Albiano al Maastrichtiano**, unitamente ad una distribuzione molto diffusa, li rende fossili utili per la biostratigrafia.

Tentative reconstitution of a complete roveacrinid individual (after Ferré and Granier, 1997).

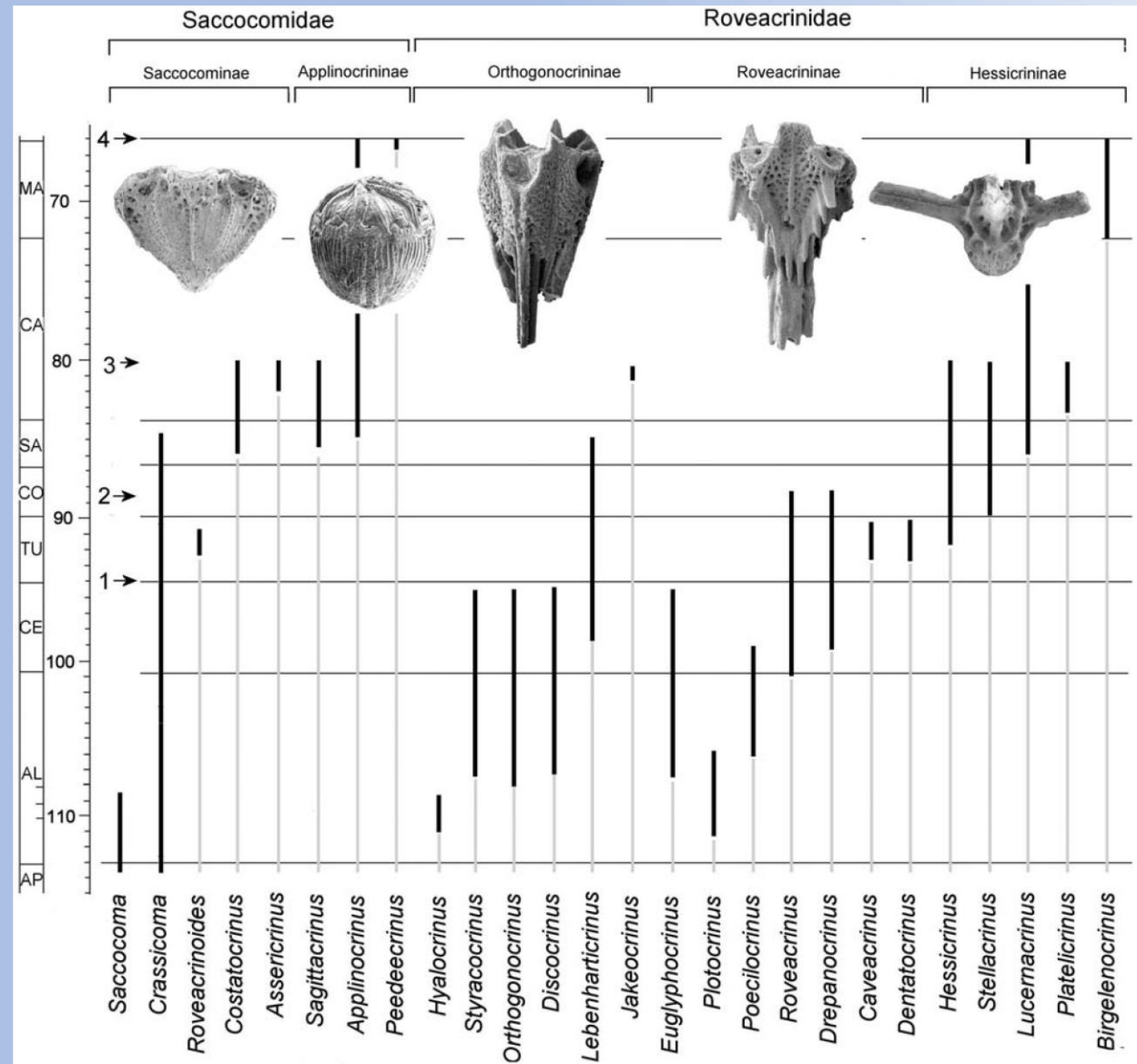


Microcrinoidi

STRATIGRAFIA

Distribution of Cretaceous microcrinoids. The arrowed events represent:

1. The extinctions that occurred in the late Cenomanian (five genera). It is not yet known if these are precisely related to the anoxic event OAE2.
2. Coniacian extinction of roveacrine genera *Roveacrinus* and *Drepanocrinus*.
3. Apparent disappearance of many microcrinoids in the mid-Campanian, possibly an artifact of few study sites in the late Campanian.
4. K—Pg extinction of all microcrinoids.

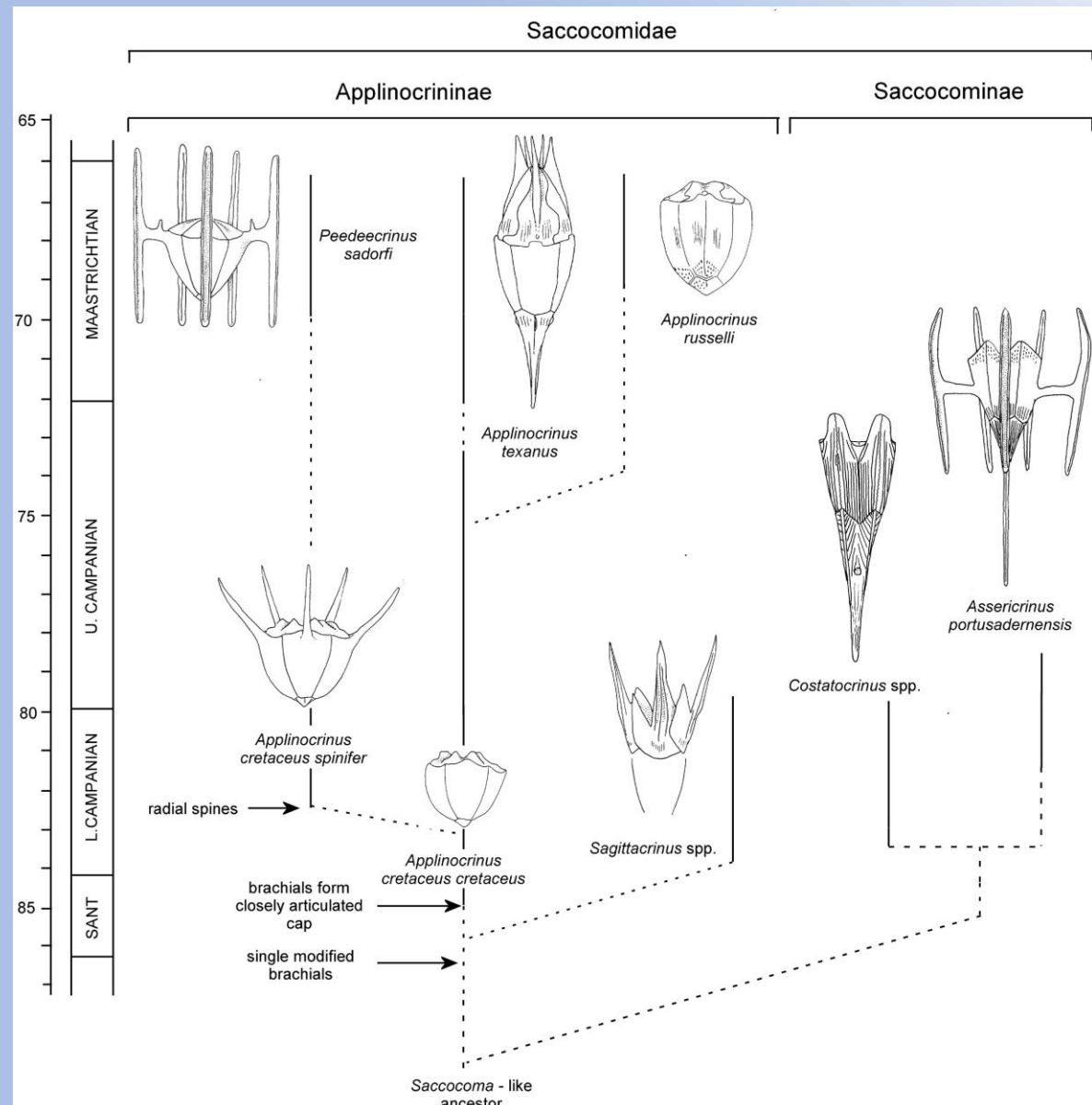


Microcrinoidi

STRATIGRAFIA

Distribution of Cretaceous microcrinoids. The arrowed events represent:

1. The extinctions that occurred in the late Cenomanian (five genera). It is not yet known if these are precisely related to the anoxic event OAE2.
2. Coniacian extinction of roveacrine genera *Roveacrinus* and *Drepanocrinus*.
3. Apparent disappearance of many microcrinoids in the mid-Campanian, possibly an artifact of few study sites in the late Campanian.
4. K—Pg extinction of all microcrinoids.

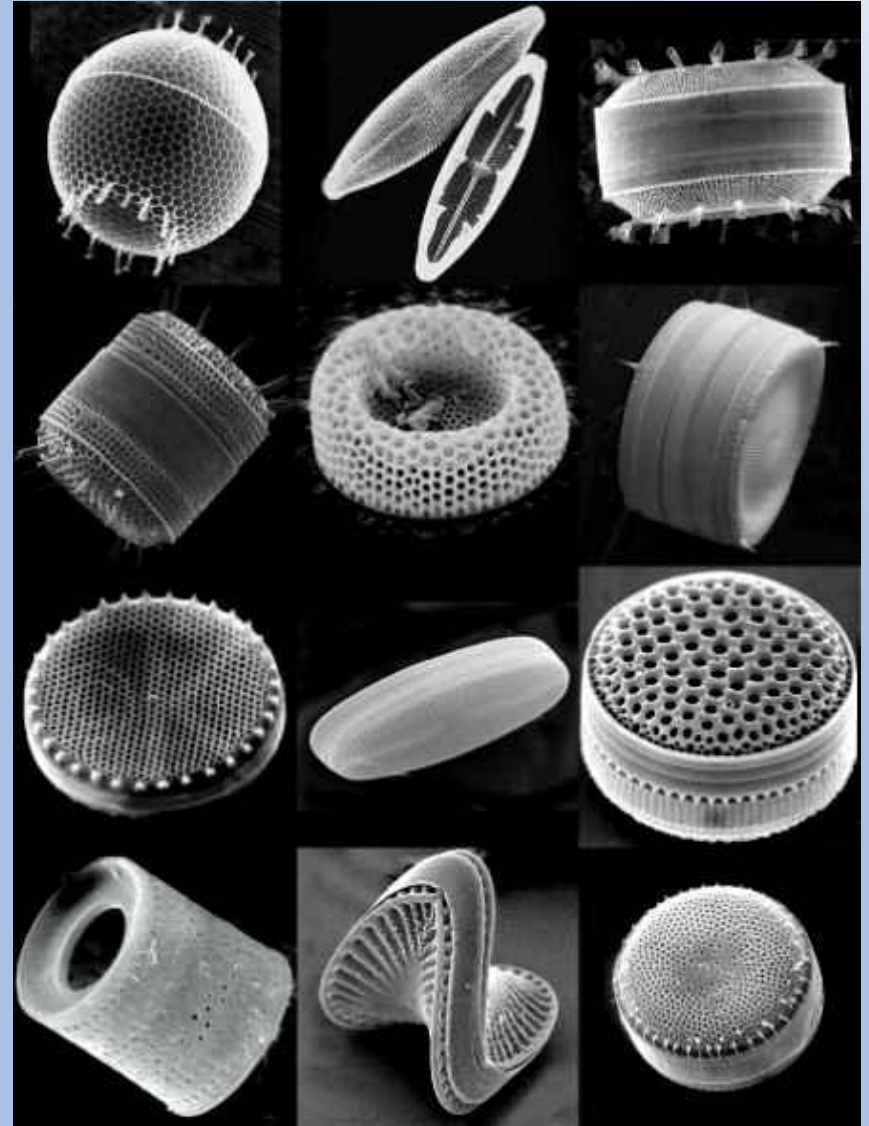


Diatomee

Le diatomee sono protisti ad affinità vegetale noti dal Cretaceo Inferiore.

Hanno uno scheletro siliceo.

Sono abbondanti in qualunque ambiente acquatico, o anche solo umido.

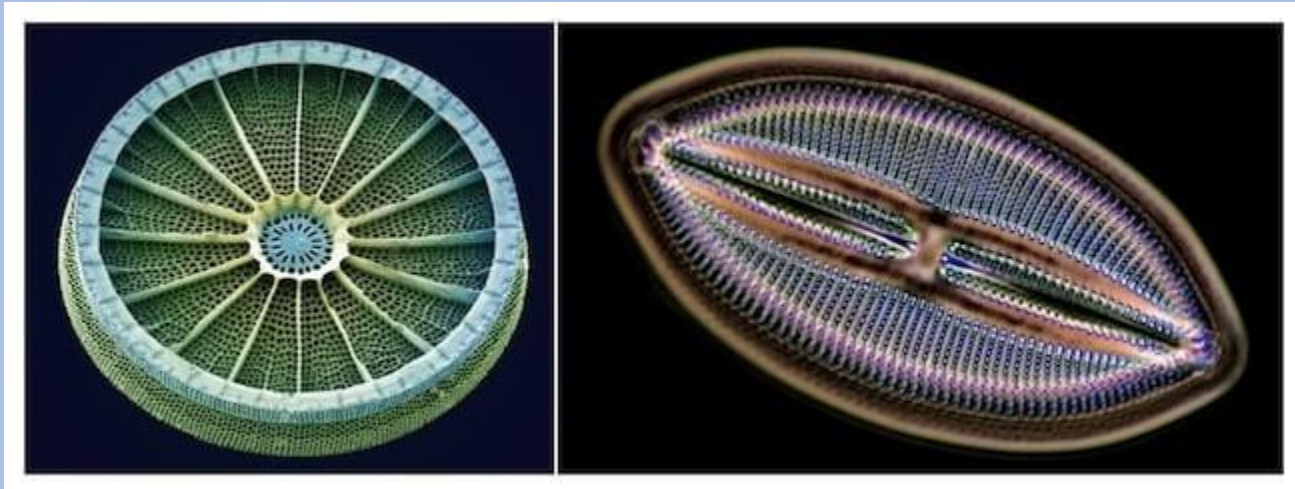


Diatomee

Esistono due gruppi di diatomee:

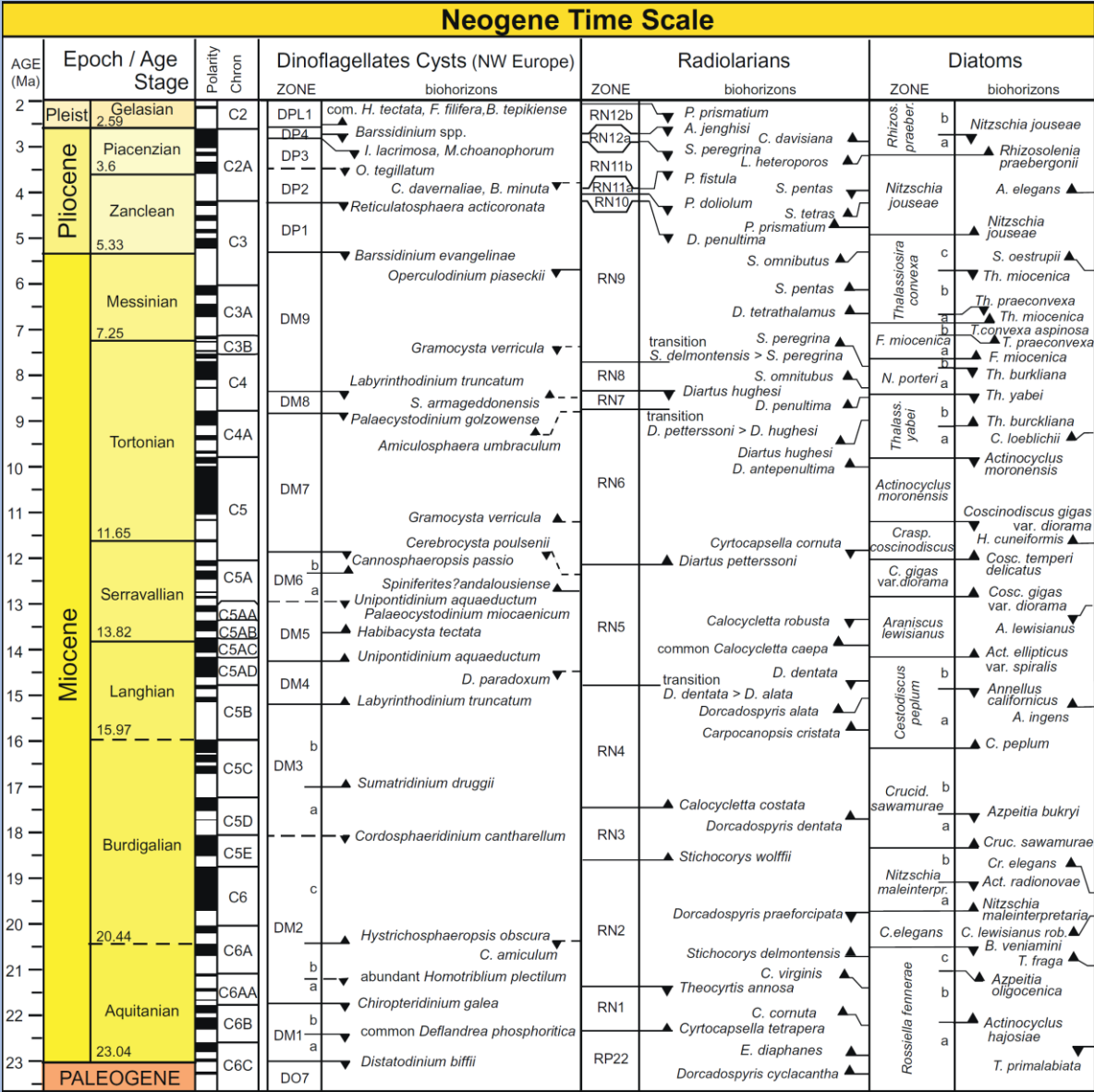
Centrales. Simmetria raggiata; in veduta superiore presentano un profilo circolare, triangolare o quadrato. Sono tutte planctoniche ed in prevalenza marine e sono particolarmente abbondanti in zone di upwelling, ricche di nutrienti e nelle regioni subpolari

Pennales. Simmetria bilaterale, allungate; in veduta superiore possono apparire sia ellittiche che rettangolari. Perforazioni e strutture scheletriche sono disposte ad angolo retto rispetto ad una linea mediana delle valve spesso rappresentata da una linea fessurata alla sommità detta rafe. Sono prevalentemente bentoniche e sono presenti in acque dolci, salmastre e marine di bassa profondità.



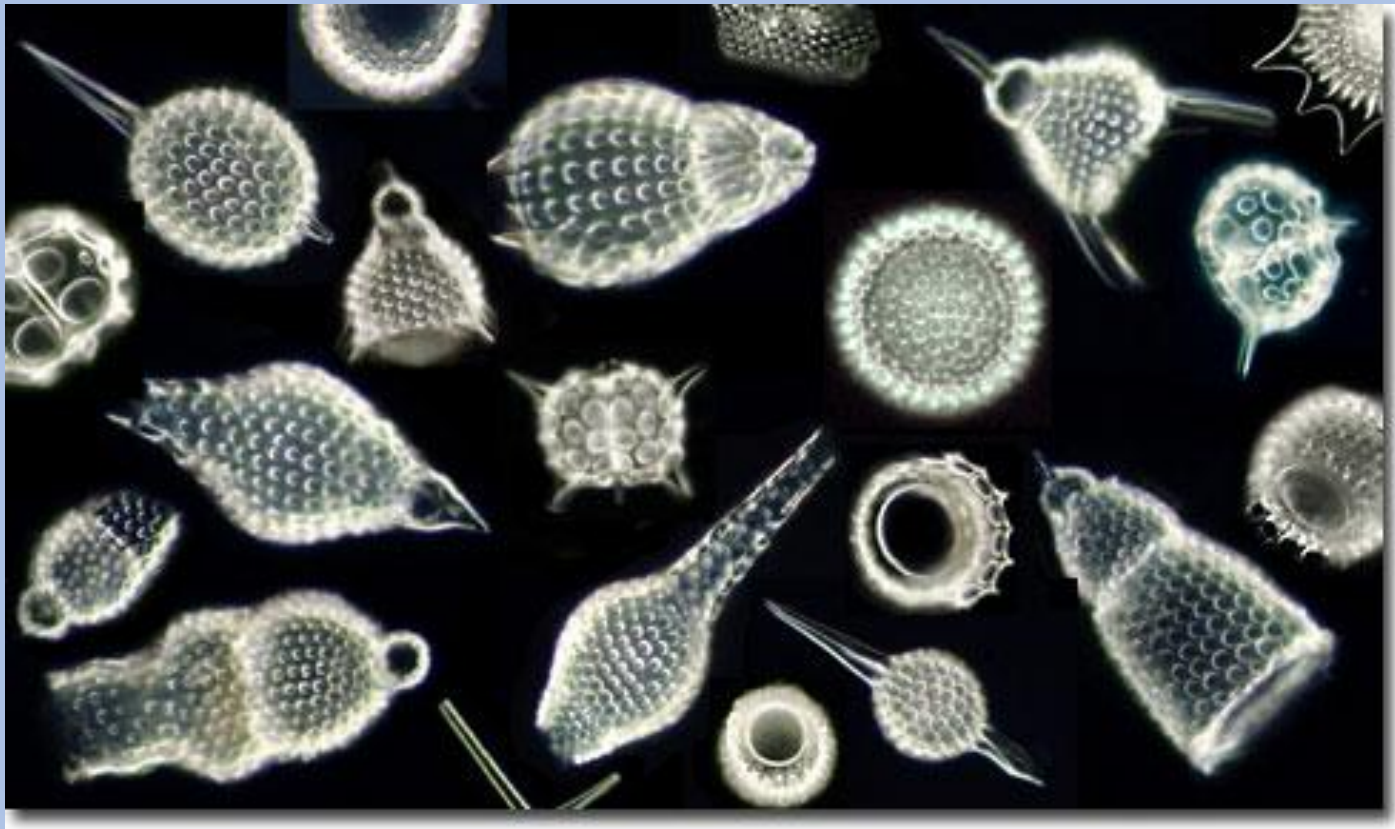
Diatomee

In generale hanno una evoluzione relativamente lenta, ma esiste uno schema di biozonazione a diatomee del Neogene, particolarmente utile in sedimenti silicei.



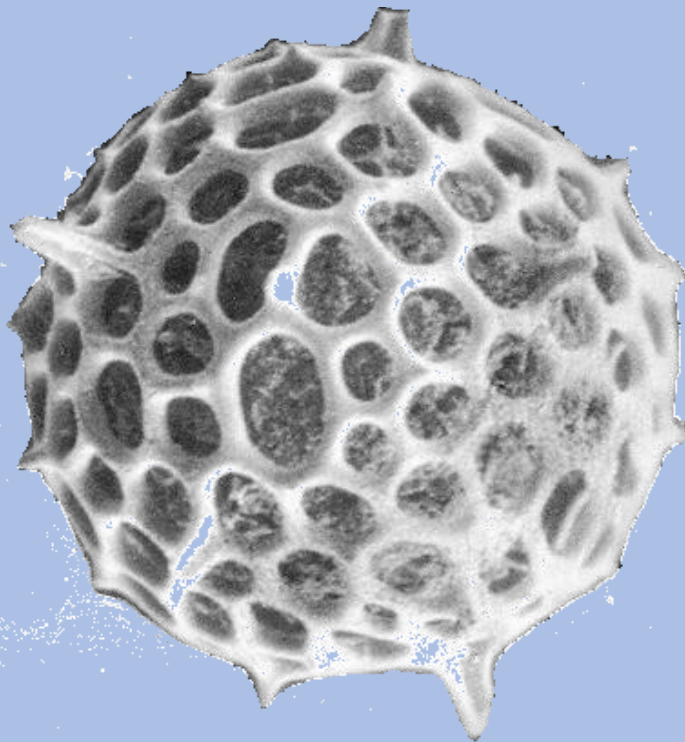
Radiolari

I radiolari sono **Protisti**, tra i principali componenti del plankton. Sono noti dal **Cambriano** e sono abbondanti ancora oggi. Organismi unicellulari **marini** con uno scheletro di **silice**. Le **dimensioni** sono di norma comprese tra 50 e 200 μm .

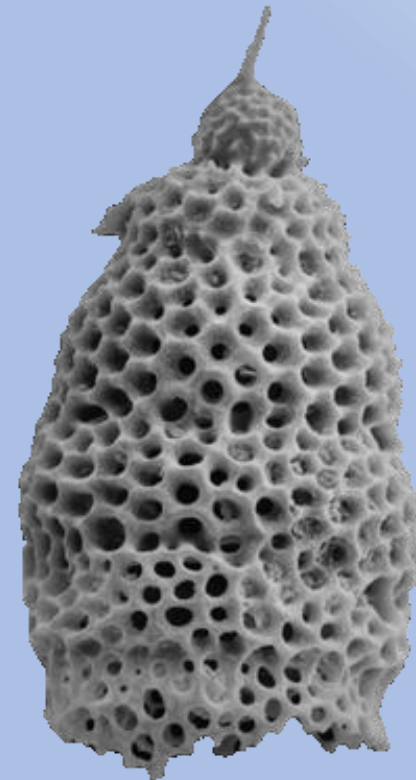


Radiolari

I radiolari sono divisi in due ordini in base alla simmetria dello scheletro:
Nassellaria e Spumellaria



Spumellaria



Nassellaria

Radiolari

I radiolari sono utili in biostratigrafia soprattutto per le rocce silicee.

Schemi di biozonazione che consentono discrete correlazioni ad ampia scala sono disponibili per il Paleogene.

