



Στρωματογραφία

Καθηγ. Μ.Τριανταφύλλου

Η Στρωματογραφία στον 21^ο αιώνα

Sterno, stravi, strarum, ere = στορέννυμι,
στρωννυμι, επιστρώννυμι τι > stratum-i, ουδ. =
στρώμα

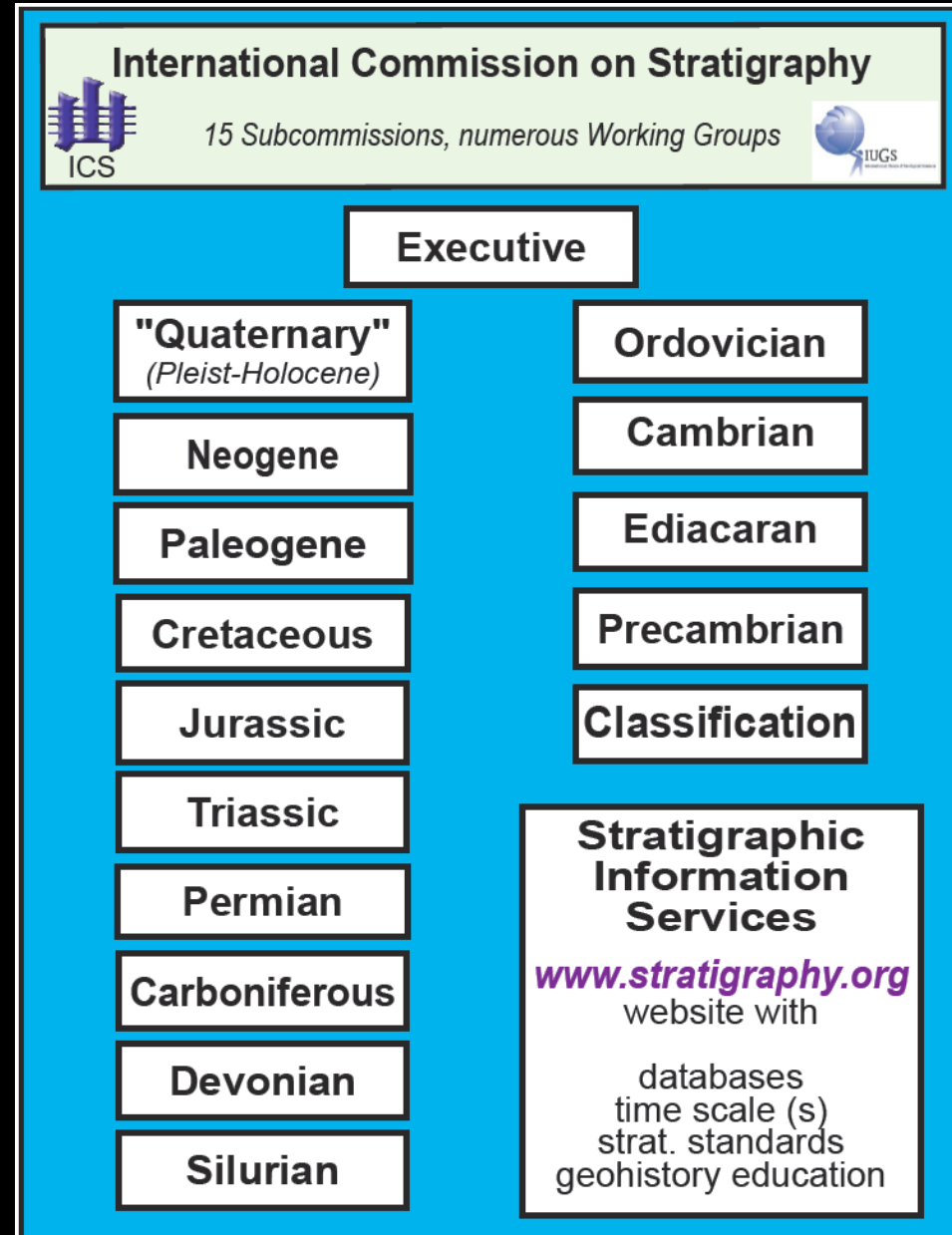
<http://www.stratigraphy.org/index.php/ics-chart-timescale>

Διεθνής Επιτροπή Στρωματογραφίας

Καθορίζει τα πρωτόκολλα
για την
στρωματογραφική
έρευνα

όπως

- Όρια γεωλογικών βαθμίδων και διευκρίνιση της ορολογίας
- Γεωχρονολογική κλίμακα
- Διεθνής Κώδικας Στρωματογραφικής Ταξινόμησης



**INTERNATIONAL
STRATIGRAPHIC GUIDE**

A GUIDE TO STRATIGRAPHIC
CLASSIFICATION,
TERMINOLOGY, AND
PROCEDURE

The
International Subcommission on Stratigraphic
Classification of IUGC Commission on Stratigraphy
1982-83, 1983-84, 1984-85

Editors: Charles B. Smith, George R. Ruedemann,
Hollis C. Hedberg, Alan M. Stanley, and James D. Van
Cott

A Wiley-Interscience Publication

JOBN WILEY & SONS, New York • London • Sydney • Toronto

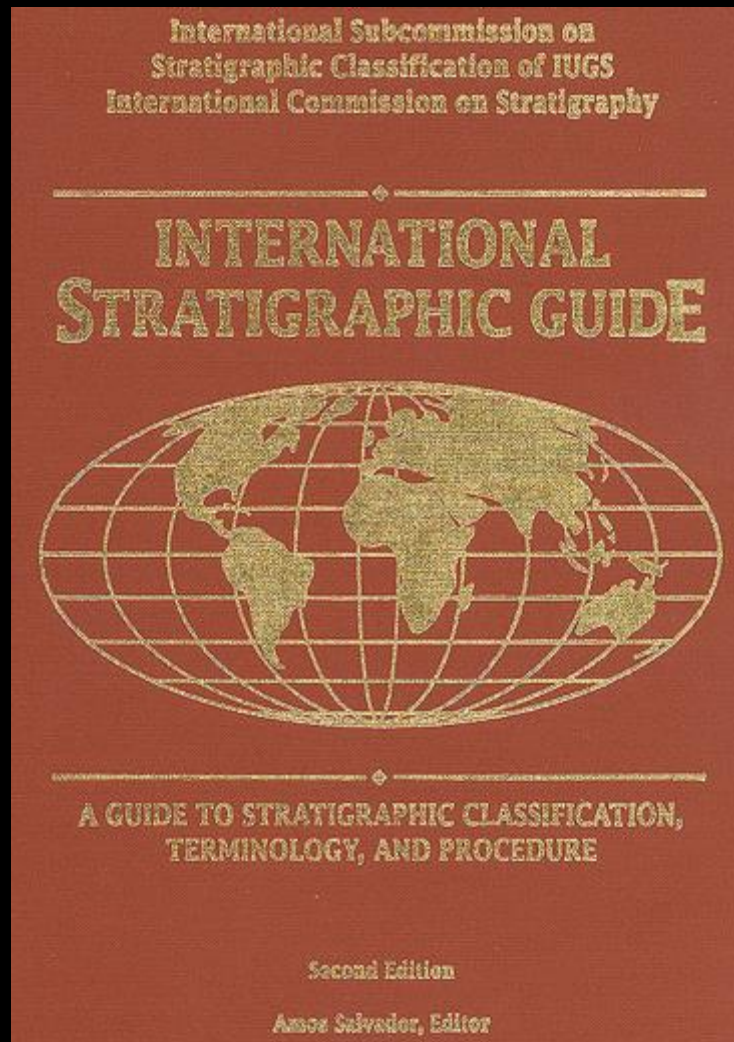
**HOLLIS DOW
HEDBERG**



Hollis Hedberg

Photo by Orren Jack Turner, Princeton University

**Η "Βίβλος" της
στρωματογραφικής
ταξινόμησης**



Salvador, A. (Editor), 1994. *International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure.* Geological Society of America, Boulder, 214 pp.

Λιθοστρωματογραφία

Κάθε στρώμα αποτελεί έναν διαφορετικό τύπο πετρώματος

Χρονοστρωματογραφία

Κάθε στρώμα αντιστοιχεί σε διαφορετική ηλικία

Βιοστρωματογραφία

Κάθε στρώμα περιέχει διαφορετική συνάθροιση απολιθωμάτων

Λιθοστρωματογραφικές ενότητες

Υπερομάδα	Ομάδα A	Σχηματισμός A	Μέλος A
			Μέλος B
			Μέλος C
		Σχηματισμός B	Μέλος D
			Μέλος E
			Μέλος F
	Σχηματισμός C	Μέλος G	
		Μέλος H	
	Ομάδα B	Σχηματισμός D	Μέλος I
			Μέλος J
			Μέλος K
			Μέλος L
			Μέλος M
		Σχηματισμός	Μέλος N
Μέλος O			
Μέλος P			
Μέλος Q			
Σχηματισμός F	Μέλος R		
	Μέλος S		
	Μέλος T		

Υπερομάδα
(SuperGroup)

|
Ομάδα (Group)

|
Σχηματισμός
(Formation)

|
Μέλος
(Member)

|
Στρώμα
(Stratum)

ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑΣ

ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΑΣΙΖΕΤΑΙ ΣΤΗΝ ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ ΕΧΕΙ ΤΟΠΙΚΟ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ
ΒΑΣΙΚΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΙΝΑΙ ΟΙ ΛΙΘΟΦΑΣΕΙΣ ΔΗΛΑΔΗ ΤΟ ΣΥΝΟΛΟ
ΤΩΝ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΩΝ ΕΝΟΣ ΙΖΗΜΑΤΟΣ

ΒΑΣΙΚΗ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ ΕΙΝΑΙ Ο
ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

Ο ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΑΚΡΙΝΕΤΑΙ ΑΠΟ

A) Ενιαία λιθολογία

B) Σαφές άνω και κάτω
όριο σε σχέση
με τα υποκείμενα και τα
υπερκείμενα

Γ) Πάχος m- km



Σχηματισμός Βοιωτικού Φλύσχη

ΟΜΑΔΑ

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ

ΜΕΛΟΣ (Όχι Υποχρ)

ΣΤΡΩΜΑ-
Η ΜΙΚΡΟΤΕΡΗ ΙΕΡΑΡΧΙΚΑ ΜΟΝΑΔΑ

**ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ
ΡΑΔΙΟΛΑΡΙΤΩΝ Μ Ε 4 ΜΕΛΗ ΟΠΩΣ**

Πηλίτες

Ραδιολαρίτες

Ασβεστόλιθοι με Calpionellidae

Μάργες με Ακτινόζωα

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Σχηματισμός Κλαστικού Τριαδικού

Σχηματισμός Φλύσχη

Σχηματισμός πλακωδών ασβεστολίθων

Σχηματισμός μεταβατικών στρωμάτων

προς Φλύσχη



Σχηματισμός Βοιωτικού Φλύσχη

ΣΕΙΡΑ = (Σχεδόν ΟΜΑΔΑ)

Λιθοστρωματογραφική μονάδα

Η σειρά είναι =χρονοστρωματογραφικός όρος

ΣΥΜΠΛΕΓΜΑ

Άτυπος λιθοστρωματογραφικός όρος

Βασικά στοιχεία Βιοστρωματογραφίας

- Σκοπός της βιοστρωματογραφικής ταξινόμησης είναι να οργανώσει συστηματικά τα στρώματα της γης σε ενότητες χαρακτηριστικές που βασίζονται στο περιεχόμενο και την κατανομή των απολιθωμάτων.
- Βιοζώνη είναι μια βιοστρωματογραφική ενότητα, δηλ. ένα σύνολο στρωμάτων, που ενοποιούνται από τα περικλειόμενα απολιθώματα.
 - Η βιοζώνη δεν παρουσιάζει χρόνο, μπορεί όμως να συγκριθεί με τον χρόνο.

ΒΙΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Αποδοχή εξελικτικής διαδοχής

ηλικία των στρωμάτων μιας περιοχής
όπως αυτή προκύπτει από τα απολιθώματα

ΒΙΟΖΩΝΗ – Η βασική βιοστρωματογραφική ενότητα

Το σύνολο των στρωμάτων όπου το χαρακτηριστικό
απολίθωμα δεν άλλαξε

ΒΑΣΙΚΗ ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΗ= Γνωρίζουμε την
βιομετρική και μορφολογική ποικιλότητα του είδους

ΥΠΕΡΒΙΟΖΩΝΗ

BIOΖΩΝΗ

ΥΠΟ(BIO)ΖΩΝΗ

ΖΩΝΙΔΙΟ

ΤΥΠΟΙ ΒΙΟΖΩΝΗΣ

ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗΣ – ΚΟΙΝΟΖΩΝΗ - ΖΩΝΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗΣ

Οικοζώνη - Η συνάθροιση εξαρτάται από συνθήκες περιβάλλοντος

ΑΚΡΟΖΩΝΗ - ΖΩΝΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ

A - Ζώνη εξάπλωσης συστηματικής μονάδας (ΤΑΧΟΝ)

B - Ζώνη συμπίπτουσας ανάπτυξης

Γ - Ζώνη ακμής, απογείου, αφθονίας ή επιβολής

Δ - Ζώνη Μεσοδιαστήματος

Kind of zone	Definition
Taxon range zone (total)	First to last of one species
Concurrent range zone	Overlap of taxa, 1 st to last of different species
Interval range zone	Interval between two species: 1 st to 1 st , last to last
Lineage (consecutive-range) zone	1 st appearance within a lineage (commonly used in forams)
Assemblage zone	Defined on 1 st and last of one taxa, characterized by other taxa
Acme (abundance) zone	Abundance peak of one taxa

Τύποι βιοζωνών

Ζώνες συγκέντρωσης ή ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΗΣ (assemblage zones): Πρόκειται για στρώματα που χαρακτηρίζονται από την παρουσία μιας ευδιάκριτης φυσικής συγκεντρώσεως ενός ορισμένου είδους

ΖΩΝΕΣ ΕΞΑΠΛΩΣΗΣ

Ζώνες ανάπτυξης (range zones): Πρόκειται για στρώματα που αντιπροσωπεύουν την στρωματογραφική ανάπτυξη μερικών ειδών από την όλη συγκέντρωση των απολιθωμάτων

Ζώνες ακμής (acme zones): Πρόκειται για στρώματα μέσα στα οποία ορισμένα είδη παρουσιάζονται με μέγιστη αφθονία.

Ενδιάμεσες ζώνες (interval zones): Αντιπροσωπεύουν μόνον το στρωματογραφικό διάστημα μεταξύ της εμφανίσεως ή εξαφανίσεως δύο στρωματογραφικών ειδών-δεικτών.

Ζώνη συνάθροισης

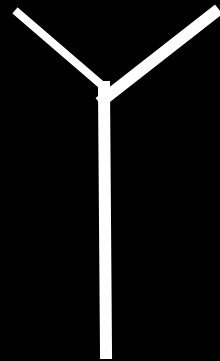
- Σύνολο στρωμάτων που χαρακτηρίζεται από δύο ή περισσότερα απολιθώματα που αποτελούν φυσική συνάθροιση. Διακρίνεται από τα υπερκείμενα ή υποκείμενα στρώματα στα οποία δεν παρατηρείται συνάθροιση αλλά είναι δυνατόν να υπάρχει το ένα από τα απολιθώματα – ΌΧΙ ΟΛΑ

Ακροζώνη – Ζώνη εξάπλωσης

- Σύνολο στρωμάτων που αντιστοιχεί στη συνολική εξάπλωση του απολιθώματος η της ομάδος των απολιθωμάτων που χαρακτηρίζει η ζώνη

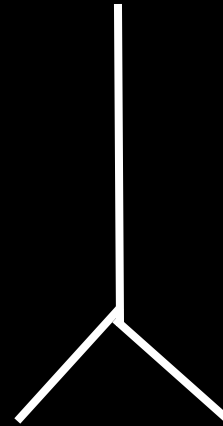
Ζώνη εξάπλωσης

- Βέβαιη



Άνω όριο

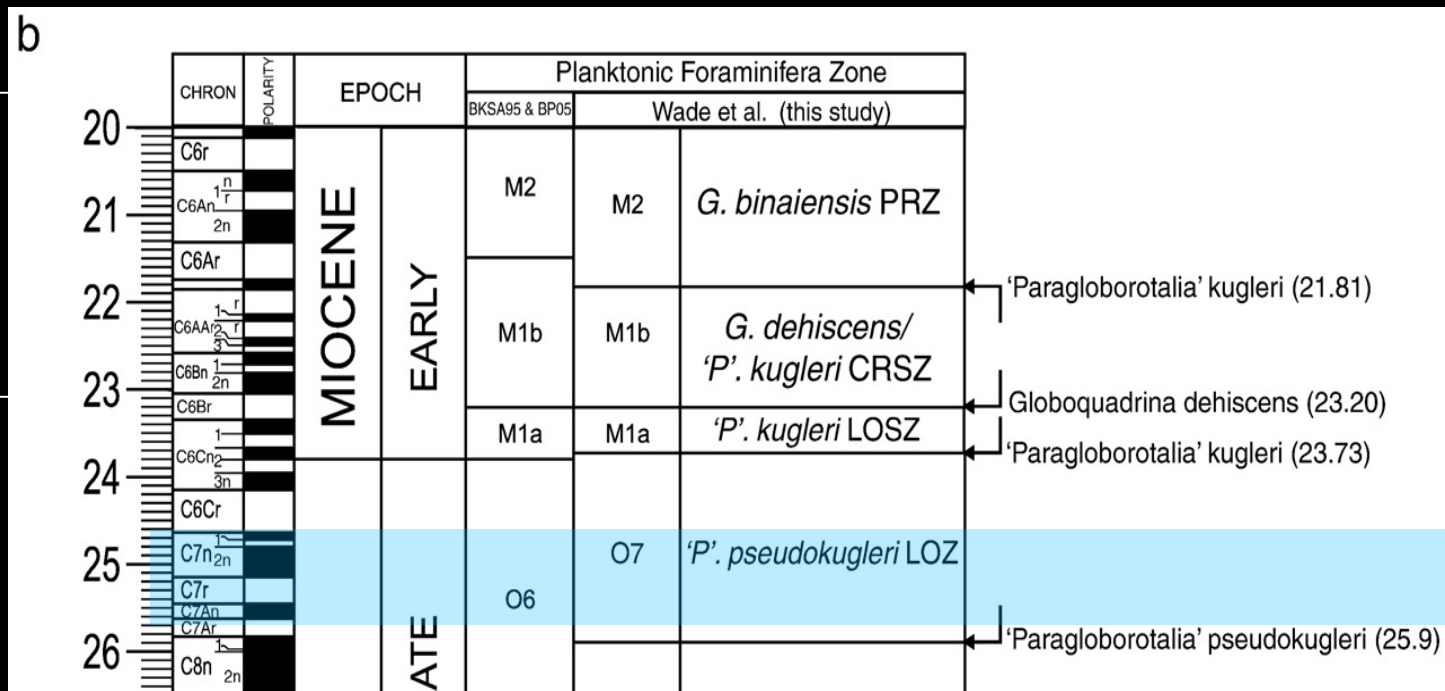
- Υποθετική



Κάτω όριο

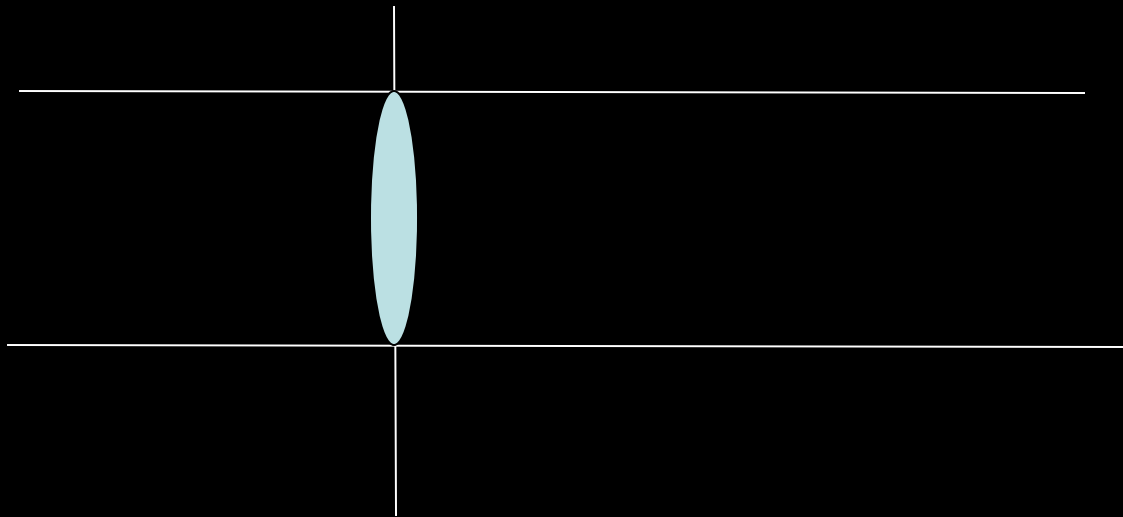
Ζώνη συμπίπτουσας ανάπτυξης

Ζώνη όπου συνυπάρχουν τα απολιθώματα που χαρακτηρίζουν την ζώνη Πχ. *Globigerinatheka kugleri*, *Morozovella aragonensis*



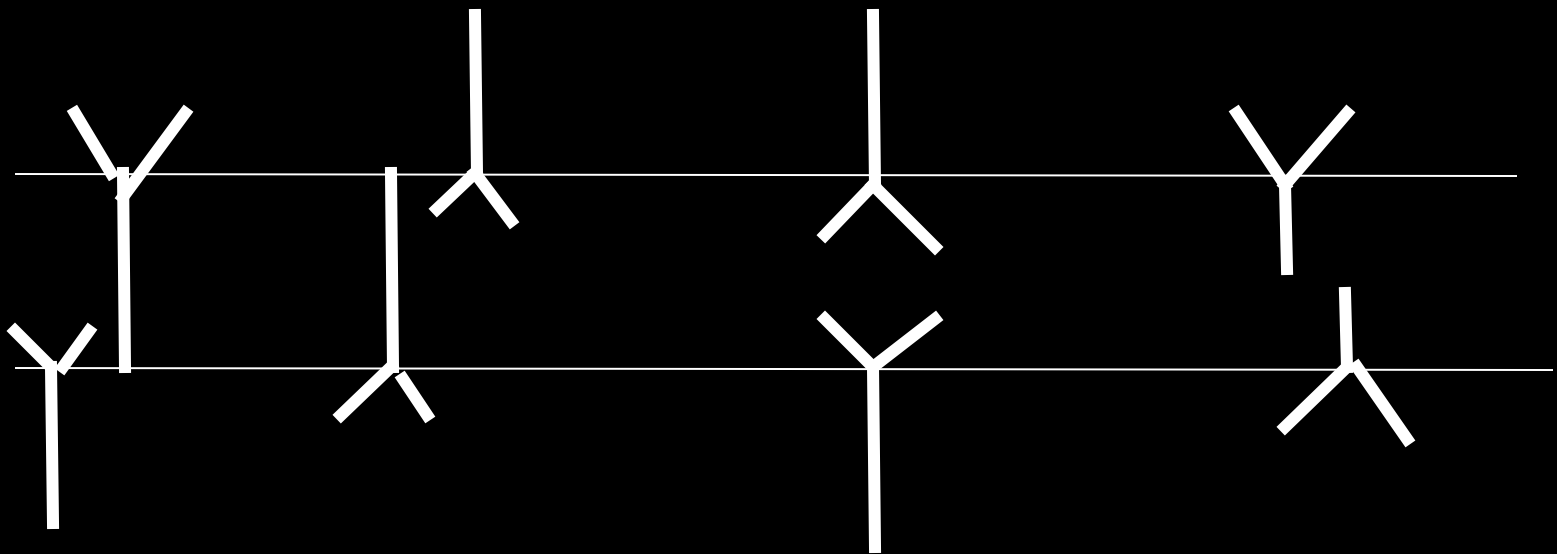
Ζώνη ακμής, απογείου, αφθονίας ή επιβολής

- Το σύνολο των στρωμάτων όπου το χαρακτηριστικό απολίθωμα (ή ομάδα απολιθωμάτων) έχει την μεγαλύτερη ανάπτυξη. Πχ. *Emiliana huxleyi*



Ζώνη μεσοδιαστήματος

- Το σύνολο των στρωμάτων μεταξύ δύο χαρακτηριστικών βιοστρωματογραφικών οριζώντων



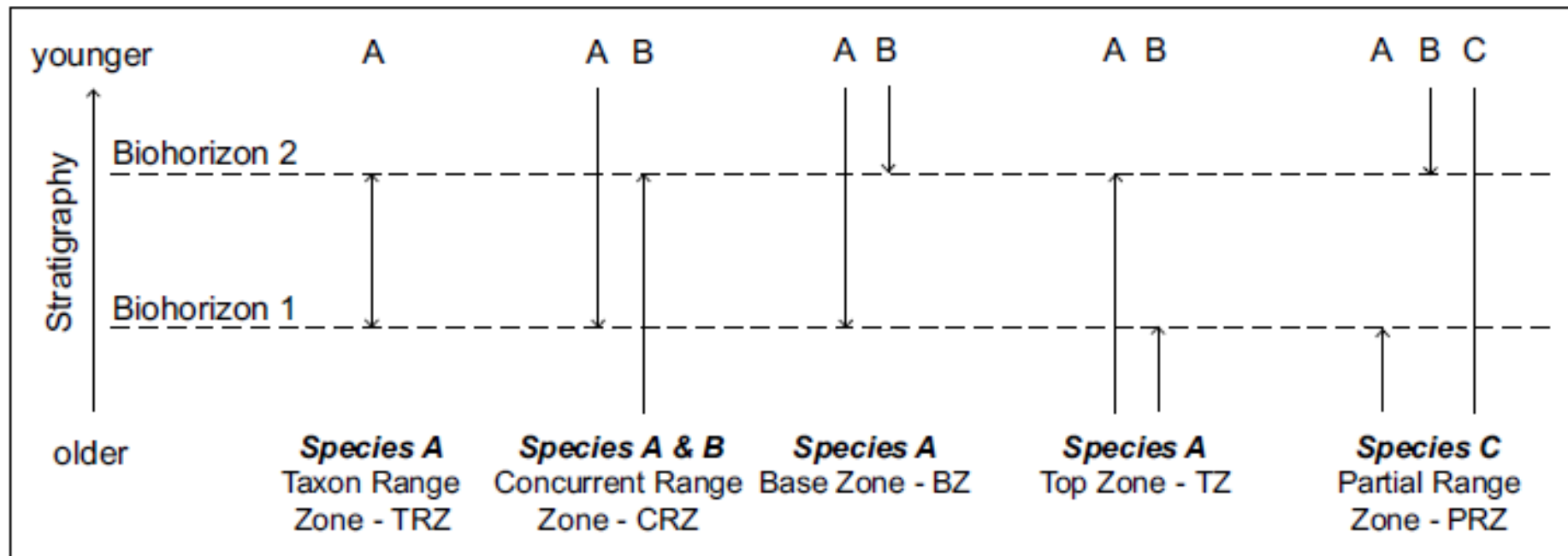


Fig. 1. The five logical possibilities for biostratigraphic characterization of biozones. Redrawn after Wade et al. (2011).

ΒΙΟΖΩΝΕΣ

- Τρηματοφόρων
- Ναννοαπολιθωμάτων
- Θηλαστικών (μεγάλων)
- Μικροθηλαστικών

Είναι οι βιοστρωματογραφικές συσχετίσεις πραγματικές χρονικές συσχετίσεις?

- Τελευταία εμφάνιση ή επιφάνεια ασυμφωνίας?
- Φάση και διαχρονικότητα
- Τοπικές ειδογενέσεις και τελευταίες εμφανίσεις
- Μεταβαλλόμενες κλιματικές ζώνες/βιογεωγραφικές επαρχίες

- Προβλήματα διατήρησης
- Φαινόμενο Signor-Lipps: ελάχιστα διατηρημένα και λιγότερα άφθονα είδη φαίνεται να εξαφανίζονται νωρίτερα από ό,τι στην πραγματικότητα.
- Είδη-Λάζαροι: εμφανίζονται και πάλι μετά το φαινομενικό επίπεδο εξαφάνισής τους (φάση, διατήρηση κλπ)
- Είδη-Ζόμπι: εμφανίζονται μετά από το επίπεδο εξαφάνισής τους (μεταφορά)

Ποιοι είναι οι ιδανικοί βιοστρωματογραφικοί δείκτες?

- άφθονοι
- Ανεξάρτητοι φάσης (πλαγκτονικοί)
- Καλή διατήρηση, εύκολη συλλογή
- Παγκόσμια εξάπλωση
- Μικρό εύρος ζωής (γρήγορη εξέλιξη)
- Εύκολη αναγνώριση

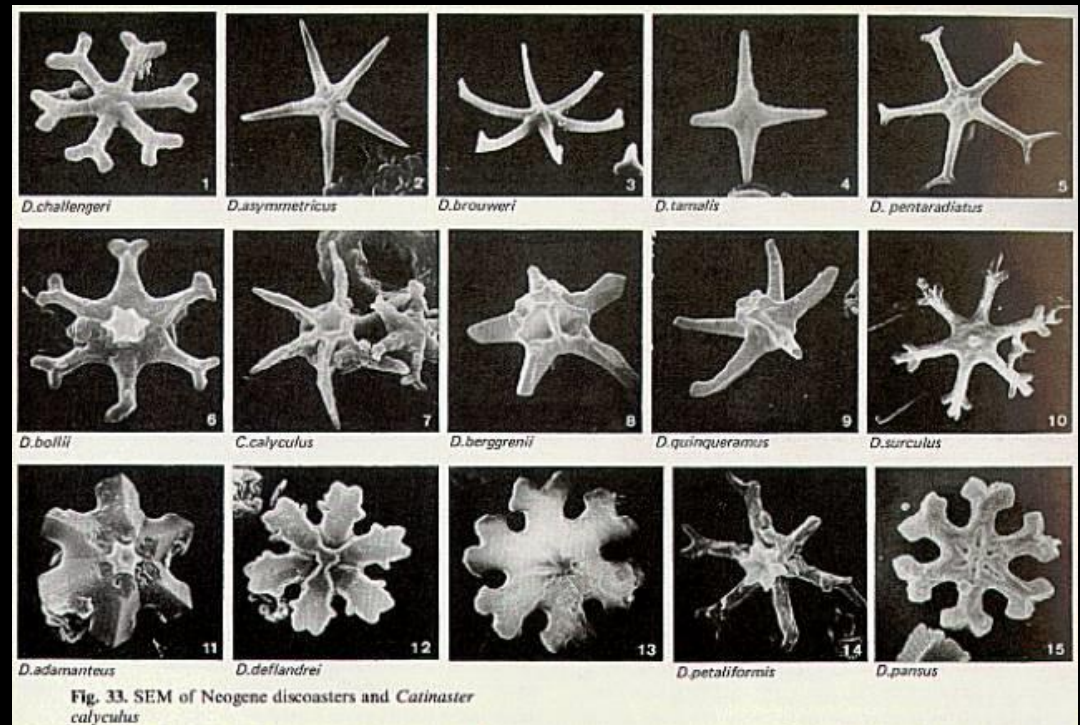
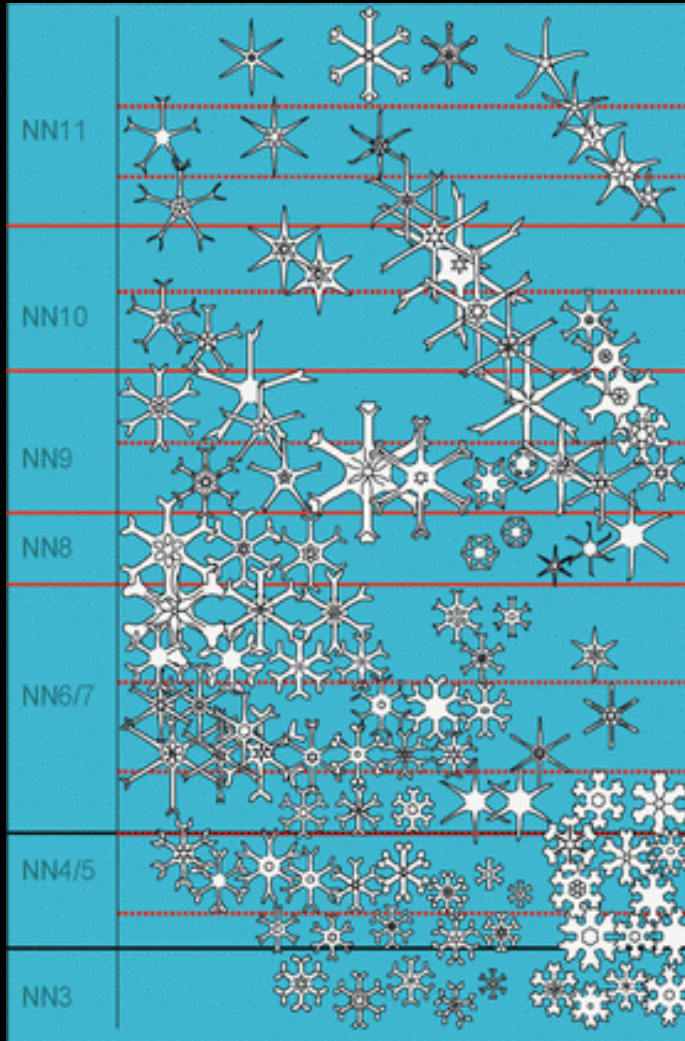
Ποσοτική Βιοστρωματογραφία

- Χρησιμοποιεί εκτός από πρώτες και τελευταίες εμφανίσεις:
 - Σχετικές αφθονίες
 - Αναλογίες μεταξύ ειδών
- Βασίζεται σε στατιστικές μεθόδους
 - Correlation analysis (matches patterns of peaks)
 - Cluster analysis – makes groups for assemblage zones

Βιοστρωματογραφική εξάπλωση ενός taxon είναι το – σε παγκόσμια βάση –καθορισμένο διάστημα εξάπλωσής του μέσα στο γεωλογικό χρόνο.

πχ. Βιοστρωματογραφική εξάπλωση *Coccolithus pelagicus*: Κατ. Παλαιόκαινο έως σήμερα.

Τα *Discoaster* είναι σημαντικοί βιοστρωματογραφικοί δείκτες του Καινοζωικού



Οι πρώτες βιοζώνες για τα Καινοζωικά ωκεάνια ιζήματα προτάθηκαν και περιγράφηκαν από τους BUKRY & BRAMLETTE (1970a), BUKRY (1971a), GARTNER (1969, 1973), BOUDREAUX & HAY (1969) κλπ.

Ακολούθησε σειρά λεπτομερέστερων και περισσότερο ολοκληρωμένων βιοζωνών –εξαιτίας της πληθώρας δεδομένων από τα προγράμματα DSDP και της δυνατότητας αναγνώρισεως και καθορισμού περισσότερων βιοστρωματογραφικών δεικτών-

Bukry (1971b, 1973c, 1975), Roth (1973), Martini (1971), Martini & Worsley (1971), Edwards & Perch-Nielsen (1975), GArtnier (1977b), Perch-Nielsen (1972, 1977), Okada & Bukry (1980), Martini & Muller (1986).

Όλες οι προαναφερόμενες προσπάθειες οδήγησαν στη σύνθεση

ενός “standard” συστήματος βιοζωνών από τον Martini (1971), αποτελούμενο από 46 βιοζώνες και βασισμένο κυρίως σε δεδομένα από ημιπελαγικά περιβάλλοντα





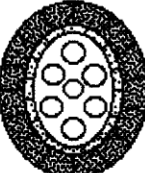

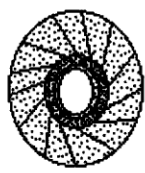

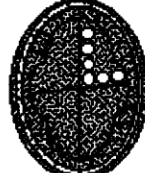
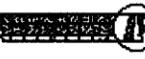


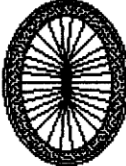







και ενός δεύτερου Okada & Bukry (1980), βασισμένο κυρίως σε πρωθύστερες ανακοινώσεις του Bukry (1973b κλπ)

αποτελούμενο από 34 βιοζώνες και 45 υποβιοζώνες και δεδομένα προερχόμενα από τη μελέτη κυρίως χαμηλού γεωγραφικού πλάτους ωκεάνιων ιζημάτων βαθιών θαλασσών.

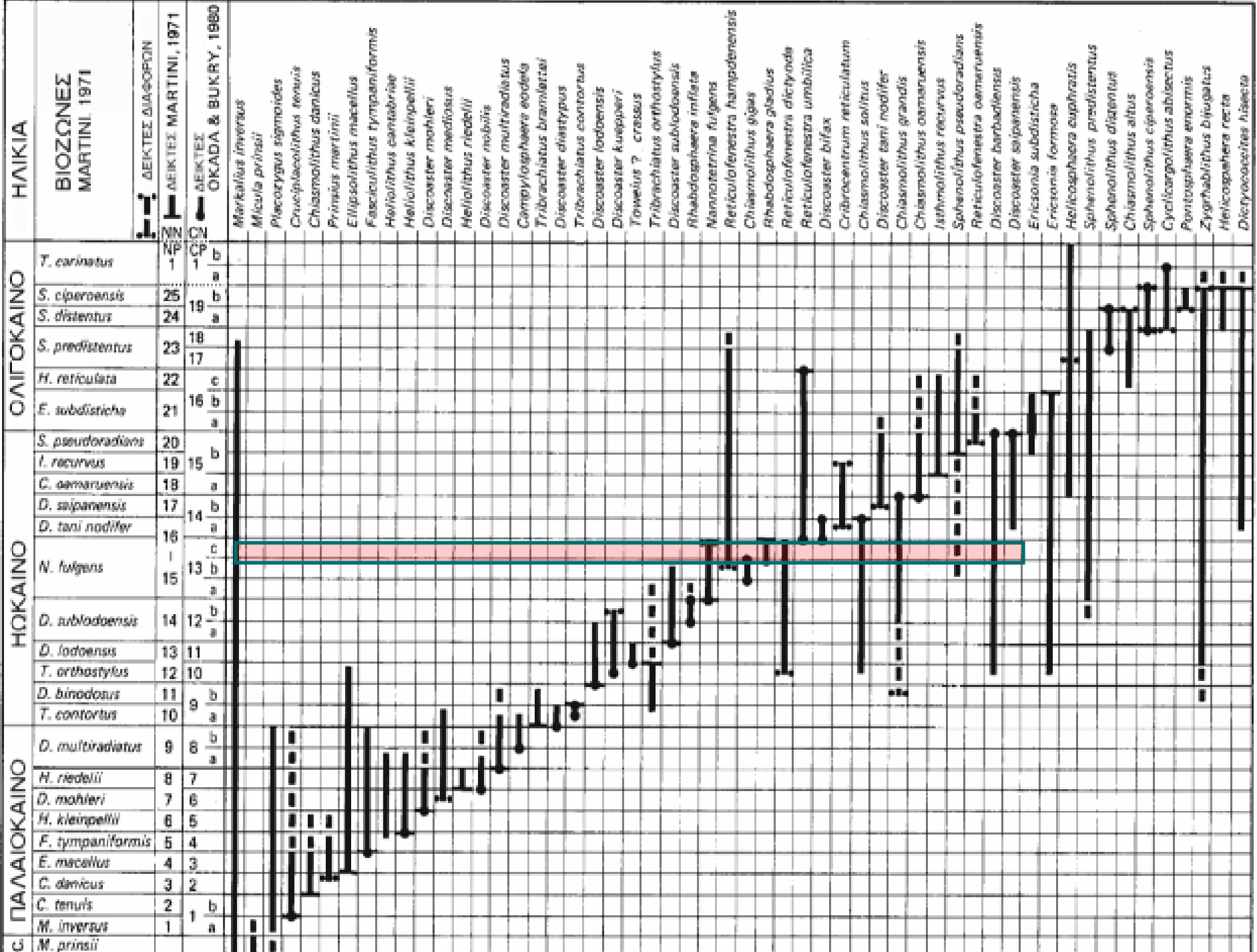
Ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάστηκαν οι βιοζώνες του Martini (χρήση του κωδικοποιημένου συστήματος NP1-NP25, NN1-NN21) διευκόλυσε την επικοινωνία μεταξύ των επιστημόνων διαφόρων ειδικοτήτων, καθιστώντας τις βιοζώνες αυτές ιδιαίτερα δημοφιλείς ανάμεσα στους ερευνητές.

Η χρήση παρόμοιου κωδικοποιημένου τρόπου (CP1-CP16, CN1-CN15) παρουσίασης και για το δεύτερο σύστημα βιοζωνών, από τους Okada & Bukry, έδωσε και σε αυτό τη δυνατότητα ευρείας χρησιμοποίησως ιδιαίτερα για τις συσχετίσεις ιζημάτων βαθιών θαλασσών.

Οι κυριότερες τάξεις των ετεροκοκκολιθών του Μεσοζωικού και του Καινοζωικού

ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ	<p>EIFFELLITHALES</p>   <p>Chistozygaceae Eiffelithaceae Rhagodiscaceae</p>	<p>STEPHANOLITHIALES</p>   <p>Parhabdolithaceae Stephanolithiaceae ?Calciosoleniaceae</p>	<p>PODORHABDALES</p>   <p>Axopodorhabdaceae Biscutateae Calyculaceae Prediscosphaeraceae</p>	<p>WATZNAURIALES</p>   <p>Watznaueriaceae</p>	<p>ARKHANGELSKIALES</p>   <p>Kamptneriaceae</p>	<p>NANNOΛΙΘΟΙ</p> <p>Braerudosphaeraceae Eoconusphaeraceae Goniolithaceae Lapideacassaceae Microrhabdulaceae Nannoconaceae Polycyclolithaceae Schizosphaerellaceae + <i>Ceratolithoides</i> <i>Ceratolithina</i> .</p>
	KOKKOLIΘΟΙ					<p>Arkhangelskiellaceae</p>
ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟ	<p>ZYGODISCALES</p>   <p>Pontosphaeraceae Zygodiscaceae</p>	<p>SYRACOSPHAERALES</p>   <p>Syracosphaeraceae</p>	<p>RHABDOSPHAERALES</p>   <p>Rhabdosphaeraceae</p>	<p>PRINSIALES</p>   <p>Noelaerhabdaceae</p>	<p>COCCOSPHAERALES</p>   <p>Coccolithaceae ?Pleurochrysidaceae</p>	<p>NANNOΛΙΘΟΙ</p> <p>Braerudosphaeraceae Goniolithaceae Lapideacassaceae Discoasteraceae Fasciculithaceae Heliolithaceae Sphenolithaceae Lithostromationaceae Ceratolithaceae Triquetrorhabdulaceae</p>
	KOKKOLIΘΟΙ					<p>Prinsiaceae Calcidiscaceae</p>

ΚΥΡΙΟΤΕΡΕΣ ΤΑΞΕΙΣ ΕΤΕΡΟΚΟΚΚΟΛΙΘΩΝ



**Η παρατήρηση του γεγονότος ότι τα
κοκκολιθοφόρα παρουσιάζονται**

**με τη μέγιστη ποικιλότητα στα τροπικά-
υποτροπικά περιβάλλοντα,**

**ενώ στα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη
απουσιάζει η πλειονότητα των
βιοστρωματογραφικών δεικτών εξαιτίας των
διαφορετικών περιβαλλοντολογικών
συνθηκών,**

**οδήγησε στην τροποποίηση των βιοζωνών για
την επίτευξη βιοστρωματογραφικών
συσχετίσεων και σε αυτά τα περιβάλλοντα
(Perch-Nielsen 1972, Edwards & Perch-Nielsen
1975 κλπ.),**

Πάντως πρόσφατες λεπτομερείς μελέτες κατέδειξαν ότι πολλά από τα χρησιμοποιούμενα –στα δύο κύρια συστήματα- όρια βιοζωνών,

δεν είναι επαρκώς καθορισμένα,

ενώ σημαντικός αριθμός των χρησιμοποιούμενων βιοστρωματογραφικών δεικτών επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες, καθώς και από τις διεργασίες που σχετίζονται με την απόθεση και διατήρηση των ναννοαπολιθωμάτων.

Οι βιοστρωματογραφικές μελέτες σε πλήθος τομών και πυρήνων γεωτρήσεων, αποκάλυψαν ότι τα στρωματογραφικά εύρη συγκεκριμένων ειδών διαφέρουν σημαντικά από εκείνα που είχαν αρχικά προταθεί,

γεγονός που οφείλεται και στις διαφορετικές ταξινομικές προσεγγίσεις που είναι σήμερα αποδεκτές για τα συγκεκριμένα είδη (species concept).

- Η λεπτομερής βιοστρωματογραφική ανάλυση έδωσε επίσης την δυνατότητα του βιοχρονολογικού προσδιορισμού της ηλικίας των διαφόρων βιοστρωματογραφικών συμβάντων,
- με τη βοήθεια μαγνητοστρωματογραφικών δεδομένων καθώς και δεδομένων προερχόμενων από αναλύσεις ισότοπων,
- από διάφορες περιοχές του Ειρηνικού και του Ατλαντικού ωκεανού, όπως επίσης και από τη Μεσόγειο (Gartner 1973; Backman & Shackleton 1983; Thierstein *et al.* 1977; Rio *et al.* 1990; Lourens *et al.*, 2004; Backman *et al.*, 2012; Agnini *et al.*, 2014, 2017).

Χρονοστρωματογραφικές ενότητες

- Μεγααιωνοδιάπλαση Eonothem
- Αιωνοδιάπλαση Erathem
- Σύστημα System
- Σειρά Series
- Βαθμίδα Stage
- Χρονοζώνη

Βαθμίδα είναι το σύνολο όλων των πετρωμάτων που σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος (μονάδα χρόνου-πετρώματος)

Χρονοστρωματογραφικές Γεωχρονολογικές ενότητες

- Μεγααιωνοδιάπλαση Eonothem Μεγααιών Eon
- Αιωνοδιάπλαση Erathem Αιών Era
- Σύστημα System Περίοδος Period
- Σειρά Series Εποχή Epoch
- Βαθμίδα Stage Ηλικία Age
- Χρονοζώνη Χρόνος

ΜΕΓΑΛΟΑΙΩΝΟΔΙΑΠΛΑΣΗ	ΜΕΓΑΛΑΙΩΝΑΙ ΑΙΩΝΟΔΙΑΠΛΑΣΗ	ΑΙΩΝΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΣΕΙΡΑ ΕΠΟΧΗ	ΒΑΘΜΙΔΑ ΗΛΙΚΙΑ	ΕΚΑΤ. ΧΡΟΝΙΑ	GSSP
ΦΑΝΕΡΟΖΩΙΚΟΣ	ΚΑΙΝΟΣΩΙΚΟΣ	ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ	ΟΛΟΚΑΙΝΟ			0.0118	
			ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	ΤΑΡΑΝΤΙΟ		0.126	
				ΙΟΝΙΟ		0.782	
		ΚΑΛΑΒΡΙΟ			1.806		
		ΝΕΟΓΕΝΕΣ	ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ	ΓΕΛΑΣΙΟ		2.588	
				ΠΛΑΚΕΝΤΙΟ		3.600	
			ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ	ΖΑΓΚΛΙΟ		5.332	
				ΜΕΙΣΗΝΝΙΟ		7.246	
				ΤΟΡΤΟΝΙΟ		11.608	
				ΣΕΡΡΑΒΑΛΛΙΟ		13.65	
	ΛΑΓΓΙΟ				15.97		
	ΒΟΥΡΔΙΓΑΛΙΟ				20.43		
	ΑΚΟΥΪΤΑΝΙΟ				23.03		
	ΣΑΤΤΙΟ				28.4±0.1		
	ΠΑΛΑΙΟΓΕΝΕΣ	ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ		33.9±0.1			
		ΗΩΚΑΙΝΟ	ΡΟΥΠΕΛΙΟ		37.2±0.1		
			ΠΡΙΑΜΠΟΝΙΟ		37.2±0.1		
			ΜΠΑΡΤΟΝΙΟ		40.4±0.2		
		ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ	ΛΟΥΤΗΣΙΟ		48.6±0.2		
			ΥΠΡΕΣΙΟ		55.8±0.2		
			ΘΑΝΕΤΙΟ		58.7±0.2		
	ΣΕΛΑΝΔΙΟ			61.7±0.2			
	ΜΕΣΟΣΩΙΚΟΣ	ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ	ΑΝΩΤΕΡΟ	ΔΑΝΙΟ		65.5±0.3	
ΜΑΙΣΤΡΙΧΤΙΟ					70.6±0.6		
ΚΑΜΠΑΝΙΟ					83.5±0.7		
ΣΑΝΤΟΝΙΟ					85.8±0.7		
ΚΟΝΙΑΣΙΟ					89.3±1.0		
ΤΟΥΡΩΝΙΟ					93.5±0.8		
ΚΑΤΩΤΕΡΟ			ΚΕΝΟΜΑΝΙΟ		99.6±0.9		
			ΑΛΒΙΟ		112.0±1.0		
			ΑΠΤΙΟ		125.0±1.0		
			ΒΑΡΡΕΜΙΟ		130.0±1.5		
			ΩΤΕΡΙΒΙΟ		136.4±2.0		
			ΒΑΛΑΝΖΙΝΙΟ		140.2±3.0		
			ΒΕΡΡΙΑΣΙΟ		145.5±4.0		

ΧΡΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- Χρονοζώνη-
- Όλα τα στρώματα που αποτέθηκαν στο αντίστοιχο χρονικό διάστημα την γεωχρονολογική ενότητα.
- Βιοζώνη- Στρώματα με απολιθώματα

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

- Αντιστοιχία Χρονοστρωματογραφικών και γεωχρονολογικών ενοτήτων
- Για τον καθορισμό της αντιστοιχίας χρησιμοποιούνται **παλαιοντολογικά** και **στρωματογραφικά** κριτήρια

ΠΑΓΚΟΣΜΙΑ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑ

ΜΕΓΑΛΟΠΛΑΘΗ ΑΙΩΝΑΣ	ΜΕΓΑΛΟΠΛΑΘΗ ΑΙΩΝΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΣΕΙΡΑ ΕΠΟΧΗ	ΒΑΘΜΙΔΑ ΗΛΙΚΙΑ	ΕΚΑΤ. ΧΡΟΝΙΑ	GSSP	
ΦΑΝΕΡΩΣΙΚΟΣ	ΚΑΙΝΟΣΩΙΚΟΣ	ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ	ΟΛΟΚΑΙΝΟ		0.0118		
			ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	TARANTIO		0.126	
				ΙΟΝΙΟ		0.782	
				ΚΑΛΑΒΡΙΟ		1.806	
		ΝΕΟΓΕΝΕΣ	ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ	ΠΛΑΚΕΝΤΙΟ		2.588	
				ΖΑΓΚΛΙΟ		3.400	
			ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ	ΜΕΣΙΗΝΙΟ		5.332	
				ΤΟΡΤΟΝΙΟ		7.246	
				ΣΕΡΡΑΒΑΛΛΙΟ		11.608	
				ΛΑΓΓΙΟ		13.65	
	ΠΑΛΑΙΟΓΕΝΕΣ	ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ	ΣΑΤΤΙΟ		23.03		
			ΡΟΥΠΕΛΙΟ		28.420.1		
		ΗΩΚΑΙΝΟ	ΠΡΙΑΜΠΟΝΙΟ		33.920.1		
			ΜΠΑΡΤΟΝΙΟ		37.220.1		
			ΛΟΥΤΗΣΙΟ		40.420.2		
			ΥΠΡΕΣΙΟ		48.620.2		
		ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ	ΘΑΝΕΠΙΟ		55.820.2		
			ΣΕΛΑΝΔΙΟ		58.720.2		
			ΔΑΝΙΟ		61.720.2		
					65.520.3		
ΜΕΙΟΣΩΙΚΟΣ	ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ	ΜΑΙΣΤΡΗΧΤΙΟ		70.620.6			
		ΚΑΜΠΑΝΙΟ		83.520.7			
		ΣΑΝΤΟΝΙΟ		85.820.7			
		ΚΟΝΙΑΣΙΟ		89.321.0			
		ΤΟΥΡΩΝΙΟ		93.520.8			
		ΚΕΝΟΜΑΝΙΟ		99.620.9			
		ΑΝΩΤΕΡΟ	ΑΛΒΙΟ		112.021.0		
			ΑΠΠΙΟ		125.021.0		
			ΒΑΡΡΕΜΙΟ		130.021.5		
			ΩΤΕΡΒΙΟ		136.422.0		
ΚΑΤΩΤΕΡΟ	ΒΑΛΑΝΖΙΝΙΟ		140.223.0				
	ΒΕΡΡΙΑΣΙΟ		145.524.0				

ΜΕΓΑΛΟΠΛΑΘΗ ΑΙΩΝΑΣ	ΜΕΓΑΛΟΠΛΑΘΗ ΑΙΩΝΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΣΕΙΡΑ ΕΠΟΧΗ	ΒΑΘΜΙΔΑ ΗΛΙΚΙΑ	ΕΚΑΤ. ΧΡΟΝΙΑ	GSSP
ΦΑΝΕΡΩΣΙΚΟΣ	ΜΕΙΟΣΩΙΚΟΣ	ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ	ΑΝΩΤΕΡΟ	ΤΙΘΩΝΙΟ	145.524.0	
				ΚΙΜΜΕΡΙΑΔΙΟ	150.324.0	
				ΟΞΦΟΡΔΙΟ	155.724.0	
			ΜΕΣΙΟ	ΚΑΛΛΟΒΙΟ	161.224.0	
				ΒΑΘΩΝΙΟ	164.724.0	
				ΒΑΓΙΩΣΙΟ	167.723.5	
				ΑΑΛΕΝΙΟ	171.623.0	
				ΤΟΡΡΣΙΟ	175.622.0	
				ΠΛΙΕΝΣΒΑΧΙΟ	183.021.5	
				ΣΙΝΕΜΟΥΡΙΟ	189.621.5	
		ΚΑΤΩΤΕΡΟ	ΕΠΤΑΝΣΙΟ	196.521.0		
			ΡΑΠΠΙΟ	199.620.6		
			ΝΩΡΙΟ	203.621.5		
			ΚΑΡΝΙΟ	216.522.0		
			ΚΑΡΝΙΟ	228.022.0		
	ΠΑΛΑΙΟΣΩΙΚΟΣ	ΤΡΙΑΔΙΚΟ	ΜΕΣΟ	228.022.0		
			ΛΑΔΙΝΙΟ	237.022.0		
			ΑΝΙΣΙΟ	245.020.5		
			ΟΛΕΝΕΚΙΟ	249.720.7		
			ΙΝΔΟΥΟ	251.020.4		
		ΛΟΠΙΓΓΙΟ	ΧΑΓΓΙΣΓΙΓΓΙΟ	253.820.7		
			ΒΟΥΣΙΑΠΠΙΟ	260.420.7		
			ΚΑΠΙΤΑΝΙΟ	265.820.7		
			ΓΟΡΔΙΟ	268.020.7		
			ΡΩΔΙΟ	270.620.7		
		ΠΕΡΜΙΟ	ΚΙΣΟΥΡΑΛΙΟ	275.620.7		
			ΑΡΤΙΝΣΚΙΟ	284.420.7		
			ΣΑΚΜΑΡΙΟ	294.620.8		
			ΑΣΙΣΕΛΙΟ	299.020.8		
			ΓΚΣΕΛΙΟ	303.920.9		
ΛΙΘΑΝΘΡΑΚΟΦΟΡΟ	ΠΕΝΣΥΛΒΑΝΙΟ	ΑΝΩΤΕΡΟ	ΚΑΣΙΜΟΒΙΟ	306.521.0		
		ΜΕΣΟ	ΜΟΙΣΧΟΒΙΟ	311.721.0		
		ΚΑΤΩΤΕΡΟ	ΒΑΣΚΙΡΙΟ	318.121.3		
		ΑΝΩΤΕΡΟ	ΣΙΕΡΠΟΥΚΟΒΙΟ	326.421.6		
		ΜΕΣΟ	ΒΙΖΑΙΟΝ	345.322.1		
	ΚΑΤΩΤΕΡΟ	ΤΟΥΡΝΑΙΣΙΟ	359.222.5			

ΜΕΓΑΛΟΠΛΑΘΗ ΑΙΩΝΑΣ	ΜΕΓΑΛΟΠΛΑΘΗ ΑΙΩΝΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΣΕΙΡΑ ΕΠΟΧΗ	ΒΑΘΜΙΔΑ ΗΛΙΚΙΑ	ΕΚΑΤ. ΧΡΟΝΙΑ	GSSP	
ΦΑΝΕΡΩΣΙΚΟΣ	ΠΑΛΑΙΟΣΩΙΚΟΣ	ΔΕΒΟΝΙΟ	ΑΝΩΤΕΡΟ	ΦΑΜΕΝΝΙΟ	359.222.5		
				ΦΡΑΣΙΝΙΟ	374.522.6		
			ΜΕΣΟ	ΣΙΒΕΤΙΟ	385.322.6		
				ΑΙΦΕΛΙΟ	391.822.7		
				ΕΜΣΙΟ	397.522.7		
		ΚΑΤΩΤΕΡΟ	ΠΡΑΓΙΟ	407.022.8			
			ΛΟΧΚΟΒΙΟ	411.222.8			
			ΠΡΙΔΟΛΙ	416.022.8			
			ΛΟΥΔΛΩΙΟ	418.722.7			
			ΛΟΥΔΦΟΡΔΙΟ	421.322.6			
		ΣΙΛΟΥΡΙΟ	ΓΟΡΓΙΠΙΟ	422.922.5			
			ΟΜΕΡΙΟ	422.922.5			
			ΣΕΝΓΟΥΔΙΟ	426.222.4			
			ΤΕΛΥΧΙΟ	428.222.3			
			ΛΑΝΔΟΒΕΡΙΟ	436.021.9			
	ΟΡΔΟΒΙΣΙΟ	ΑΕΡΟΝΙΟ	439.021.8				
		ΡΟΥΔΔΑΝΙΟ	443.721.5				
		ΑΝΩΤΕΡΟ	ΙΡΝΑΝΤΙΟ	445.621.4			
		ΚΑΤΙΟ	445.621.4				
		ΚΑΤΙΟ	455.821.6				
	ΚΑΜΒΡΙΟ	ΣΑΝΒΑΔΙΟ	460.621.6				
		ΔΑΡΦΡΙΒΙΛΙΟ	468.121.6				
		ΒΑΘΜΙΔΑ 3	471.821.6				
		ΦΛΟΪΟ	478.621.7				
		ΤΡΕΜΑΔΟΚΙΟ	488.321.7				
	ΦΑΝΕΡΩΣΙΚΟΣ	ΚΑΤΑΡΧΑΙΟΣΩΙΚΟΣ	ΟΡΔΟΒΙΣΙΟ	ΦΟΥΡΟΥΓΓΙΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ 10	~492.0*	
				ΒΑΘΜΙΔΑ 9	~496.0*		
				ΠΕΔΙΟ	501.022.0		
				ΒΑΘΜΙΔΑ 7	~503.0*		
				ΒΑΘΜΙΔΑ 6	~506.5*		
ΣΕΙΡΑ 3			ΒΑΘΜΙΔΑ 5	~510.0*			
			ΒΑΘΜΙΔΑ 4	~5170.0*			
			ΒΑΘΜΙΔΑ 3	~521.0*			
			ΒΑΘΜΙΔΑ 2	~534.6*			
			ΒΑΘΜΙΔΑ 1	542.021.0			

ΜΕΓΑΛΟΠΛΑΘΗ ΑΙΩΝΑΣ	ΜΕΓΑΛΟΠΛΑΘΗ ΑΙΩΝΑΣ	ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΕΡΙΟΔΟΣ	ΕΚΑΤ. ΧΡΟΝΙΑ	GSSP	
ΠΡΟΚΑΜΒΡΙΟ ή ΚΡΥΠΤΟΣΩΙΚΟΣ	ΠΡΟΤΕΡΟΣΩΙΚΟΣ	ΝΕΟ-ΠΡΟΤΕΡΟΣΩΙΚΟΣ	ΕΝΤΙΑΚΑΡΙΟ	~630	
			ΚΡΥΟΓΕΝΙΟ	~850	
			ΤΟΝΙΟ	1000	
			ΙΤΕΝΙΟ	1200	
			ΕΚΤΑΣΙΟ	1400	
		ΜΕΣΟ-ΠΡΟΤΕΡΟΣΩΙΚΟΣ	ΚΑΛΥΜΜΙΟ	1600	
			ΣΤΑΘΕΡΙΟ	1800	
			ΟΡΟΣΙΡΙΟ	2050	
			ΡΥΑΚΙΟ	2300	
			ΣΙΔΕΡΙΟ	2500	
		ΠΑΛΑΙΟ-ΠΡΟΤΕΡΟΣΩΙΚΟΣ	ΝΕΟ-ΑΡΧΑΪΚΟΣ	2800	
			ΜΕΣΟ-ΑΡΧΑΪΚΟΣ	3200	
			ΠΑΛΑΙΟ-ΑΡΧΑΪΚΟΣ	3600	
			ΗΩΔΑΡΧΑΪΚΟΣ	TO ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΟΠΙΟ ΔΕΝ ΕΧΕΙ ΚΑΘΟΡΙΣΤΕΙ	

International Commission on Stratigraphy
 GEOLOGIC TIME SCALE-2009
<http://www.stratigraphy.org/upload/ISChart2009.pdf>



INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2020/03



Eonothem / Eon Erathem / Era System / Period		Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	0.0001	present
			Upper	0.0117	
			Lower	0.129	
		Pleistocene	Chibanian	0.774	
			Calabrian	1.80	
		Pliocene	Gelasian	2.58	
			Piacenzian	3.600	
			Zanclean	5.333	
			Messinian	7.246	
			Tortonian	11.63	
	Neogene	Miocene	Serravallian	13.82	
			Langhian	15.97	
			Burdigalian	20.44	
		Aquitanian	23.03		
		Oligocene	Chattian	27.82	
			Rupelian	33.9	
		Paleogene	Eocene	Priabonian	37.71
	Bartonian			41.2	
	Lutetian			47.8	
	Ypresian		56.0		
	Thanetian		59.2		
	Paleocene	Selandian	61.6		
		Danian	66.0		
		Maastrichtian	72.1 ± 0.2		
	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Campanian	83.6 ± 0.2
				Santonian	86.3 ± 0.5
				Coniacian	89.8 ± 0.3
				Turonian	93.9
Cenomanian				100.5	
Lower			Albian	~ 113.0	
			Aptian	~ 125.0	
			Barremian	~ 129.4	
			Hauterivian	~ 132.6	
			Valanginian	~ 139.8	
Berriasian	~ 145.0				

Eonothem / Eon Erathem / Era System / Period		Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	152.1 ± 0.9
			Kimmeridgian	157.3 ± 1.0	
			Oxfordian	163.5 ± 1.0	
			Callovian	166.1 ± 1.2	
			Bathonian	168.3 ± 1.3	
		Middle	Bajocian	170.3 ± 1.4	
			Aalenian	174.1 ± 1.0	
		Lower	Toarcian	182.7 ± 0.7	
			Pliensbachian	190.8 ± 1.0	
			Sinemurian	199.3 ± 0.3	
	Hettangian	201.3 ± 0.2			
	Triassic	Upper	Rhaetian	~ 208.5	
			Norian	~ 227	
		Middle	Carnian	~ 237	
			Ladinian	~ 242	
		Lower	Anisian	247.2	
			Olenekian	251.2	
		Induan	251.902 ± 0.024		
		Changhsingian	254.14 ± 0.07		
		Permian	Lopingian	259.1 ± 0.5	
			Wuchiapingian	259.1 ± 0.5	
	Capitanian		265.1 ± 0.4		
	Guadalupian		268.8 ± 0.5		
	Roadian		272.95 ± 0.11		
	Kungurian		283.5 ± 0.6		
	Artinskian		290.1 ± 0.26		
	Cisuralian		293.52 ± 0.17		
	Sakmarian		298.9 ± 0.15		
Asselian	298.9 ± 0.15				
Paleozoic	Carboniferous	Upper	Gzhelian	303.7 ± 0.1	
			Kasimovian	307.0 ± 0.1	
		Lower	Moscovian	315.2 ± 0.2	
			Bashkirian	323.2 ± 0.4	
			Serpukhovian	330.9 ± 0.2	
	Mississippian	Upper	Visean	346.7 ± 0.4	
			Tournaisian	358.9 ± 0.4	

Eonothem / Eon Erathem / Era System / Period		Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	372.2 ± 1.6
			Frasnian	382.7 ± 1.6	
			Givetian	387.7 ± 0.8	
			Eifelian	393.3 ± 1.2	
			Emsian	407.6 ± 2.6	
		Middle	Pragian	410.8 ± 2.8	
			Lochkovian	419.2 ± 3.2	
		Lower	Pridoli	423.0 ± 2.3	
			Ludlow	425.6 ± 0.9	
			Gorstian	427.4 ± 0.5	
	Homerian		430.5 ± 0.7		
	Sheinwoodian		433.4 ± 0.8		
	Ordovician	Upper	Telychian	438.5 ± 1.1	
			Aeronian	440.8 ± 1.2	
			Rhuddanian	443.8 ± 1.5	
			Hirnantian	445.2 ± 1.4	
			Katian	453.0 ± 0.7	
		Middle	Sandbian	458.4 ± 0.9	
			Darnwillan	467.3 ± 1.1	
		Dapingian	470.0 ± 1.4		
		Lower	Floian	477.7 ± 1.4	
			Tremadocian	485.4 ± 1.9	
	Stage 10		~ 489.5		
	Cambrian	Furongian	Jiangshanian	~ 494	
			Paibian	~ 497	
			Guzhangian	~ 500.5	
			Drumian	~ 504.5	
			Wuliuan	~ 509	
Series 2		Stage 4	~ 514		
		Stage 3	~ 521		
		Stage 2	~ 529		
Terreneuvian		Fortunian	541.0 ± 1.0		

Eonothem / Eon Erathem / Era System / Period		Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Precambrian	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	~ 635	
			Cryogenian	~ 720	
		Meso-proterozoic	Tonian	1000	
			Stenian	1200	
			Ectasian	1400	
		Paleo-proterozoic	Calymnian	1600	
			Statherian	1800	
			Orosirian	2050	
			Rhyacian	2300	
			Siderian	2500	
	Archean	Neo-archean	2800		
		Meso-archean	3200		
		Paleo-archean	3600		
		Eu-archean	4000		
		Hadean	~ 4600		

Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Italic fonts indicate informal units and localities for unratified units. Viewed charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (–) is provided.

Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as UL (Upper/Late), M (Middle) and LE (Lower/Early). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian are taken from A Geologic Time Scale 2012 by Gradstein et al. (2012); those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.



Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org)

Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, J.-X. Fan (c) International Commission on Stratigraphy, March 2020

To cite: Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013) updated! The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36, 199-204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICChart/ChronostratChart2020-03.pdf>

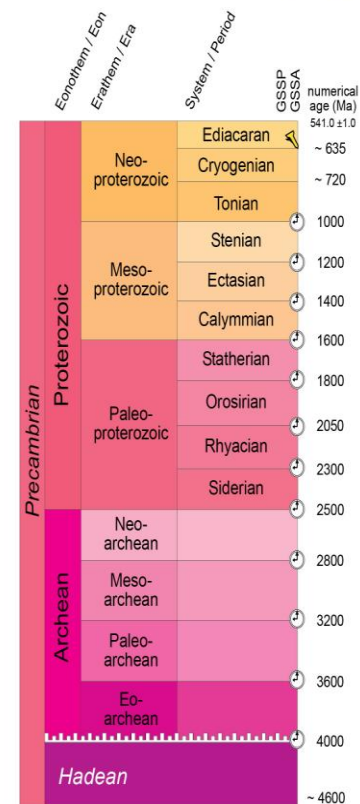
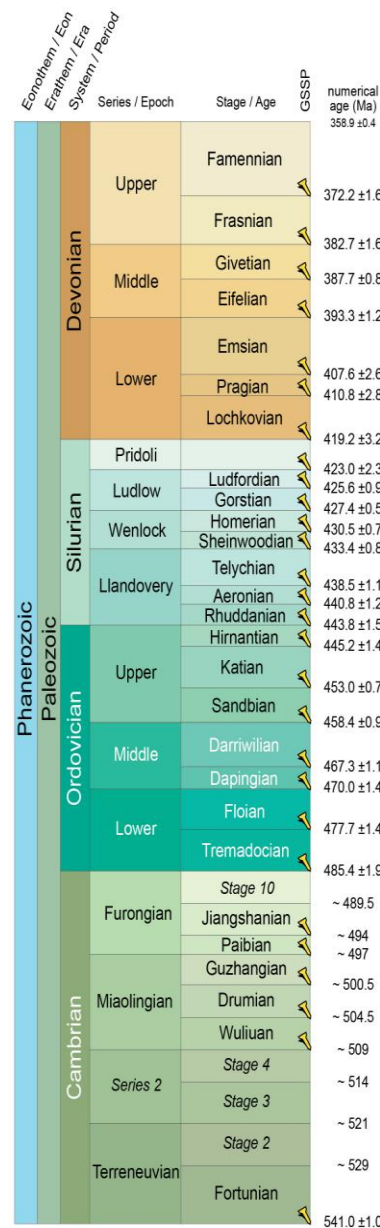
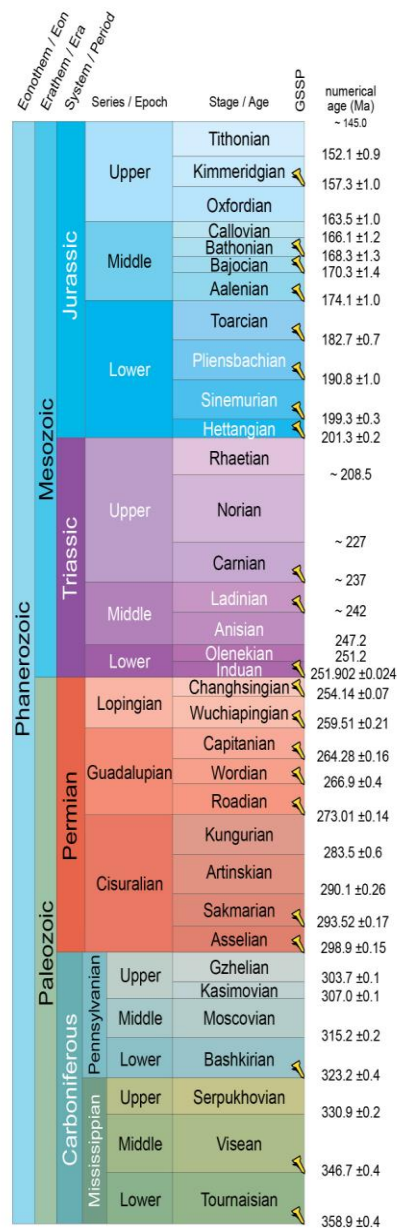
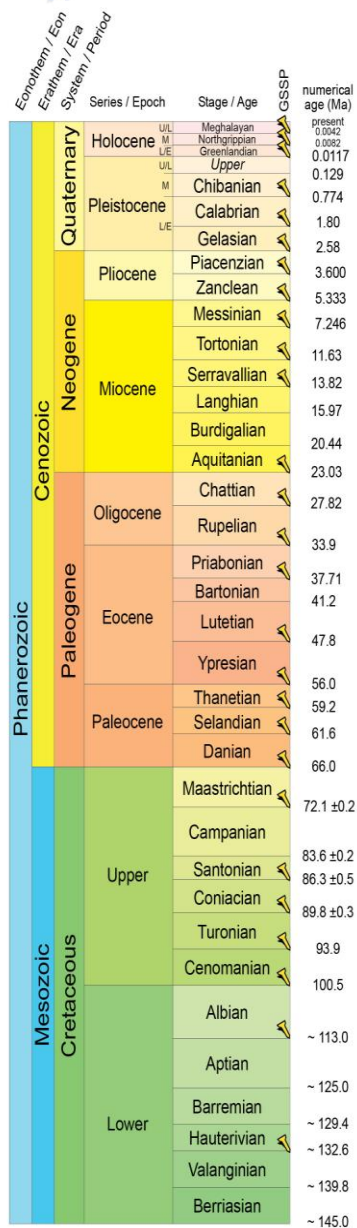


INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2021/07



Units of all ranks are in the process of being defined by Global Boundary Stratotype Section and Points (GSSP) for their lower boundaries, including those of the Archean and Proterozoic, long defined by Global Standard Stratigraphic Ages (GSSA). Italic fonts indicate informal units and placeholders for unnamed units. Versioned charts and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is found below.

Numerical ages are subject to revision and do not define units in the Phanerozoic and the Ediacaran; only GSSPs do. For boundaries in the Phanerozoic without ratified GSSPs or without constrained numerical ages, an approximate numerical age (~) is provided.

Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as U/L (Upper/Late), M (Middle) and L/E (Lower/Early). Numerical ages for all systems except Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian are taken from 'A Geologic Time Scale 2012' by Gradstein et al. (2012), those for the Quaternary, upper Paleogene, Cretaceous, Triassic, Permian and Precambrian were provided by the relevant ICS subcommissions.

Colouring follows the Commission for the Geological Map of the World (www.ccgw.org)



Chart drafted by K.M. Cohen, D.A.T. Harper, P.L. Gibbard, N. Car (c) International Commission on Stratigraphy, July 2021

To cite: Cohen, K.M., Finney, S.G., Gibbard, P.L. & Fan, J.-X. (2013; updated) The ICS International Chronostratigraphic Chart. Episodes 36: 199-204.

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2021-07.pdf>

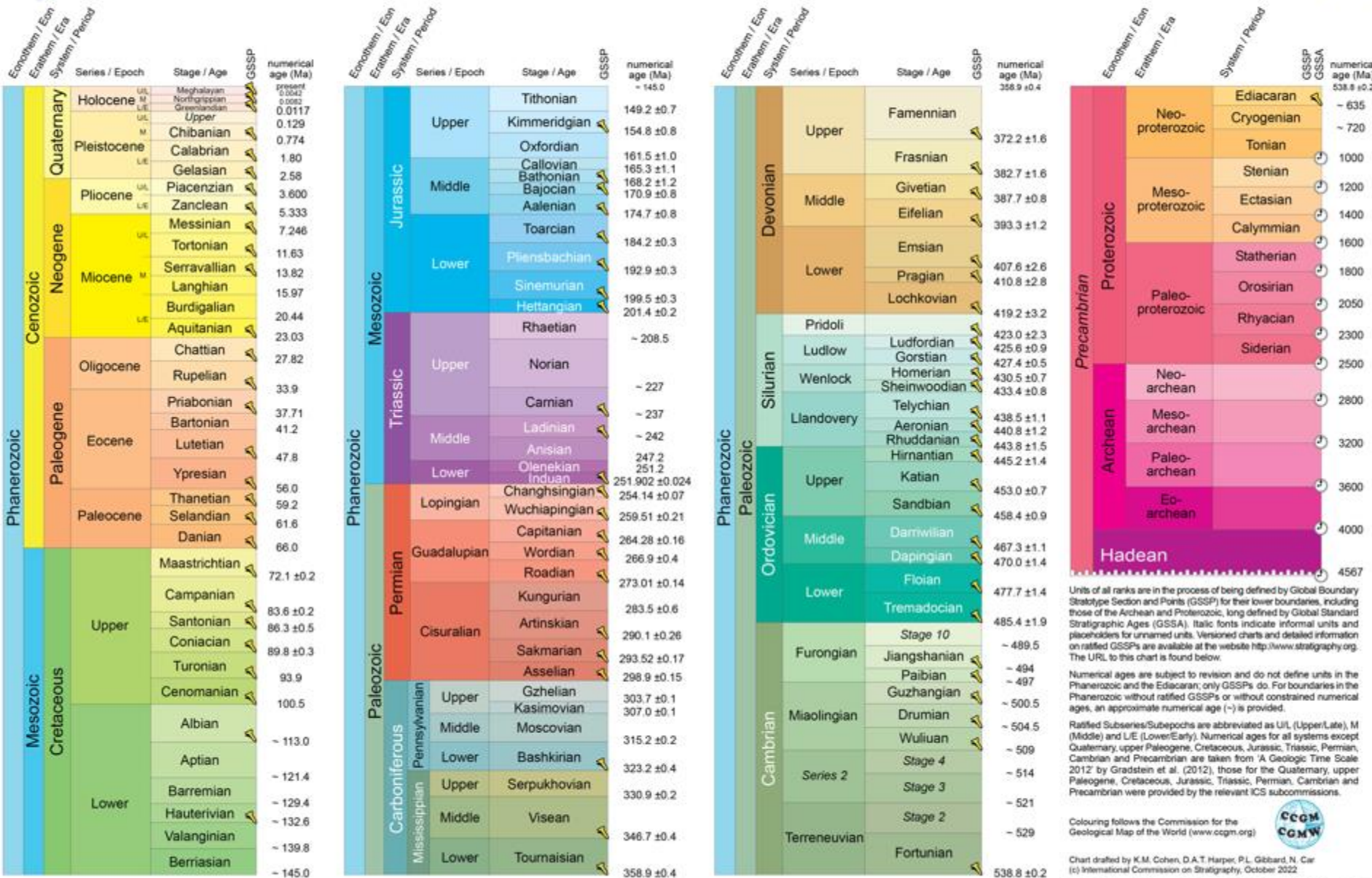


INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2022/10



by Marie-Pierre Aubry^{1*}, Kenneth G. Miller¹, Elena Turco², José Abel Flores³,
 Andrey Gladenkov⁴, Patrick Grunert⁵, Frits Hilgen⁶, Hiroshi Nishi⁷, Ann Holbourn⁸,
 Wout Krijgsman⁹, Fabrizio Lirer¹⁰, Werner E. Piller¹¹, Frédéric Quillevéré¹², Isabella Raffi¹³,
 Marci Robinson¹⁴, Lorenzo Rook¹⁵, Jun Tian¹⁶, Maria Triantaphyllou¹⁷, and Felipe Vallejo^{3,18}

Ratification of Neogene subseries as formal units in international chronostratigraphy

	System / Period	Series / Epoch	Subseries / Subepoch	Stage / Age
Neogene	Pliocene	Upper/Late	Piacenzian	
			Lower/Early	Zanclean
	Miocene	Upper/Late	Messinian	
			Tortonian	
		Middle	Serravallian	
			Langhian	
		Lower/Early	Burdigalian	
			Aquitanian	

	System / Period	Series / Epoch	Subseries / Subepoch	Stage / Age
Neogene	0/0/40/0	0/5/25/0	0/0/25/0	
			0/5/30/0	0/0/30/0
	0/0/100/0	0/5/55/0	0/0/55/0	
			0/0/60/0	
		0/5/65/0	0/0/65/0	
			0/0/70/0	
		0/5/75/0	0/0/75/0	
			0/0/80/0	



Bruno VRIELYNCK
9/02/2022

	System / Period	Series / Epoch	Subseries / Subepoch	Stage / Age
Neogene	255/230/25	255/255/153	255/242/205	255/255/191
			255/242/195	255/255/179
	255/255/0	255/236/140	255/255/115	
			255/255/102	
		255/236/115	255/255/89	
			255/255/77	
		255/236/85	255/255/65	
			255/255/51	

Comparing Rock and Time units

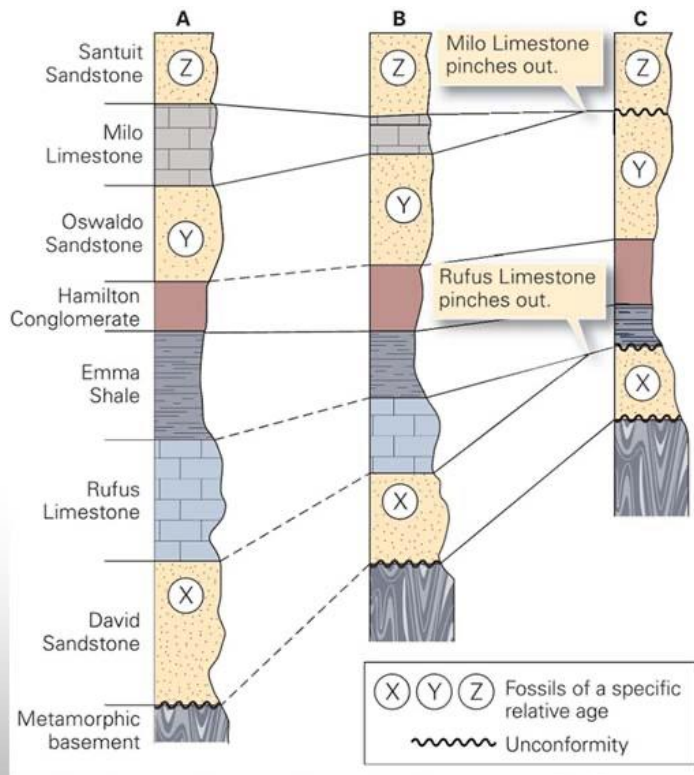
Chronostrat	Rock-Time (Biostrat)	Example
Eon	Eonothem	Phanerozoic
Era	Erathem	Mesozoic
Period	System	Cretaceous
Epoch Early Middle Late	Series Lower Middle Upper	Late Cretaceous Upper Cretaceous
Age	Stage	Maestrichtian
	Zone (regional)	<i>Baculites rex</i>

ΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

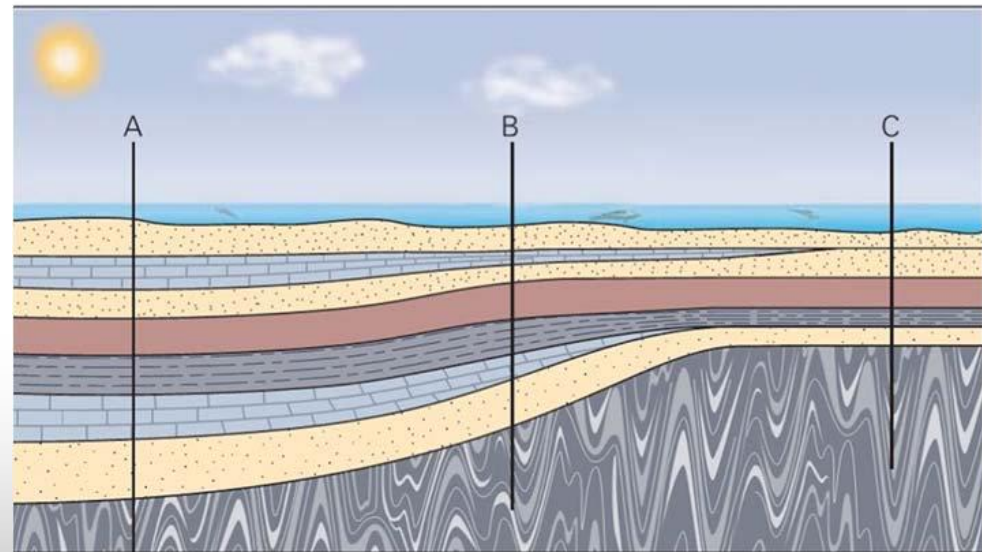
- Θεωρία της εξέλιξης
- Εμφανίσεις – εξαφανίσεις
 - Κλιματικά φαινόμενα
 - Αστρονομικά
 - Ηφαίστεια
 - Μετεωρίτες
 - Ηλιακές εκρήξεις , κλπ

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΚΡΙΤΗΡΙΑ

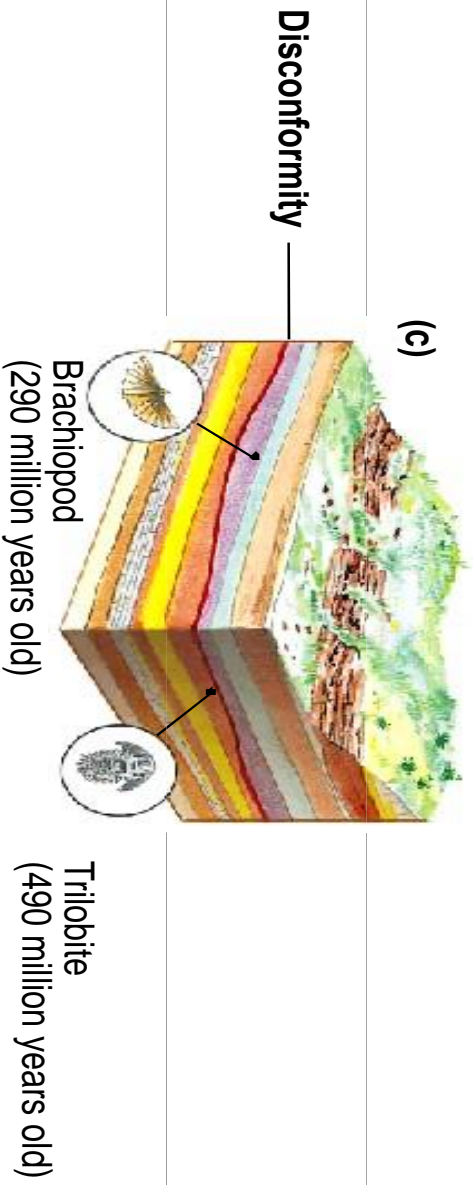
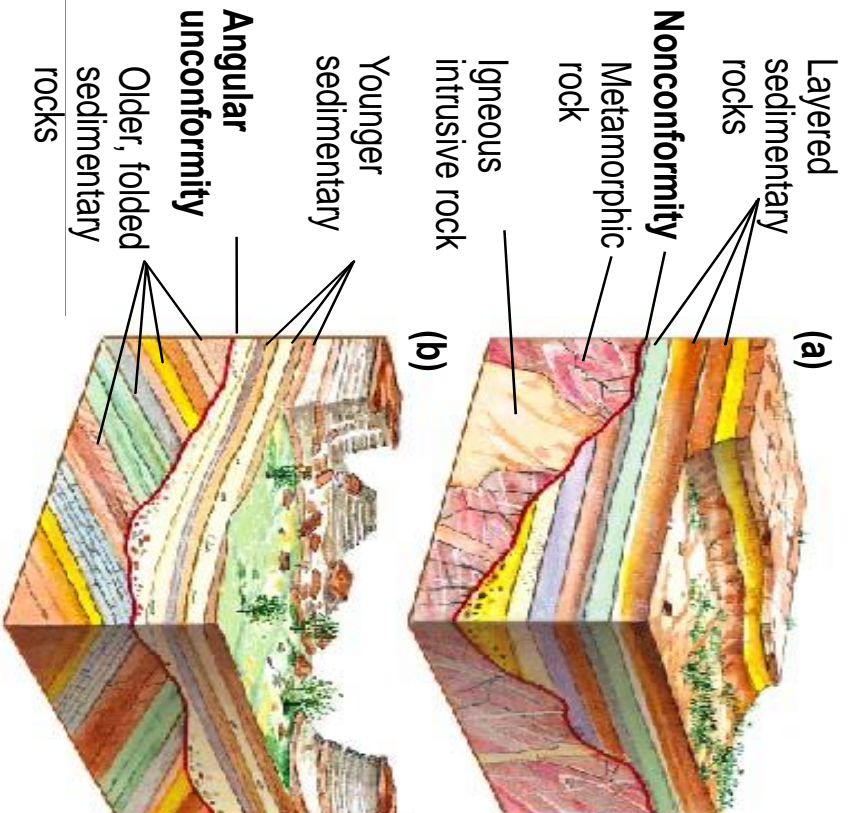
- Επικλύσεις- Αποσύρσεις- Ορογενέσεις
 - Ορογενετικός κύκλος
 - Πάχος ιζηματογενών σειρών
(Συμπυκνωμένες σειρές, Ammonitico Rosso,
Hard Ground σε πελαγικές ράχεις)
- Χάρτες ισοβαθών - Χάρτες Ισοπαχών
- Συνεχείς σειρές - ασυνεχείς σειρές- Απουσία
ιζημάτων



(a) Stratigraphic columns can be correlated by matching rock types (lithologic correlation). The Hamilton Conglomerate is a marker horizon. Because some strata pinch out, Column C contains unconformities. Fossil correlation indicates that the youngest beds in C are Santuit Sandstone.



(b) At the time of deposition, locations A, B, and C were in different parts of a basin. The basin floor was subsiding fastest at A.



Δυσυμφωνία ή
καλυμμένη
ασυμφωνία

Αναδύσεις -
Διαβρώσεις

Κενά-
Επικλύσεις -
Ασυμφωνίες

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΗΣ ΚΥΚΛΟΣ

- Επίκλυση
- Ιζηματογένεση
- Απόσυρση
- **ΟΡΟΓΕΝΕΤΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ**
- Μπορεί να περιέχει πολλούς ιζηματογενείς κύκλους



INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHY

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

Eonothem / Eon		Erathem / Era		System / Period		GSSP	numerical age (Ma)	
Series / Epoch	Stage / Age	Series / Epoch	Stage / Age	Series / Epoch	Stage / Age			
Cenozoic	Quaternary	Holocene	Meghalayan	present			0.0042	
			Northgrippian	0.0082			0.0082	
			Greenlandian	0.0117			0.0117	
			Upper					
	Pleistocene	Chibanian	0.129				0.129	
		Calabrian	0.774				0.774	
		Gelasian	1.80				1.80	
	Pliocene	Piacenzian	3.600				3.600	
		Zanclean	5.333				5.333	
	Neogene	Miocene	Messinian	7.246			7.246	
			Tortonian	11.63			11.63	
			Serravallian	13.82			13.82	
		Oligocene	Langhian	15.97				15.97
			Burdigalian	20.44				20.44
			Aquitanian	23.03				23.03
	Paleogene	Eocene	Chattian	27.82			27.82	
			Rupelian	33.9			33.9	
		Eocene	Priabonian	37.71				37.71
			Bartonian	41.2				41.2
			Lutetian	47.8				47.8
Paleocene		Ypresian	56.0				56.0	
		Thanetian	59.2				59.2	
		Selandian	61.6				61.6	
	Danian	66.0				66.0		
Phanerozoic		Maastrichtian	72.1 ± 0.2			72.1 ± 0.2		
		Campanian						

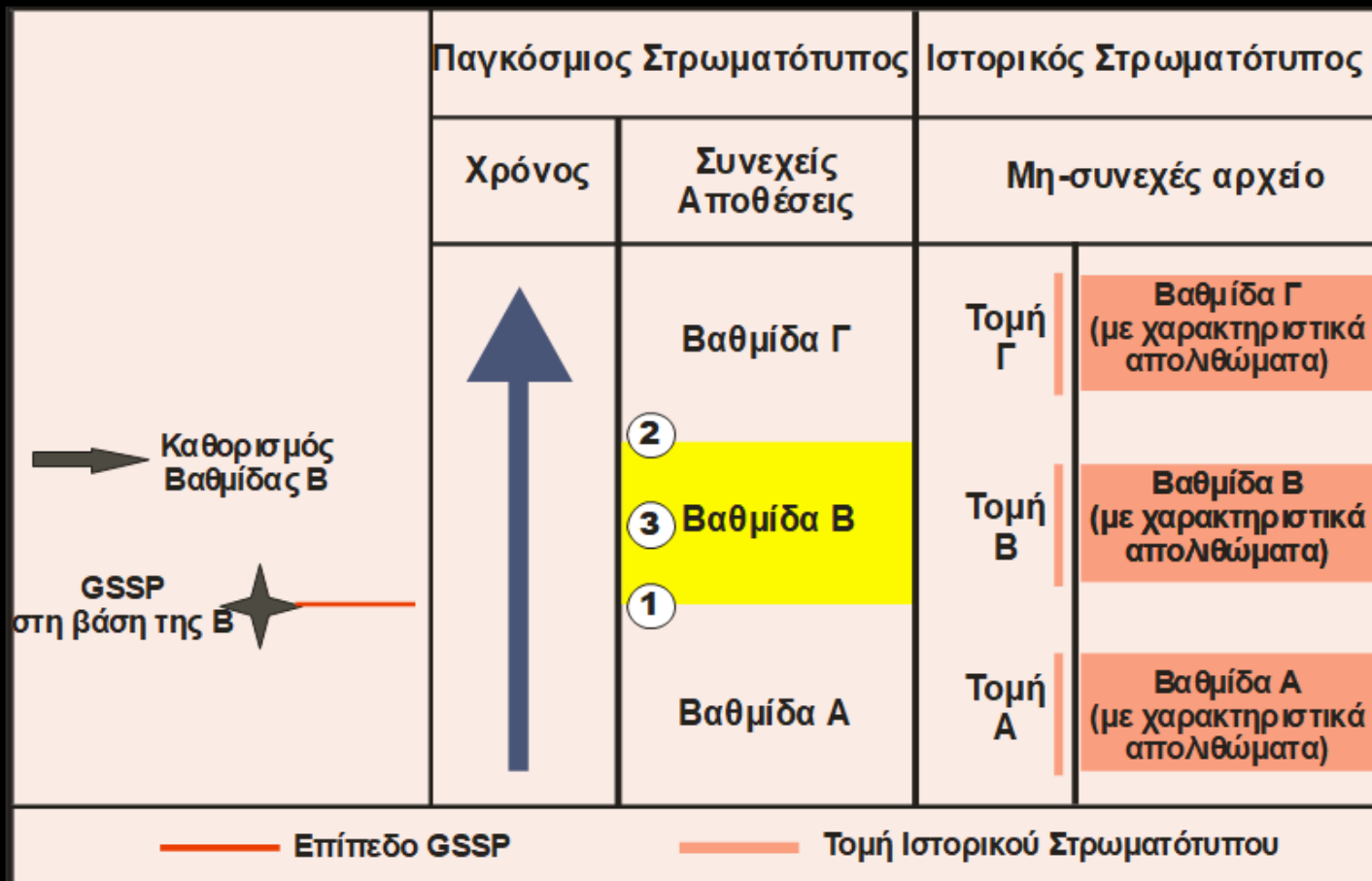
Eonothem / Eon		Erathem / Era		System / Period		GSSP	numerical age (Ma)
Series / Epoch	Stage / Age	Series / Epoch	Stage / Age	Series / Epoch	Stage / Age		
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian			~ 145.0
				Kimmeridgian			149.2 ± 0.7
			Middle	Oxfordian			154.8 ± 0.8
				Callovian			161.5 ± 1.0
				Bathonian			165.3 ± 1.1
				Bajocian			168.2 ± 1.2
		Lower	Aalenian			170.9 ± 0.8	
			Toarcian			174.7 ± 0.8	
			Pliensbachian			184.2 ± 0.3	
			Sinemurian			192.9 ± 0.3	
			Hettangian			199.5 ± 0.3	
		Triassic	Upper	Rhaetian			201.4 ± 0.2
				Norian			~ 208.5
				Carnian			~ 227
			Middle	Ladinian			~ 237
				Anisian			~ 242
				Olenekian			247.2
			Lower	Induan			251.2
				Changhsingian			251.902 ± 0.024
Permian	Lopingian			254.14 ± 0.07			
	Wuchiapingian			259.51 ± 0.21			
	Capitanian			264.28 ± 0.16			
	Guadalupian			266.9 ± 0.4			
	Wordian			266.9 ± 0.4			
	Roadian			273.01 ± 0.14			
	Kungurian						

Eonothem / Eon		Erathem / Era		System / Period		GSSP	numerical age (Ma)
Series / Epoch	Stage / Age	Series / Epoch	Stage / Age	Series / Epoch	Stage / Age		
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian			
				Frasnian			
			Middle	Givetian			
				Eifelian			
				Emsian			
				Pragian			
		Lower	Lochkovian				
		Silurian	Pridoli				
			Ludlow				
			Wenlock				
			Llandovery				
		Ordovician	Upper	Katian			
				Sandbian			
			Middle	Darriwilian			
				Dapingian			
				Floian			
		Lower					

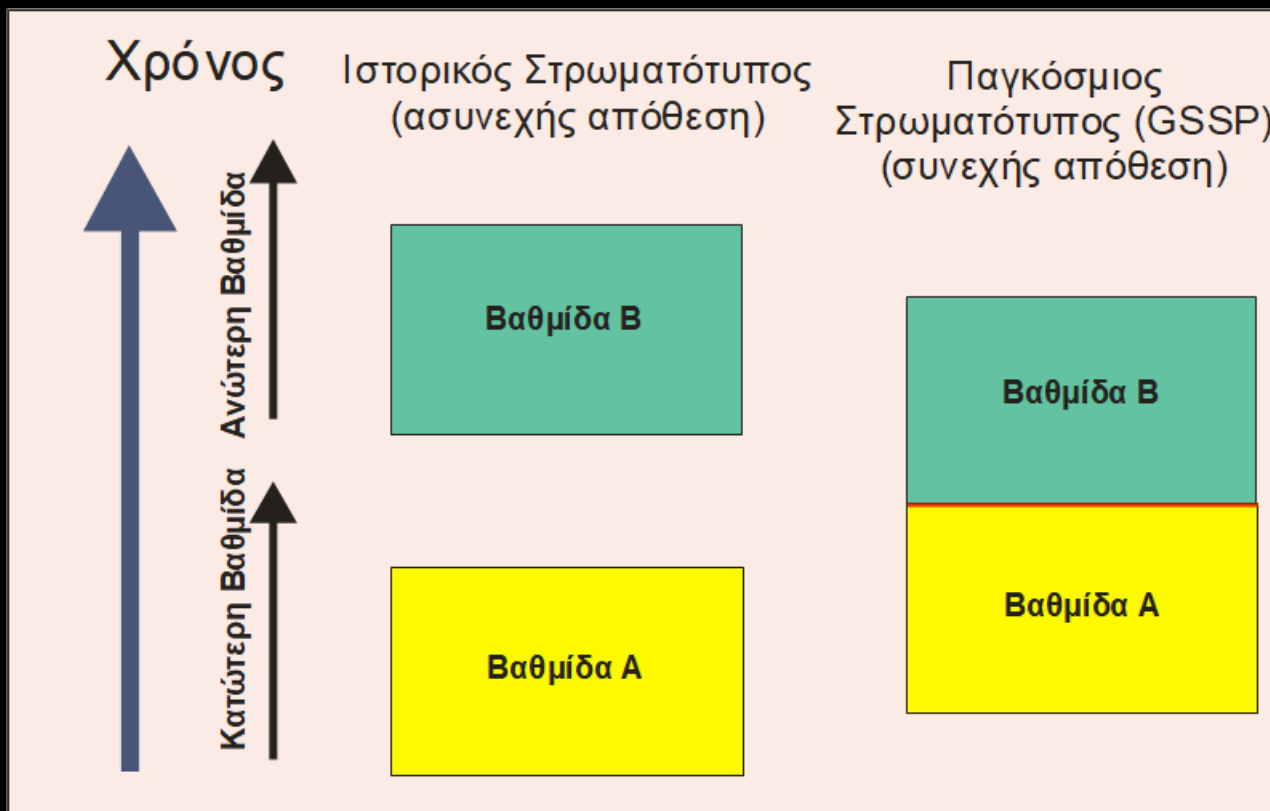
ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

- Στρωματότυποι
- Ολοστρωματότυπος – Ο αρχικός
- Παραστρωματότυπος – Συμπληρωματικός
- Λεκτοστρωματότυπος - επιλέγεται αργότερα επειδή ο αρχικός δεν είχε προσδιορισθεί καλά
- Νεοστρωματότυπος – Αντικαθιστά εξαφανισθέντα ή απορριφθέντα στρωματότυπο

Καθορισμός στρωματογραφικών ενοτήτων. Μία βαθμίδα απαιτεί τα ακόλουθα για τον πλήρη καθορισμό της: ένα GSSP για τον καθορισμό του κατώτερου ορίου, ένα GSSP για τον καθορισμό του ανώτερου ορίου και τα κύρια λιθολογικά και πανιδικά χαρακτηριστικά της βασισμένα στον ιστορικό στρωματότυπο από τον οποίο το όνομά της προήλθε.



Αναθεώρηση της έννοιας της βαθμίδα. Οι περισσότεροι ιστορικοί στρωματοτύποι καθορίστηκαν σε κεντρικές φάσεις πλατφόρμας με αποτέλεσμα η απόθεση να είναι συνήθως ασυνεχής μεταξύ καθορισμένων βαθμίδων. Αντίθετα, η έννοια του απόλυτου ορίου (GSSP) απαιτεί το όριο μιας βαθμίδα να καθορίζεται σε μια συνεχή ακολουθία στρωμάτων.



Το βασικό κριτήριο για την επιλογή ενός GSSP είναι η δυνατότητα παγκόσμιας συσχέτισης.

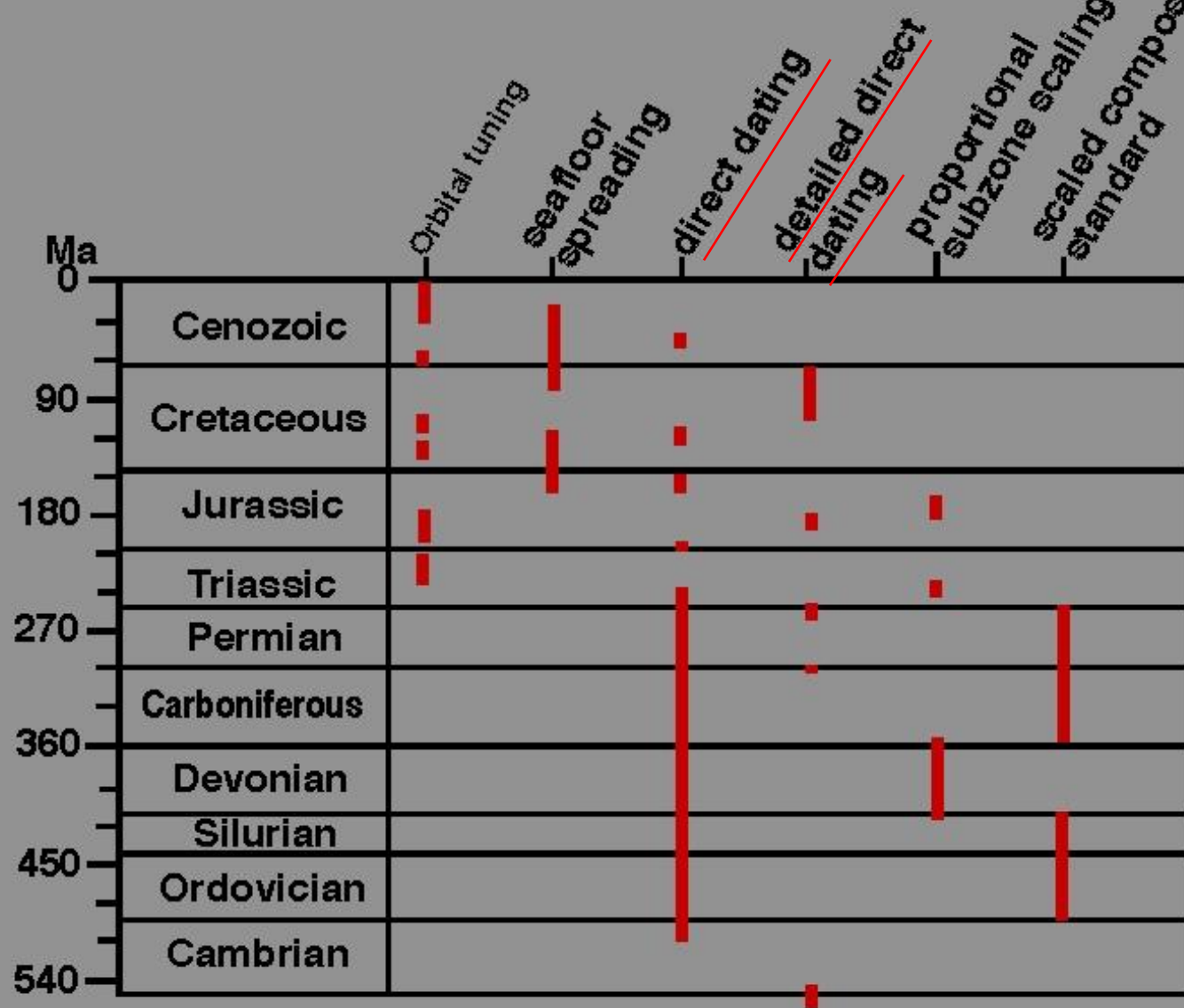
Τα περισσότερα GSSP έχουν καθορισθεί με βιοστρωματογραφικά κριτήρια.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι γεωμαγνητικές αναστροφές και οι χημειοστρωματογραφικοί και κυκλοστρωματογραφικοί ορίζοντες με παγκόσμια εξάπλωση.

Τα GSSPs (golden spikes) είναι σημεία όπου η σχέση χρόνου-πετρώματος είναι όσο το δυνατόν πιο ξεκάθαρη

ΑΠΟΛΥΤΕΣ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΕΙΣ

- **ΒΑΣΙΚΗ ΠΡΟΫΠΟΘΕΣΗ – ΚΛΕΙΣΤΟ ΚΥΚΛΩΜΑ**
 - Χρόνος ημιζωής
 - Πλεονεκτήματα
 - Μειονεκτήματα



Methods used to construct the Geologic Time Scale 2004 (GTS2004) integrated different techniques depending on the quality of data available within different intervals.

TOOLS

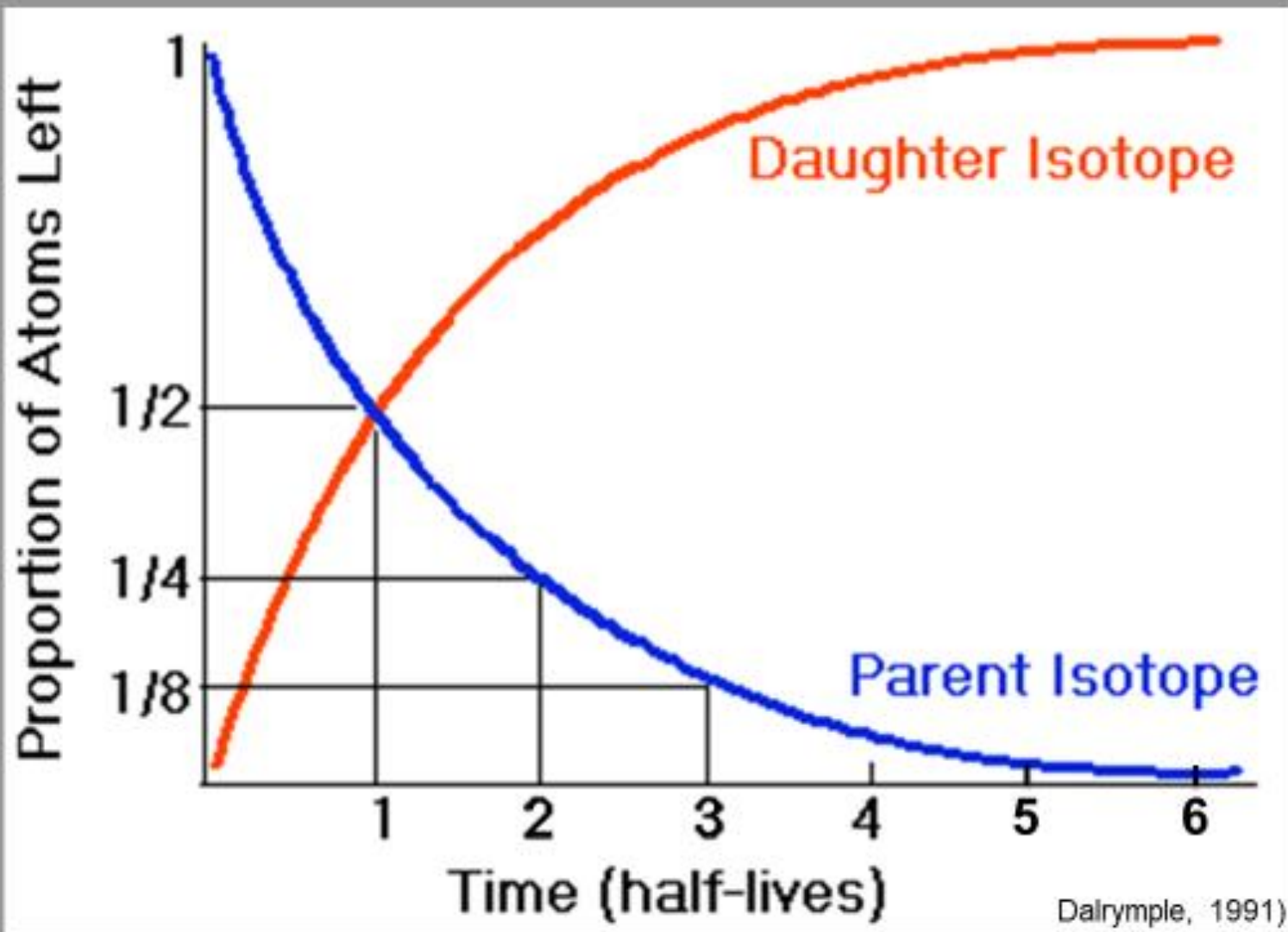
RADIOACTIVE ELEMENTS HAVE A PROVEN
CONSTANT DECAY RATE

RADIOACTIVE ELEMENTS HAVE A PROVEN
CONSTANT HALF-LIFE

NECESSARILY, A DATABLE MATERIAL MUST COME
FROM A CLOSED SYSTEM, CONTAINING BOTH
THE PARENT ISOTOPES AND THEIR DECAY
PRODUCTS

Η ιδέα ότι η ραδιενέργεια θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μέτρο της ηλικίας των γεωλογικών σχηματισμών προτάθηκε για πρώτη φορά το 1905 από έναν Βρετανό φυσικό, Λόρδο Ράδερφορντ.

Το 1907 ο καθηγητής B. B. Boltwood, ένας ραδιοχημικός στο Πανεπιστήμιο του Γέιλ, έκανε πρώτη προσπάθεια δημιουργίας μιας γεωλογικής χρονικής κλίμακας.



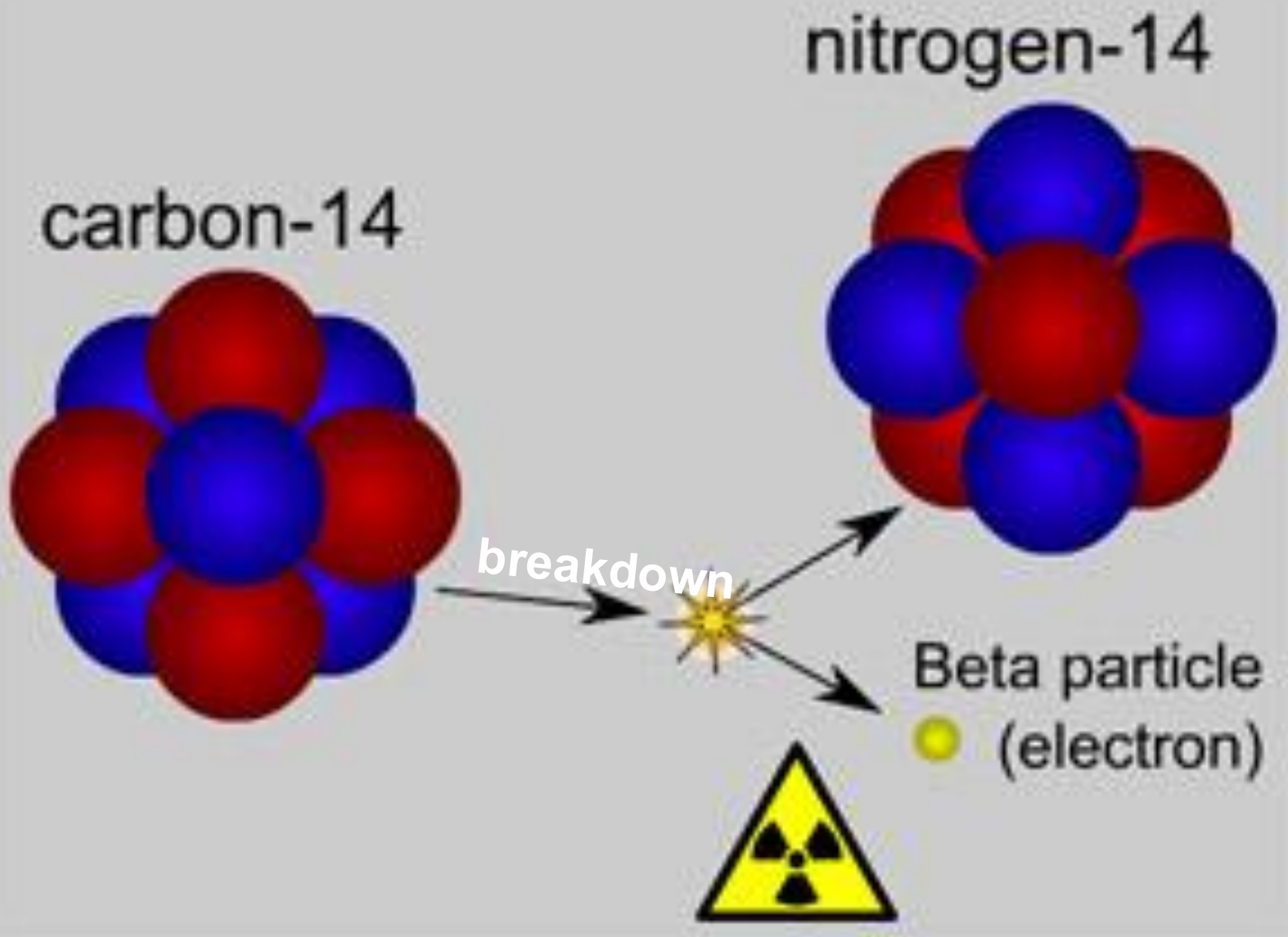
http://www.tulane.edu/~sanelson/eens211/radiometric_dating.htm

RADIOACTIVE DECAY: Parent/daughter relationship.

ΑΝΘΡΑΚΑΣ

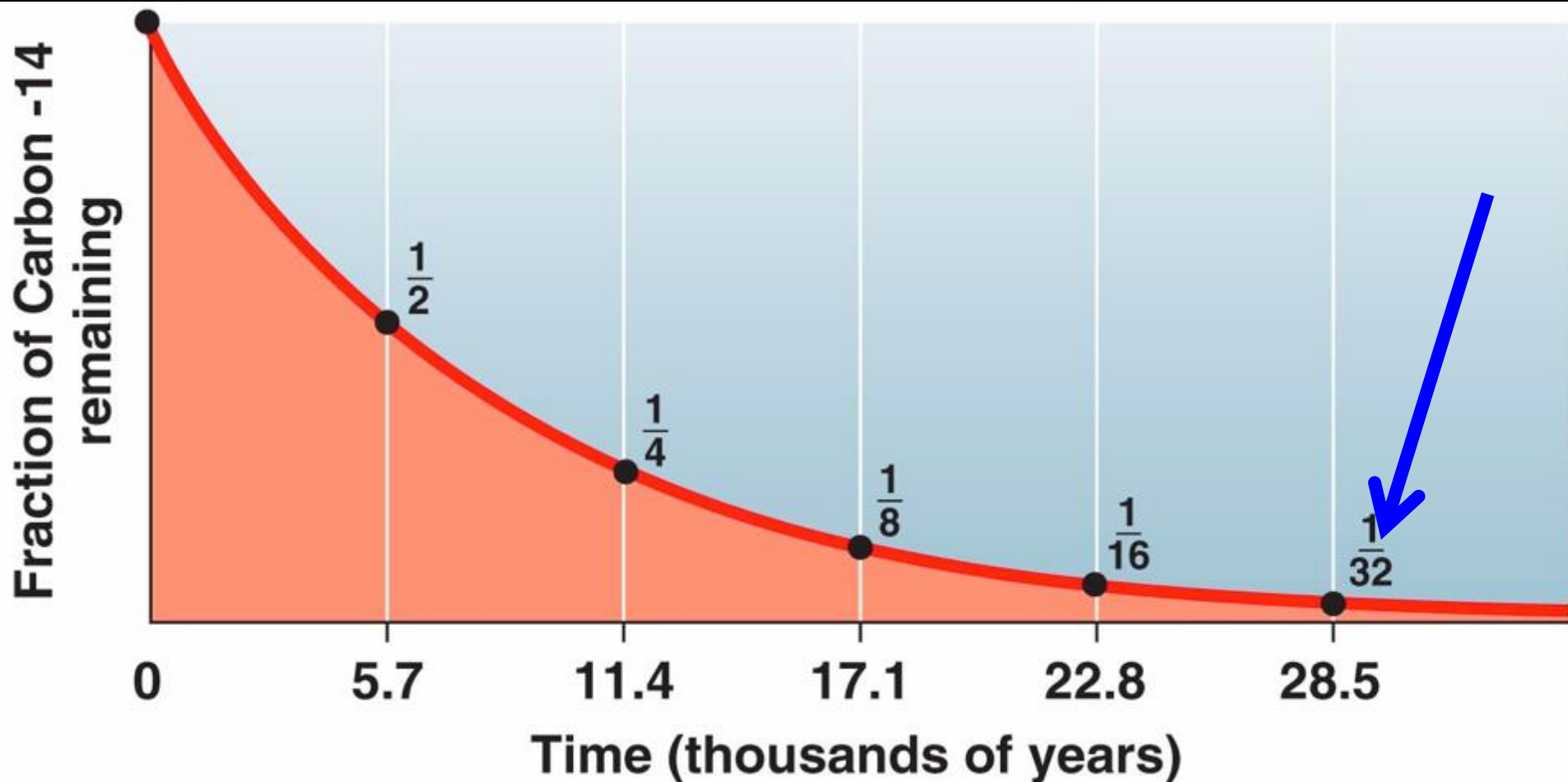
Η πιο γνωστή τεχνική απόλυτης χρονολόγησης είναι η χρονολόγηση με άνθρακα-14. Ωστόσο, αυτή η μέθοδος δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για υλικά παλαιότερα από περίπου 50.000 χρόνια, γιατί ο χρόνος ημιζωής των ισοτόπων ^{14}C είναι μόνο 5730 χρόνια.

Τα υλικά που μπορούν να χρονολογηθούν είναι κελύφη, οστά, ξύλο, κάρβουνο κλπ.



carbon-14 (also written as ^{14}C) has a half-life of 5,730 years

Carbon



Copyright © 2009 Pearson Education, Inc.

With a half life of 5,730 years, not much time remains after 6 half-lives (1.675% remains)

Parent Isotope	Stable Daughter Product	Currently Accepted Half-Life Values
Uranium-238	Lead-206	4.5 billion years
Uranium-235	Lead-207	704 million years
Thorium-232	Lead-208	14.0 billion years
Rubidium-87	Strontium-87	48.8 billion years
Potassium-40	Argon-40	1.25 billion years
Samarium-147	Neodymium-143	106 billion years
Rhenium-187	Osmium-187	41.2 billion years
Lutetium-176	Hafnium-177	37.1 billion years

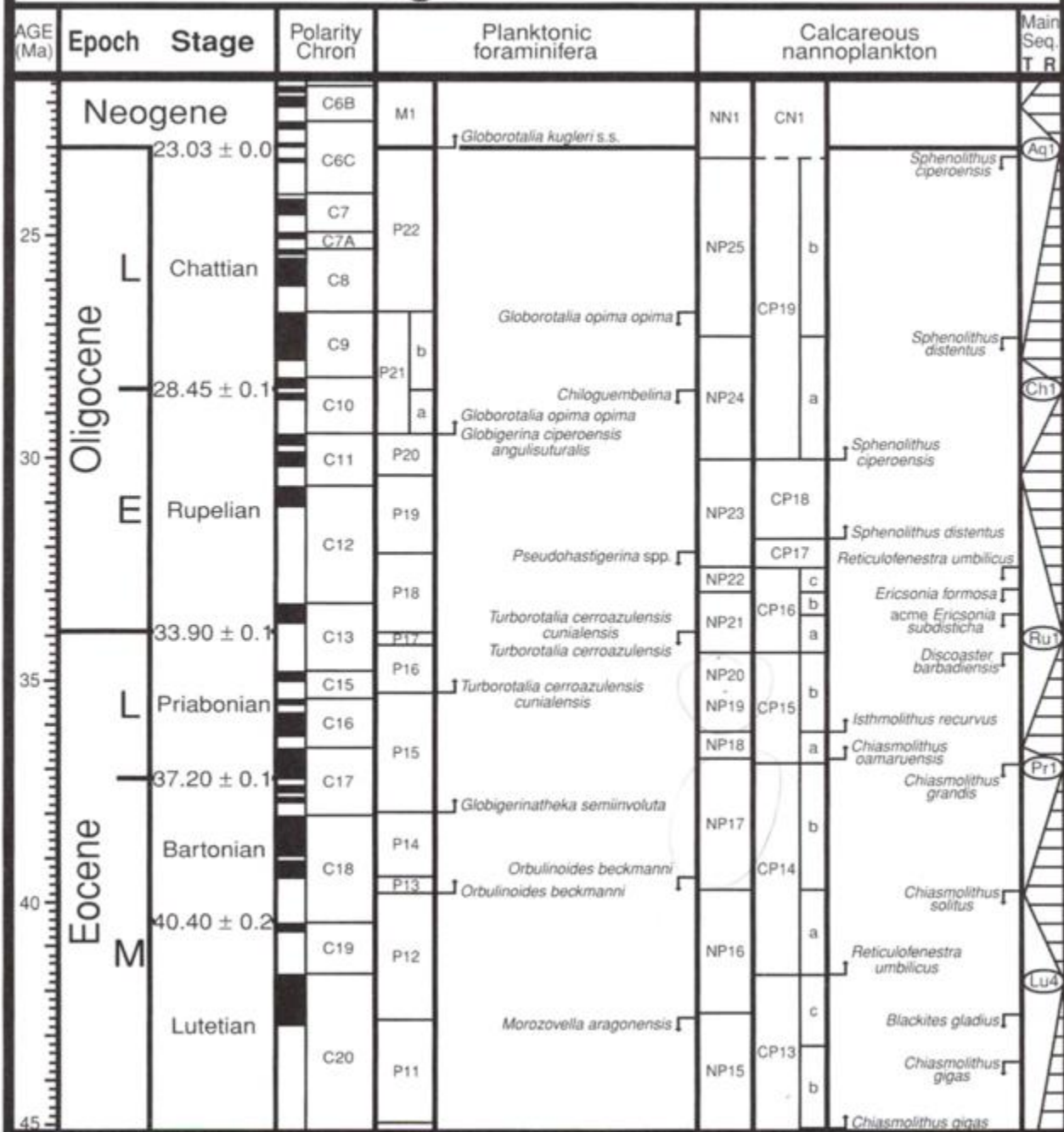
MATERIALS USED FOR GEOCHRONOLOGY

Dating method

Materials that can be dated

K/Ar	Hornblende, muscovite, biotite-phlogopite, feldspars, glauconite, whole rock volcanics, some glasses
Rb/Sr	Micas, K-feldspar, cogenic whole rocks that have a dispersion of Rb/Sr ratios; apatite, sphene for initial Sr^{87}/Sr^{86}
Sm/Nd	Pyroxene, plagioclase, garnet, apatite, sphene, other phases, whole rocks with a dispersion of Sm/Nd ratios
Lu/Hf	Much the same as Sm/Nd with zircon for initial Hf isotopic composition; phosphates in euxenic sedimentary rocks.
U/Th/Pb	Zircon, monazite, xenotime, baddeleyite (ZrO_2), sphene, apatite, allanite, pyrochlore, U or Th minerals.
Pb/Pb	Galena or other Pb minerals, K-feldspar, tellurides, carbonates in carbonatites.
^{238}U fission track	Zircon, apatite, sphene, garnet, epidote, volcanic glass.

Paleogene Time Scale



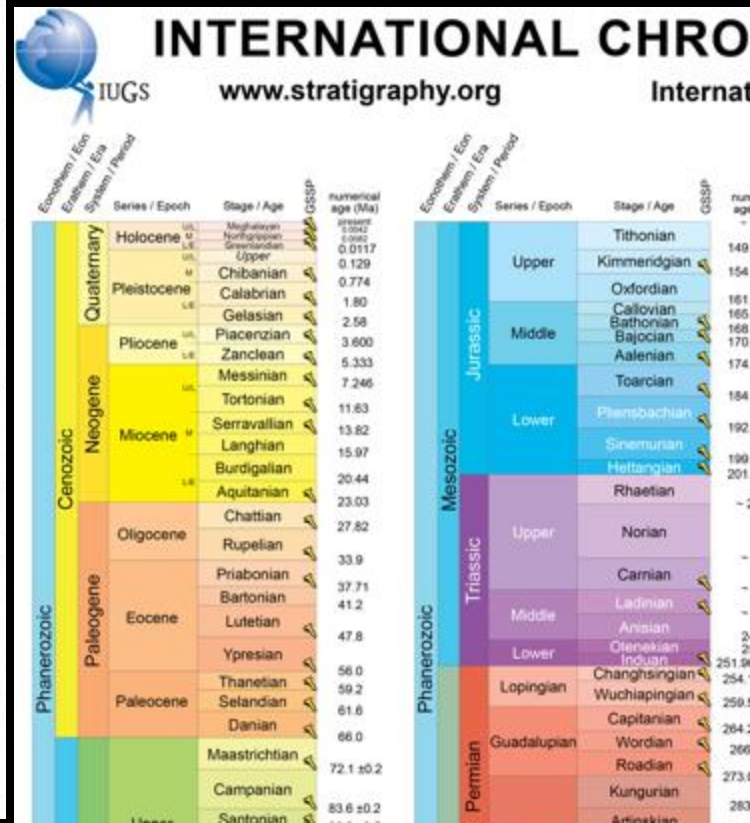
Luterbacher et al., 2004
in Gradstein et al., 2004,
Cenozoic Time Scale

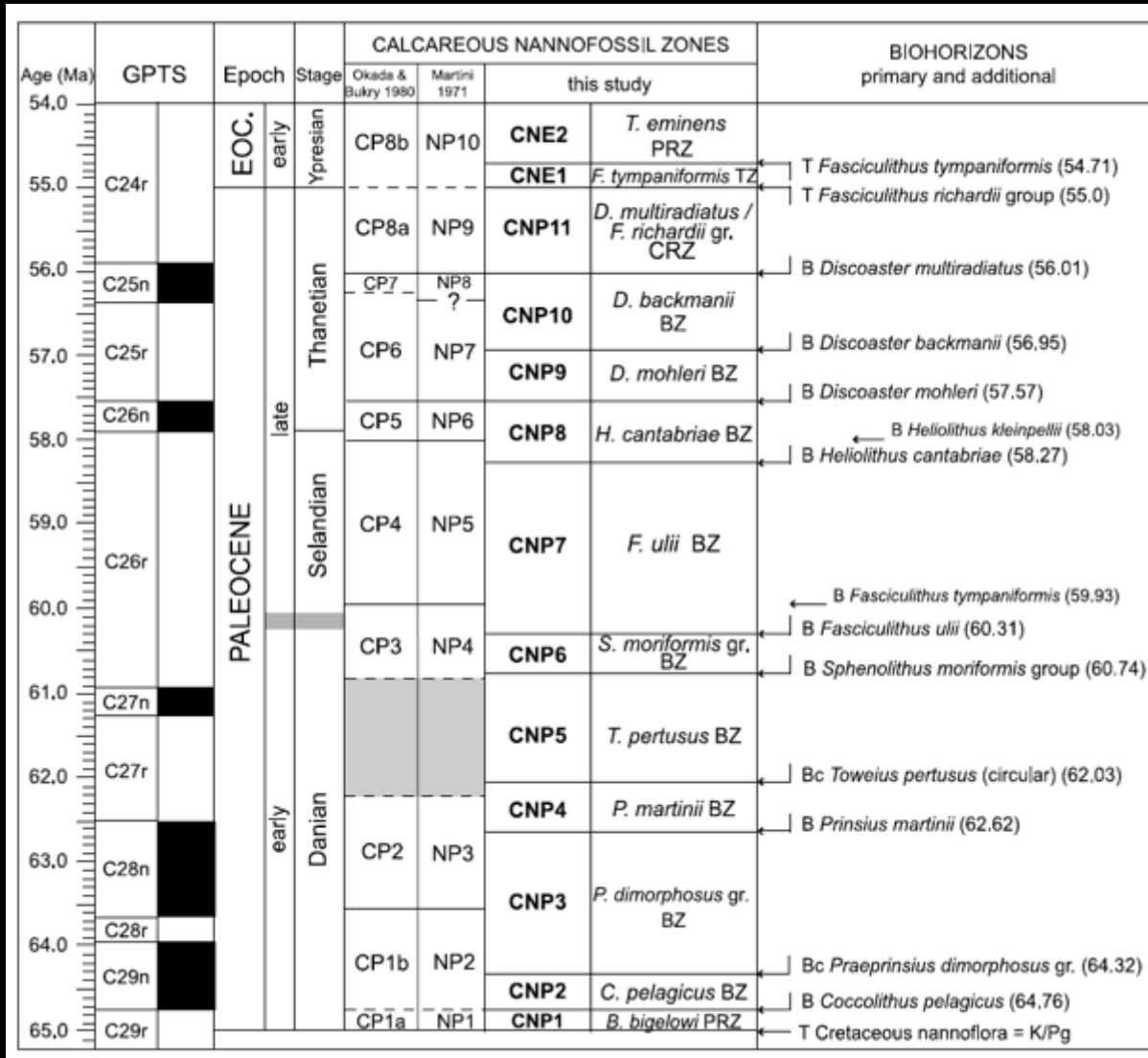
PALEOCENE TIME SCALE

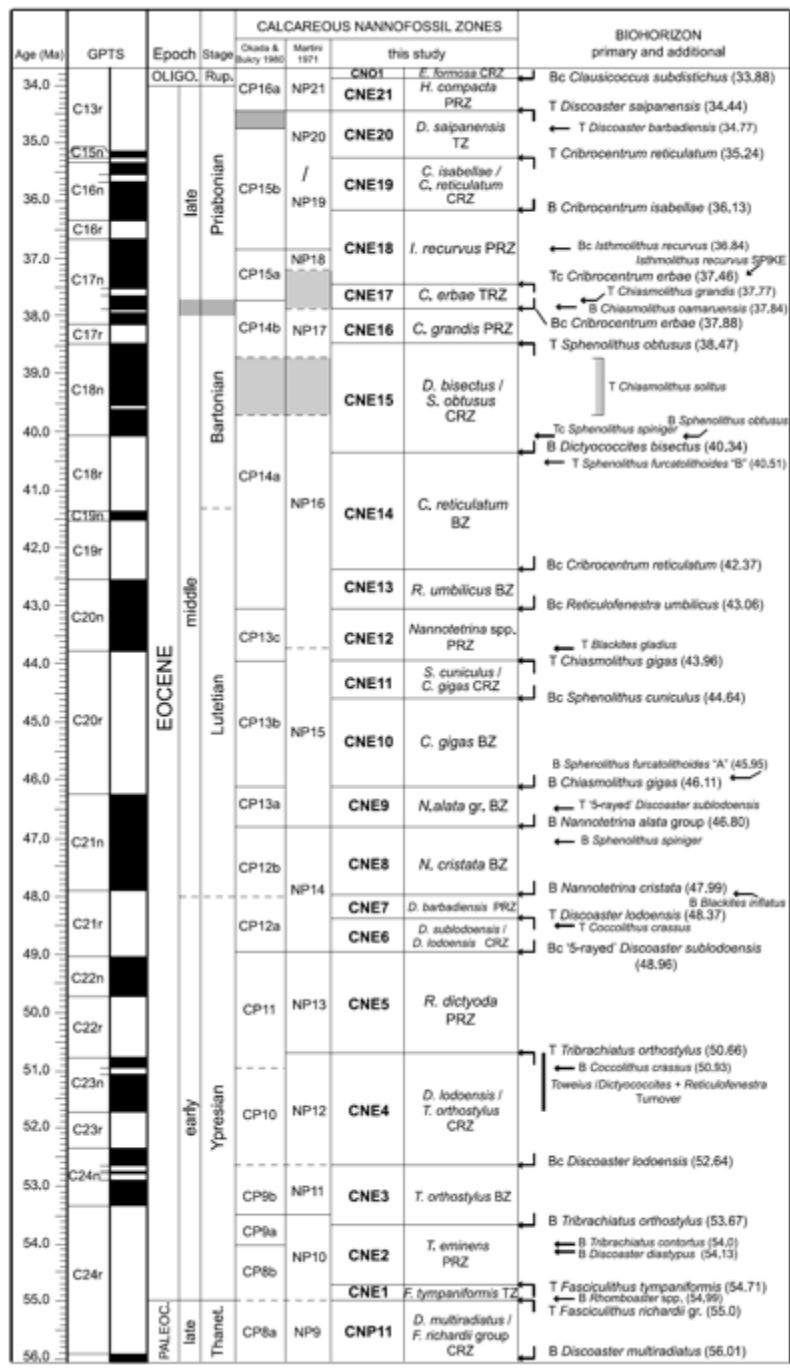
Σελάνδιο (61-58 Ma)
 Δάνιο-Σελάνδιο
 P2/P3 (C27η)
 Βάση Θανέτιου
 (μέσα στην NP6)

TIME (Ma)	CHRONS	POLARITY	EPOCH	AGE	PLANKTON ZONES		CALCAREOUS NANNOPLANKTON		
					FORAMINIFERA		Martini (1971)	Bukry (1973, 1975)	
					Berggren & Miller (1988)	This Work			
51	C23n	1	EOCENE EARLY	YPRESIAN	P7		NP12	CP10	
52	C23r	2n			<i>M. aragonensis</i> / <i>M. formosa</i> CRZ				
53	C24n	1			P6	P6	b	NP11	CP9
54	C24r	2n							
55			P5	P5	a	NP10	CP9		
56	C25n	1						<i>M. velascoensis</i> PRZ	
57	C25r	2n	P4	P4	c	NP8	CP7		
58	C26n	1						a	<i>Ac. soldadoensis</i> / <i>Gl. pseudomenardi</i> CRSZ
59	C26r	2n						b	<i>Ac. subsphaerica</i> - <i>Ac. soldadoensis</i> ISZ
60			P3	P3	b	NP5	CP4		
61	C27n	1						a	<i>Gl. pseudomenardi</i> / <i>Ac. subsphaerica</i> CRSZ
62	C27r	2n	P2	P2	c	NP4	CP3		
63	C28n	1						a	<i>Pr. uncinata</i> - <i>Mangulata</i> ISZ
64	C28r	2n						b	<i>Gl. compressa</i> - <i>Pr. inconstans</i> ISZ
65	C29n	1	P1	P1	b	NP3	CP2		
66	C29r	2n						a	<i>S. triloculinoides</i> - <i>Gl. compressa</i> ISZ
67	C30n	1	Pα & P0	Pα & P0	a	NP1	CP1		
68	C30r	2n						<i>P. eugubina</i> - <i>S. triloculinoides</i> ISZ	
	C31n	1						<i>P. eugubina</i> & <i>G. cretacea</i>	

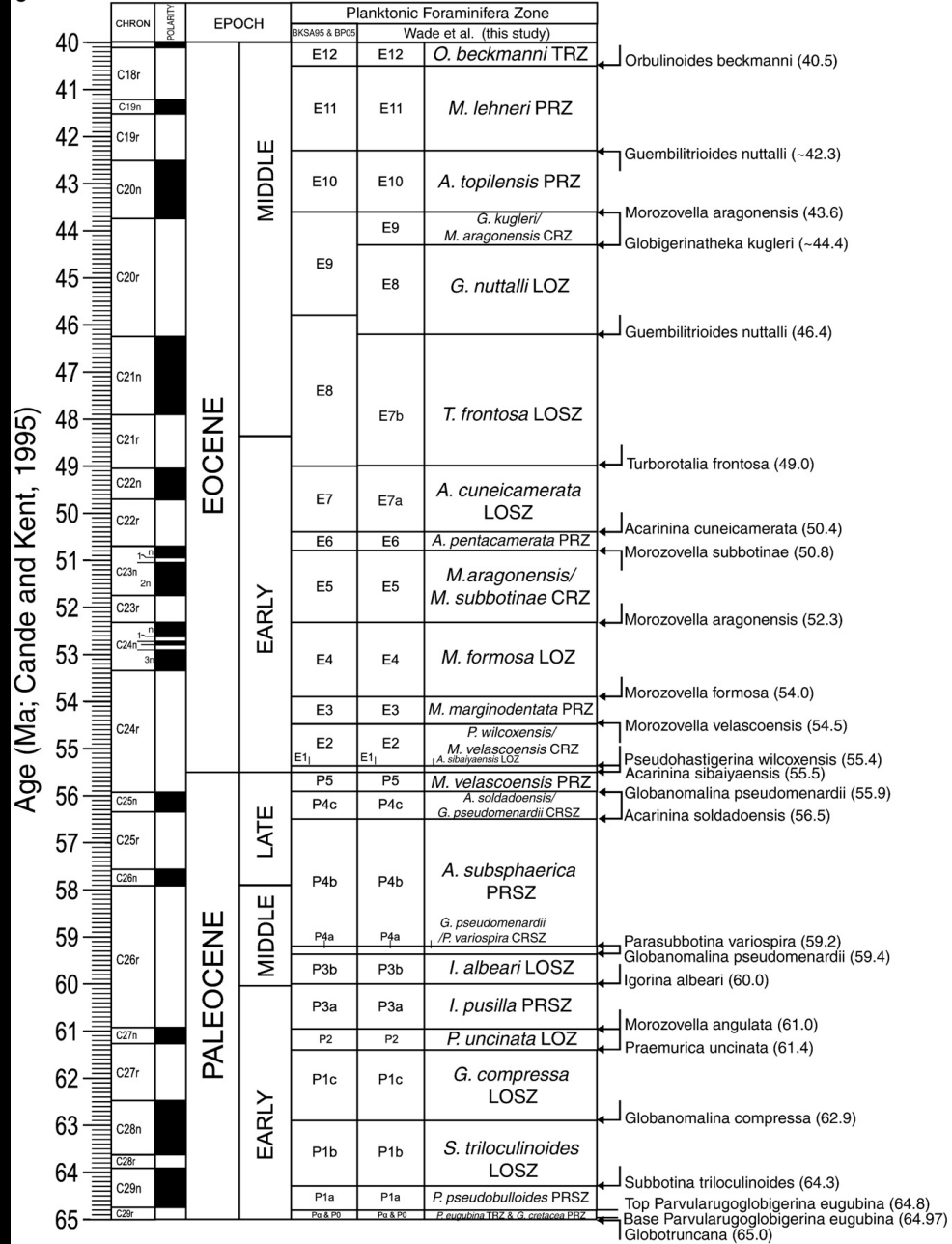
Berggren et al., 1995



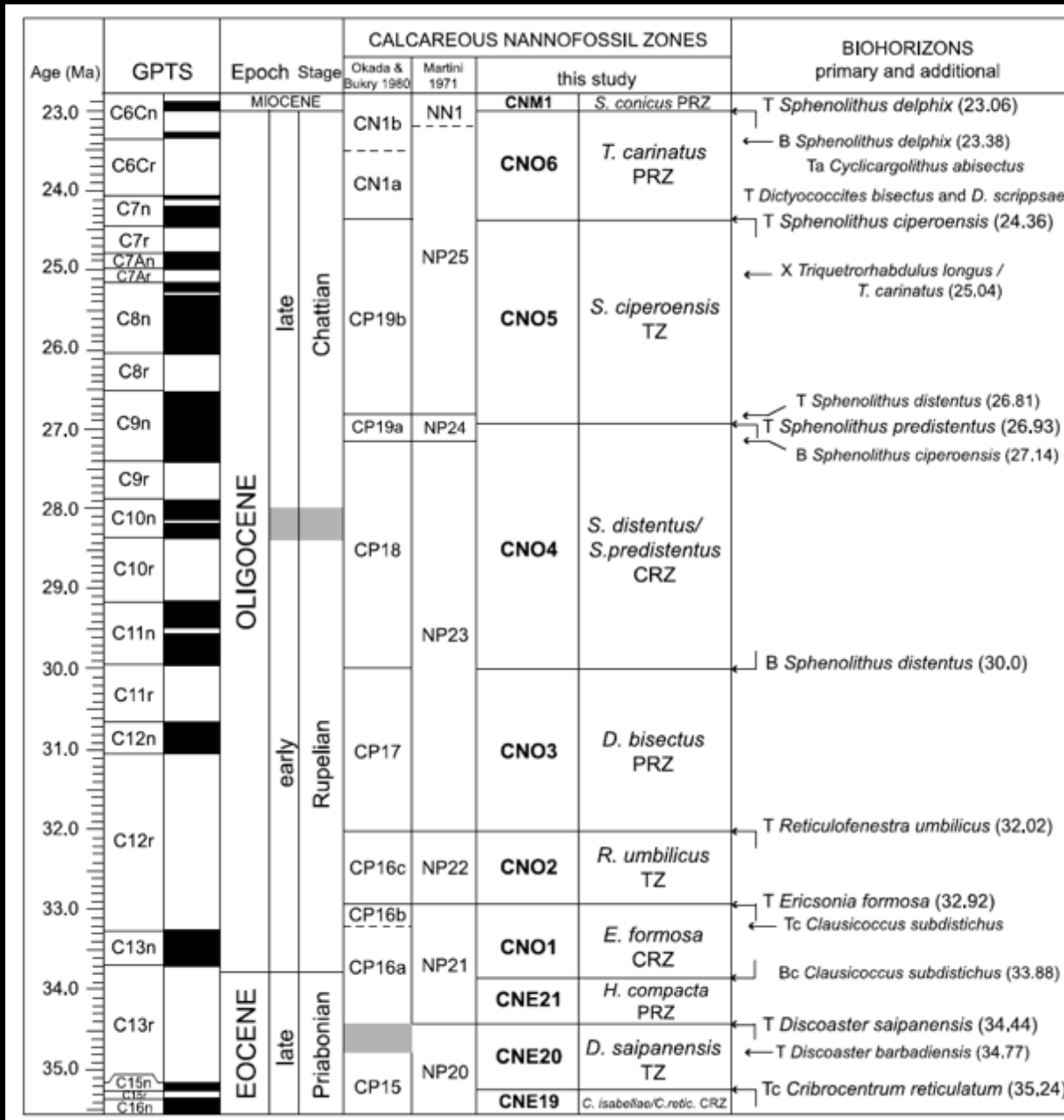


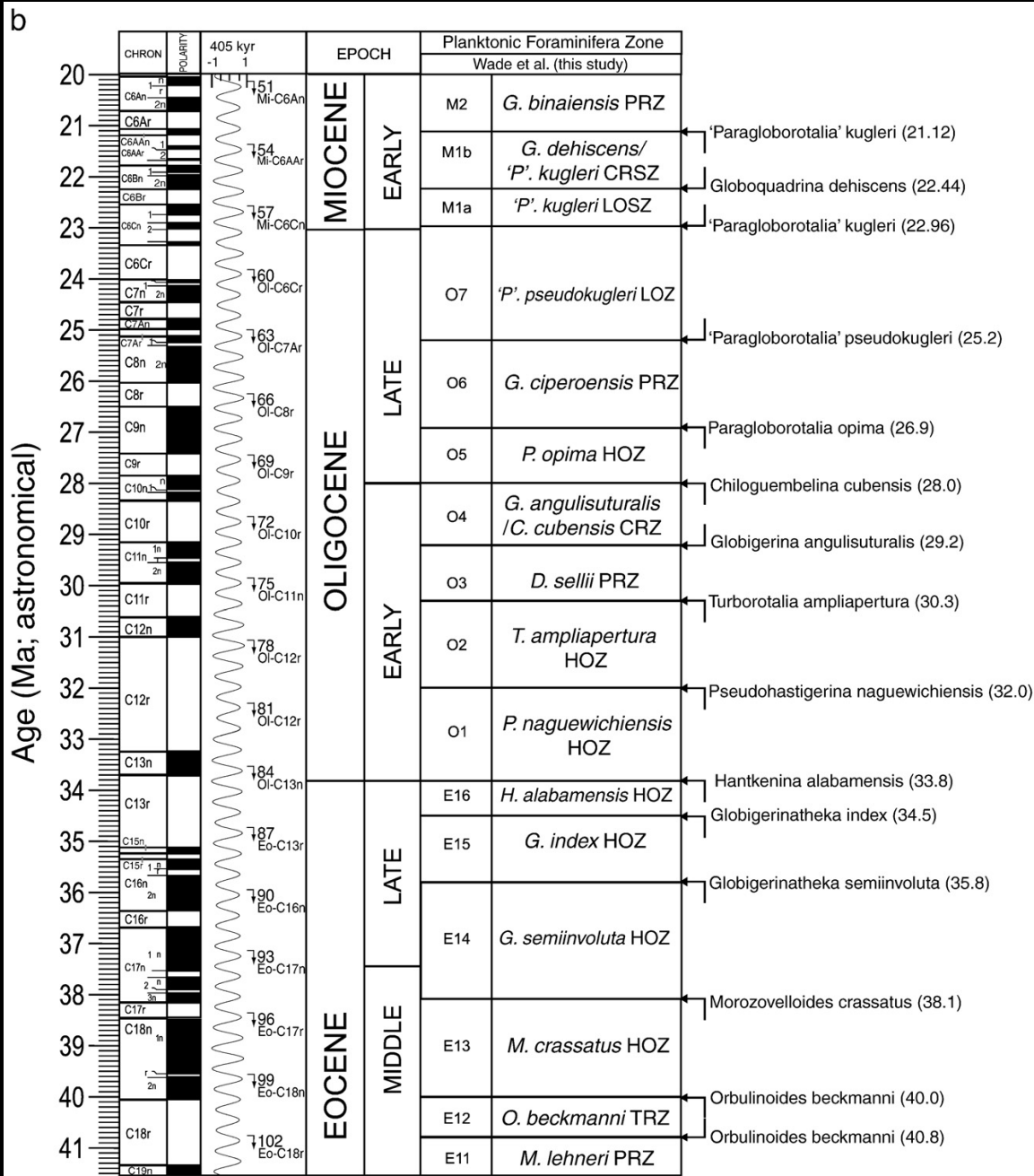


C

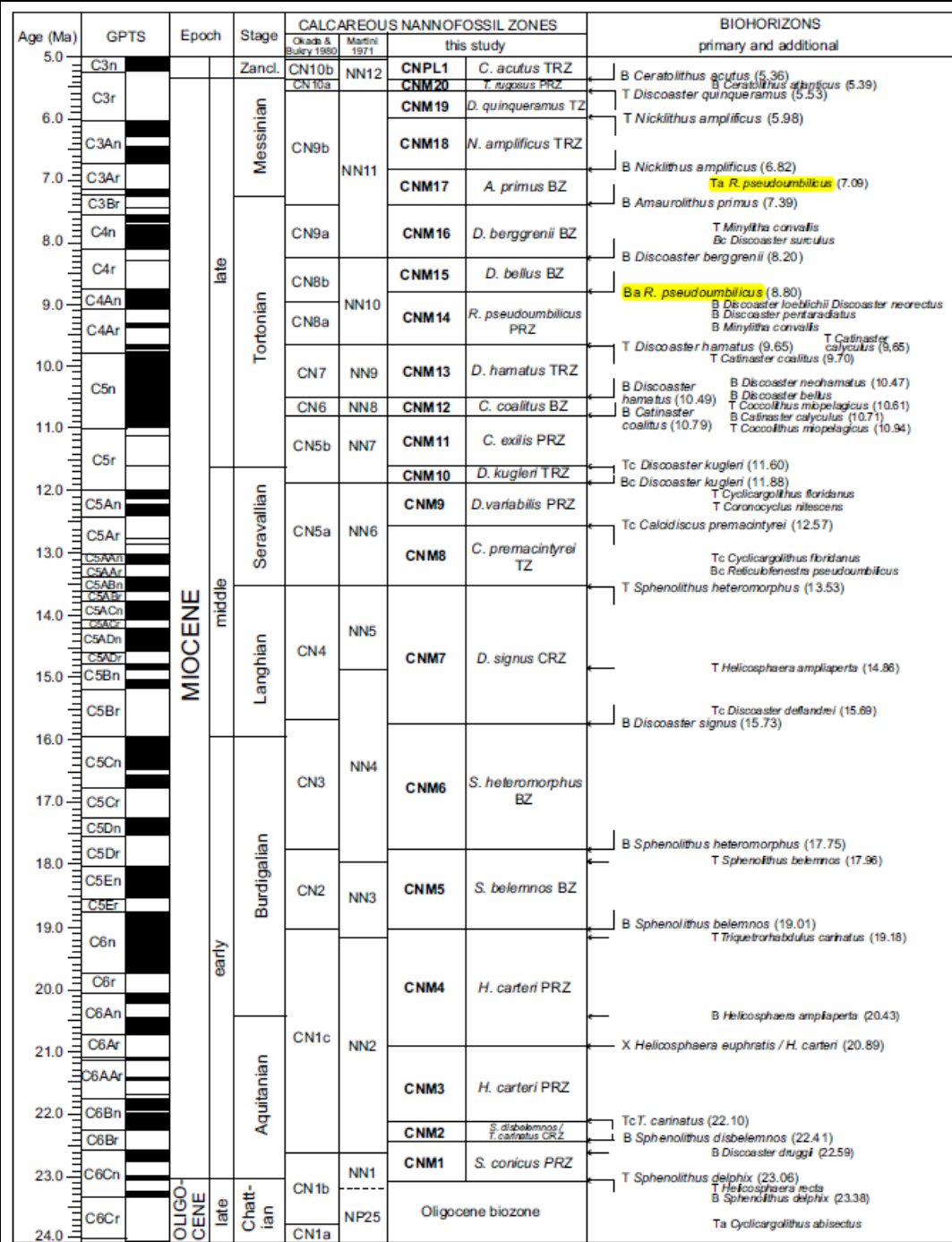


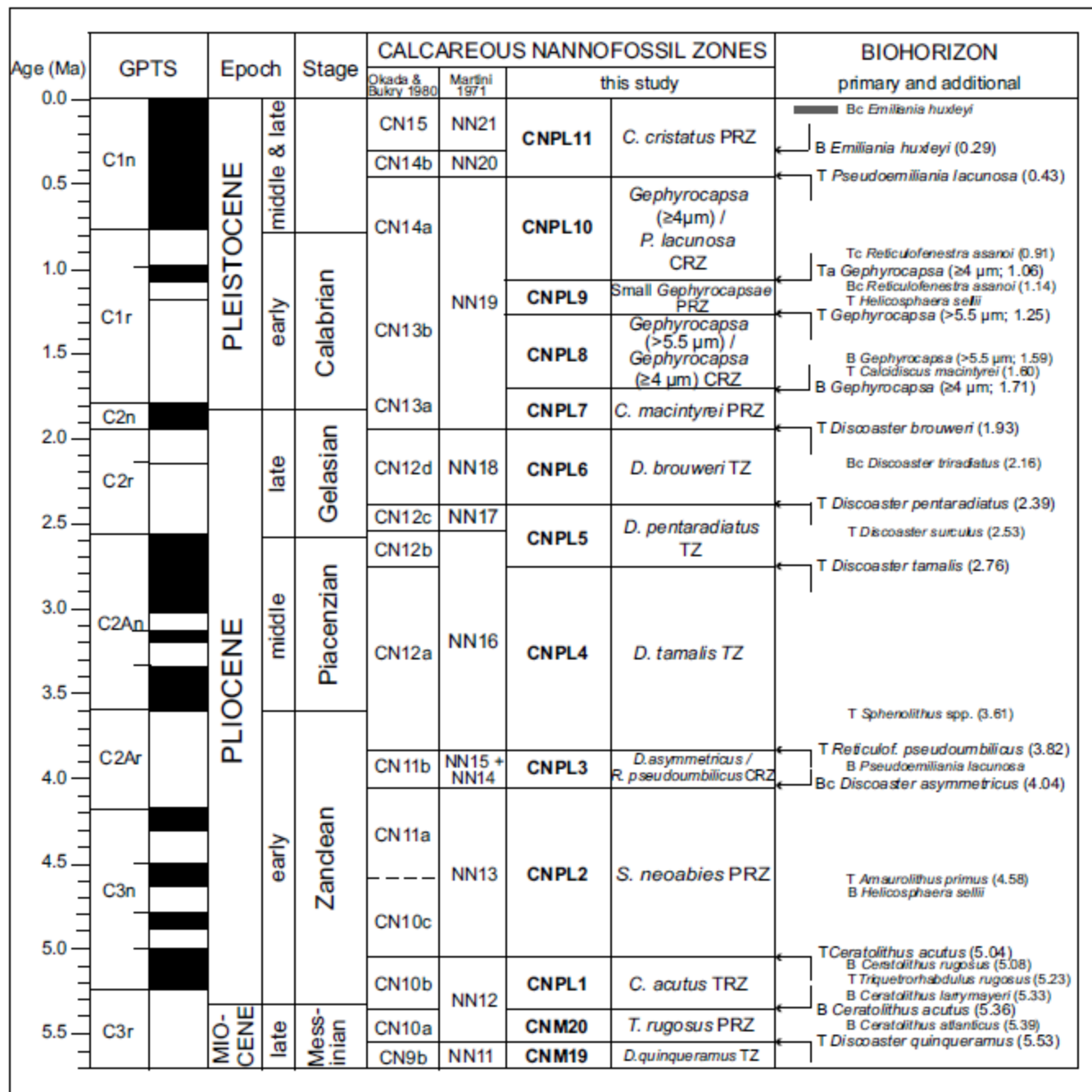
Agnini et al., 2014; Wade et al., 2011





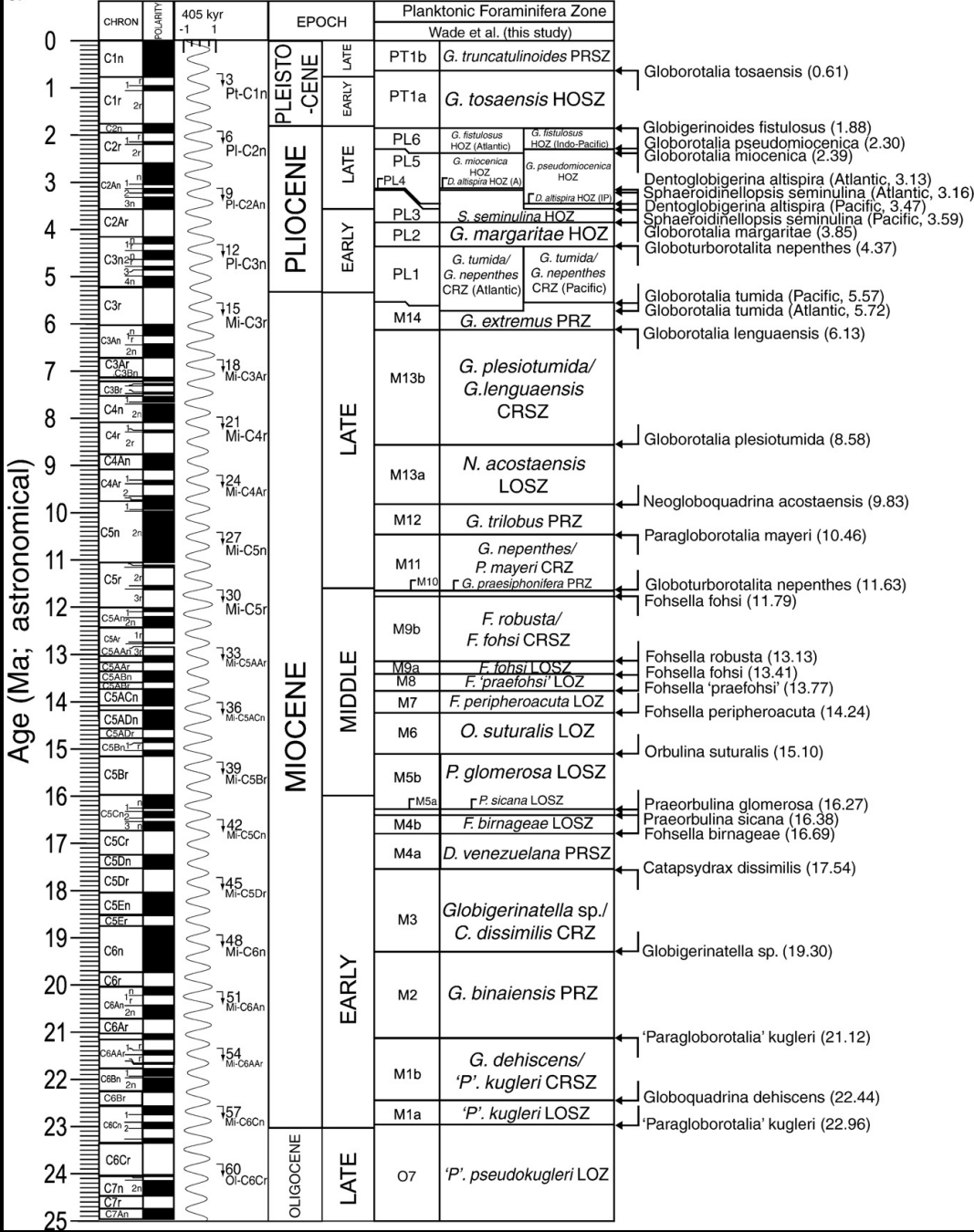
Wade et al., 2011





Backman et al.,
2012

a



Wade et al., 2011

Type	Units	Defined?	True time units?
Litho	Member Formation Group	Rock lithology	No – time transgressive
Bio	Zone Stage	Fossils	Sort of
Chrono	Eon, Era, Period, Epoch, Age	Time	Yes, but how do you measure?
Sequence	System Tract Sequence	Transgression/Regression	No – occur at different places at different times
Cyclo	cycles	Astronomical cycles	Yes, but how do you recognize?
Magneto	Polarity zone	Patterns of magnetic polarity	Sort of – if correlated to isotopic dates

Τομή ΕΙ Κεφ, Τυνησία

Βάση Δάνιου = Βάση Παλαιογενοῦς



Age (Ma)	GPTS	Epoch	Stage	CALCAREOUS NANNOFOSSIL ZONES			BIOHORIZONS primary and additional		
				Okada & Bukry 1980	Martini 1971	this study			
54.0		EOC.	early	Ypresian	CP8b	NP10	CNE2	<i>T. eminens</i> PRZ	
55.0	C24r						CNE1	<i>F. tympaniformis</i> TZ	← T <i>Fasciculithus tympaniformis</i> (54.71) ← T <i>Fasciculithus richardii</i> group (55.0)
56.0	C25n	PALEOCENE	late	Thanetian	CP8a	NP9	CNP11	<i>D. multiradiatus</i> / <i>F. richardii</i> gr. CRZ	← B <i>Discoaster multiradiatus</i> (56.01)
57.0	C25r				CP7	NP8	CNP10	<i>D. backmanii</i> BZ	← B <i>Discoaster backmanii</i> (56.95)
58.0	C26n				CP6	NP7	CNP9	<i>D. mohleri</i> BZ	← B <i>Discoaster mohleri</i> (57.57)
59.0	C26r				CP5	NP6	CNP8	<i>H. cantabriae</i> BZ	← B <i>Heliolithus kleinpellii</i> (58.03) ← B <i>Heliolithus cantabriae</i> (58.27)
60.0		PALEOCENE	early	Danian	CP4	NP5	CNP7	<i>F. ulii</i> BZ	← B <i>Fasciculithus tympaniformis</i> (59.93) ← B <i>Fasciculithus ulii</i> (60.31)
61.0	C27n				CP3	NP4	CNP6	<i>S. moriformis</i> gr. BZ	← B <i>Sphenolithus moriformis</i> group (60.74)
62.0	C27r						CNP5	<i>T. pertusus</i> BZ	← Bc <i>Toweius pertusus</i> (circular) (62.03)
63.0	C28n			CNP4	<i>P. martinii</i> BZ	← B <i>Prinsius martinii</i> (62.62)			
64.0	C28r			CNP3	<i>P. dimorphosus</i> gr. BZ				
65.0	C29n			CNP2	<i>C. pelagicus</i> BZ	← Bc <i>Praeprinsius dimorphosus</i> gr. (64.32) ← B <i>Coccolithus pelagicus</i> (64.76)			
65.0	C29r			CNP1	<i>B. bigelowi</i> PRZ	← T Cretaceous nannoflora = K/Pg			

Τομή Zumaya, Ισπανία

βάση Σελάνδιου

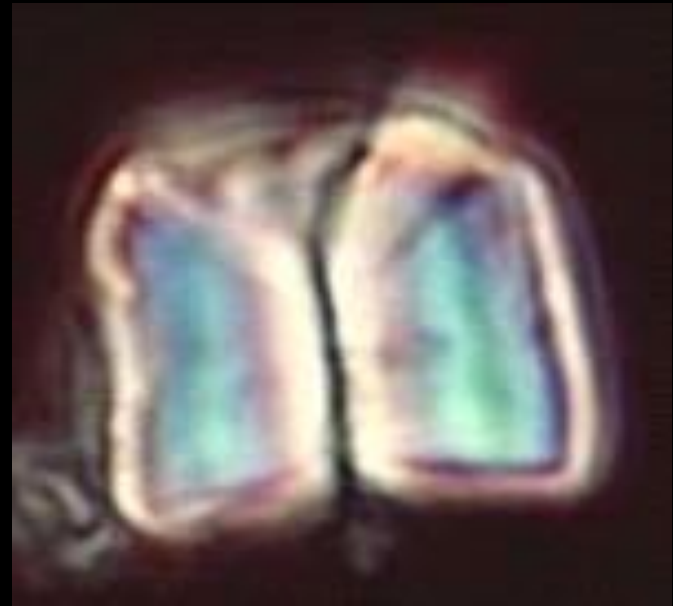
Σελάνδιο/Θανέτιο (αριστερά)



Age (Ma)	GPTS	Epoch	Stage	CALCAREOUS NANNOFOSSIL ZONES			BIOHORIZONS primary and additional		
				Okada & Bukry 1980	Martini 1971	this study			
54.0		EOC.	early	Ypresian	CP8b	NP10	CNE2	<i>T. eminens</i> PRZ	
						CNE1	<i>F. tympaniformis</i> TZ	← <i>T. Fasciculithus tympaniformis</i> (54.71)	
55.0	C24r								
					CP8a	NP9	CNP11	<i>D. multiradiatus</i> / <i>F. richardii</i> gr. CRZ	← <i>T. Fasciculithus richardii</i> group (55.0)
56.0	C25n			Thanetian	CP7	NP8	CNP10	<i>D. backmanii</i> BZ	← <i>B. Discoaster multiradiatus</i> (56.01)
					?				
57.0	C25r					CP6	NP7	CNP9	<i>D. mohleri</i> BZ
58.0	C26n			late			CNP8	<i>H. cantabriae</i> BZ	← <i>B. Discoaster mohleri</i> (57.57)
						CP5	NP6		
									← <i>B. Heliolithus cantabriae</i> (58.27)
59.0	C26r			Selandian			CNP7	<i>F. ulii</i> BZ	
60.0									← <i>B. Fasciculithus ulii</i> (60.31)
					CP3	NP4	CNP6	<i>S. moriformis</i> gr. BZ	← <i>B. Sphenolithus moriformis</i> group (60.74)
61.0	C27n						CNP5	<i>T. pertusus</i> BZ	
									← Bc <i>Toweius pertusus</i> (circular) (62.03)
62.0	C27r			early	Danian		CNP4	<i>P. martinii</i> BZ	← <i>B. Prinsius martinii</i> (62.62)
63.0	C28n				CP2	NP3	CNP3	<i>P. dimorphosus</i> gr. BZ	
									← Bc <i>Praeprinsius dimorphosus</i> gr. (64.32)
64.0	C28r						CNP2	<i>C. pelagicus</i> BZ	← <i>B. Coccolithus pelagicus</i> (64.76)
					CP1b	NP2			
65.0	C29n						CNP1	<i>B. bigelowi</i> PRZ	← <i>T. Cretaceous nannoflora</i> = K/Pg
					CP1a	NP1			

Οριο Παλαιοκαίνου-Ηωκαίνου

- Τοποθετείται στην κορυφή των βιοζωνών NP9/ CP8. Χαρακτηρίζεται από την τελευταία εμφάνιση του γένους *Fasciculithus*

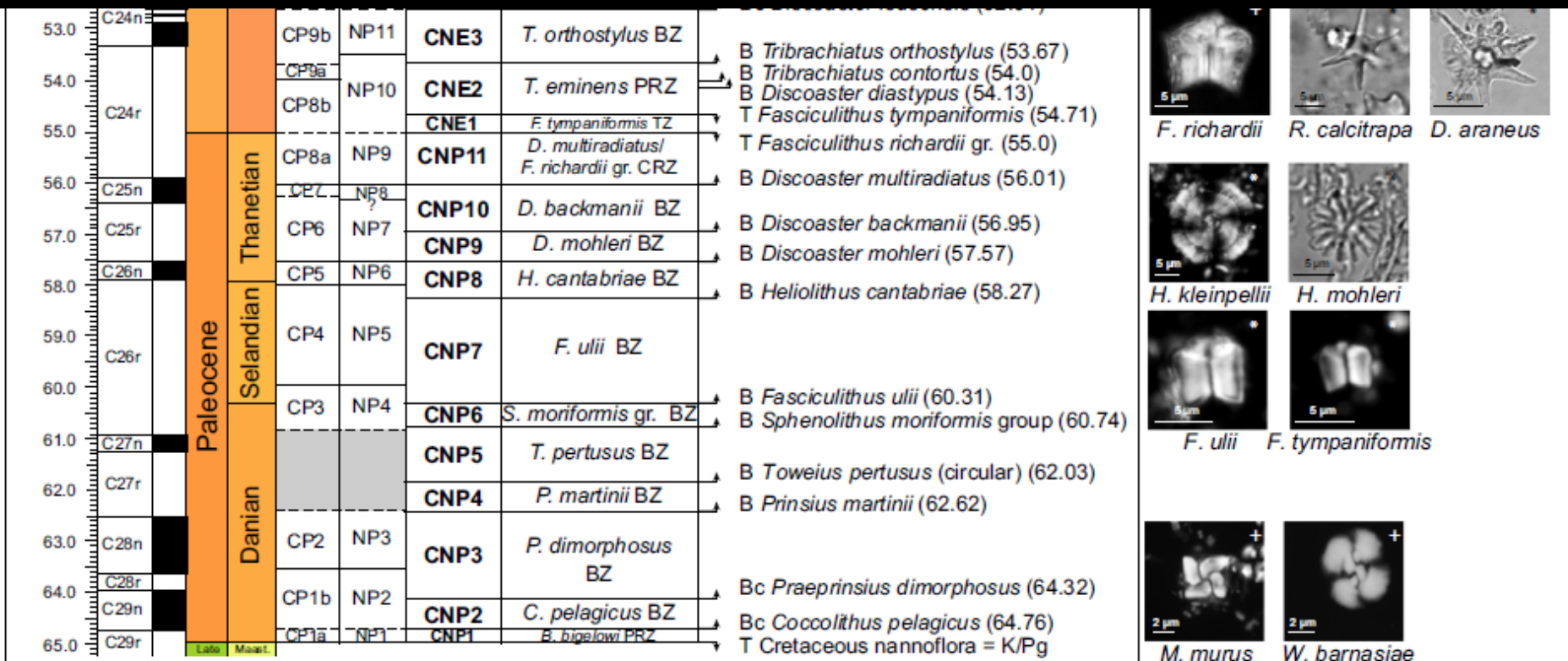


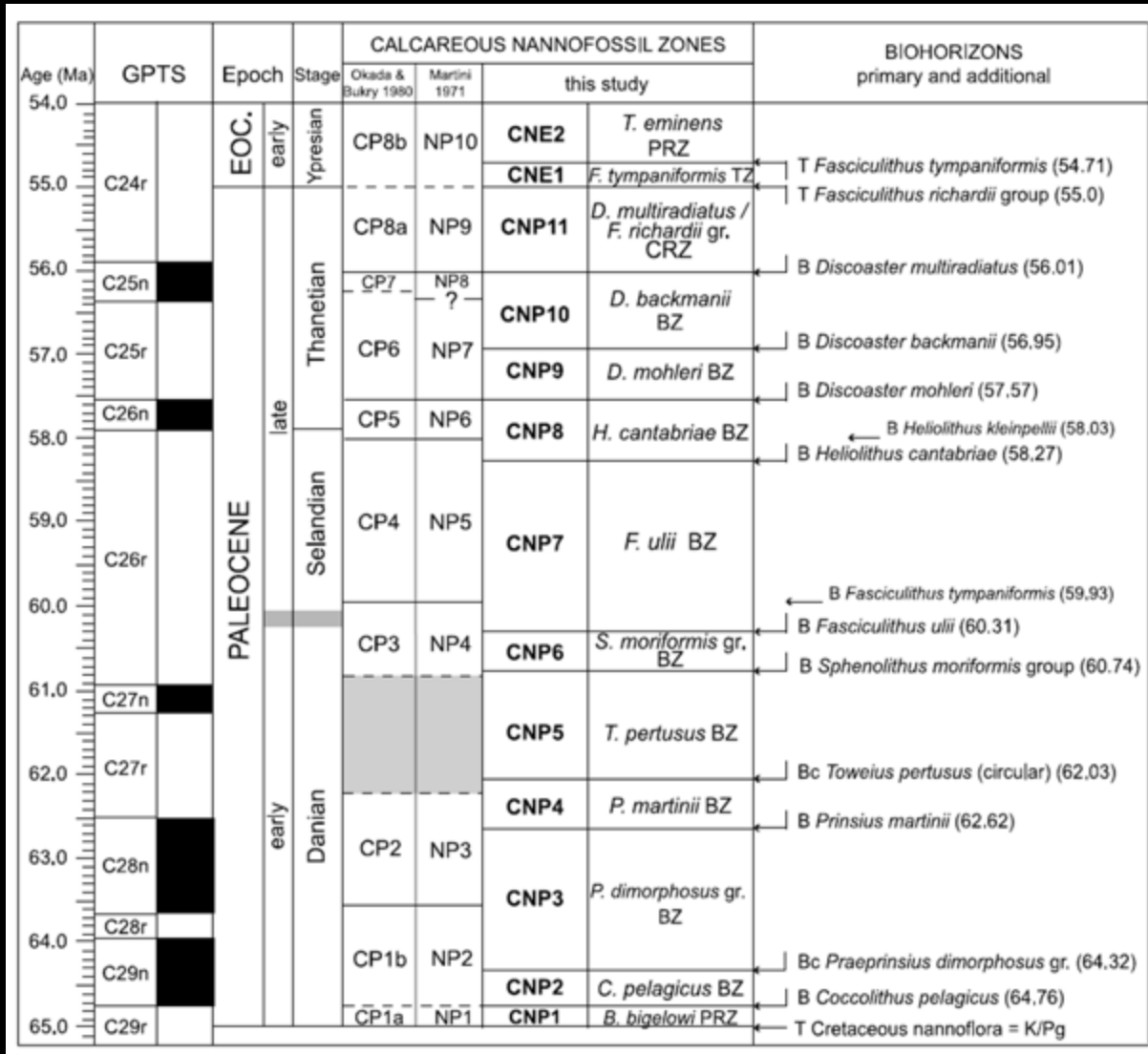
- Όριο Παλαιοκαίνου/Ηωκαίνου (C24r), παλαιότερα (1995) εντός της NP10, τώρα (2012, 2017) NP9/NP10, P5/P6a
- PETM

PALEOCENE TIME SCALE

TIME (Ma)	CHRONOS	POLARITY	EPOCH	AGE	PLANKTON ZONES									
					FORAMINIFERA		CALCAREOUS NANNOPLANKTON							
					Beegman & Miller (1988)	This Work	Martini (1971)	Bukry (1973, 1975)						
51	C23n	2n	EOCENE	EARLY	YPRESIAN	P7	<i>M. aragonensis</i> / <i>M. formosa</i> CRZ	NP12	CP10					
52	C23r					P6	<i>M. formosa</i> / <i>M. lensiformis</i> - <i>M. aragonensis</i> ISZ	NP11	CP9	b				
53	C24n	1									c	<i>S. triloculoides</i> / <i>S. angulata</i> / <i>S. aragonensis</i> ISZ	NP10	a
54	C24r	2n									b			
55						a	P5	<i>M. velascoensis</i> PRZ	NP9	CP8	b			
56	C25n		PALEOCENE	LATE	THANETIAN	P4	<i>Ac. subphaerica</i> / <i>Ac. subphaerica</i> CRSZ	NP8	CP7					
57	C25r									c	<i>Ac. subphaerica</i> / <i>Ac. subphaerica</i> ISZ	NP7	CP6	
58	C26n					a	<i>Gl. pseudomenardi</i> / <i>Ac. subphaerica</i> CRSZ	NP6	CP5					
59	C26r					SELANDIAN	P3	<i>Ig. abeari</i> - <i>Gl. pseudomenardi</i> ISZ	NP5	CP4				
60			b											
61	C27n		a	<i>M. angulata</i> - <i>Ig. abeari</i> ISZ										
62	C27r		EARLY	DANIAN	P1	<i>P. inconstans</i> - <i>Mangusta</i> ISZ	NP4	CP3						
63	C28n								c	<i>Gl. compressa</i> - <i>Pr. inconstans</i> ISZ				
64	C28r										b	<i>S. triloculoides</i> - <i>Gl. compressa</i> ISZ		
65	C29n								a	<i>P. eugubina</i> - <i>S. triloculoides</i> ISZ			NP3	CP2
66	C30n		CRETACEOUS	MAESTRICHTIAN	P α & P0	<i>Peugubina</i> & <i>G. cretacea</i>	NP1	CP1	b a					
67	C30r													
68	C31n													

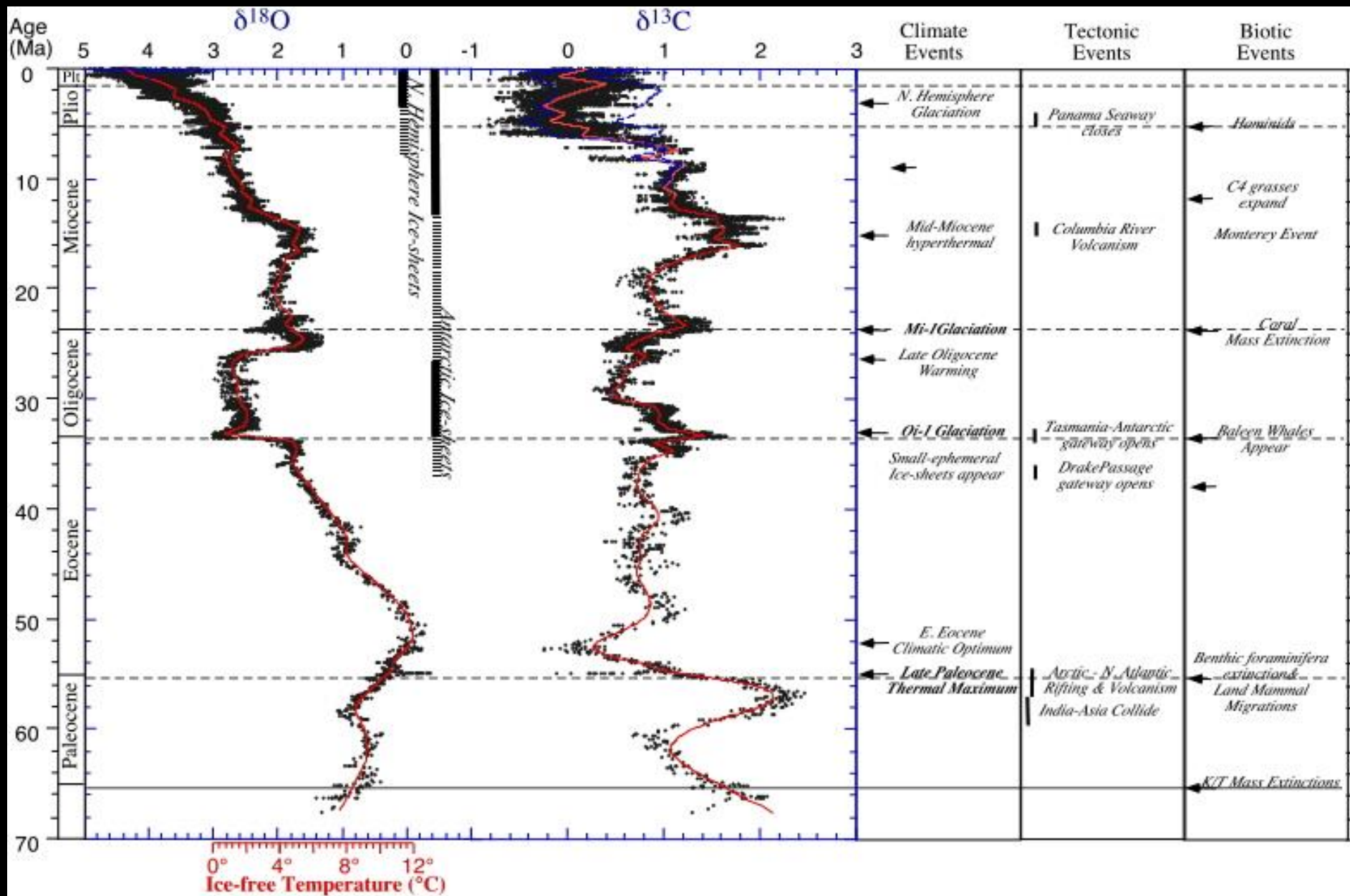






Τομή Dubabiya, Αίγυπτος όριο Παλαιοκαίνου Ηωκαίνου





- Πριν από 55 εκατομμύρια χρόνια μια απότομη κλιματική μεταβολή (το γεγονός PETM), προκάλεσε τεράστια αναστάτωση στην ωκεάνια και ατμοσφαιρική κυκλοφορία και έγινε η αιτία πλήθους εξαφανίσεων σε θαλάσσιους οργανισμούς αλλά και μεγάλων ανακατατάξεων στις συγκεντρώσεις των χερσαίων θηλαστικών.
- Κατά την διάρκεια του συμβάντος αυτού ο πλανήτης γνώρισε τη μεγαλύτερη και πλέον ακραία παγκόσμια θέρμανση στη γεωλογική του ιστορία. Η επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία ανέβηκε 5° έως 8°C σε διάστημα μερικών χιλιάδων χρόνων, ενώ στην Αρκτική έφτασε στους ~23°C!
- Οι σχετικές μελέτες των γεωλόγων απέδειξαν ότι όχι μόνο η επιφάνεια του Ανταρκτικού ωκεανού θερμάνθηκε κατά 10 βαθμούς, αλλά ολόκληρη η ωκεάνια υδάτινη στήλη θερμάνθηκε με αποτέλεσμα την καταστροφική μεταβολή της υδάτινης χημείας. Η ισχυρή μείωση της οξυγόνωσης των βαθιών νερών προκάλεσε την εξαφάνιση του 30-40% των βενθονικών τρηματοφόρων των βαθιών νερών.

- Το τι προκάλεσε το γεγονός αυτό πριν από 55 εκατομμύρια χρόνια δεν είναι ξεκάθαρο. Τα περισσότερα δεδομένα συνηγορούν σε έξαρση των ηφαιστειακών εκρήξεων που απελευθέρωσαν γιγατόνους διοξειδίου του άνθρακα ή σε απελευθέρωση παράκτιων αποθεμάτων μεθανίου μετά από τήξη των παγωμένων καλυμμάτων τους εξαιτίας μιας παρατεταμένης θερμής εποχής.
- Η μαζική απελευθέρωση μεθανίου, ενός σημαντικού αερίου του θερμοκηπίου, στον ατμοσφαιρικό και ωκεάνιο ταμιευτήρα, διατάραξε τον παγκόσμιο κύκλο του άνθρακα και οδήγησε τελικά σε μια παγκόσμια θέρμανση χωρίς προηγούμενο. Στην ατμόσφαιρα το μεθάνιο διασπάσθηκε σχηματίζοντας διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο σε συνδυασμό με τη θερμότητα του ήλιου αύξησε επικίνδυνα την παγκόσμια θερμοκρασία.
- Διαλυμένο στους ωκεανούς το πλεονάζον διοξείδιο του άνθρακα αύξησε την οξύτητα του θαλάσσιου νερού προκαλώντας τη διάλυση των ασβεστολιθικών κελυφών των μικροπλαγκτονικών οργανισμών και κατά συνέπεια εμπόδισε την απόθεση βιοκλαστικών ανθρακικών ιζημάτων για ένα διάστημα τουλάχιστον 50.000 χρόνων. Η ολική αποκατάσταση του γήινου οικοσυστήματος σε παγκόσμιο επίπεδο υπολογίζεται ότι διήρκεσε τουλάχιστον 100.000 χρόνια.

Ηώκαινο

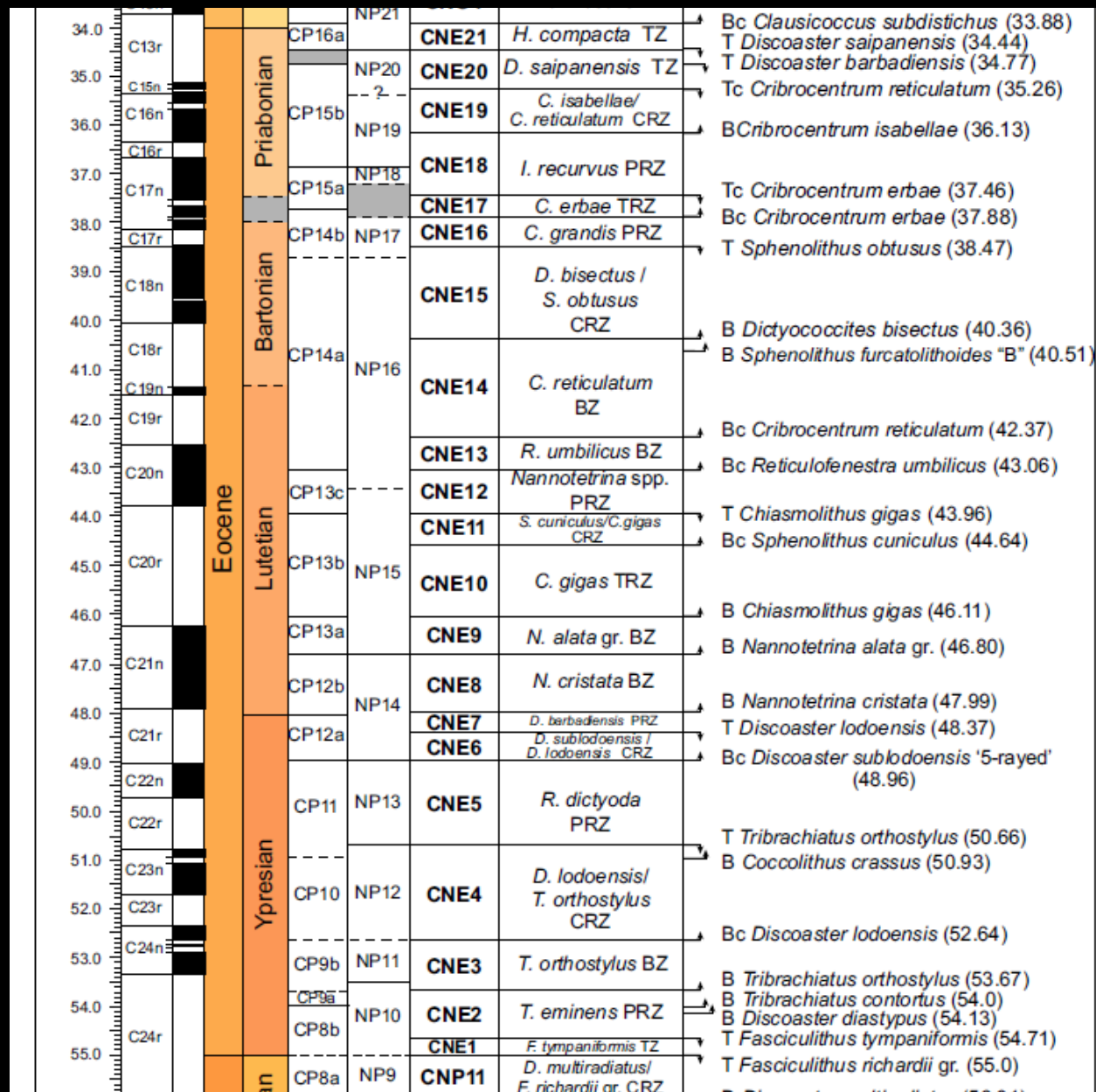
- Στην βάση του Ηωκαίνου εμφανίζεται το γένος *Discoaster* (με σχήμα ροζέττας)



όριο Υπρέσιο/Λουτήσιο
C21r, μέσα στην NP14,
48Ma

Όριο
Λουτήσιο/Μπαρτόνιο,
μέσα στην NP16, C19n,
τελευταία εμφάνιση
Reticulofenestra
reticulata (παλαιότερος
καθορισμός)

Όριο
Μπαρτόνιο/Πριαμπόνιο
NP17/NP18, C17n

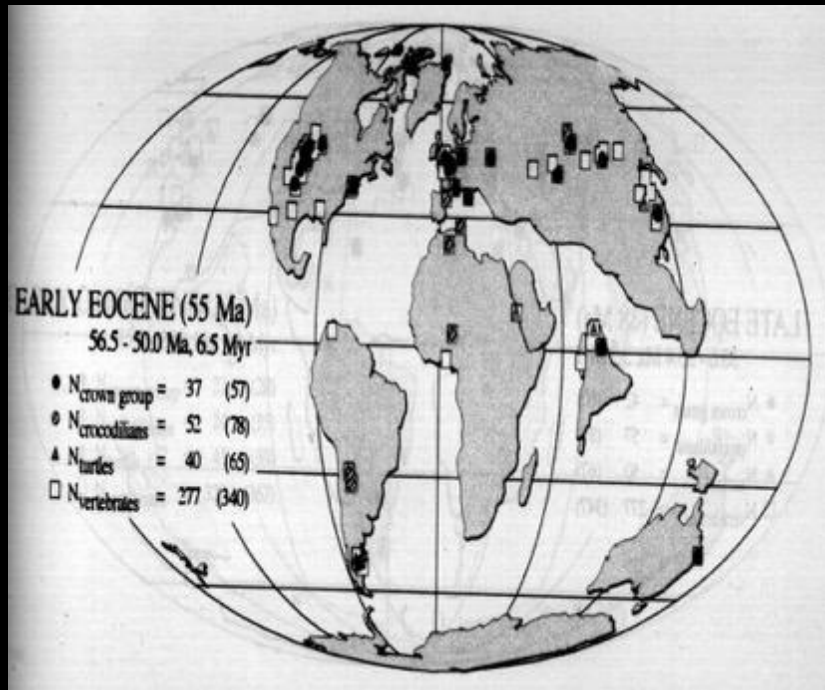


Τομή Fortuna, Ισπανία όριο Υπρεσίου / Λουθησίου

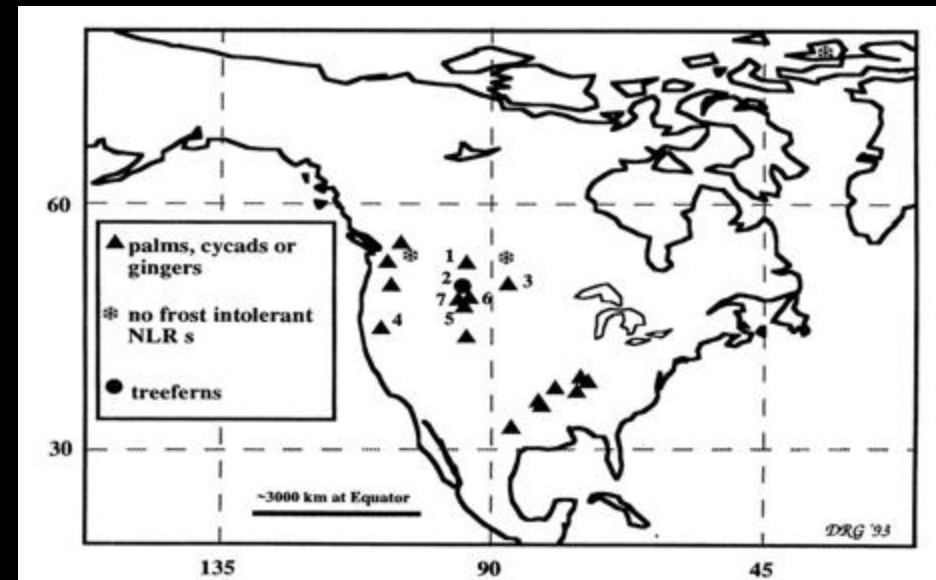


~50 Myr, θερμή περίοδος του Ηωκαίνου

Ευρήματα απολιθωμένων κροκοδείλων
(Markwick 1998)



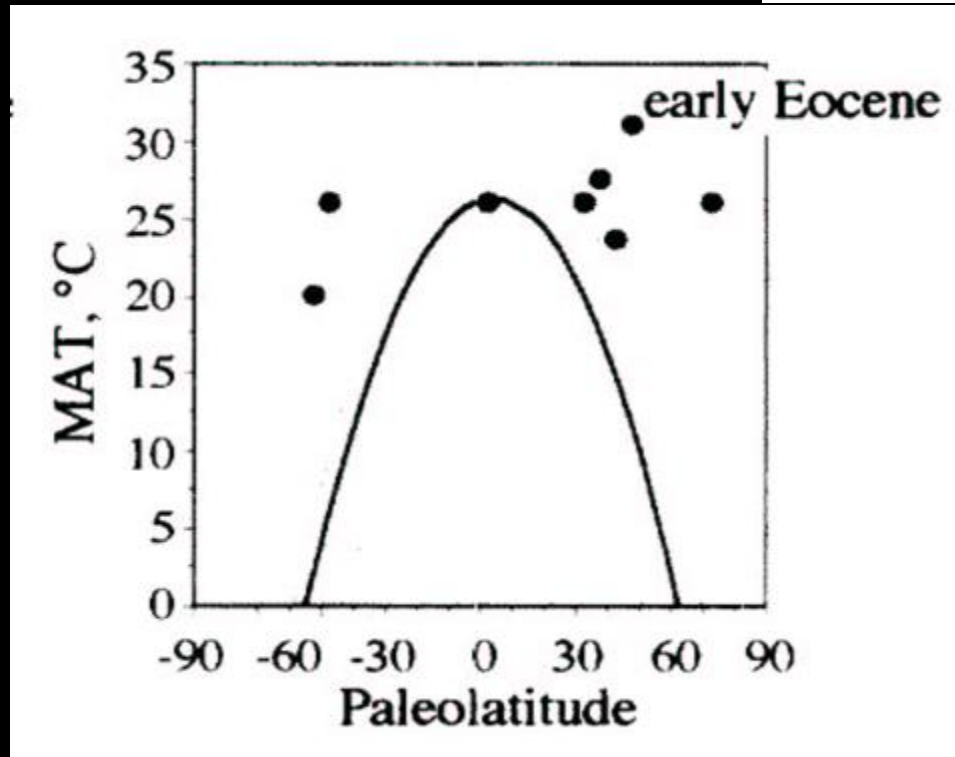
Απολιθωμένα ίχνη φοινίκων
(Wing and Greenwood 1993)



~50 Myr, θερμή περίοδος του Ηωκαίνου



Mean annual temperature



Ομοιόμορφη κατανομή θερμοκρασίας σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος

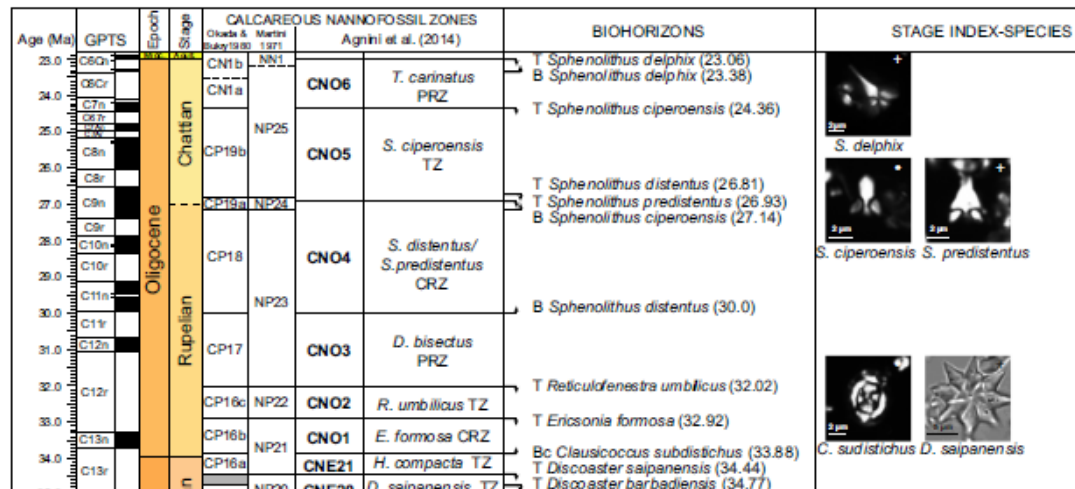
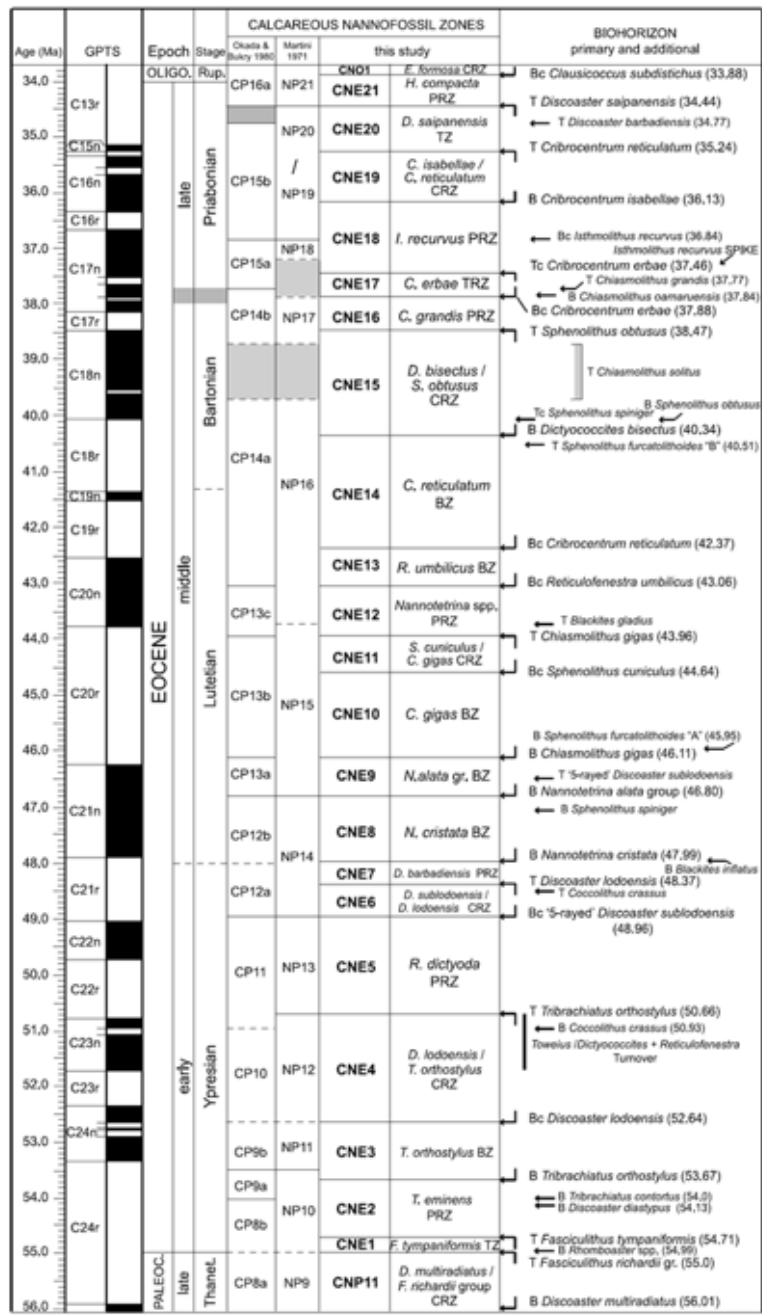
OLIGOCENE TIME SCALE

TIME (Ma)	CHRONS	POLARITY	EPOCH	AGE	PLANKTON ZONES		CALCAREOUS NANNOPLANKTON			
					FORAMINIFERA <small>(Berggren & Miller, 1988; this work)</small>	Martini (1971)	Bukry (1973, 1975)			
23	C6Bn	■	MIOCENE	EARLY	AQUITANIAN	M1b	<i>Gt. kugleri</i> / <i>Gg. dehiscens</i> CRZ	NN2	CN1	a&b
	C6Bn	■				M1a	<i>Gd. primordius</i> PRZ	NN1		
24	C6Cn	■	OLIGOCENE	LATE	CHATTIAN	P22	<i>Gl. ciperensis</i> PRZ	NP25	CP19	b
25	C7n	■								
26	C7r	■								
	C8n	■								
27	C8r	■								
28	C9n	■		EARLY	RUPELIAN	P21	<i>Gl. angulisuturalis</i> – <i>Pg. opima</i> s.s. ISZ	NP24	CP18	a
29	C10n	■								
30	C10r	■								
31	C11n	■		EARLY	RUPELIAN	P20	<i>Gl. sellii</i> PRZ	NP23	CP18	c
	C11r	■								
32	C12n	■	LATE	PRIABONIAN	P19	<i>T. ampliapertura</i> IZ	NP22	CP17	b	
33	C12r	■								
34	C13n	■	LATE	PRIABONIAN	P18	<i>T. cerroazulensis</i> – <i>Pseudohastigerina</i> spp. IZ	NP21	CP16	a	
35	C13r	■								
36	C15n	■	LATE	PRIABONIAN	P17	<i>T. cerroazulensis</i> IZ	NP19-20	CP15	c	
	C15r	■								
37	C16n	■	LATE	PRIABONIAN	P16	<i>T. cunialensis</i> / <i>Cr. inflata</i> CRZ	NP18	CP15	a	
38	C16r	■								
39	C17n	■	LATE	PRIABONIAN	P15	<i>Po. semiinvoluta</i> IZ	NP18	CP15	a	
40	C17r	■								

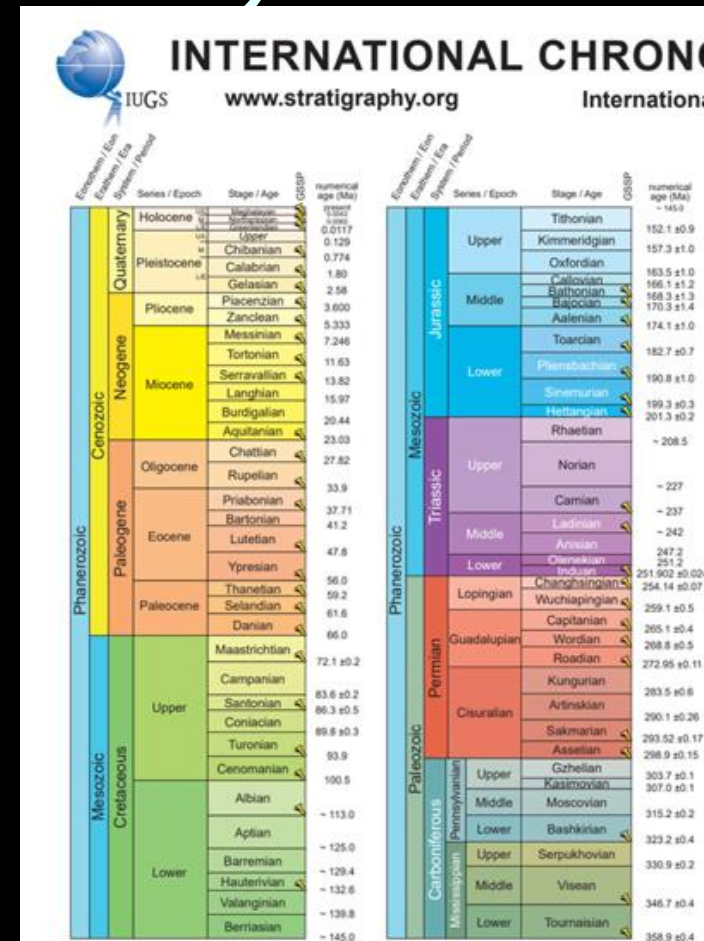
Όριο
Πριαμπονίου/Ρουπελίου

C13r, τελευταία εμφάνιση
Hantkenina spp.

Μέσα στην NP21



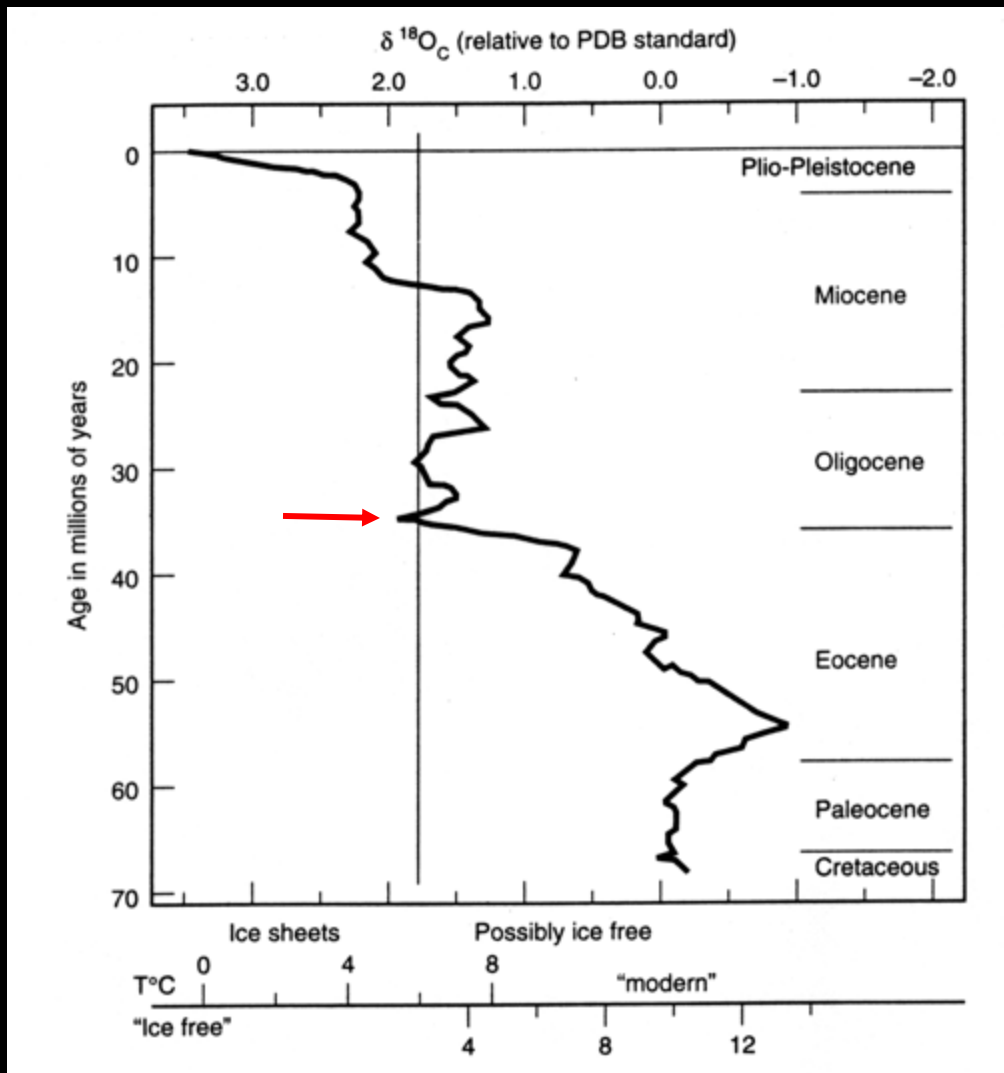
Τομή Massigniano Ιταλία όριο Ηωκαίνου / Ολιγοκαίνου (Πριαμπόνιο/Ρουπέλιο)



Οριο Ηωκαίνου - Ολιγοκαίνου

- Τοποθετείται στην κορυφή της βιοζώνης NP20/ CP15 και καθορίζεται από την τελευταία εμφάνιση ειδών του γένους *Discoaster*, σχήματος ροζέτας (*Discoaster barbadiensis*, *D. saipanensis*)





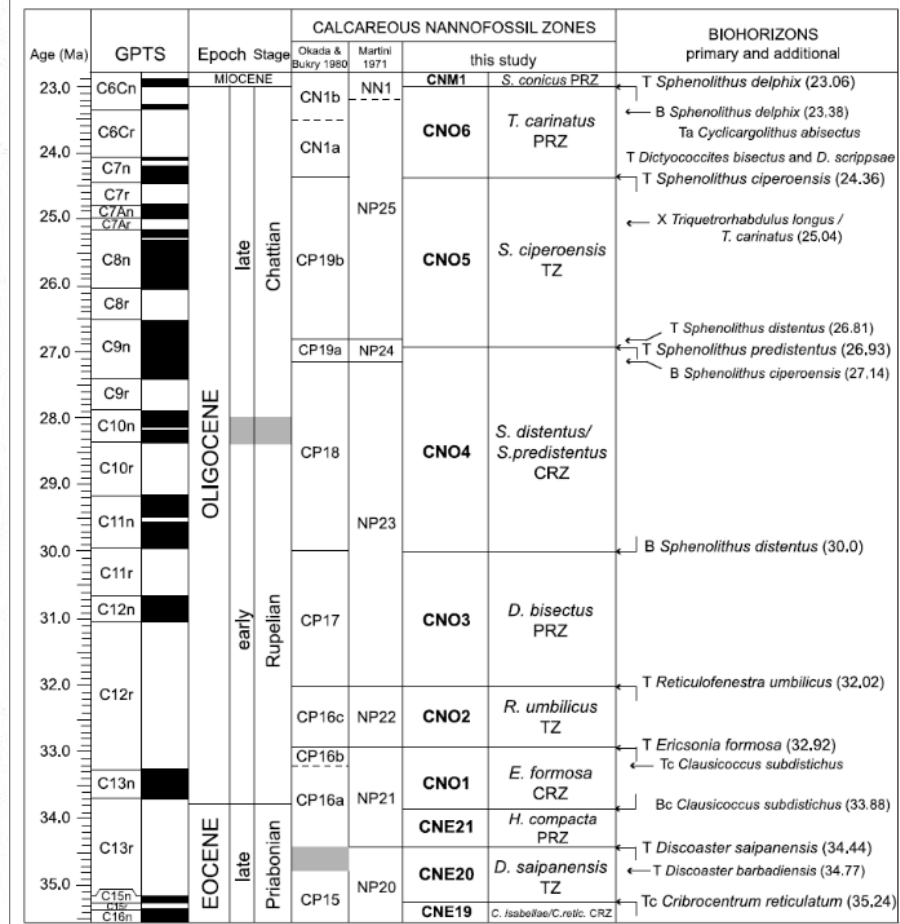
Μακροχρόνιο Αρχείο Ισοτόπων οξυγόνου

Έναρξη σχηματισμού
παγετωδών καλυμμάτων
στην Ανταρκτική πριν από
35 Ma, σχετιζόμενη με την
διάνοιξη μεταξύ Ανταρκτικής
και Ν. Αμερικής

From K. K. Turekian, *Global Environmental Change*, 1996

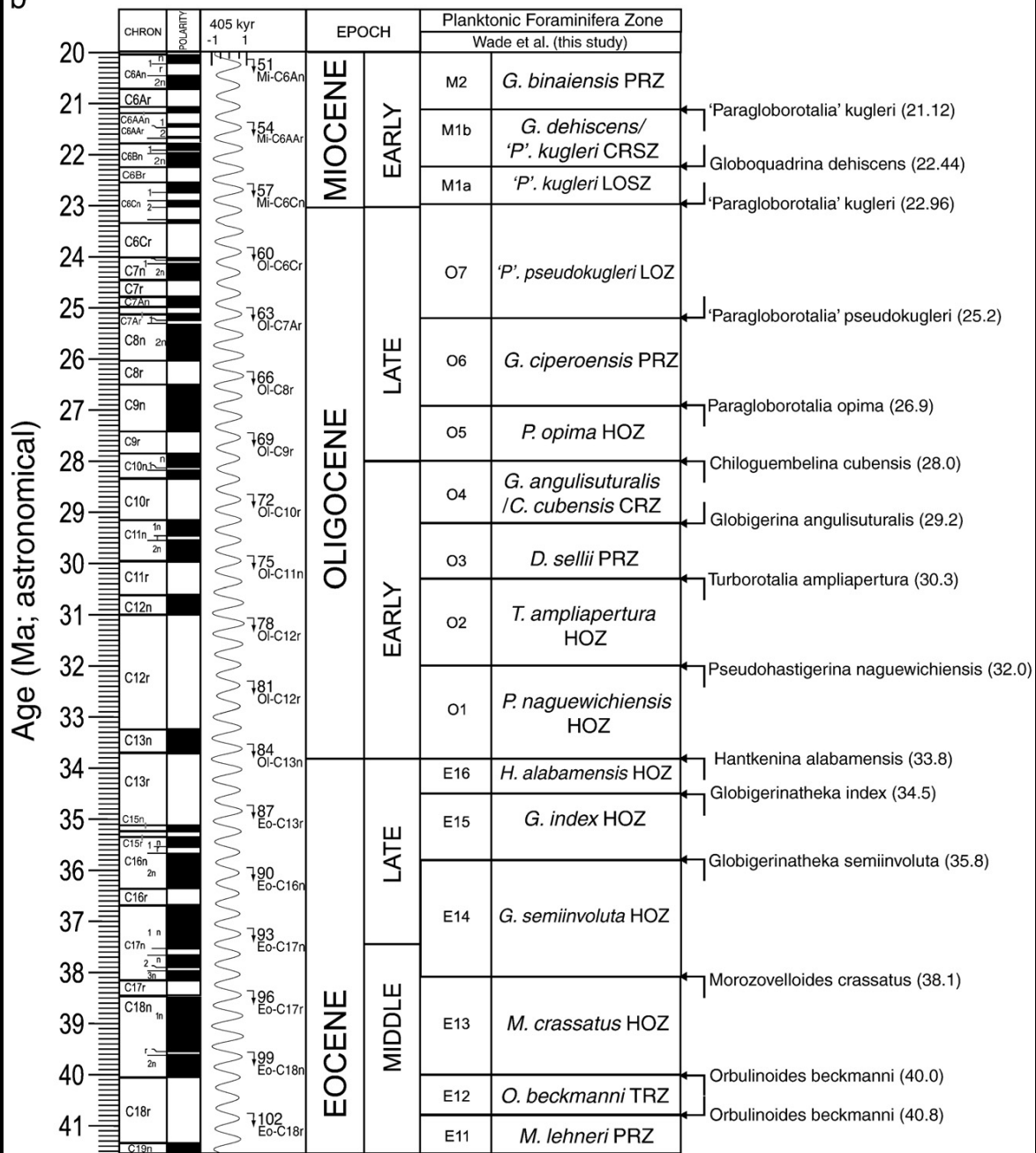
OLIGOCENE TIME SCALE

TIME (Ma)	CHRONS	POLARITY	EPOCH	AGE	PLANKTON ZONES		CALCAREOUS NANNOPLANKTON									
					FORAMINIFERA (Berggren & Miller, 1988; this work)		Martini (1971)	Bukry (1973, 1975)								
23	C6Bn		EARLY	AQUITANIAN	M1b	<i>Gt. kugleri/Gg. dehiscens</i> CRZ	NN2	CN1	a&b							
	C6Br				M1a	<i>Gd. primordius</i> PRZ	NN1									
24	C6Cn		LATE	CHATTIAN	P22	<i>Gl. ciperoensis</i> PRZ	NP25	CP19	b							
25	C7n															
26	C8n															
27	C8r															
28	C9n									P21	<i>Gl. angulisurensis</i> - <i>Pg. opima</i> s.s. ISZ	NP24	CP19	a		
29	C10n															
30	C10r									P20	<i>Gl. sellii</i> PRZ	NP23	CP18			
31	C11n									EARLY	RUPELIAN	P19	<i>T. ampliapertura</i> IZ	NP23	CP18	c
32	C11r															
33	C12n															
34	C12r															
35	C13n		LATE	PRIABONIAN	P18	<i>T. cerroazulensis</i> - <i>Pseudohastigerina</i> spp. IZ	NP21	CP16	b							
36	C13r															
37	C15n															
38	C15r															
39	C16n															
40	C16r		P17	<i>T. cerroazulensis</i> IZ	NP19-20	CP15	a									
41	C17n															
42	C17r		P16	<i>T. cunialensis/Cr. inflata</i> CRZ	NP19-20	CP15	a									
43	C15n															
44	C15r		P15	<i>Po. semiinvoluta</i> IZ	NP18	CP15	a									
45	C16n															
46	C16r		P15	<i>Po. semiinvoluta</i> IZ	NP18	CP15	a									
47	C17n															



Berggren et al., 1995

b



Τομή Monte Cagnero όριο Ρουπέλιο/Σάττιο

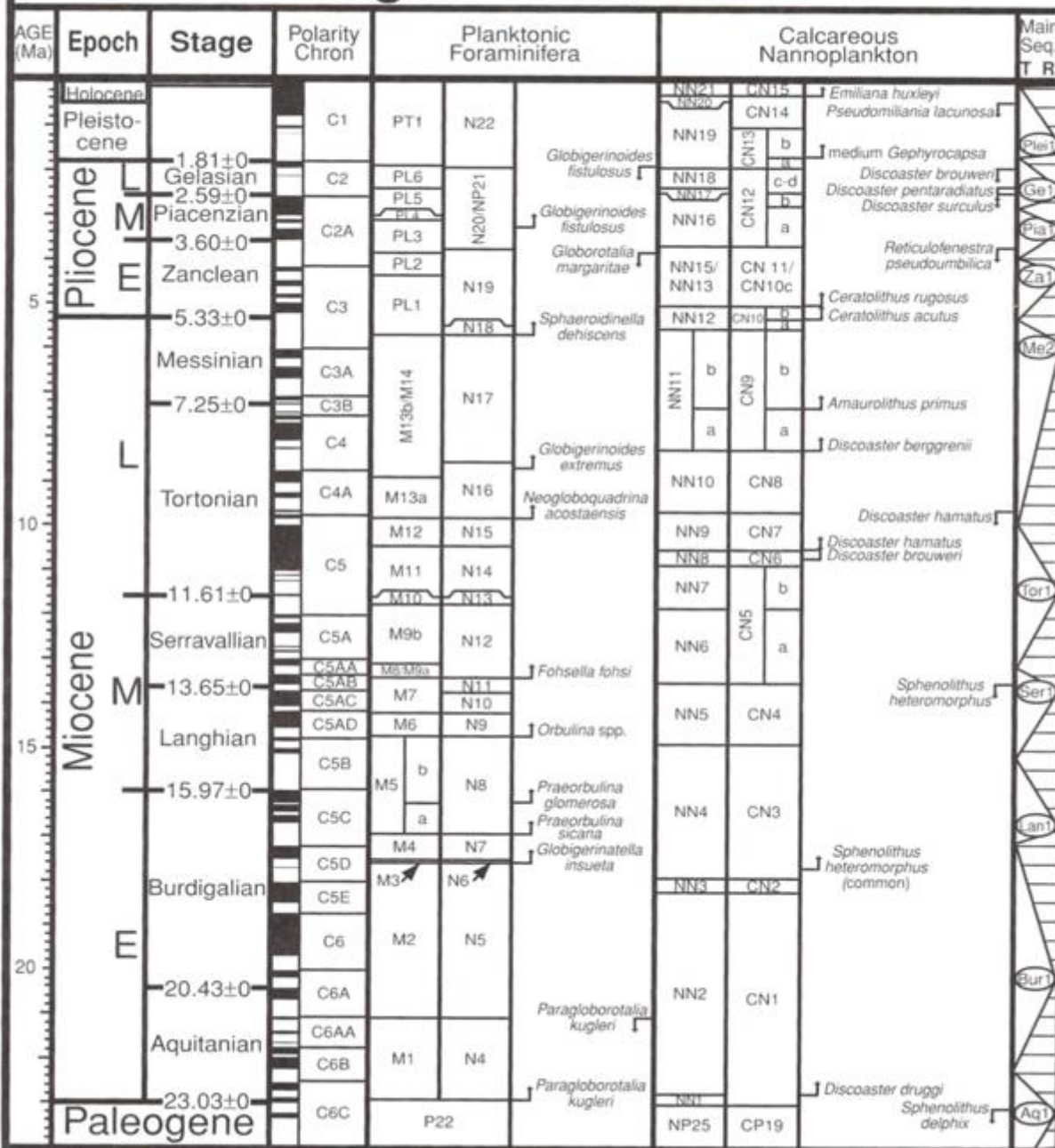


Ολιγόκαινο



- Χαρακτηρίζεται από σχετικά χαμηλή ποικιλία. Οι βιοζώνες του Ολιγοκαινού προσδιορίζονται κυρίως από είδη του γένους *Sphenolithus*

Neogene Time Scale



Lourens et al., 2004 in
Gradstein et al, 2004,
Cenozoic Time Scale

MIDDLE-LATE MIOCENE TIME SCALE

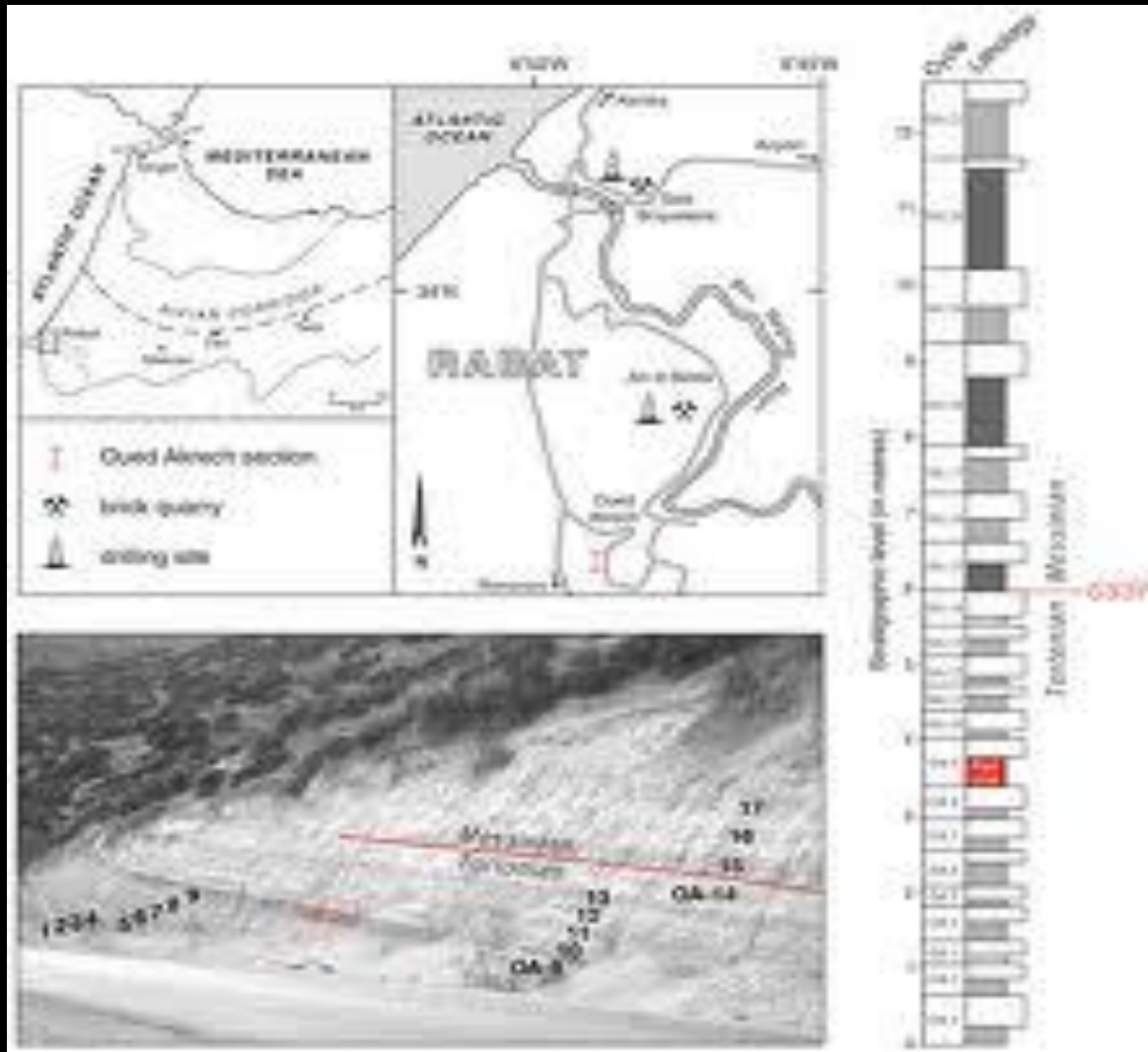
TIME (Ma)	CHRONOS	POLARITY	EPOCH	AGE	PLANKTONIC FORAMINIFERA				CALCAREOUS NANNOPLANKTON																						
					(SUB)TROPICAL		TRANSITIONAL		(SUB)ANTARCTIC		Martini (1971)		Bukry (1973, 1975)																		
					Berggren (this work)			Blow (1969)	Berggren and others (1983a); this work			Berggren (1992)																			
5	C2r		PLIOGENE	EARLY	ZANCLIAN	PL1	b	<i>Gt. cibaoensis</i> - <i>Gib. nepenthes</i> ISZ	N 19	<i>Gt. puncticulata</i> IZ	AN 7	Neogloboquadrina pachyderma TRZ	NN14	CN10	† c																
	C3n	1 2 3 4n					a	<i>Gt. tumida</i> - <i>Gt. cibaoensis</i> IRZ	N18				<i>Gt. sphericomiozea</i> IZ		NN13	b															
6	C3r		MIOCENE	LATE	MESSINIAN	M14	<i>Gt. languaensis</i> - <i>Gt. tumida</i> IZ		N 17	Mt10	AN 7	Neogloboquadrina pachyderma TRZ	NN11	CN9	d																
C3An	1 2n	b				<i>Gd. extremus</i> / <i>Gt. plesiotumida</i> - <i>Gt. languaensis</i> ISZ	N 17	<i>Gt. conomiozea</i> / <i>Gt. mediterranea</i> - <i>Gt. sphericomiozea</i> IZ		AN 7					NN11	CN9	c														
C3Ar	1																b	b													
C3Br	2 3																a	a													
C4n	2n																														
8	C4r	1 2r		TORTONIAN	M13	a	N 16	<i>N. acostaensis</i> - <i>Gd. extremus</i> / <i>Gt. plesiotumida</i> ISZ	N 16	<i>N. mayeri</i> - <i>Gt. conomiozea</i> IZ	AN 6	<i>Gt. scitula</i> PRZ	NN10	CN8	† b a																
C4An	1																														
C4Ar	2 3																														
C5n	2n																														
10	C5r	1 2 3r													MIDDLE	SERRAVALLIAN	M12	<i>N. mayeri</i> - <i>N. acostaensis</i> IZ		N 15	AN 5	N. nymphea TRZ	NN9a	NN9 a-b	CN7b	CN7 a-b					
C5An	1 2n	M11	<i>Gib. nepenthes</i> / <i>N. mayeri</i> Conc. RZ		N14	Mt8	<i>Gib. nepenthes</i> / <i>M. mayeri</i> Conc. RZ		NN7	CN5	CN6	CN5b																			
C5Ar	1 2n	M10	<i>Gt. f. robusta</i> - <i>Gib. nepenthes</i> IZ		N13	Mt7	<i>Gt. peripheroronda</i> - <i>Gib. nepenthes</i> IZ	AN 5					N. nymphea TRZ	NN7			CN5	CN6	CN5b												
C5Br	2 3r	M9	b	<i>Gt. f. robusta</i> Tok. RZ	N12															AN 5							N. nymphea TRZ	NN7	CN5	CN6	CN5b
C5Bn	1 2n	M8	a	<i>Gt. f. lobata</i> Lin. Z	N11																										
C5Bn	1 2n	M7	<i>Gt. peripheroacuta</i> Lin. Z		N 10	AN 4	<i>Gt. miozea</i> PRZ	NN5					CN4																		
C5Bn	1 2n	M6	<i>O. sutur.</i> - <i>Gt. perpher.</i> IZ		N9				AN 4	<i>Gt. miozea</i> PRZ	NN5	CN4																			
C5Br	1 2n	M5	b	<i>Pr. glomerosa</i> - <i>O. suturalis</i> ISZ	N8	Mt5	b	<i>Pr. glomerosa</i> - <i>O. suturalis</i> ISZ					NN4	CN3																	
			LANGHIAN																												

Μειόκαινο

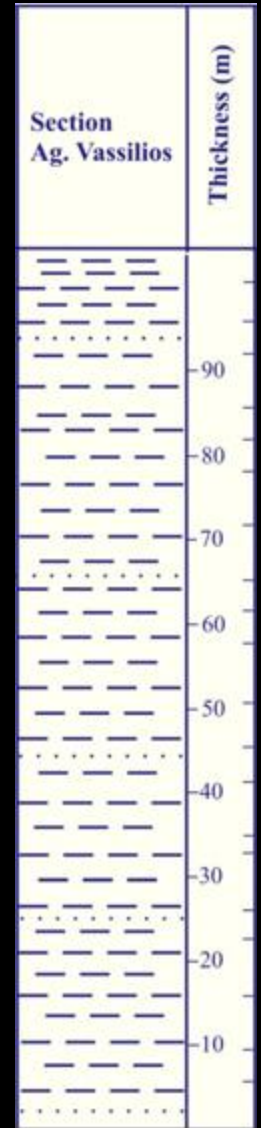
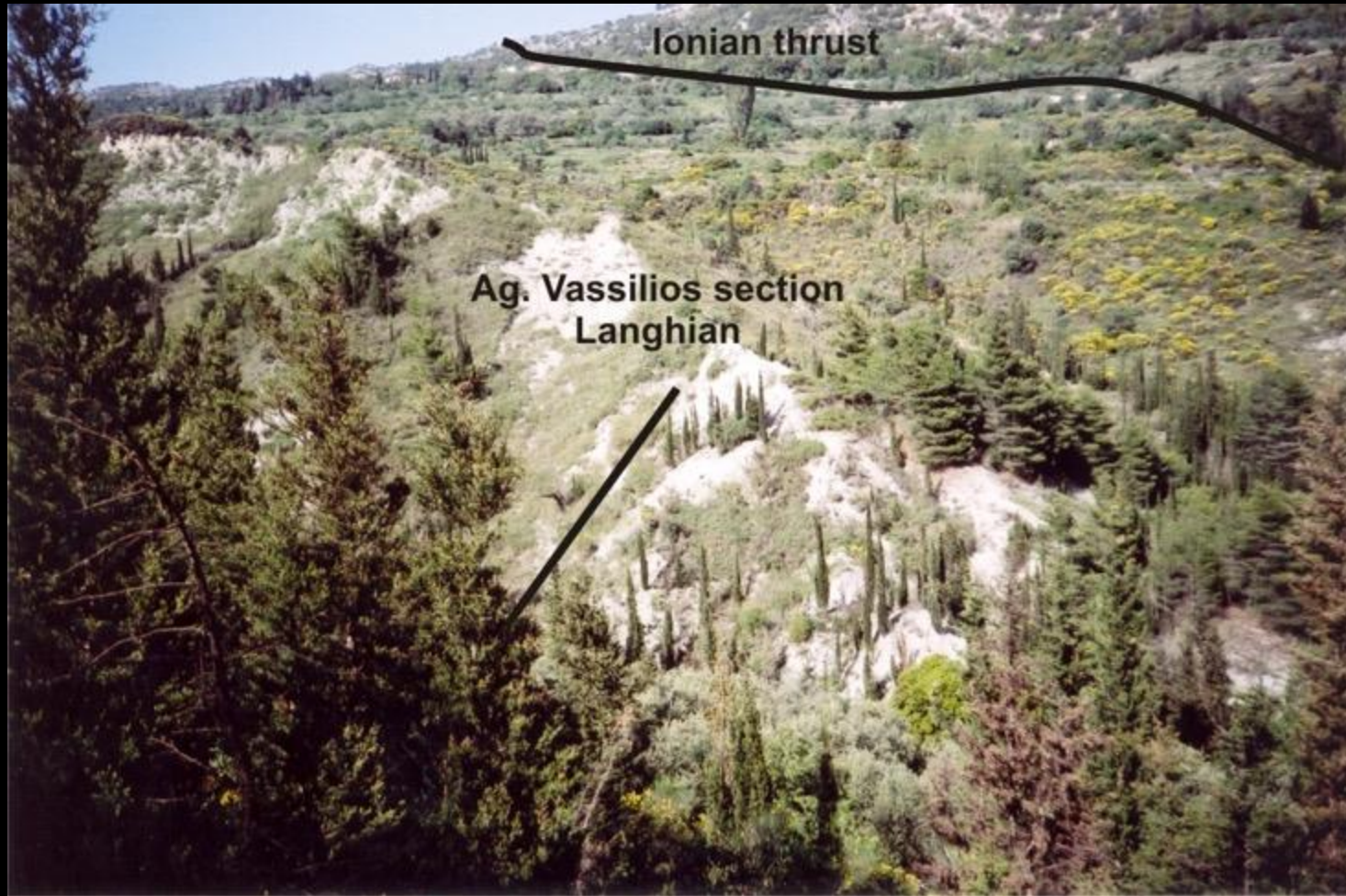
- Η βιοστρωματογραφική υποδιαίρεση του Μειοκαίνου βασίζεται κυρίως σε είδη του γένους *Discoaster* σχήματος αστεριού.



Τομή Qued, Μαρόκο όριο Τορτονίου/Μεσσηνίου



Materials and Methods



Ag. Vassilios section in the southwestern part of Lefkas Island, about 400 m in thickness, is located on the eastern slope of a N-S running valley and consists of fine grained clayey and marly sediments with some sandy intercalations, assigned to the atypical flysch marly deposits of Paxos unit.

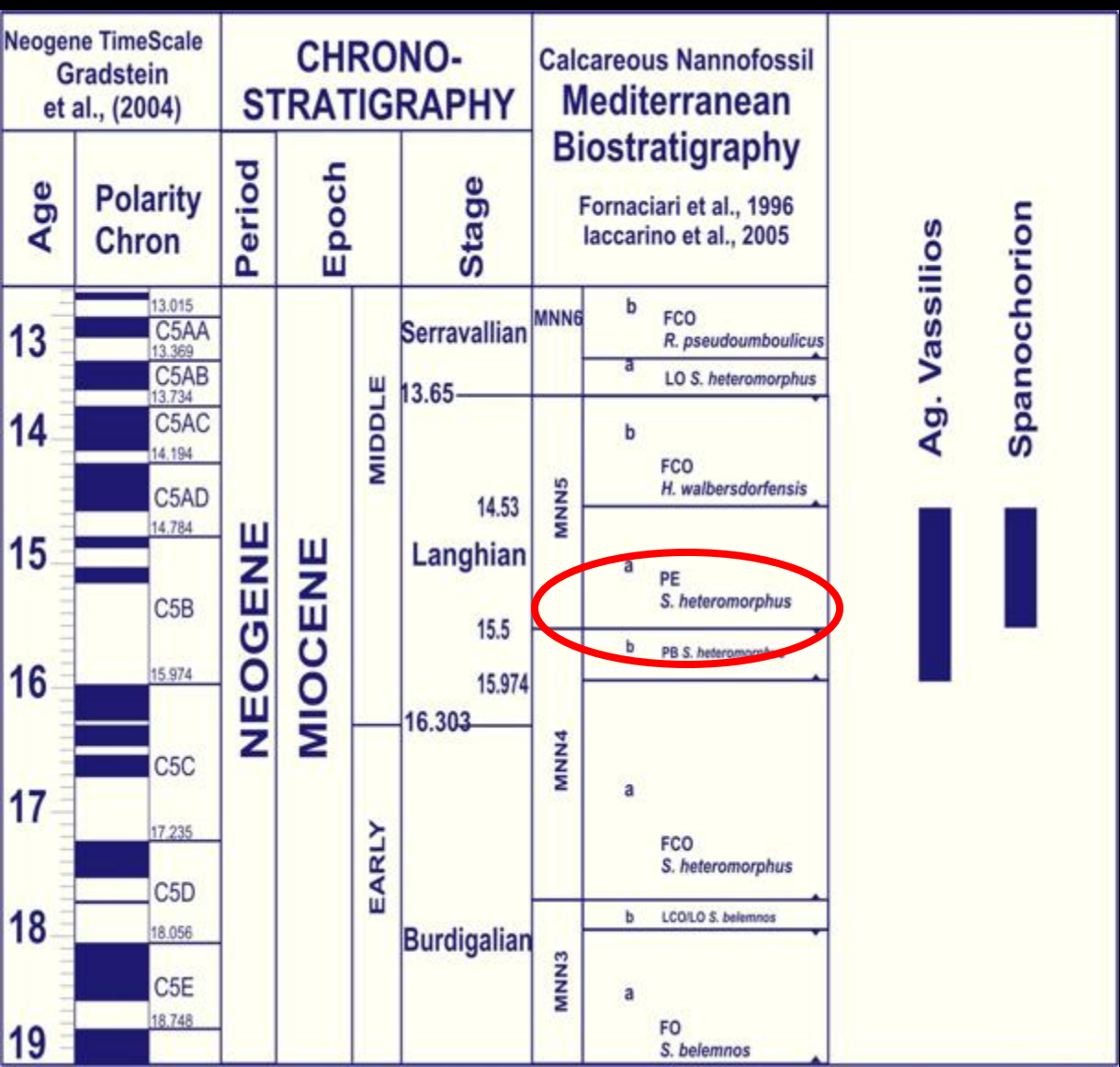
Results Ag. Vassilios section

The absence of *S. heteromorphus* at the lower part along with the contemporaneous absence of *H. ampliaperta* and *H. walbersdorfensis* indicates the interval of absence or strong reduction of *S. heteromorphus* that has been determined as *Sphenolithus heteromorphus* Paracme Zone MNN4b.

The rest part of the section displays abundant-common *S. heteromorphus* but no trace of *H. walbersdorfensis*, allowing the recognition of *Sphenolithus heteromorphus*-*Helicosphaera walbersdorfensis* Interval Subzone MNN5a.

Age	Section Ag. Vassilios	Thickness (m)	Samples	CALCAREOUS NANNOFOSSILS												
				Biozones	<i>C. miopelagicus</i>	<i>C. pelagicus</i>	<i>C. floridanus</i>	<i>D. variabilis</i>	<i>D. exilis</i>	<i>D. adamanteus</i>	<i>H. carteri</i>	<i>H. intermedia</i>	<i>H. walbersdorfensis</i>	<i>S. heteromorphus</i>	<i>S. moriformis</i>	<i>Rhabdosphaera</i> spp.
MIDDLE MIOCENE (LANGHIAN)			Av20		R	C					R	R		C	A	
			Av19		P	C	C	P	C		C			C	C	
		90	Av18		R	R					R	R		A	A	
			Av17		C	P	C	R	C	P	C			A	A	
		80	Av16				C	C		P	R	P		A	A	R
			Av15		R	P	R	R	R	R	C	R		A	C	R
		70	Av14		R					P	C	P	P	A	A	
			Av13		R	R	C	C	C	R	C			C	C	P
		60	Av12			R				P	R			C	A	
			Av11			C	C				R	R		R	A	P
		50	Av10		R		R	R	R	R	R	P		P	A	R
			Av9			C	C	C	C		C				C	
		40	Av8		R		R	R	R	R	R	R			C	R
			Av7			R		C		R	C	R			C	P
		30	Av6			R	R	R			R	R			C	
			Av5			R	R							P	C	R
		20	Av4		C	R		C		R	C	P			A	
			Av3		C		R				R	R			C	
		10	Av2		R		R	R			R	R			C	P
				Av1		R	P	R			C				A	

Biostratigraphic results



Ag. Vassilios section is dated between 15.974 Ma (PB *S. heteromorphus*, and 14.53 Ma (FCO *H. walbersdorfensis*)

The Paracme End (PE) of *S. heteromorphus* at 15.5 Ma, is located at approximately 55m from the base of the section



PLIOCENE-PLEISTOCENE TIME SCALE

TIME (Ma)	CHRONS	POLARITY	EPOCH	AGE	PLANKTONIC FORAMINIFERA		CALCAREOUS NANNOPLANKTON					
					Berggren (1973, 1977a, this work)		Martini (1971)	Bukry (1973, 1975)				
					ATLANTIC	INDO-PACIFIC						
1	C1n	[Black]	PLEISTOCENE	LATE	PT1	b	Gt. truncatulinoides PRZ	NN21	CN15			
								MIDDLE	a	Gd. fistulosus - Gt. tosaensis ISZ	NN20	CN14
	EARLY	CALABRIAN	Gd. fistulosus - Gt. truncatulinoides IZ	NN19	CN13	a						
						2	C2n	[Black]	LATE	PIACENZIAN	GELASIAN	PL6
	MIDDLE	PL5	D. altispira - Gt. miocenica IZ	D. altispira - Gt. pseudomiocenica IZ	NN17							
						EARLY	ZANCLEAN	PL4	D. altispira - Gt. pseudomiocenica IZ	NN16	CN11	b
	3	C2An	[Black]	LATE	PIACENZIAN							
						MIDDLE	PL2	Glb. nepenthes - Gt. margaritae IZ	NN13	CN11	a	
	4	C2Ar	[Black]	EARLY	ZANCLEAN							PL1
						MIDDLE	PL1	Gt. tumida - Gt. cibaoensis ISZ	NN12	CN10	a	
5	C3n	[Black]	LATE	MESS.	M14							Gt. languaensis - Gt. tumida IZ
						EARLY	C3r	[Black]	LATE	MESS.	M14	
5	C3An, 1n	[Black]	MIOCENE	LATE	MESS.							M14

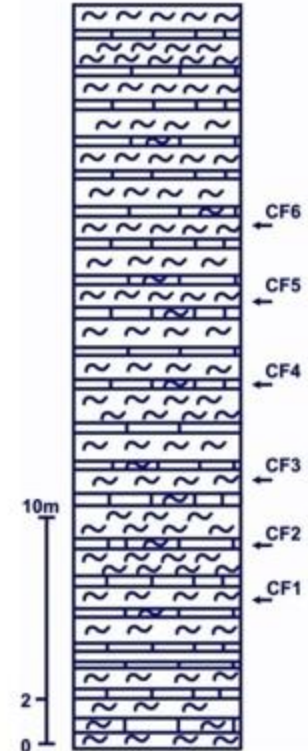
Berggren et al., 1995

Materials and Methods

Livadi section



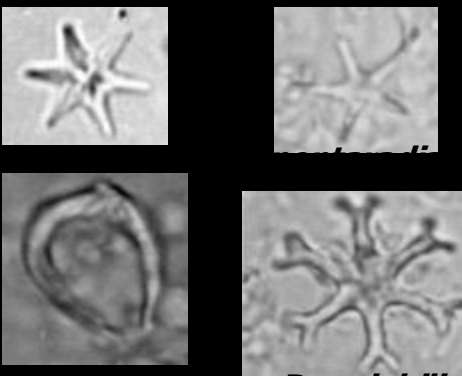
Livadi section



Livadi section comprises marly limestones and marls located on the northeastern part of Paliki peninsula, north of the city of Lixouri.

The exposed sediments correspond to the Trubi limestones above the Messinian evaporites.

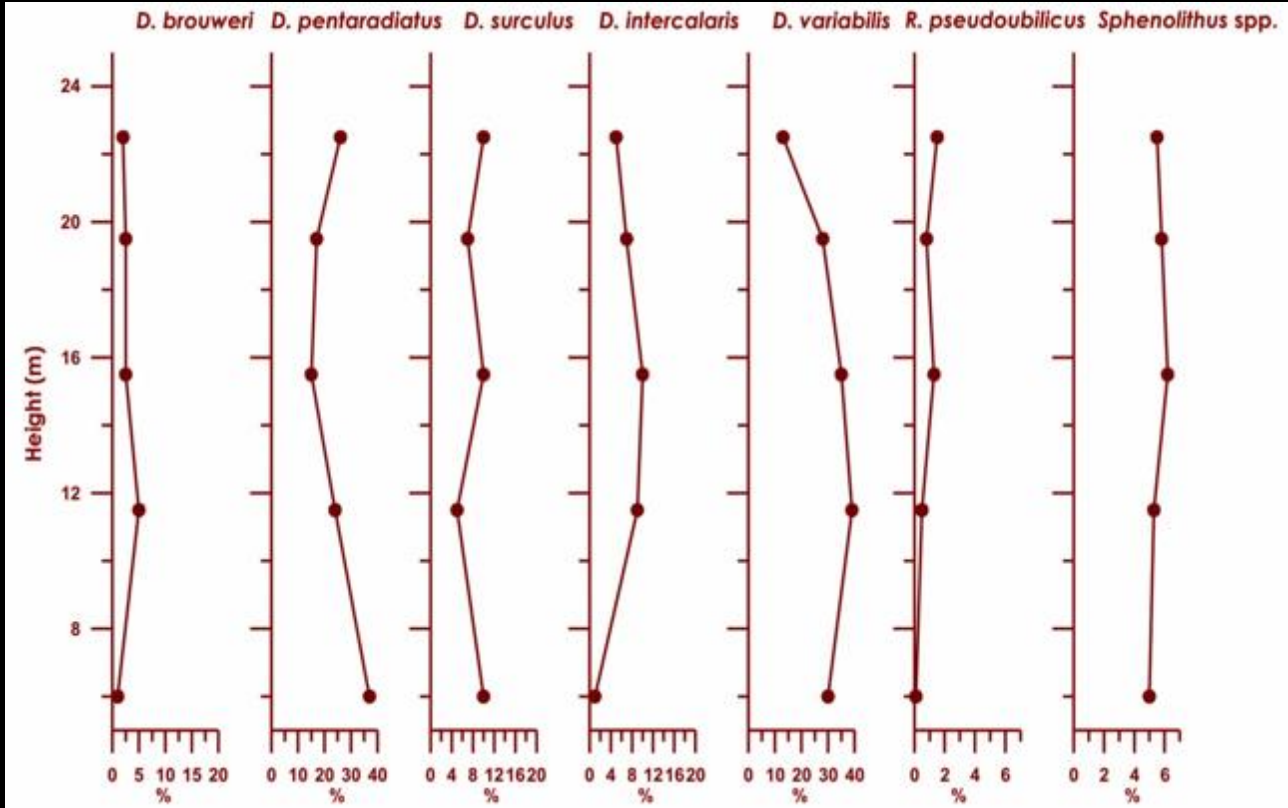
Livadi section biostratigraphy



Planktonic foraminifera are abundant throughout the section and dominated by *Sphaeroidinellopsis* spp.



The nannoflora assemblage of Livadi section is marked by the presence of *Sphenolithus* spp. and several discoasterid species along with the moderate presence of *Amaurolithus* spp. and *Reticulofenestra pseudoumbilicus*.



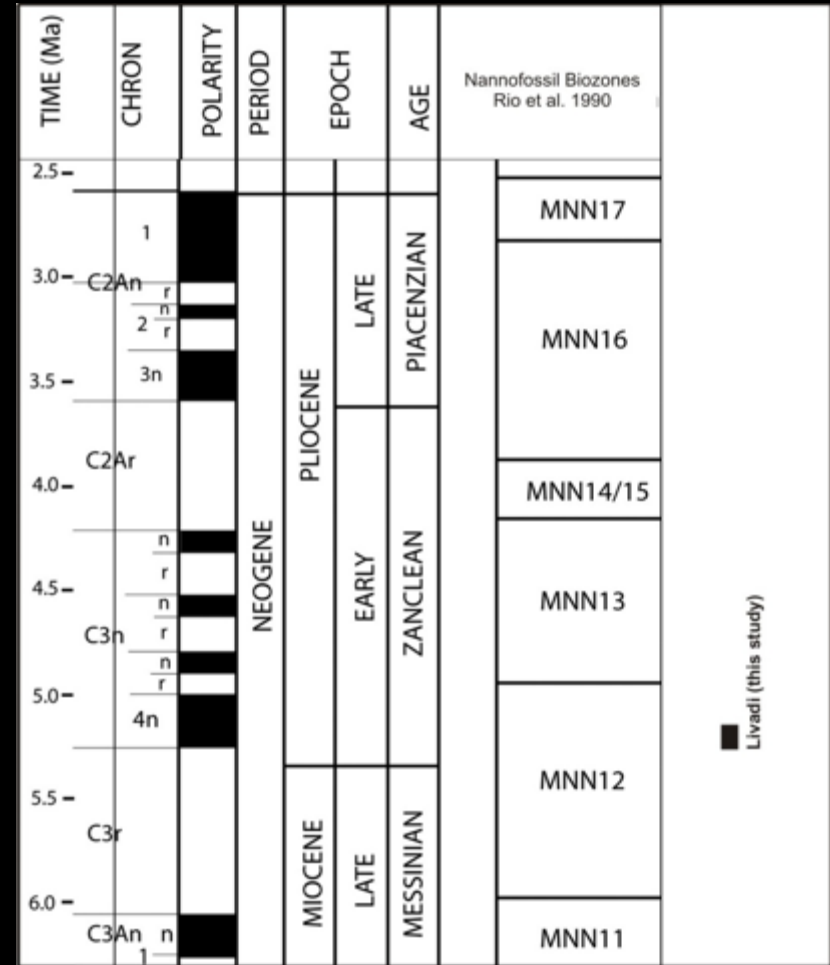
Livadi section biostratigraphy

Biostratigraphic correlation with the nannofossil biozone MNN12.

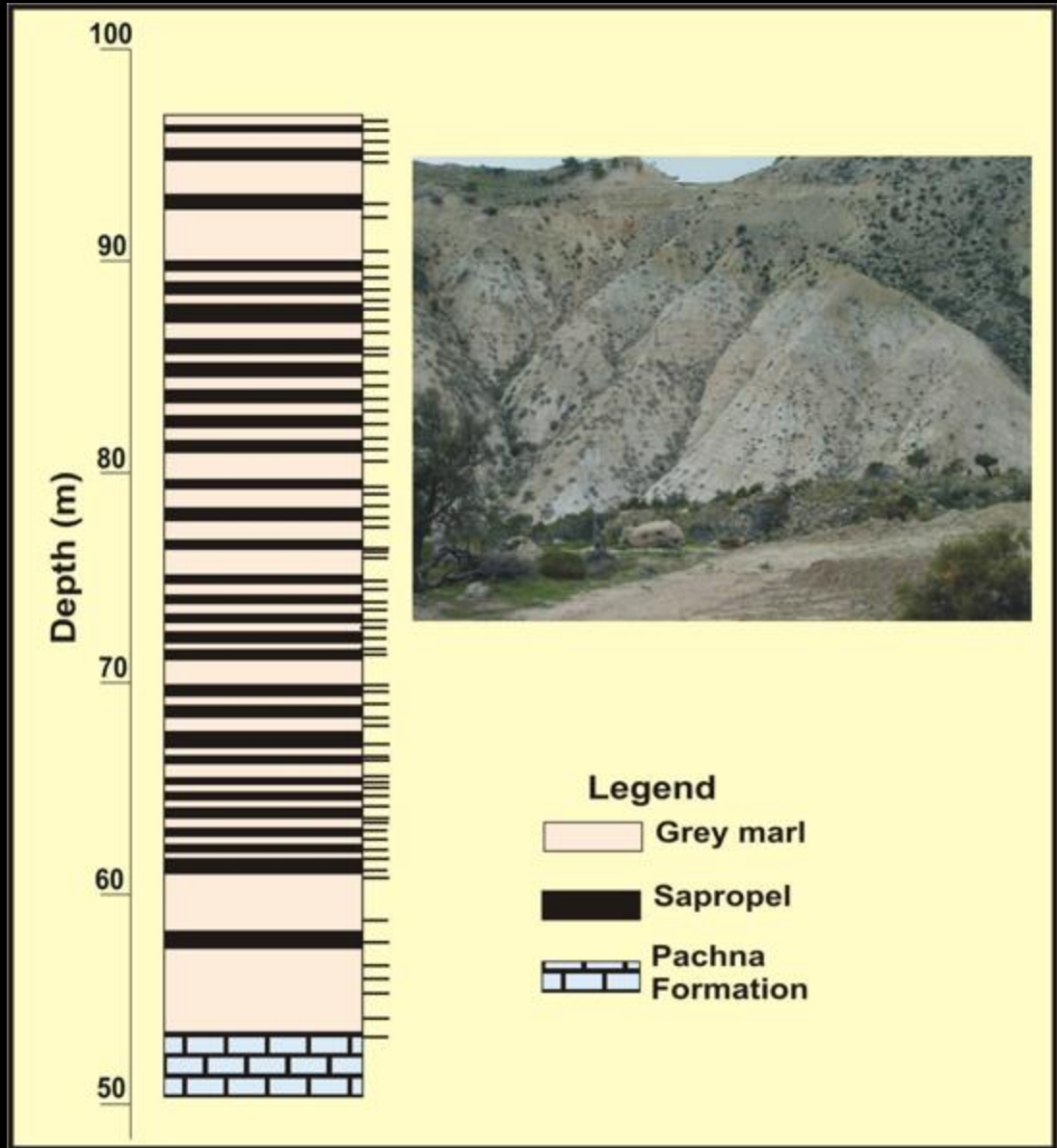
The relatively abundant specimens of planktonic foraminiferal species *Sphaeroidinellopsis* spp., is assumed to correspond to the *Sphaeroidinellopsis* acme within MPL1 biozone.

Livadi outcrops are more precisely assigned just below the *R. pseudoumbilicus* Paracme Beginning (PB).

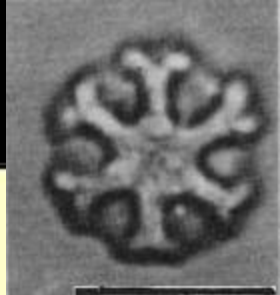
Therefore they are of Early Zanclean age, ranging between 5.30-5.21 Ma.



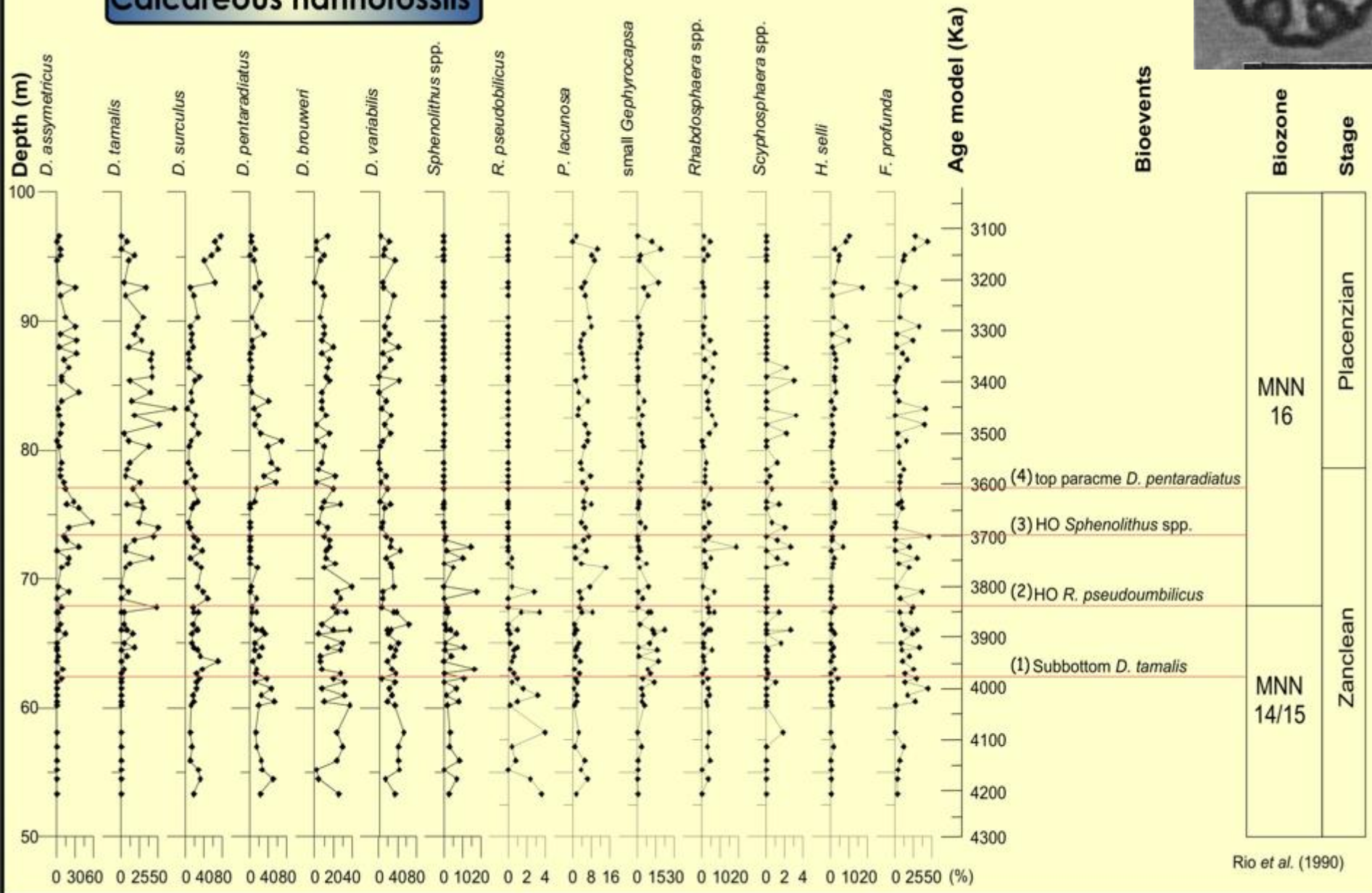
Lithology



Results calcareous nannofossils

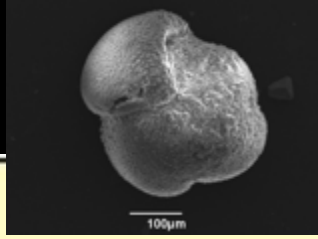


Calcareous nannofossils

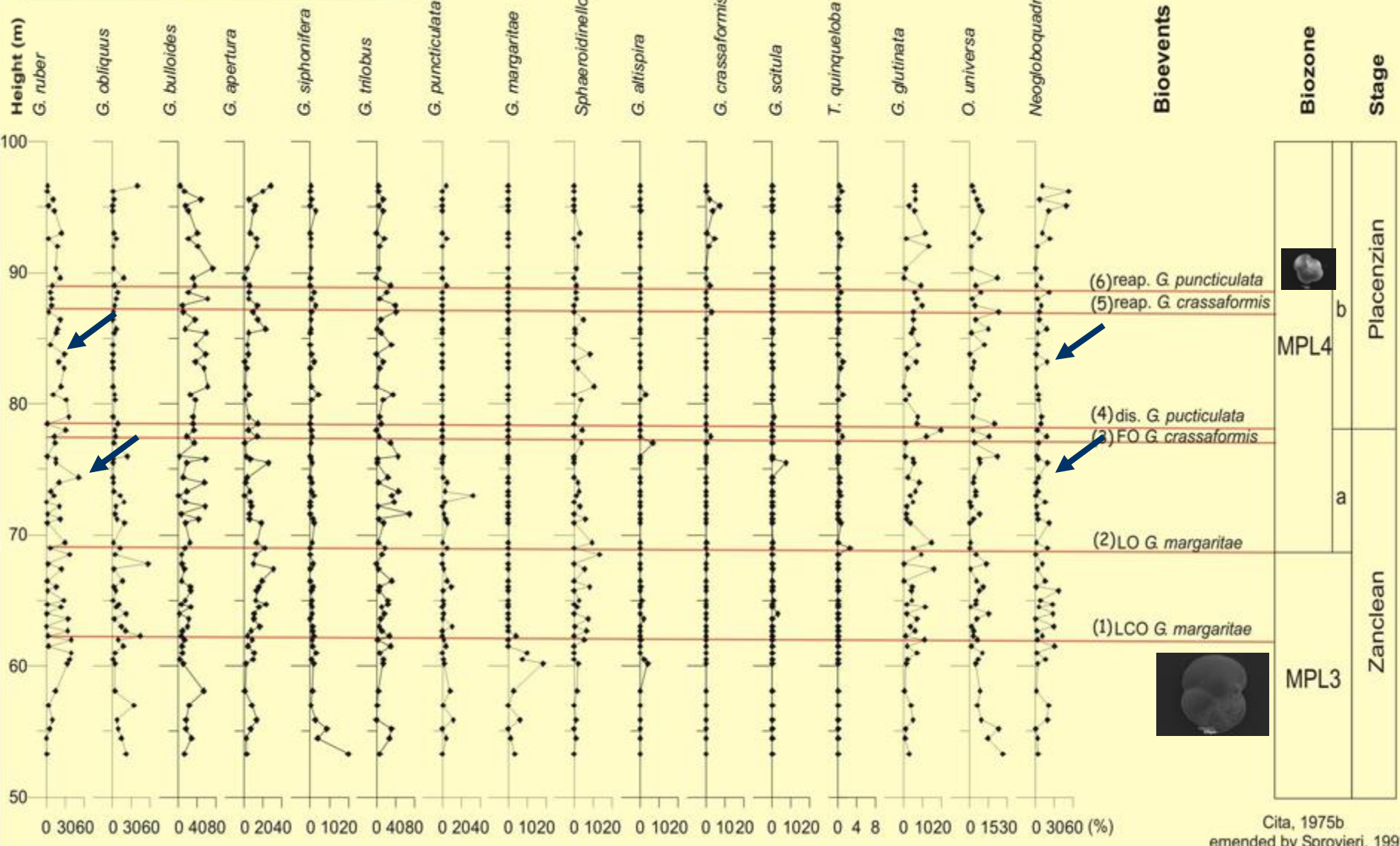


Rio et al. (1990)

Results planktonic foraminifera



Planktonic foraminifera



Cita, 1975b
emended by Sprovieri, 1992

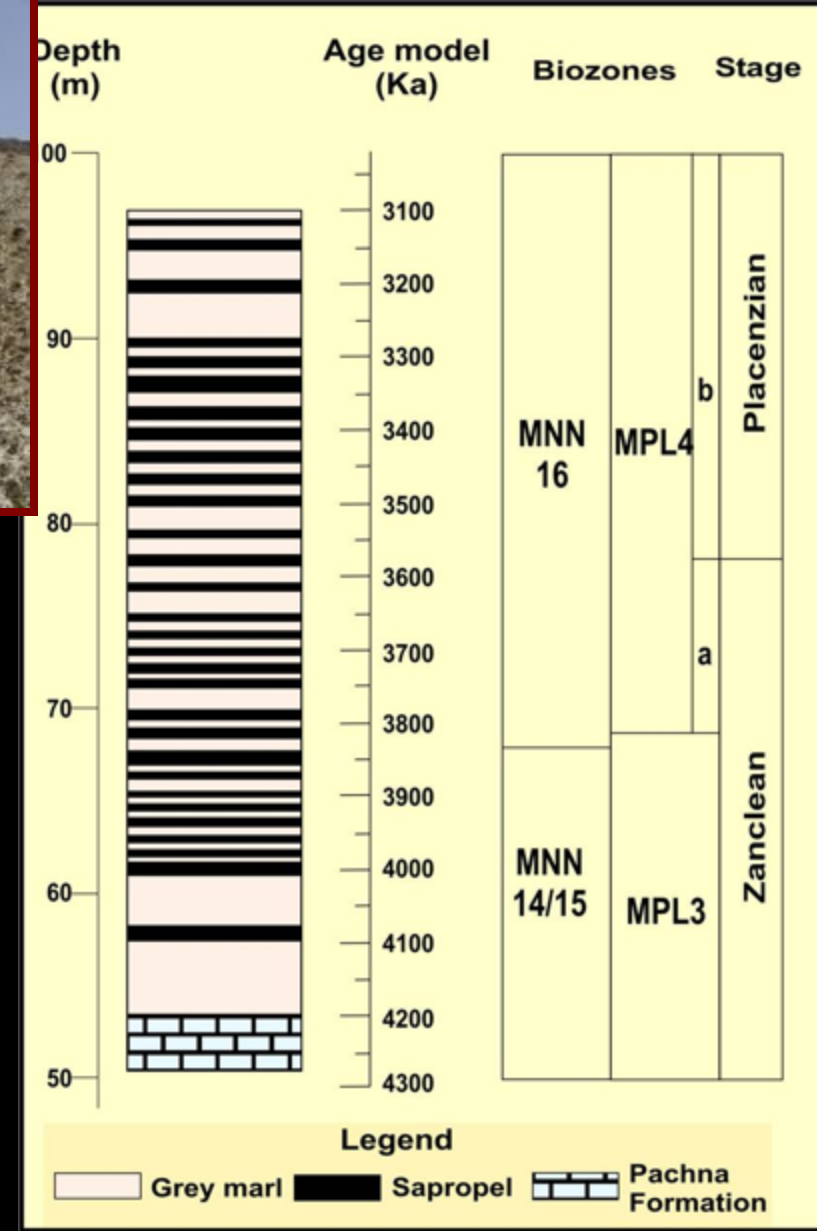
Biostratigraphy

Highest Occurrence of *R. pseudoumbilicus* suggests the presence of NN14/15-NN16 nannofossil biozone boundary dated at 3.84 Ma.



Additionally the defined planktonic foraminiferal MPL3-MPL4a and MPL4a-MPL4b zone boundaries point to ages between 3.81 and 3.57 Ma, in Pissouri South section.

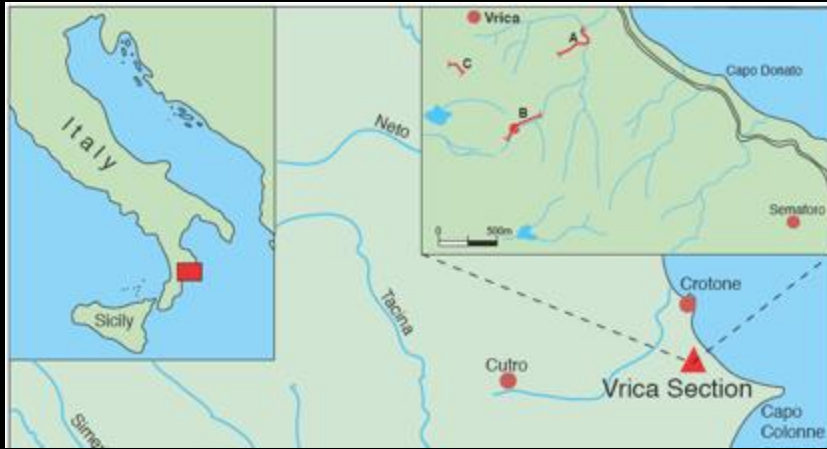
Zanclean/Piacenzian boundary (3.6 Ma) is placed at 22.5m from the base of the section, considering *Discoaster pentaradiatus* top paracme (3.61 Ma) and *Globorotalia crassaformis* first influx (3.6 Ma) bioevents.



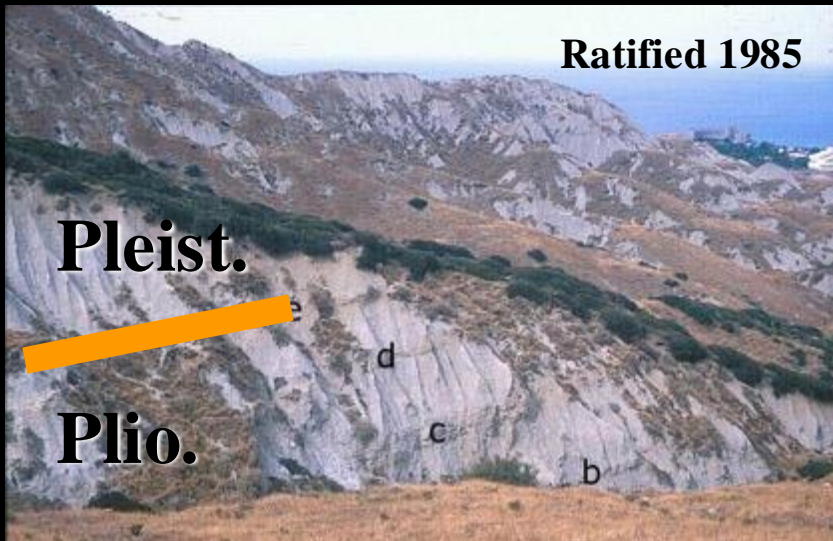
Monte San Nicola βάση Γελάσιου GSSP



Πλειστόκαινο = αντιπροσωπεύει ψύχρανση στο Νεογενές της Μεσογείου

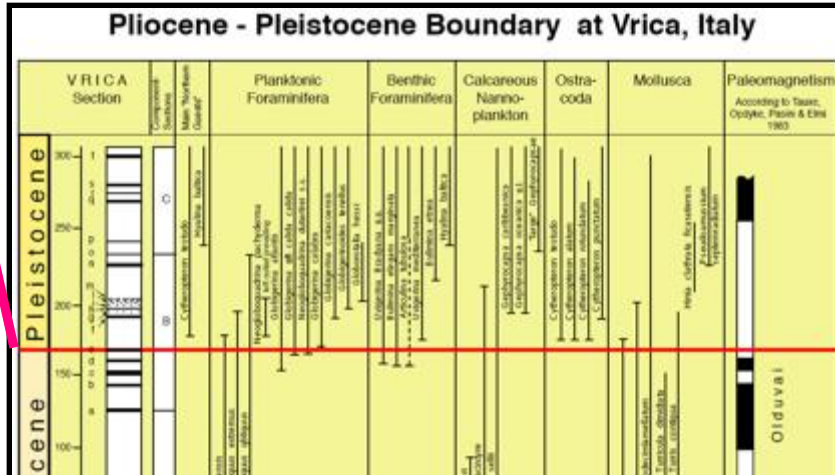


GSSP = Vrica, Italy = 1.8 Ma



- Συστάσεις της Επιτροπής που ορίστηκε για τον καθορισμό του ορίου Πλειοκαίνου / Πλειστοκαινού (1/9/1948):
- Ο καθορισμός του ορίου Πλειοκαίνου-Πλειστοκαινού (Τριτογενές-Τεταρτογενές) πρέπει να βασίζεται σε αλλαγές στην θαλάσσια πανίδα, ειδικά στις κλασικές εμφανίσεις της Ιταλίας.
- .. Για την άρση των υπαρχουσών αμφιβολιών, το κατώτερο Πλειστόκαινο πρέπει να περιλαμβάνει στη βάση του τον τυπικό θαλάσσιο σχηματισμό του Καλαβρίου και τον ισοδύναμο χερσαίο του Βιλλαφραγκίου.
- ... το όριο πρέπει να τοποθετηθεί στον ορίζοντα με τις πρώτες ενδείξεις κλιματικής ψύχρανσης, σε ακολουθίες του Νεογενούς της Ιταλίας.

eon/era	System	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP		
Phanerozoic	Cenozoic	Neogene	Holocene		0.0115		
			Pleistocene	Upper		0.126	
				Middle		0.781	
		Lower			1.806		
		Pliocene	Gelasian		2.588	👉	
			Piacenzian		3.600	👉	
		Miocene	Zanclean		5.332	👉	
			Messinian		7.246	👉	
			Tortonian		11.608	👉	
			Serravallian		13.65	👉	
	Langhian			15.97	👉		
	Burdigalian			20.43	👉		
	Aquitanian			23.03	👉		
	Paleogene	Oligocene	Chattian		28.4 ± 0.1	👉	
			Rupelian		33.9 ± 0.1	👉	
		Eocene	Priabonian		37.2 ± 0.1	👉	
			Bartonian		40.4 ± 0.2	👉	
			Lutetian		48.6 ± 0.2	👉	
			Ypresian		55.8 ± 0.2	👉	
		Paleocene	Thanetian		58.7 ± 0.2	👉	
Selandian				61.7 ± 0.2	👉		
Danian				65.5 ± 0.3	👉		
Maastrichtian				70.6 ± 0.6	👉		
Mesozoic	Cretaceous	Upper	Campanian		83.5 ± 0.7	👉	
			Santonian		85.8 ± 0.7	👉	
			Coniacian		89.3 ± 1.0	👉	
			Turonian		93.5 ± 0.8	👉	
			Cenomanian		99.6 ± 0.9	👉	
		Lower	Albian		112.0 ± 1.0	👉	
			Aptian		125.0 ± 1.0	👉	
			Barremian		130.0 ± 1.5	👉	
			Hauterivian		136.4 ± 2.0	👉	
			Valanginian		140.2 ± 3.0	👉	
Berriasian		145.5 ± 4.0	👉				



“The Pliocene/Pleistocene Boundary is between units of Series rank. ... Neither the Working Group nor the Subcommittee makes any recommendation on the status of Neogene and Quaternary, which is a separate issue.”

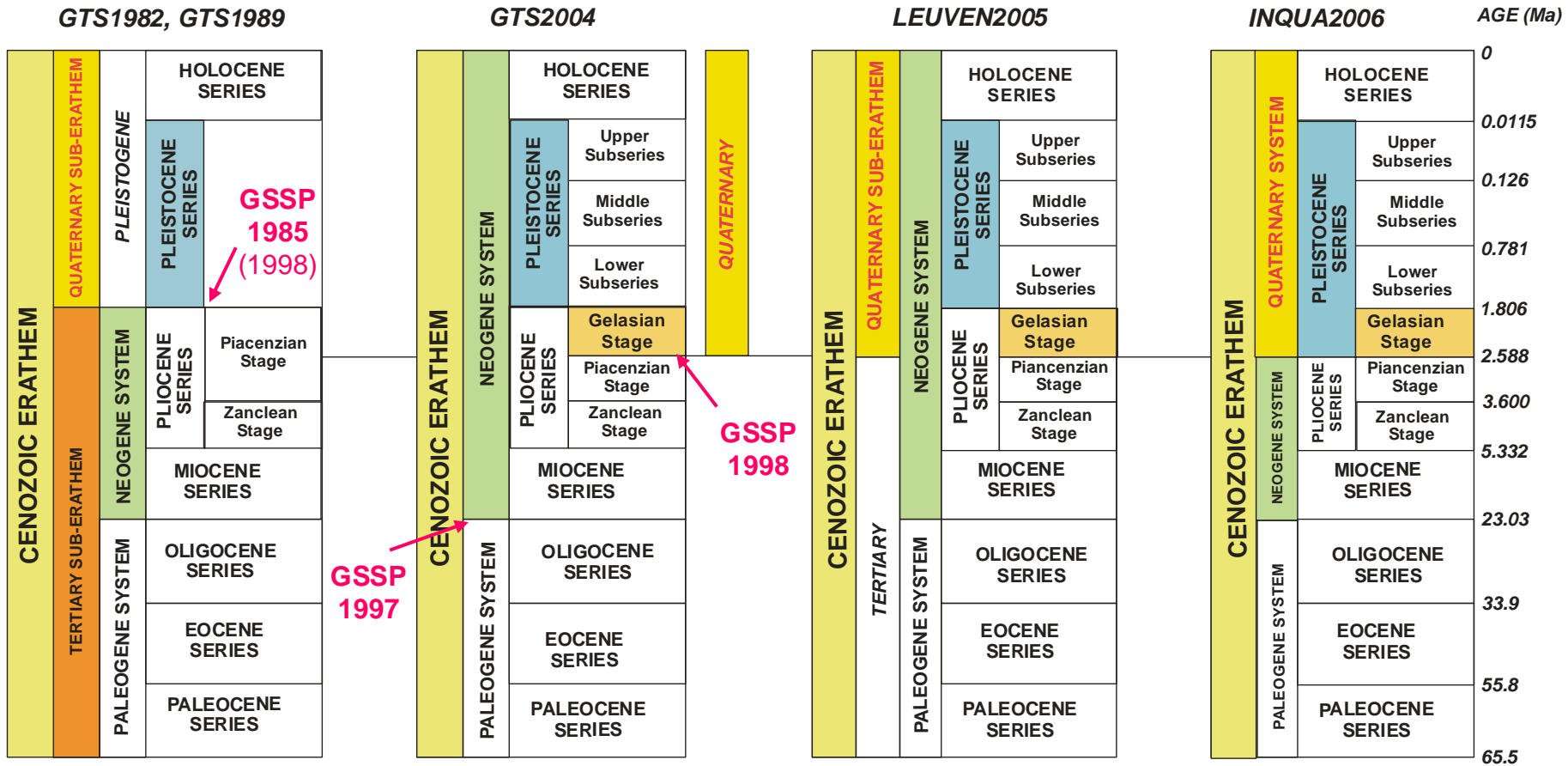
-- R.P. Suggate (25 May, 1984), “Proposal for the Definition of the Pliocene/Pleistocene Boundary” for IUGS ratification

“The subject of defining the Boundary between the Pliocene and Pleistocene was isolated from other more or less related problems, such as the pending definition of the Calabrian, and the status of the Quaternary within the chronostratigraphic scale.”

-- E. Aguirre and G. Pasini (1985, *Episodes* 8: 116), “The Pliocene-Pleistocene Boundary”

ΧΡΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΥ

Η Ιστορία





INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary*	Holocene		0.0118	
			Pleistocene	Upper	0.126	
				Middle	0.781	
		Neogene	Pliocene	Gelasian	1.806	
				Piacenzian	2.588	
			Miocene	Zanclean	3.600	
				Messinian	5.332	
				Tortonian	7.246	
				Serravalian	11.608	
				Langhian	13.65	
	Paleogene	Oligocene	Chattian	28.4 ± 0.1		
			Rupelian	33.9 ± 0.1		
			Priabonian	37.2 ± 0.1		
		Eocene	Bartonian	40.4 ± 0.2		
			Lutetian	48.6 ± 0.2		
			Ypresian	55.8 ± 0.2		
		Paleocene	Thanetian	58.7 ± 0.2		
			Selandian	61.7 ± 0.2		
			Danian	65.5 ± 0.3		
			Maastrichtian	70.6 ± 0.6		
	Mesozoic	Cretaceous	Upper	Campanian	83.5 ± 0.7	
				Santonian	85.8 ± 0.7	
				Coniacian	89.3 ± 1.0	
				Turonian	93.5 ± 0.8	
				Cenomanian	99.6 ± 0.9	
			Lower	Albian	112.0 ± 1.0	
				Aptian	125.0 ± 1.0	
				Barremian	130.0 ± 1.5	
				Hauterivian	136.4 ± 2.0	
				Valanginian	140.2 ± 3.0	
Berriasian	145.5 ± 4.0					

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ± 4.0	
				Kimmeridgian	150.8 ± 4.0	
				Oxfordian	155.7 ± 4.0	
			Middle	Callovian	161.2 ± 4.0	
				Bathonian	164.7 ± 4.0	
				Bajocian	167.7 ± 3.5	
		Lower	Aalenian	171.6 ± 3.0		
			Toarcian	175.6 ± 2.0		
			PIensbachian	183.0 ± 1.5		
			Sinemurian	189.6 ± 1.5		
	Triassic	Upper	Hettangian	196.5 ± 1.0		
			Rhaetian	199.6 ± 0.6		
			Norian	203.6 ± 1.5		
		Middle	Carnian	216.5 ± 2.0		
			Ladinian	228.0 ± 2.0		
		Lower	Anisian	237.0 ± 2.0		
			Olenekian	245.0 ± 1.5		
			Induan	249.7 ± 0.7		
			Changhsingian	251.0 ± 0.4		
			Wuchiapingian	253.8 ± 0.7		
	Paleozoic	Permian	Wuchiapingian	260.4 ± 0.7		
			Capitanian	265.8 ± 0.7		
			Wordian	268.0 ± 0.7		
			Roadian	270.6 ± 0.7		
			Kungurian	275.6 ± 0.7		
		Carboniferous	Oisuralian	Artinskian	284.4 ± 0.7	
				Sakmanian	294.6 ± 0.8	
			Pennsylvanian	Asselian	299.0 ± 0.8	
				Gzhelian	303.9 ± 0.9	
				Kasimovian	306.5 ± 1.0	
Mississippian	Upper	Moscovian	311.7 ± 1.1			
		Bashkirian	318.1 ± 1.3			
	Lower	Serpukhovian	326.4 ± 1.6			
		Visean	345.3 ± 2.1			
		Tournaisian	359.2 ± 2.5			

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	359.2 ± 2.5	
				Frasnian	374.5 ± 2.6	
				Givetian	385.3 ± 2.6	
			Middle	Eifelian	391.8 ± 2.7	
				Emsian	397.5 ± 2.7	
				Pragian	407.0 ± 2.8	
		Lower	Lochkovian	411.2 ± 2.8		
			Pridoli	416.0 ± 2.8		
			Ludlow	418.7 ± 2.7		
			Gorstian	421.3 ± 2.6		
	Silurian	Wenlock	Homerian	422.9 ± 2.5		
			Sheinwoodian	426.2 ± 2.4		
		Llandovery	Telychian	428.2 ± 2.3		
			Aeronian	436.0 ± 1.9		
		Ordovician	Upper	Rhuddanian	439.0 ± 1.8	
				Hirnantian	443.7 ± 1.5	
				Stage 6	445.6 ± 1.5	
			Middle	Stage 5	455.8 ± 1.6	
				Damianian	460.9 ± 1.6	
				Stage 3	468.1 ± 1.6	
	Lower	Stage 2	471.8 ± 1.8			
		Tremadocian	478.6 ± 1.7			
	Cambrian	Furongian	Stage 10	488.3 ± 1.7		
			Stage 9	~ 492.0 *		
			Paibian	~ 496.0 *		
			Stage 7	501.0 ± 2.0		
			Stage 6	~ 503.0 *		
		Series	Series 3	~ 506.5 *		
			Stage 5	~ 510.0 *		
			Stage 4	~ 517.0 *		
Stage 3			~ 521.0 *			
Stage 2			~ 534.6 *			
Stage 1	542.0 ± 1.0					

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with * are informal, and awaiting ratified definitions.

Copyright © 2006 International Commission on Stratigraphy

Eonothem Eon	Erathem Era	System Period	Age Ma	GSSP GSSA	
Precambrian	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	542	
			Cryogenian	~630	
			Tonian	850	
		Meso-proterozoic	Stenian	1000	
			Ectasian	1200	
			Calymnian	1400	
			Statherian	1600	
		Paleo-proterozoic	Orosinian	1800	
			Rhyacian	2050	
		Archean	Neoarchean	Siderian	2300
	2500				
	Mesoarchean		2800		
			3200		
			3600		
	Hadaecian	Lower limit is not defined			

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of the Ediacaran are defined by a basal Global Standard Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

International chronostratigraphic units, rank, names and formal status are approved by the International Commission on Stratigraphy (ICS) and ratified by the International Union of Geological Sciences (IUGS).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Ordovician and Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org).

The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press).

* proposed by ICS

ΧΡΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΥ

Η Ιστορία

a) Harland *et al.* (1982, 1990)

ERA	SUB-ERA	PERIOD	EPOCH
Cenozoic	Quaternary	(Pleistogene)	Holocene
			Pleistocene
	Tertiary	Neogene	Pliocene
			Miocene
			Oligocene
	Paleogene		Eocene
			Paleocene

b) Palmer (1983)
Salvador (1994)

ERA	PERIOD & SUBPERIOD	EPOCH	
Cenozoic	Quaternary	Holocene	
		Pleistocene	
	Tertiary	Neogene	Pliocene
			Miocene
			Oligocene
	Paleogene		Eocene
			Paleocene

c) Cowie & Bassett (1989), Remane (2000)

ERA	PERIOD	EPOCH	
Cenozoic	Quaternary	Holocene	
		Pleistocene	
	Neogene	Pliocene	
		Miocene	
		Oligocene	
	Paleogene		Eocene
			Paleocene

d) Gradstein *et al.* (2004)

ERA	PERIOD	EPOCH	
Cenozoic	Neogene	Holocene	
		Pleistocene	
	Neogene	Pliocene	
		Miocene	
		Oligocene	
	Paleogene		Eocene
			Paleocene

1.8 Ma base 'Calabrian' Stage
(Vrica GSSP)

e) Aubry *et al.* (2005)

ERA	SUB-ERA	PERIOD	EPOCH
Cenozoic	Quaternary	Neogene	Holocene
			Pleistocene
	Tertiary	Neogene	Pliocene
			Miocene
			Oligocene
	Paleogene		Eocene
			Paleocene

f) Ogg & Pillans (2008)

ERA	SUB-ERA	PERIOD	EPOCH
Cenozoic	Quaternary	Neogene	Holocene
			Pleistocene
	Tertiary (informal)	Neogene	Pliocene
			Miocene
			Oligocene
	Paleogene		Eocene
			Paleocene

g) Head *et al.* (2008a,b)
Walker & Geissman (2009)

ERA	PERIOD & SUBPERIOD	EPOCH	
Cenozoic	Quaternary	Holocene	
		Pleistocene	
	Tertiary	Neogene	Pliocene
			Miocene
			Oligocene
	Paleogene		Eocene
			Paleocene

h) Current IUGS ratified (2009)

ERA	PERIOD	EPOCH	
Cenozoic	Quaternary	Holocene	
		Pleistocene	
	Neogene	Pliocene	
		Miocene	
		Oligocene	
	Paleogene		Eocene
			Paleocene

2.6 Ma base 'Gelasian' Stage
(Monte San Nicola GSSP)

1.8 Ma base 'Calabrian' Stage
(Vrica GSSP)

ΧΡΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΥ

Η Ιστορία

Current IUGS ratified (2009)

Era	Period	Epoch & Subepoch	Age	Age (Ma)	GSSP		
Cenozoic	Quaternary	Holocene					
		Pleistocene	Early	'Tarantian'	0.012	▲ Vrica, Calabria, Italy	
			'M'	'Ionian'	0.126		
			'L'	'Calabrian'	0.781		
				Gelasian	1.806		
			2.588				
	Neogene	Pliocene		Piacenzian	3.600	▲ Monte San Nicola, Sicily, Italy	
				Zanclean	5.332		
		Miocene		Messinian	7.246		
				Tortonian	11.608		
				Serravalian	13.65		
				Langhian	15.97		
				Burdigalian	20.43		
				Aquitanian	23.03		
			Oligocene		Chatthian		28.4
					Rupelian		33.9
	Eocene			Priabonian	37.2		
				Bartonian	40.4		
				Lutetian	48.6		
			Ypresian	55.8			
	Paleogene	Paleocene		Thanetian	58.7	▲ El Kef, Tunisia	
				Selandian	61.7		
				Danian	65.5		

ΧΡΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΑΝΩΤ. ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟΥ Το Ολόκαινο

Series / Epoch	Stage / Age	GSSP	numerical age (Ma)
Primary	Holocene	Meghalayan	present
		Northgrippian	0.0042
		Greenlandian	0.00833
	Upper		0.0117
		Middle	0.126
			0.781
		Calabrian	1.80
		Gelasian	2.58
		Piacenzian	3.600
		Zanclean	

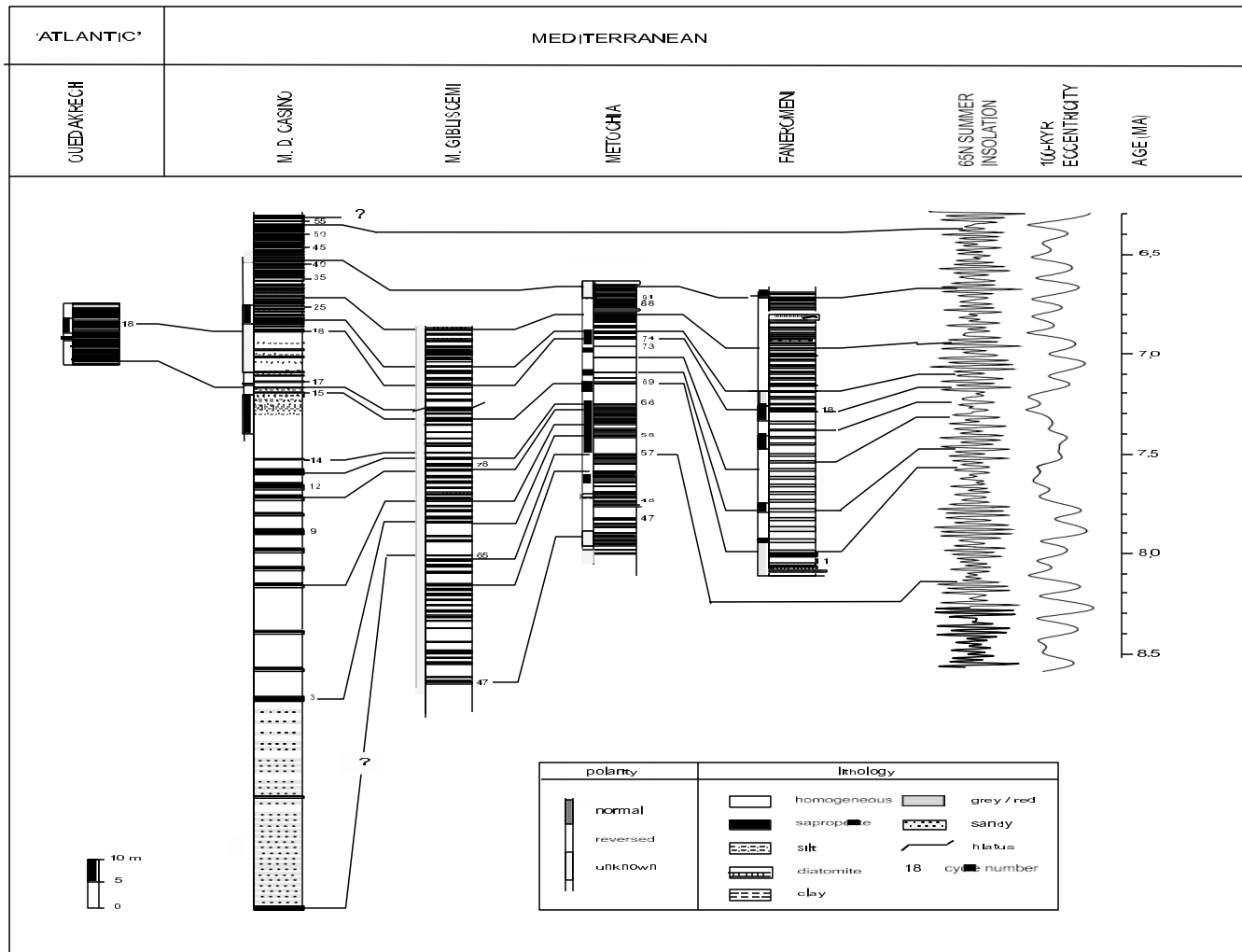


Integrated Stratigraphy

Stratigraphy is the study of layered rocks:

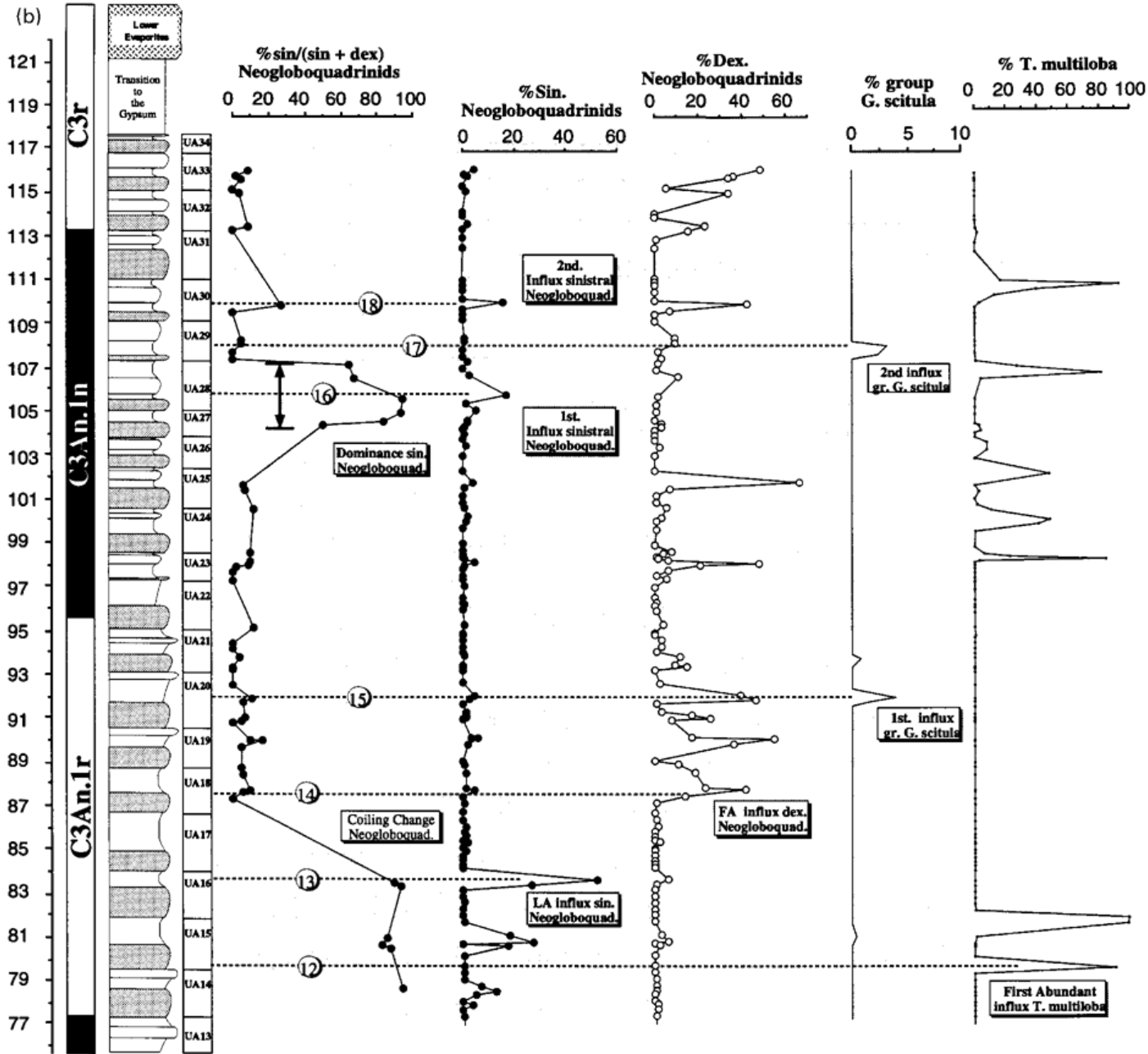
- **Rock based – Litho-cyclo-stratigraphy**
- **Fossil based – Biostratigraphy**
- **Polarity – Magnetostratigraphy**
- **Time based – Chronostratigraphy**
- **Chemistry based – Chemostratigraphy**

Λιθολογικοί-Στρωματογραφικοί συσχετισμοί

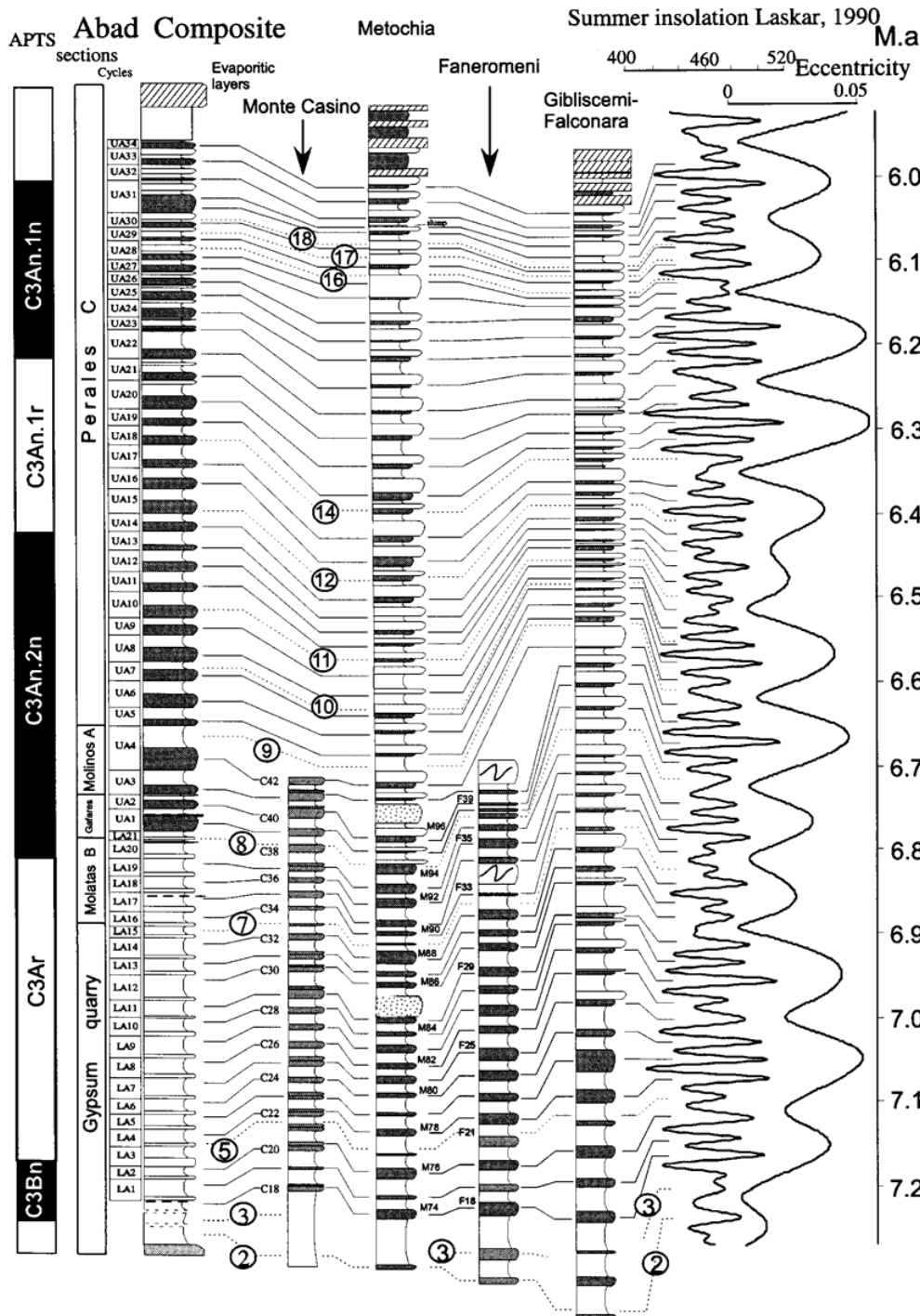


- ❖ Στρωματογραφικοί συσχετισμοί μεταξύ των ιζημάτων που συνθέτουν τις τομές του Ανωτέρου Μειοκαιίνου στη λεκάνη της Μεσογείου

Βιο-μαγνητοστρωματογραφία



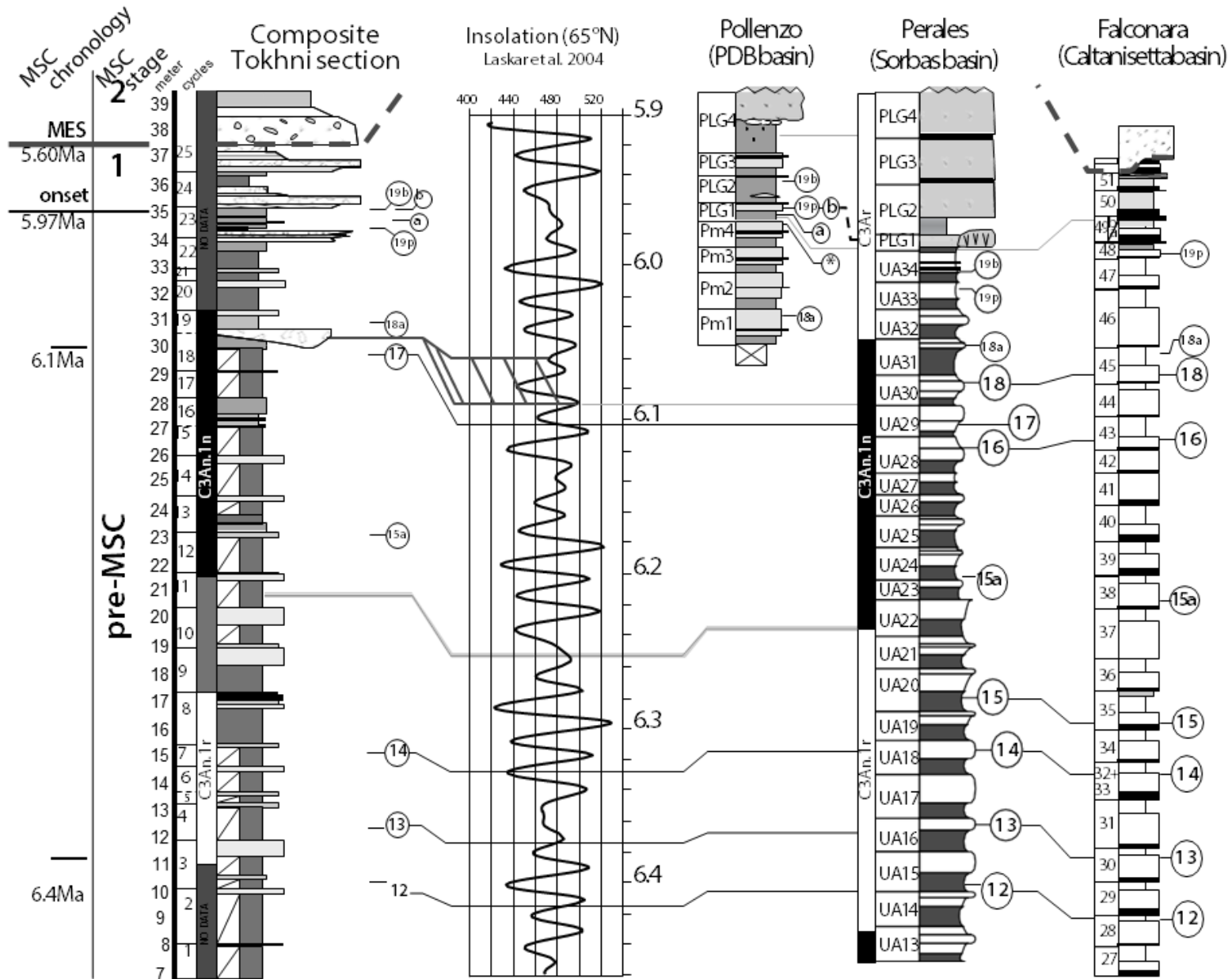
Evaporites
 Homogeneous marls
 Indurated layers or paper shales
 Sapropel



Κυκλοστρωματογραφία

- Οι ιζηματολογικοί κύκλοι στην ανατολική Μεσόγειο για το προ-εβαποριτικό διάστημα που προηγείται της MSC αποτελούνται από έναν σαπροπηλό στη βάση και ομογενής μάργα στην κορυφή
- Υπάρχει διαφορά στη φύση των κύκλων μεταξύ της δυτικής (triplets) και της ανατολικής (couplets) Μεσογείου

Συνδυαστικοί βιο-μαγνητο-κυκλοστρωματογραφικοί συσχετισμοί



Σταθερά Ισότοπα στη Γεωλογία

Τα πιο σημαντικά στην γεωλογία

Χαρακτηριστικές αφθονίες μάζας οξυγόνου και άνθρακα στην ατμόσφαιρα

$$^{16}\text{O} = 99.759\%$$

$$^{12}\text{C} = 98.89\%$$

$$^{17}\text{O} = 0.037\%$$

$$^{13}\text{C} = 1.11\%$$

$$^{18}\text{O} = 0.204\%$$

Οι συγκεντρώσεις εκφράζονται αναφορικά με τα διεθνές standards

π.χ. Διεθνές standard για ισότοπα O \equiv **standard mean ocean water (SMOW)**

Μετράμε τις συγκεντρώσεις των ισοτόπων στον **φασματογράφο μάζας**, που διαχωρίζει τα μόρια σε μορφή αερίων ανάλογα με την μάζα τους.

Τα βαρύτερα ισότοπα είναι συνήθως σπάνια επομένως η συγκέντρωσή τους είναι δύσκολο να μετρηθεί με ακρίβεια. Επομένως δεν μετριέται άμεσα η συγκέντρωση των ισοτόπων αλλά **συσχετίζεται με την συγκέντρωση ενός προτύπου.**

Τα αποτελέσματα αυτής της διαδικασίας εκφράζονται με τον όρο **δέλτα (delta, δ, d)** όπου δ η διαφορά στην μέτρηση μεταξύ του δείγματος και του προτύπου. Εάν οι τιμές δ είναι **θετικές** τότε το δείγμα έχει **περισσότερο βαρύ ισότοπο** από ότι το πρότυπο. Η μονάδα δ συνήθως εκφράζεται επί τοις χιλίοις (**per mille, ‰**). Για την μέτρηση ισοτόπων υδρογόνου και οξυγόνου στο νερό χρησιμοποιείται σαν πρότυπο η **μέση ισοτοπική σύσταση του ωκεάνιου νερού** (standard mean ocean water, **VSMOW**), ενώ για την μέτρηση ισοτόπων στα ανθρακικά χρησιμοποιείται το πρότυπο **Vienna Pee Dee Belemnite (VPDB)**.

Όπου $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 1.03092\delta^{18}\text{O}_{\text{VPDB}} + 30.92$

$$\delta^{18}\text{O} \text{ ‰} = \frac{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ δείγματος} - {}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ προτύπου}}{{}^{18}\text{O}/{}^{16}\text{O} \text{ δείγματος}} \times 1000$$

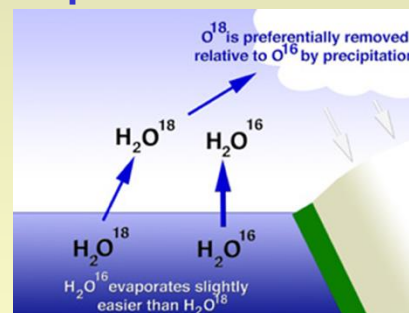
Γιατί μας ενδιαφέρει η ισοτοπική κλασματοποίηση?

- Η σχέση οξυγόνου-18 προς οξυγόνο-16 στη γήινη ατμόσφαιρα εξαρτάται από τη δυναμική της εξάτμισης και συμπύκνωσης του νερού.
- Επειδή το H_2^{18}O έχει μικρότερη τάση ατμών από το H_2^{16}O , κατά την εξάτμιση φυσικού νερού, τα μόρια H_2^{16}O θα τείνουν να εξατμίζονται ευκολότερα από τα μόρια H_2^{18}O , ενώ κατά τη συμπύκνωση, ευκολότερα θα συμπυκνώνονται τα μόρια H_2^{18}O .

- Δηλαδή έχουμε:

H_2O (υγρό) (εξάτμιση): εμπλουτισμός σε H_2^{16}O

H_2O (αέριο) (συμπύκνωση): εμπλουτισμός σε H_2^{18}O



- Έτσι, η εξάτμιση του νερού των θαλασσών σε μικρά γεωγραφικά πλάτη τείνει να αυξάνει το ποσοστό του H_2^{16}O στην ατμόσφαιρα. Καθώς αέριες μάζες από τέτοιες περιοχές μετακινούνται προς τους πόλους, όπου επικρατούν ψυχρότερες θερμοκρασίες, οι περιεχόμενοι υδρατμοί αρχίζουν να συμπυκνώνονται σε βροχή ή χιόνι.

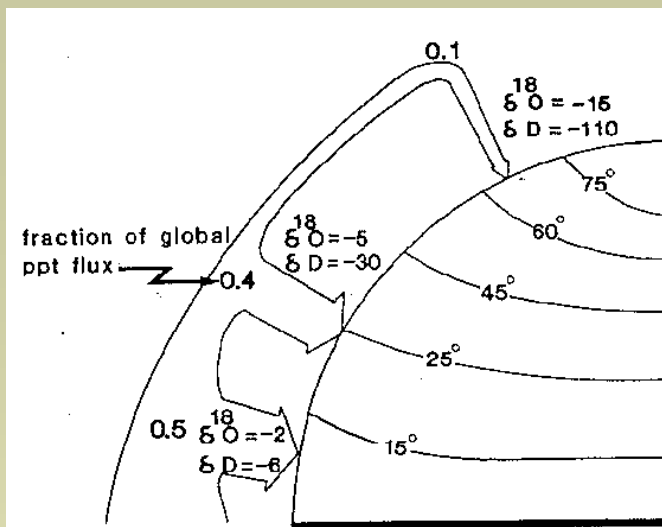
- Το νερό εξατμίζεται στον ισημερινό και οι υδρατμοί είναι πλέον ισοτοπικά ελαφρύτεροι σε υδρογόνο και οξυγόνο από ότι το ωκεάνιο νερό.

- Τα πρώτα μόρια νερού που συμπυκνώνονται είναι τα μόρια $H_2^{18}O$. Δηλαδή, η βροχή ή το χιόνι που πέφτουν στην αρχή είναι εμπλουτισμένα σε $H_2^{18}O$, βαθμιαία όμως γίνονται «ελαφρύτερα».

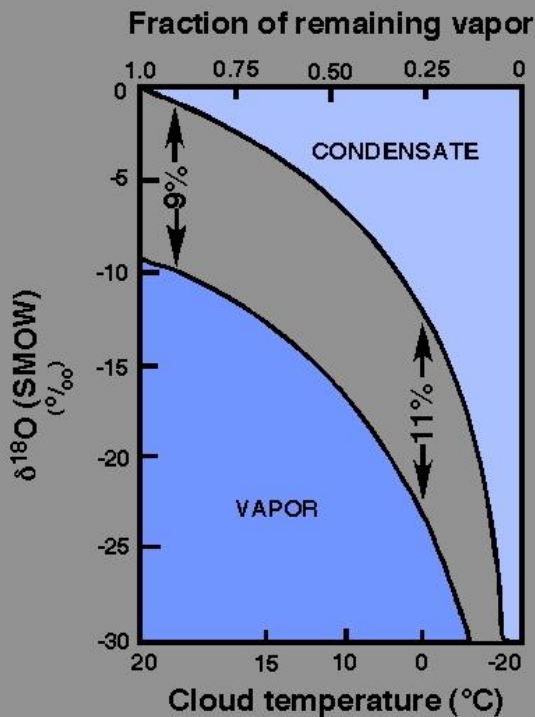
- Αυτό σημαίνει ότι, πηγαίνοντας από τον ισημερινό προς τους πόλους (αυξάνοντας το γεωγραφικό πλάτος), η ατμόσφαιρα γενικά «χάνει» ^{18}O , και όταν φθάνουμε στους πόλους το χιόνι που πέφτει εκεί περιέχει 5% λιγότερο ^{18}O σε σχέση με τη βροχή που πέφτει στον ισημερινό. Πράγματι, οι **πολικόι πάγοι** περιέχουν σημαντικά **μειωμένα ποσοστά ^{18}O** , σε σχέση με τα **τροπικά ύδατα**, όπου λόγω της μεγαλύτερης εξατμησης η **συγκέντρωση του ^{18}O** είναι **σχετικά υψηλή**

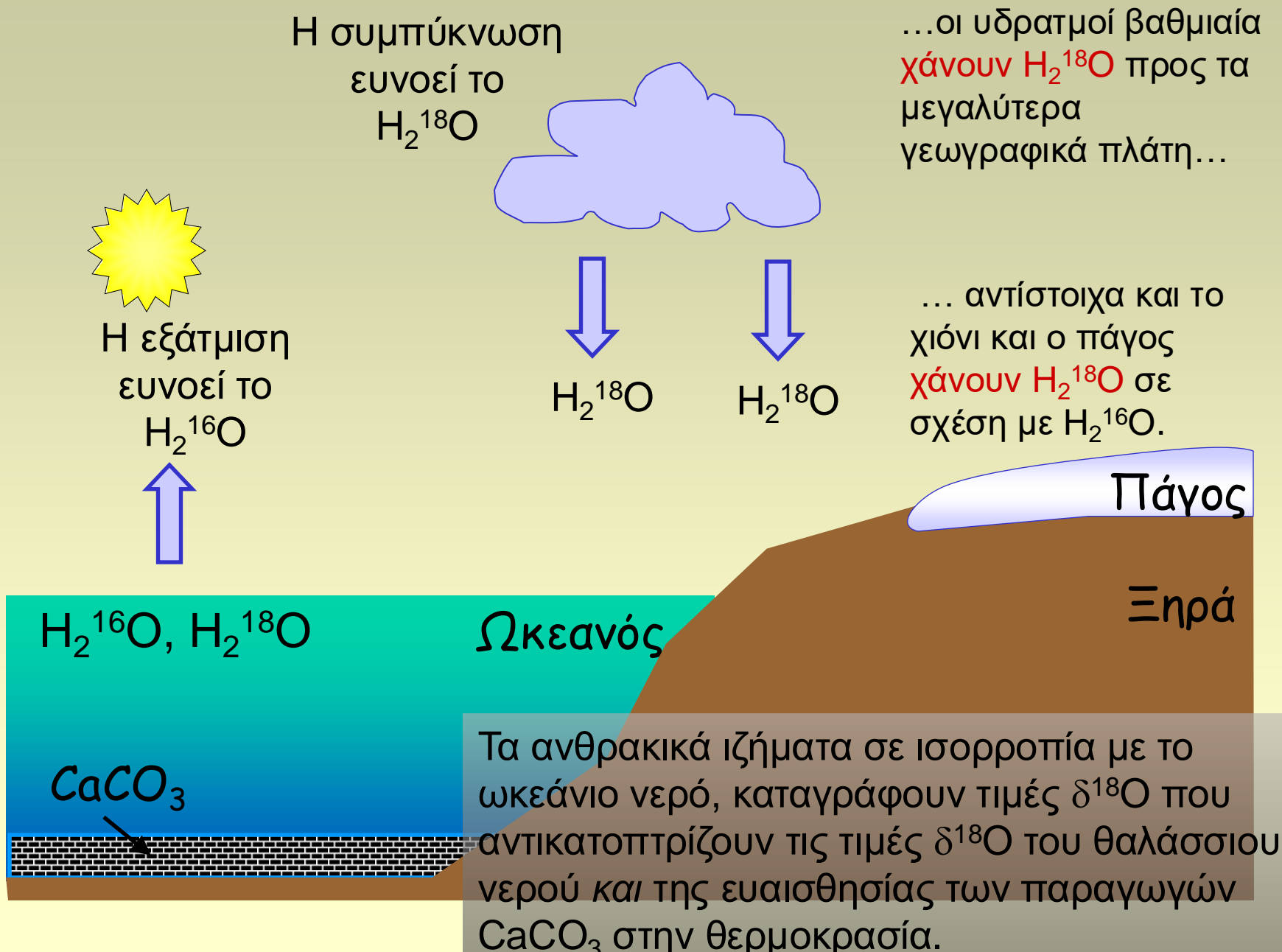
Η κλασματοποίηση Rayleigh

'Fraction of global ppt flux' σημαίνει κλάσμα της εισροής των παγκόσμιων βροχοπτώσεων. Μείωση του οξυγόνου-18, καθώς αυξάνεται το γεωγραφικό πλάτος



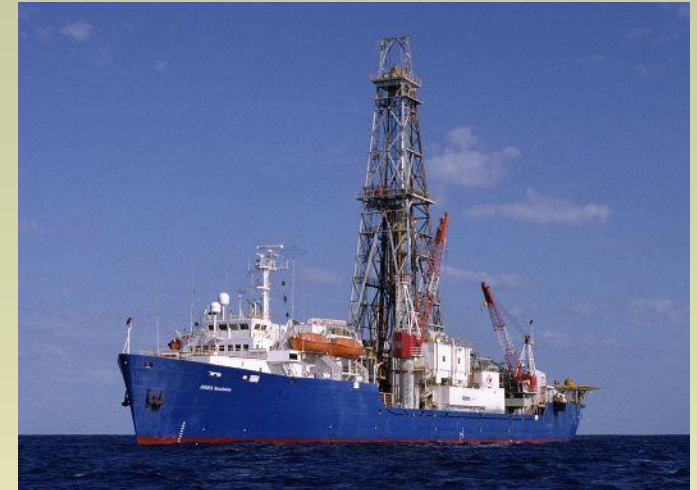
(Craig and Gordon, 1965)





Ισότοπα οξυγόνου και παλαιοκλίμα

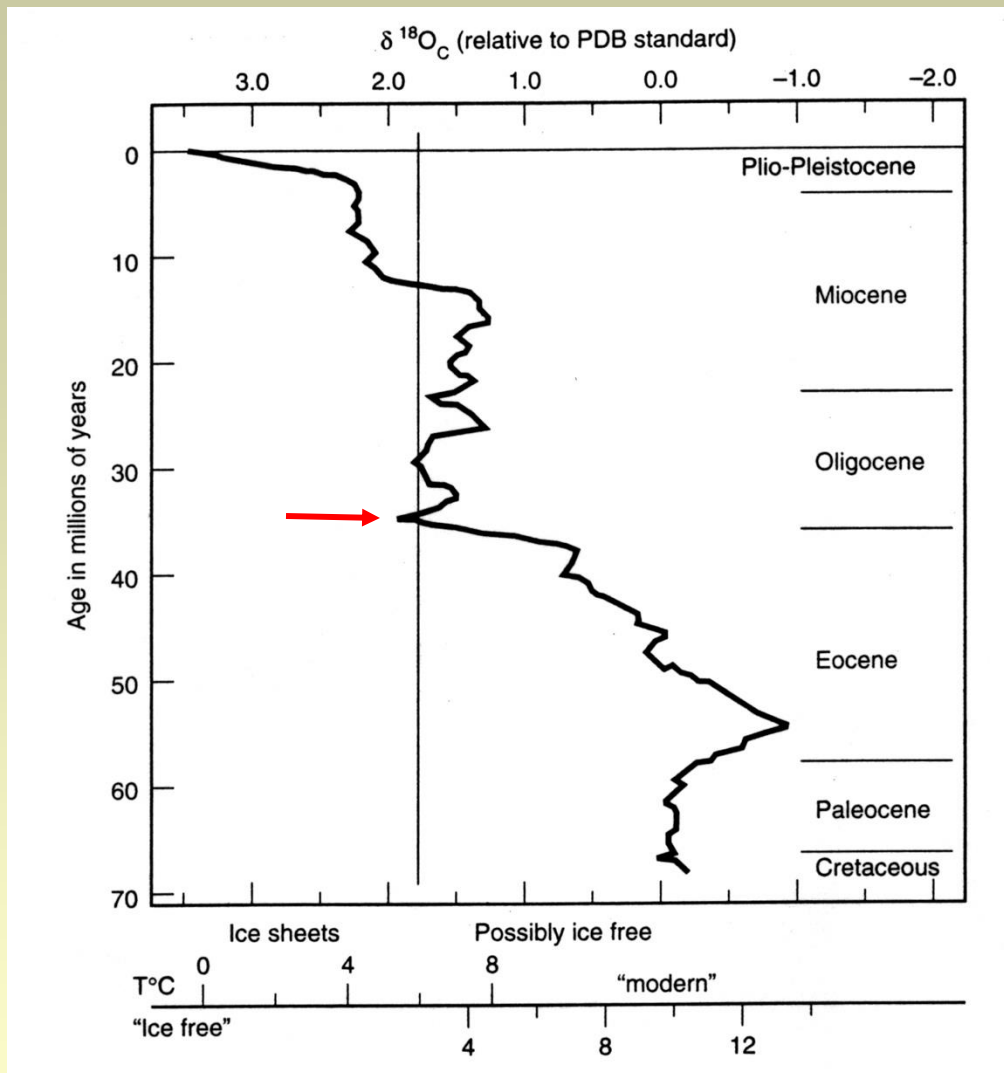
- **ψυχρότερο** κλίμα: τα θαλάσσια ανθρακικά καταγράφουν **αύξηση** του $\delta^{18}\text{O}$.
- **θέρμανση**: **μείωση** του $\delta^{18}\text{O}$ των θαλάσσιων ανθρακικών.



\uparrow Θερμοκρασία \Leftrightarrow \downarrow $\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}}$

Όταν το $\delta^{18}\text{O}$ είναι υψηλό, υπάρχει πληθώρα από ^{18}O αναφορικά με το ^{16}O .

Όταν το $\delta^{13}\text{C}$ είναι υψηλό υπάρχει πληθώρα από ^{13}C αναφορικά με το ^{12}C

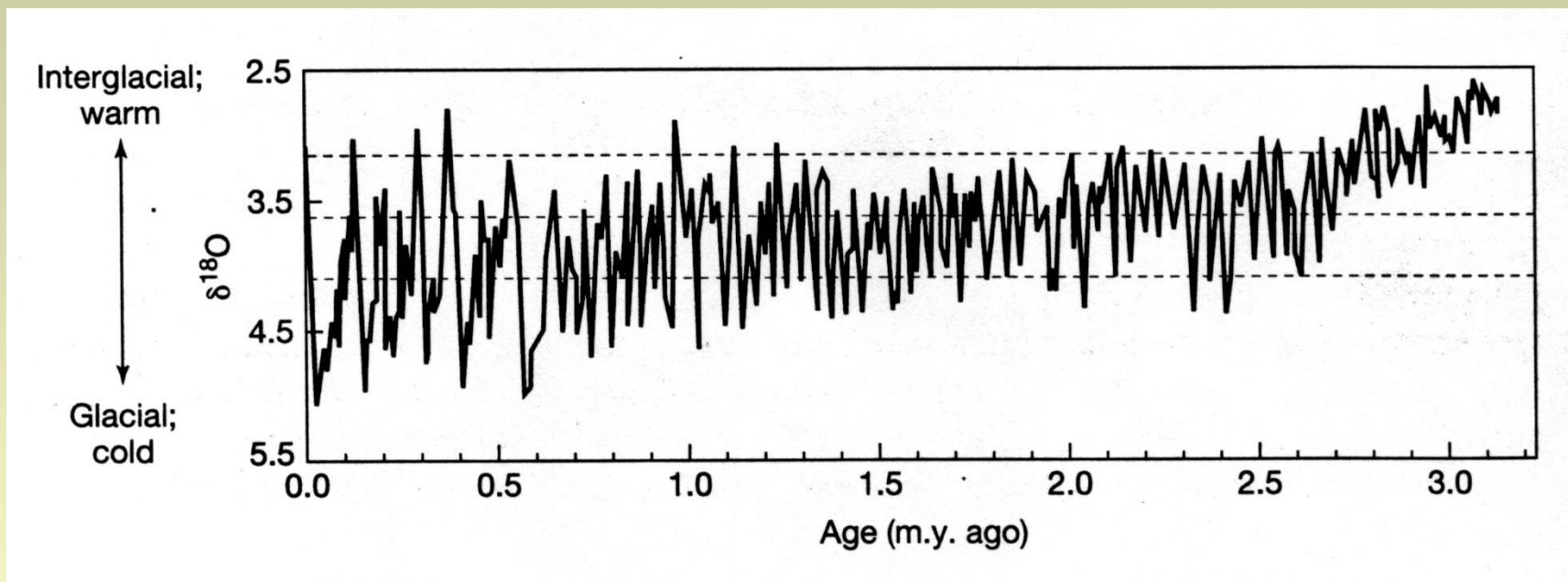


Μακροχρόνιο Αρχείο Ισοτόπων οξυγόνου

Έναρξη σχηματισμού
παγετωδών καλυμμάτων
στην Ανταρκτική πριν από
35 Ma, σχετιζόμενη με την
διάνοιξη μεταξύ Ανταρκτικής
και Ν. Αμερικής

From K. K. Turekian, *Global Environmental Change*, 1996

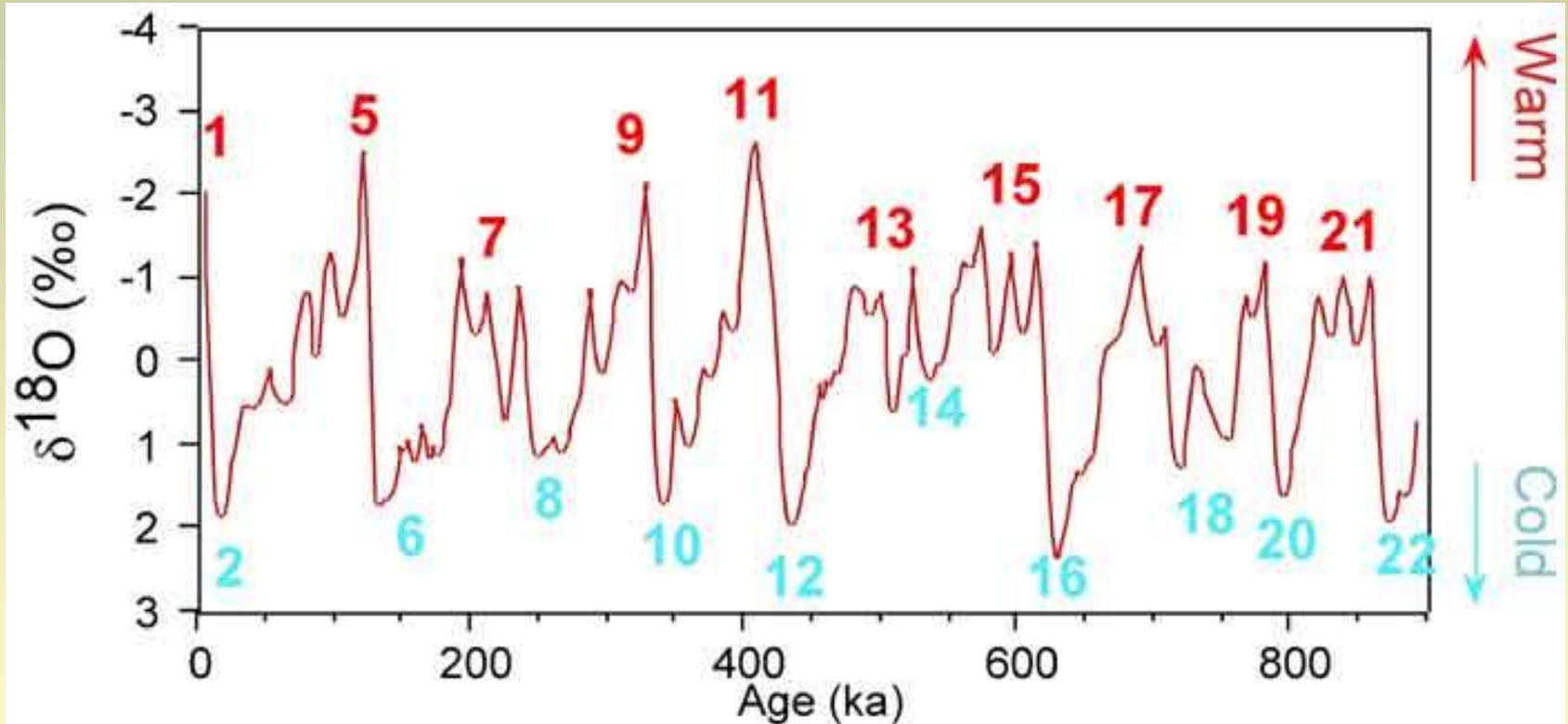
Τα ισότοπα Ο κατά τα τελευταία 3 m.y.



Kump et al., *The Earth System*, Fig. 14-4

- Η κλιματική ψύχρανση **επιταχύνθηκε** κατά τα τελευταία 3 m.y.
- Η κυκλικότητα άλλαξε πριν από 0.8-0.9 Ma
 - 41,000 yrs πριν
 - 100,000 yrs μετά

Ισότοπα Ο—τα τελευταία 900 k.y.



- κυριαρχούσα κυκλικότητα ~100,000 yrs
- “sawtooth” pattern..

after Bassinot et al. 1994

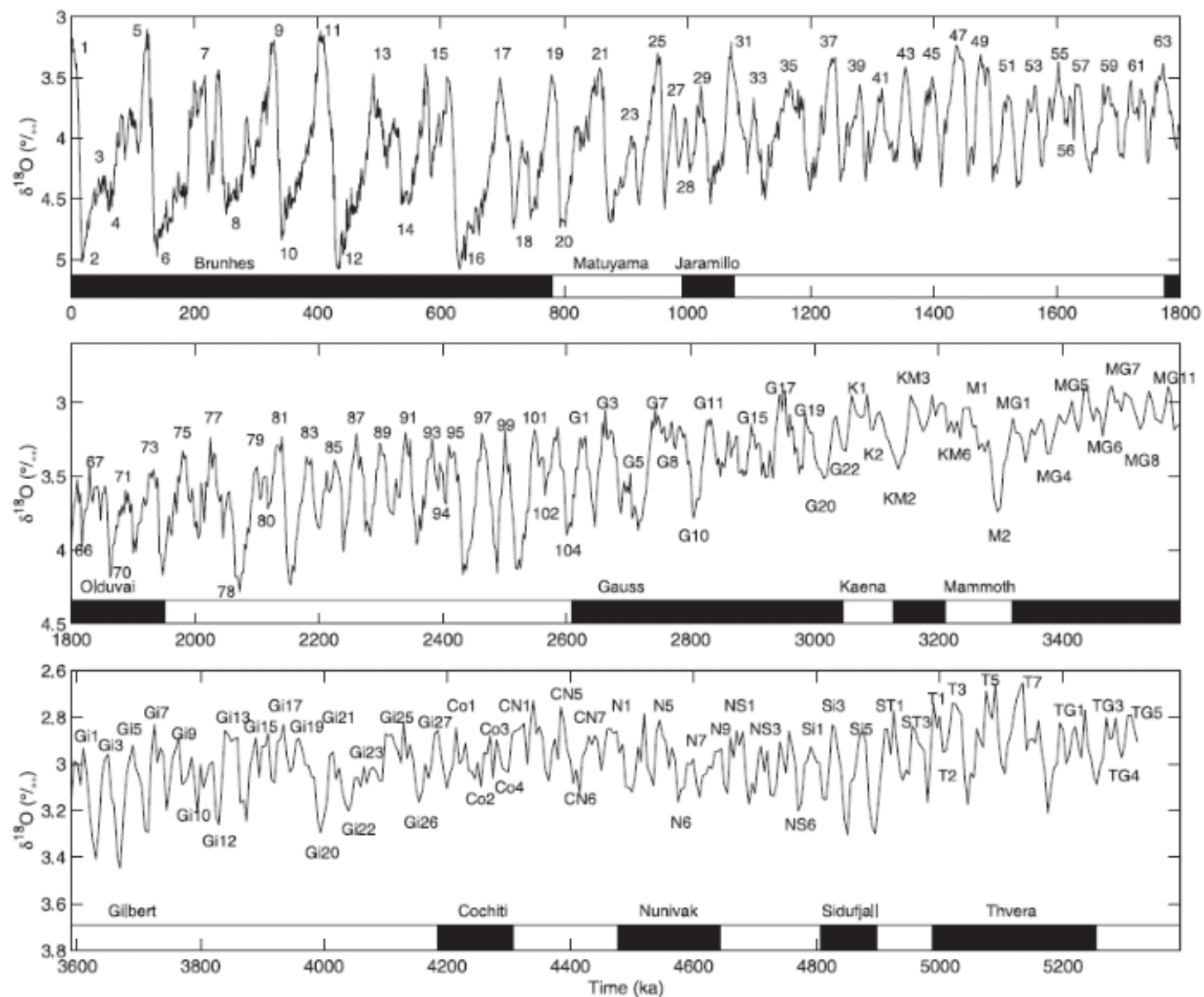
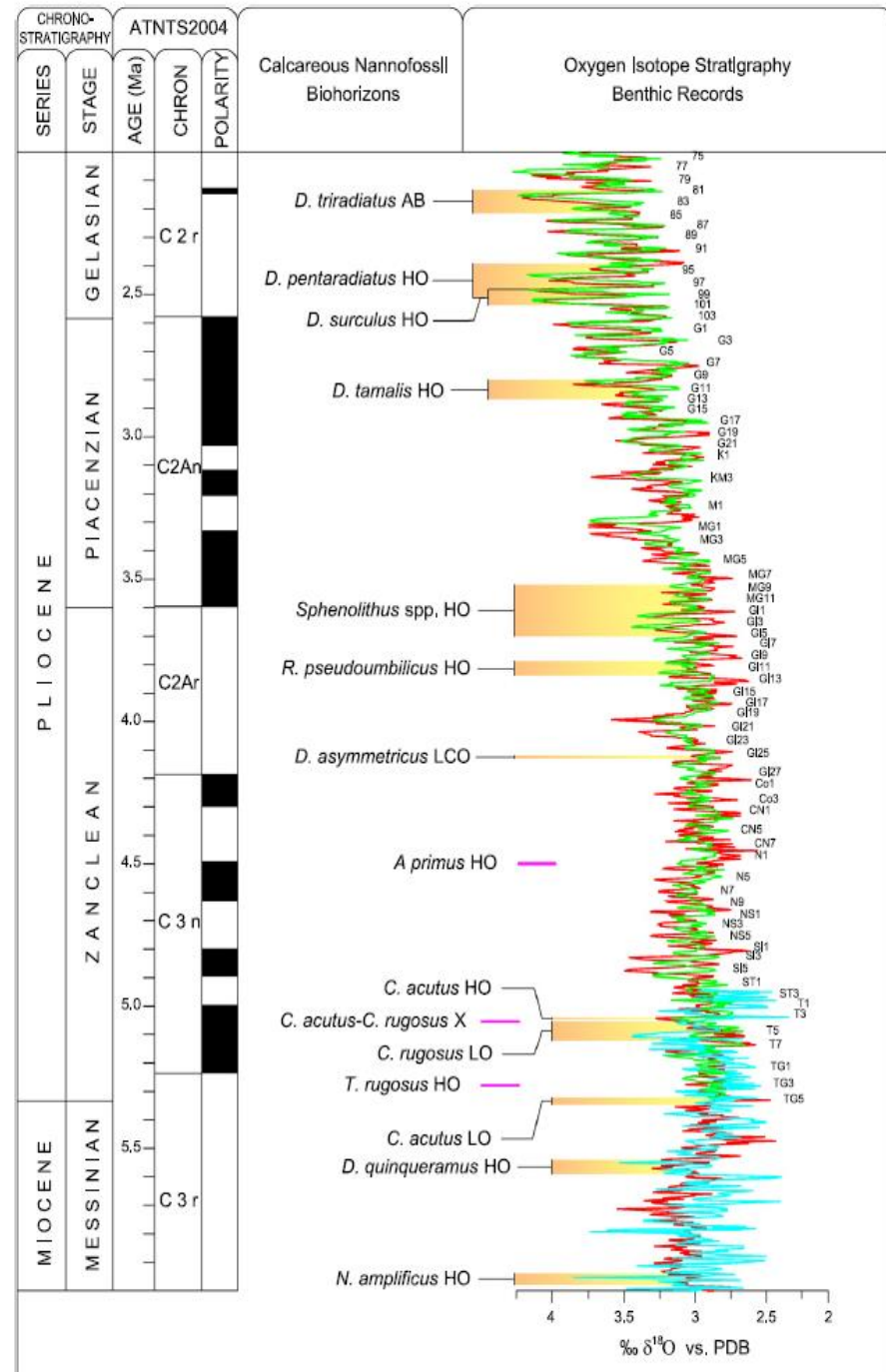
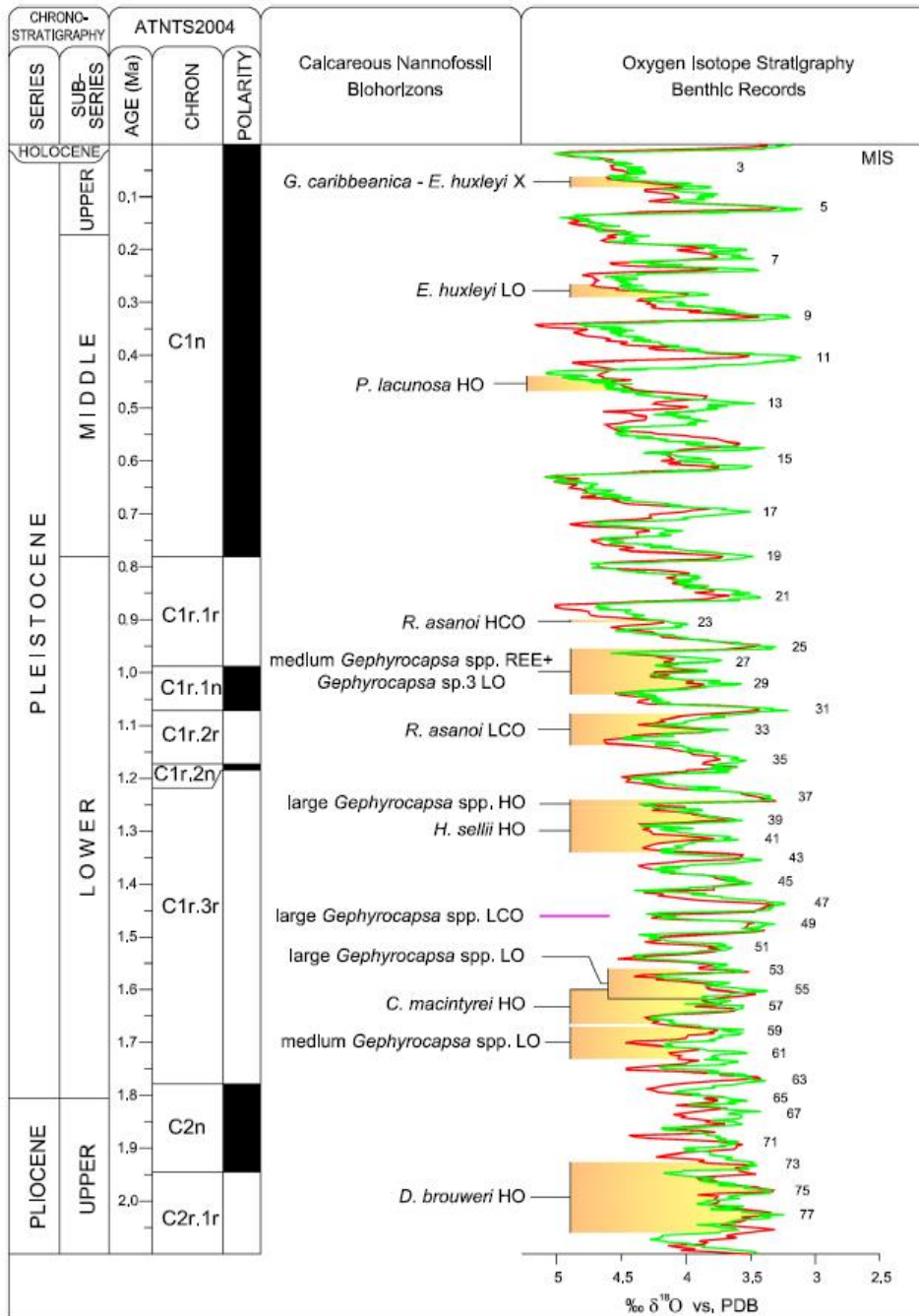
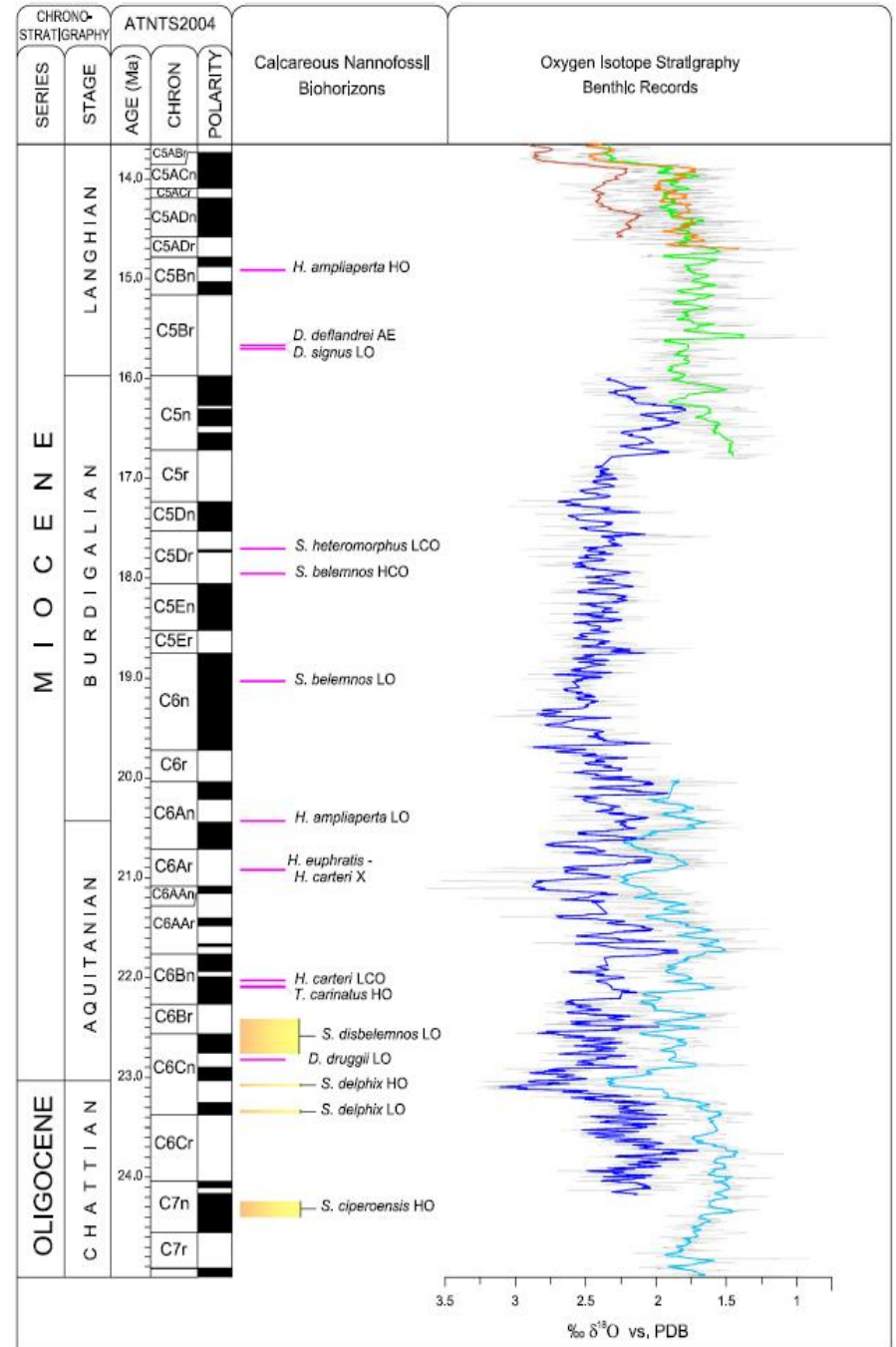
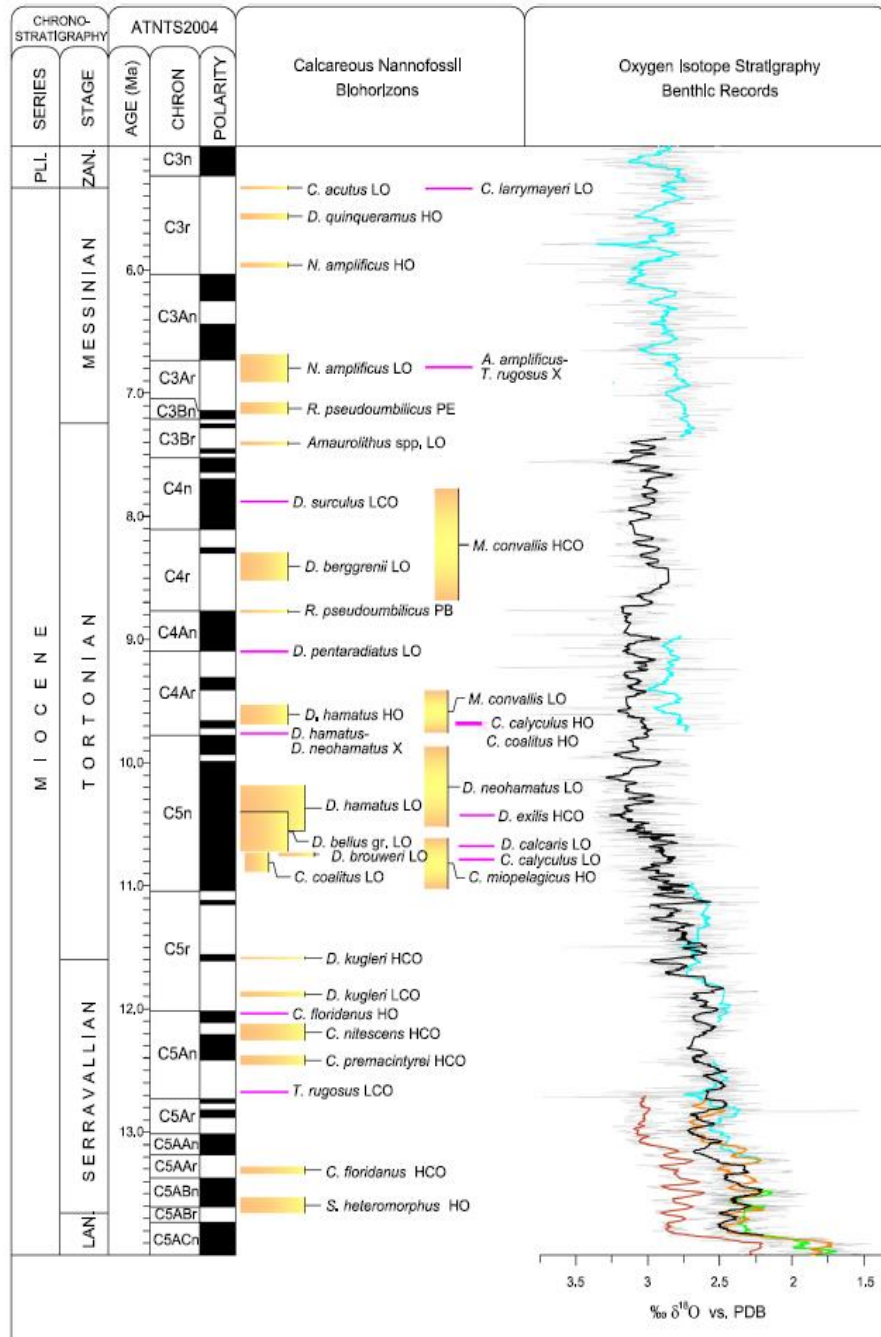
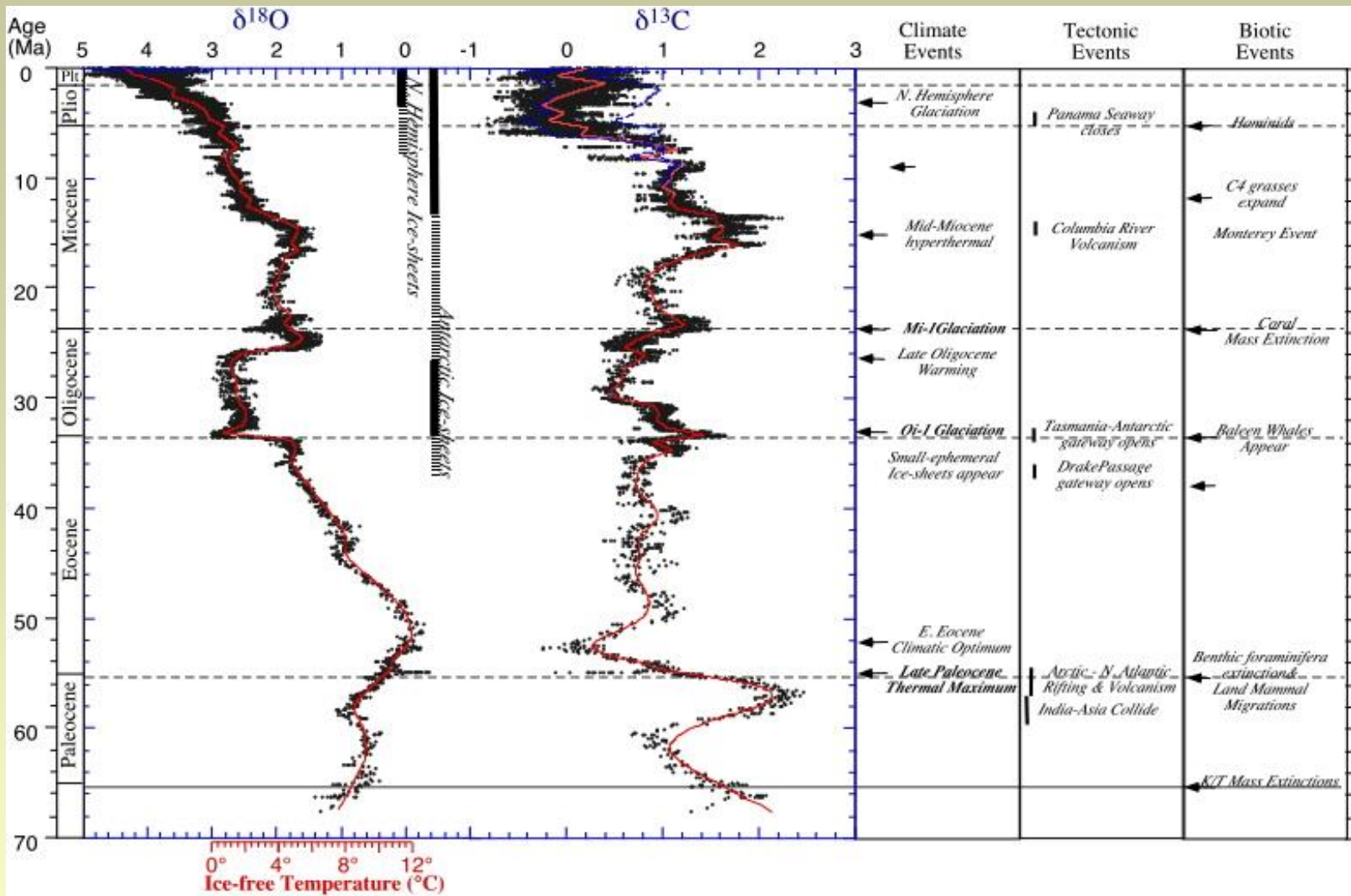


Fig. 5. The LH04 stack benthic $\delta^{18}\text{O}$ stack constructed by graphic correlation of 57 globally distributed benthic $\delta^{18}\text{O}$ records. Scale of the vertical axis is changing across panels; geomagnetic chrons are labelled (from LISIECKI & RAYMO 2005).

“Astrochronology” pertains to the calibration of geologic time by the Earth’s astronomical parameters by means of cyclostratigraphy. “Tuning” involves the correlation and pattern-matching of cyclostratigraphic interpretations to an astronomical solution, an astronomically forced climate model or specific astronomical terms (see definitions in [Meyers, 2019](#)). A more conservative use of the term “tuning” refers to the correlation and pattern-matching to astronomical solutions only.







carbon isotopes show overall storage of organic carbon in organic matter (**if globally more carbon is stored in organic carbon, the record of carbonates moves to heavier values**). Note the very short-term changes to extremely low values at about 55.5 million years ago (in the latest Paleocene), the time of the LPTM (PETM).