

**Corso di
GEOLOGIA STRATIGRAFICA E
SEDIMENTOLOGIA**

AA 2016-2017

Modulo di SEDIMENTOLOGIA

A cura di Ester Colizza

Testi di consultazione suggeriti e/o consultati

Sedimentary Petrology	- M.E.Tucker
Sedimentology and Stratigraphy	- G.Nichols
Waves, tides and shallow-water processes	- The Open University
Sedimentology	- M.R.Leeder
Sedimentary Structures	- J.D.Collinson and D.B.Thompson
Sedimentografia	- F.Ricci Lucchi
Rocce e successioni sedimentarie	- A.Bosellini, E.Mutti, F.Ricci Lucchi
Physical Processes of Sedimentation	- J.R.L.Allen
Sedimentologia (Vol. 1, 2 e 3)	- F.Ricci Lucchi
Carbonate sedimentology	- M.E. Tucker and V.P.Wright
Carbonate rocks constituents Cements and Porosity	- Memoir 27
Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche	-Bosellini
Carbonate sedimentology and sequence stratigraphy	-Schlager
Microfacies analysis of limestones	-Flugel
Atlante delle rocce sedimentarie al microscopio	-Adams, Mackenzie, Guilford
Carbonate depositional Environments	-Scholle, Bebout, Moore

GEOLOGIA STRATIGRAFICA E SEDIMENTOLOGIA

La Geologia Stratigrafica e la Sedimentologia sono due delle principali sub-discipline della geologia, spesso considerate separatamente soprattutto nell'insegnamento, ma sempre più oggigiorno considerate insieme, a volte nell'insegnamento ma soprattutto nella ricerca e nell'applicazione economica. Esse possono essere considerate insieme come un "continuum" di processi e prodotti sia nello spazio che nel tempo.

La **sedimentologia** è lo studio dei processi di formazione, trasporto e deposizione di materiale che si accumula come sedimento in ambienti marini e continentali ed eventualmente poi si trasforma in roccia. La **stratigrafia** è lo studio delle rocce per determinare l'ordine ed il tempo degli eventi nella storia della terra.

La **sedimentologia** può essere legata soprattutto processi che portano alla formazione delle rocce sedimentarie, ma se cerchiamo di legare le rocce in termini di loro relazione temporale e spaziale, lo studio diventa **stratigrafico**. Analogamente, se cerco come **stratigrafo** di interpretare intervalli di roccia in termini di ambiente del passato, la ricerca è **sedimentologica**.

Lo stratigrafo quindi lega le rocce al tempo cercando di determinare l'ambiente di formazione delle rocce, ma per farlo ha bisogno dell'occhio del sedimentologo: ha bisogno di riconoscere i processi di sedimentazione.

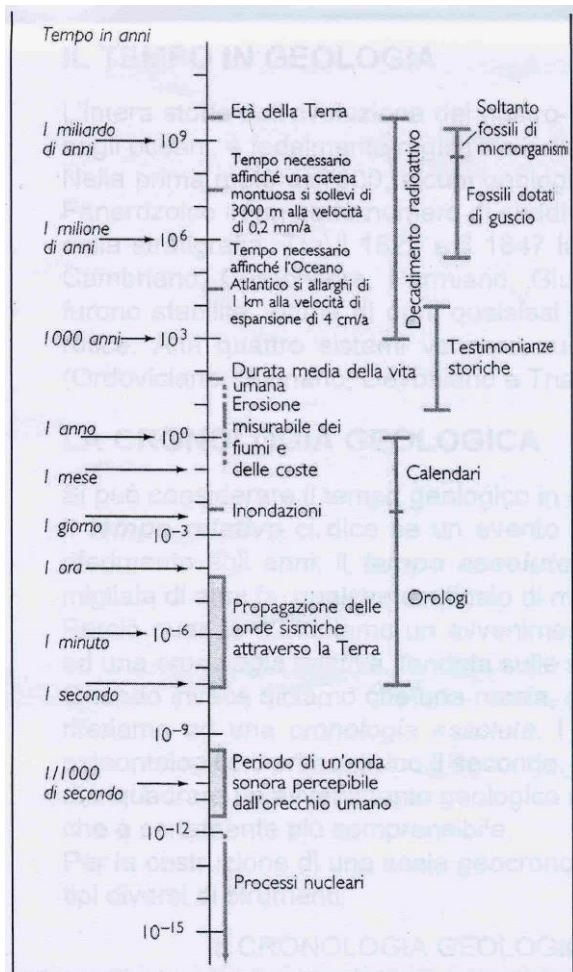
PRINCIPI BASE DELLA STRATIGRAFIA

- 1) Principio dell'Attualismo:** i processi che si attuano oggi sono le chiavi per l'interpretazione dei processi che sono avvenuti nel passato.
- 2) Principio di Sovrapposizione Stratigrafica:** in una successione stratigrafica i livelli più alti sono via via più recenti di quelli più bassi.
- 3) Principio di Continuità:** ogni singolo corpo sedimentario o strato continuo lateralmente è coevo (ha la stessa età) in ogni suo punto.
- 4) Principio di Identità Paleontologica:** un insieme di strati caratterizzati dagli stessi fossili ha la stessa età, indipendentemente dalla litologia.

LA MISURA DEL TEMPO E LA GEOLOGIA STORICA

IL TEMPO IN GEOLOGIA

- Storia del pianeta registrata nelle rocce
- Nascita della Stratigrafia: prima metà 800
- 1822-1847: suddivisione della colonna geologica standard in 6 sistemi: Cambriano, Carbonifero, Permiano, Giurassico, Cretacico e Terziario... si tratta di unità rocciose (no studio dei fossili)
- Successivamente aggiunti Ordoviciano, Siluriano, Devoniano, Triassico (in base allo studio dei fossili)
- Alla fine dell'800 definizione di tutti i periodi geologici

LA MISURA DEL TEMPO

Ordine di grandezza degli intervalli di tempo impiegati per la realizzazione di alcuni processi ed eventi

LA CRONOLOGIA GEOLOGICA

Il tempo geologico può essere considerato in due diversi modi: **relativo ed assoluto**

Il tempo relativo ci dice se un evento geologico si è verificato prima o dopo un altro evento, senza alcun riferimento agli anni, **il tempo assoluto** misura, invece, quando un dato evento geologico ha avuto luogo. Nel primo caso parleremo di **cronologia (geologica) relativa**, nel secondo di **cronologia (geologica) assoluta**.

Datazione Relativa: si basa essenzialmente sul dato fossile: una roccia è più o meno vecchia di un'altra sulla base di evidenze biostratigrafiche e applicando il principio di sovrapposizione stratigrafica (quello che sta sotto è più vecchio di quello che sta sopra).

Datazione Assoluta: metodo radiometrico basato sul decadimento radioattivo di isotopi instabili quali U, K, Rb, C che si trasformano rispettivamente in Pb, Ar, Sr e N.

La datazione assoluta delle rocce avviene attraverso l'utilizzo della DATAZIONE RADIOMETRICA (o isotopica). Essa impiega elementi naturali radioattivi come il rubidio-87 (^{87}Rb) che perdendo un elettrone si trasforma in stronzio-87 (^{87}Sr). Un altro elemento, molto abbondante nelle rocce è il carbonio-14 (^{14}C). Ogni atomo possiede un TEMPO DI DECADIMENTO RADIOATTIVO. La datazione delle rocce avviene misurando questo tempo, risalendo al momento in cui l'atomo ha avuto origine.

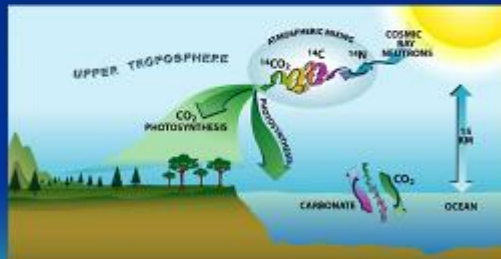
METODI DI DATAZIONE CON ISOTOPI

Isotopi		Tempo di dimezzamento (anni)	Intervallo di datazione effettivo (anni)	Minerali e altri materiali che possono essere datati
Capostipite	Discendente			
Uranio-238	Piombo-206	4,4 miliardi	10 milioni-4,6 miliardi	Zircono Apatite
Uranio-235	Piombo-207	0,7 miliardi	10 milioni-4,6 miliardi	Zircono Apatite
Potassio-40	Argon-40	1,3 miliardi	50000-4,6 miliardi	Muscovite Biotite Orneblenda
Rubidio-87	Stronzio	47 miliardi	10 milioni-4,6 miliardi	Muscovite Biotite Feldspato potassico
Carbonio-14	Azoto-14	5730	100-70000	Legno, carbone, torba Tessuto osseo e altri tessuti biologici Conchiglie e altre strutture di carbonato di calcio Acque sotterranee, acqua di mare, ghiaccio di ghiacciaio contenente anidride carbonica disciolta

Il Carbonio 14

Tempo di dimezzamento 5730 anni;
Limite di utilizzo circa 60 000 anni
Materiale databile: materiale di origine organica

Il C è presente con 3 isotopi ^{12}C , ^{13}C (stabili) e ^{14}C (instabile)



Tutti gli organismi viventi che fanno parte del ciclo del Carbonio scambiano C con atmosfera o lo assimilano nutrendosi di altri esseri viventi. Finché vive il rapporto $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$, ^{13}C resta costante. Alla morte non c'è più scambio ed il ^{14}C diminuisce in modo regolare

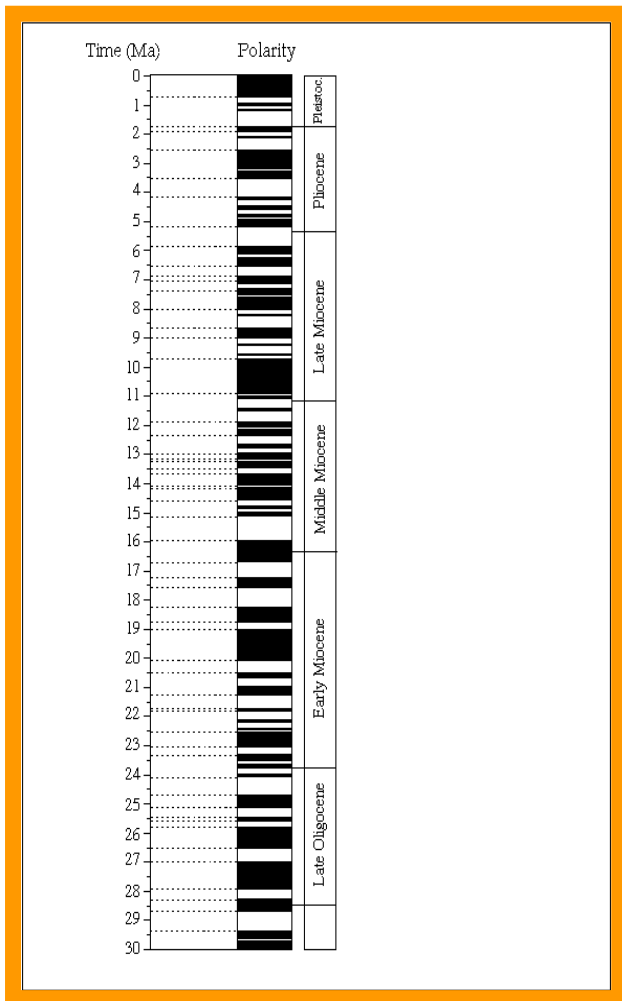
ALTRI METODI DI DATAZIONE

MAGNETOSTRATIGRAFIA: Correlazioni basate sul paleomagnetismo.

Come già detto parlando della Tettonica a Placche, i poli magnetici della Terra si invertono a distanza di migliaia o centinaia di migliaia di anni e così si alternano periodi di polarità normale con periodi di polarità inversa. Questi periodi vengono definiti "epoche magnetiche". Le rocce, in maniera diversa, registrano il campo magnetico terrestre ed anche le sue inversioni. Queste inversioni si possono riscontrare ovunque, ma sicuramente i fondi oceanici, caratterizzati da materiali basaltici, sono il registratore naturale per eccellenza del magnetismo terrestre.

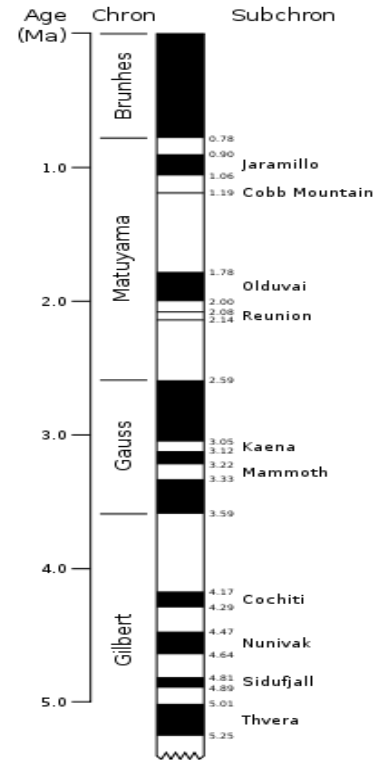
L'ultima inversione si sarebbe verificata circa 780 mila anni fa.

Tempistica: recenti ricerche indicano che l'inversione dei poli magnetici possa avvenire in tempo molto breve, ossia in meno di un secolo – probabilmente molto meno – e rende questo fenomeno potenzialmente osservabile nell'arco temporale tipico di una vita umana.



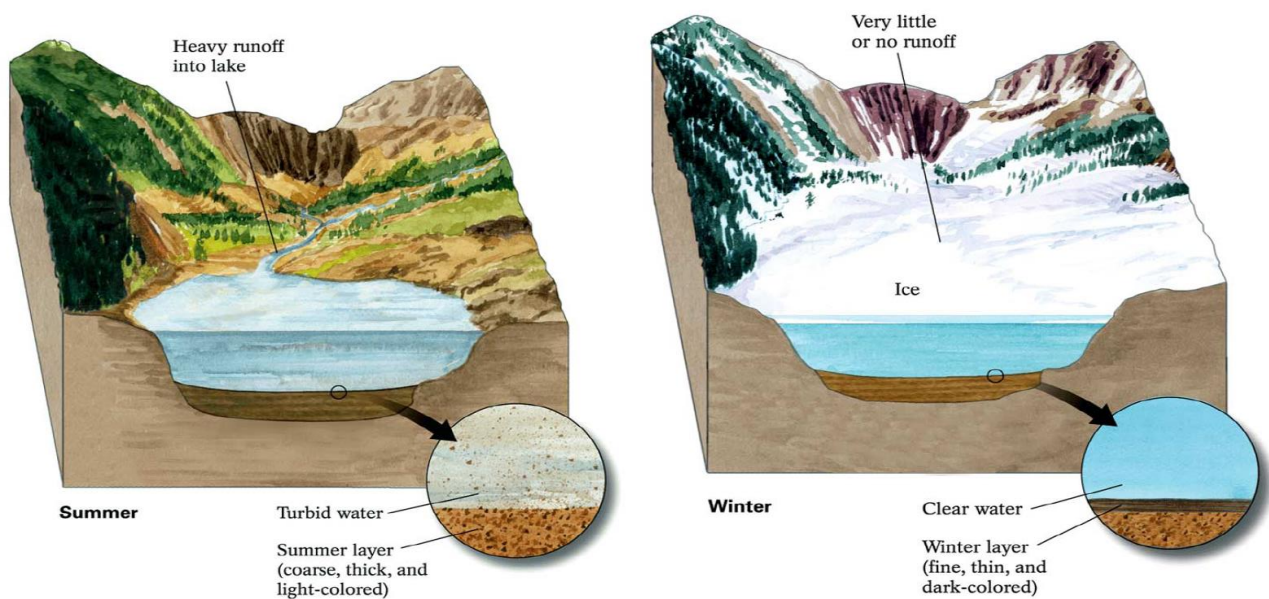
Scala Temporale delle Polarità Magnetiche per gli ultimi 30 milioni di anni
 (ridisegnata da Berggren et al., in *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Pubbl. 54, 129-212, 1995.*)

In nero la polarità normale, in bianco la polarità inversa.



Di lato la scala con le denominazioni degli ultimi 5 milioni di anni

METODO DELLE VARVE



Si basa sul conteggio delle varve (alternanze laminari) in depositi glacio-lacustri. Le varve si formano per deposizione annuale di sedimenti lacustri: durante l'estate si depositano silt e sabbia trasportate dalle acque di scioglimento dei ghiacciai, mentre durante l'inverno il lago si ghiaccia e la deposizione

diventa tranquilla ad opera di argille scure ricche di materia organica. Un livello estate/inverno è una varva e rappresenta un anno nella vita sedimentaria di un lago. Questa tecnica permette di avere una scansione cronologica molto precisa e dedurre informazioni paleoclimatiche.

Il suo limite è che è di applicazione al Pleistocene ed è limitato ai depositi glacio-lacustri.

DENDROCRONOLOGIA

La tecnica si basa sul conteggio degli anelli di accrescimento degli alberi e fornisce una stima di età (uguale o più antica) dei depositi che contengono i tronchi fossili. È di applicazione storica e limitata in ambito regionale.

La crescita degli anelli viene influenzata dal clima e di conseguenza dall'irraggiamento solare. Lo spessore degli anelli degli alberi varia quindi con le precipitazioni annuali registrate in una data regione cosicché alberi di una medesima regione mostreranno uno stesso tasso di crescita relativa durante gli anni piovosi e quelli aridi.

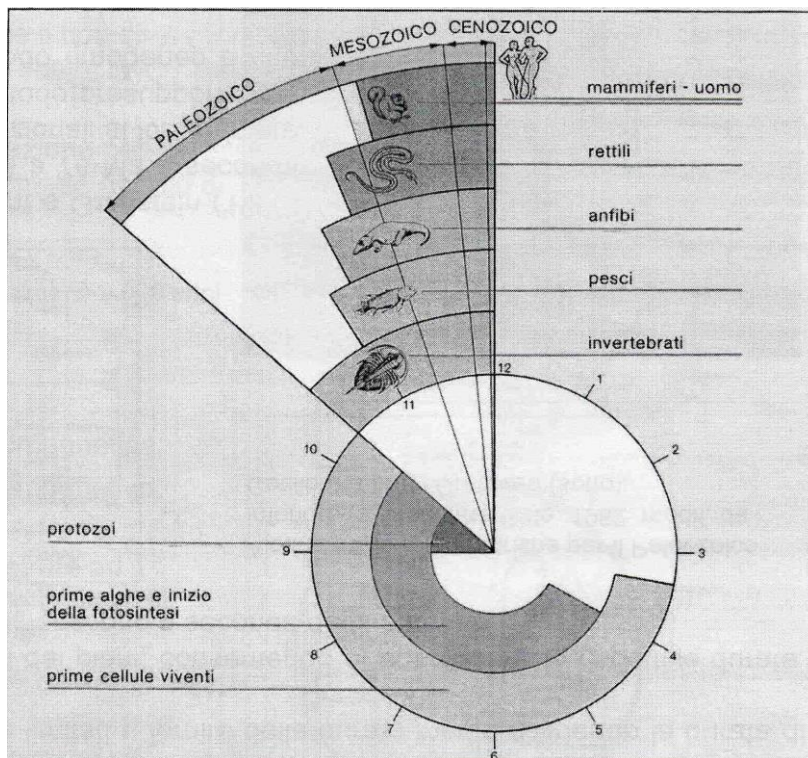
Anelli accrescimento: nei climi temperati (alternanza di stagioni calde e fredde) gli alberi crescono formando nella sezione trasversale del fusto una serie di anelli concentrici dovuti alla differenza fra il legno di primavera (legno primaverile chiaro le cui cellule hanno lume ampio e parete sottile) e quello d'estate/inizio autunno (legno estivo o tardivo scuro con cellule a lume più stretto e pareti più spesse). Alla fine della stagione favorevole alla crescita, l'arrivo dei primi freddi autunnali causa una brusca interruzione dell'attività(cambio). Naturalmente questo vale per le conifere e le dicotiledoni che crescono in climi con stagione fredda, cioè con interruzione della crescita. Nelle monocotiledoni (palme) non si ha legno secondario e mancano pertanto gli anelli, mentre gli alberi che abitano le regioni a clima tropicale crescono ininterrottamente durante l'intero anno, senza presentare interruzioni. Lo spessore di ogni singolo anello dipende da diversi fattori: biologici (la specie, l'età, eventuali avversità), stagionali (altitudine, suolo, esposizione, pendenza del versante), climatici (temperatura, umidità, precipitazioni).

Le datazioni per gli alberi forniscono una calibrazione per le datazioni a radiocarbonio e si estendono attualmente per più di 9000 anni (Olocene).

CHEMIOSTRATIGRAFIA o stratigrafia chimica

La chemiostratigrafia è un nuovo settore della stratigrafia che vuole ottenere la taratura stratigrafica attraverso la variazione secolare, nelle acque oceaniche, del contenuto di alcuni elementi. Tra questi $\delta^{13}\text{C}/\delta^{12}\text{C}$, $\text{Sr } 87/\text{Sr } 86$, Mg/Ca , Sr/Ca , $\delta^{18}\text{O}/\delta^{16}\text{O}$. Si basa sul presupposto che l'acqua di mare ha subito nel corso dei tempi geologici delle variazioni fisico-chimiche che sono state registrate nelle rocce sedimentarie sia a livello di loro composizione in elementi minori o in tracce, sia nei rapporti isotopici di alcuni composti chimici che le costituiscono. Ulteriori cenni su questa disciplina vengono proposti nell'ambito del modulo di stratigrafia.

LA SCALA DEI TEMPI ASSOLUTI



Se si riduce la storia del pianeta a 12 ore, le prime cellule viventi sono apparse intorno alle 3.30, mentre la fotosintesi, responsabile dell'immissione di ossigeno nell'atmosfera, inizia verso le 4. I protozoi si formano verso le 9 e da questo momento la vita ha un'accelerazione: gli invertebrati iniziano la loro evoluzione prima delle 11, i pesci poco dopo e i mammiferi verso le 11.30. Il genere *homo* compare solamente meno di mezzo minuto prima delle 12

Geologia Storica: disciplina della Stratigrafia che studia i rapporti fra la Storia evolutiva della Terra e il suo record geologico.

Cronostratigrafia: branca della Stratigrafia che si occupa della ricostruzione delle età dei corpi rocciosi e dei loro rapporti cronologici. E' il "calendario" della Geologia Storica! E costituisce il contenitore di tutti i dati provenienti dalle altre categorie

Geocronologia: suddivisione del Tempo Geologico in Unità con età della base, età del tetto e durata standardizzati a scala globale: è una scala del tempo: serve come standard globale di riferimento per datare in senso relativo gli eventi geologici che si sono susseguiti nella storia della terra. E' in pratica la sistemazione nel tempo degli eventi della storia terrestre.

Se l'Unità Cronostratigrafica definisce la successione nel tempo degli strati rocciosi, la Unità Geocronologia definisce l'intervallo di tempo durante il quale gli strati si sono depositati. Quindi Unità Crono = materiale geologico (rocce, fossili ecc), Unità Geocrono = periodo di tempo

ROCCIA (Unità Cronostratigrafiche)	TEMPO (Unità Geocronologiche)
EONOTEMA	EONE
ERATEMA	ERA
SISTEMA	PERIODO
SERIE	EPOCA
PIANO	ETA'
CRONOZONA	CRONO

LA SCALA GEOCRONOLOGICA STANDARD E GLOBALE

La **scala dei tempi geologici** rappresenta un modo per suddividere il tempo trascorso dalla formazione della Terra condiviso dalla comunità scientifica internazionale e in continua evoluzione. Esiste un organismo internazionale delegato alla formalizzazione (quindi alla nomenclatura) di questa scala, l'[International Commission on Stratigraphy](#) (*Commissione internazionale di stratigrafia*).

L'United States Geological Survey ([USGS](#), *Servizio Geologico degli Stati Uniti*) ha prodotto una versione a colori di questa scala, dove ad ogni età corrisponde, per convenzione, un colore diverso. Non tutti i paesi adottano questa versione della scala. La cartografia dell'USGS appare meglio organizzata e più completa rispetto a quella europea, e spesso in ambito scientifico si fa riferimento a questa.

Concettualmente ogni suddivisione raggruppa una fase della storia della Terra caratterizzata da determinati organismi spesso estinti al termine dell'Era geologica di appartenenza. L'età della Terra è stimata a circa 4570 milioni di anni fa (nella nomenclatura inglese, 4570 mya o, in "Ma", 4570 Ma). Il tempo geologico della Terra in passato è stato organizzato in varie unità, a seconda degli eventi che si sono succeduti in ogni periodo. Differenti livelli della scala temporale sono spesso delimitati da grandi eventi geologici o paleontologici, come le estinzioni di massa. Per esempio, il limite tra il periodo Cretaceo e il periodo Paleogene è definito dall'evento della estinzione dei dinosauri e di molte specie marine. Altri periodi sono definiti in maniera assoluta da età radiometriche.