

OPĆA PALEONTOLOGIJA

GEOLOŠKA PROŠLOST ZEMLJE



doc. dr. sc. Karmen Fio Firi

karmen.fio@geol.pmf.hr

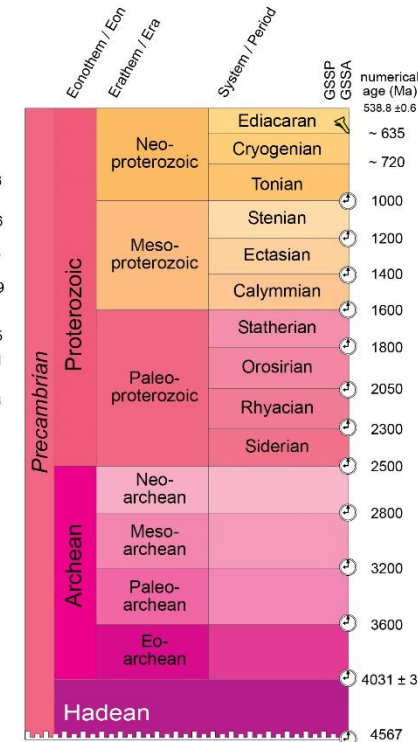
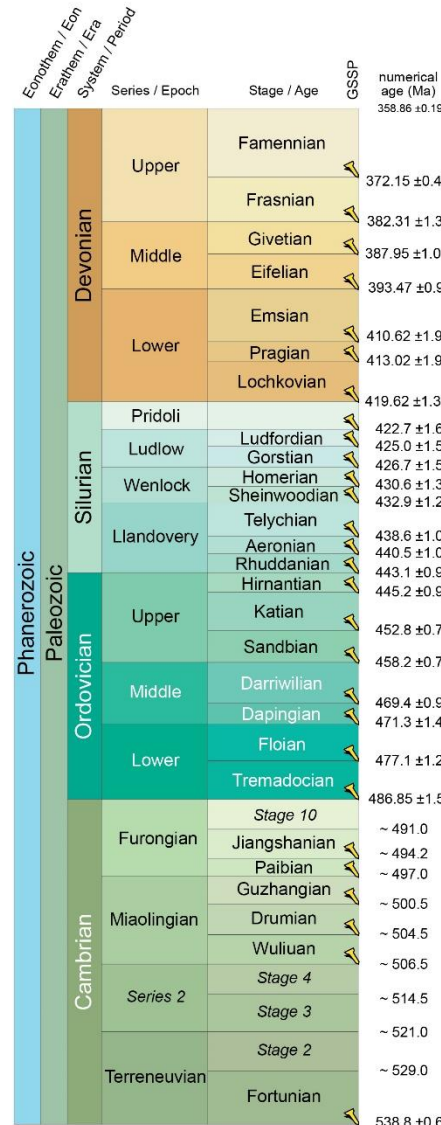
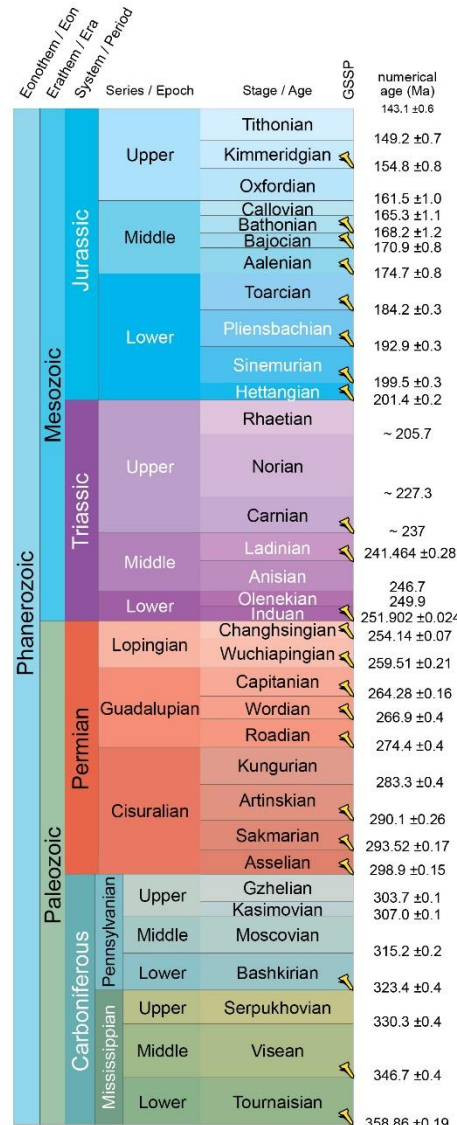
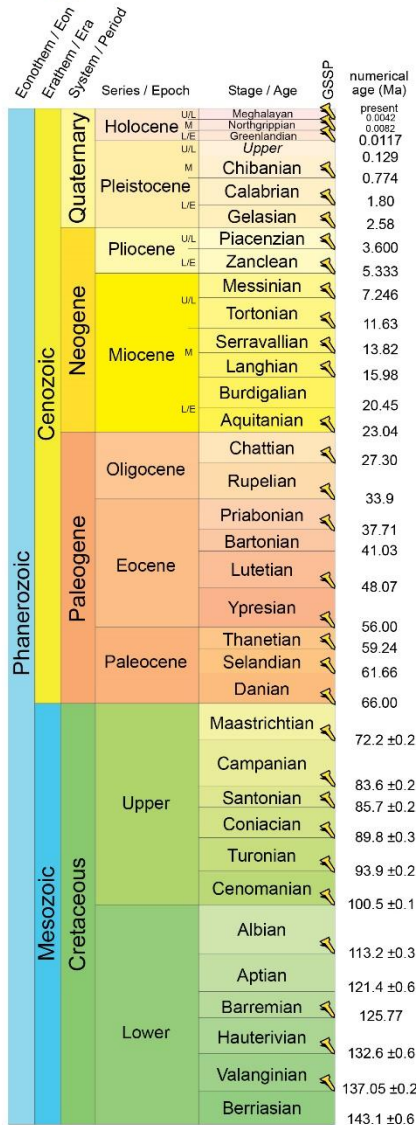


INTERNATIONAL CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

www.stratigraphy.org

International Commission on Stratigraphy

v 2024/12



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). Ratified Subseries/Subepochs are abbreviated as U/L (Upper/Late), M (Middle) and L/E (Lower/Early). Italic fonts indicate informal units and placeholders for unnamed units. Previous versions and detailed information on ratified GSSPs are available at the website <http://www.stratigraphy.org>. The URL to this chart is provided below.

Numerical ages are subject to ongoing 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.

Most numerical ages are taken from 'A Geologic Time Scale 2020' by Gradstein et al. (2020), but some ages differ as provided by the relevant ICS subcommissions, with advice from the Timescale Calibration subcommission. These are approved by the ICS executive as the current consensus.

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



Chart drafted and maintained online by officers K.M. Cohen and N. Car.

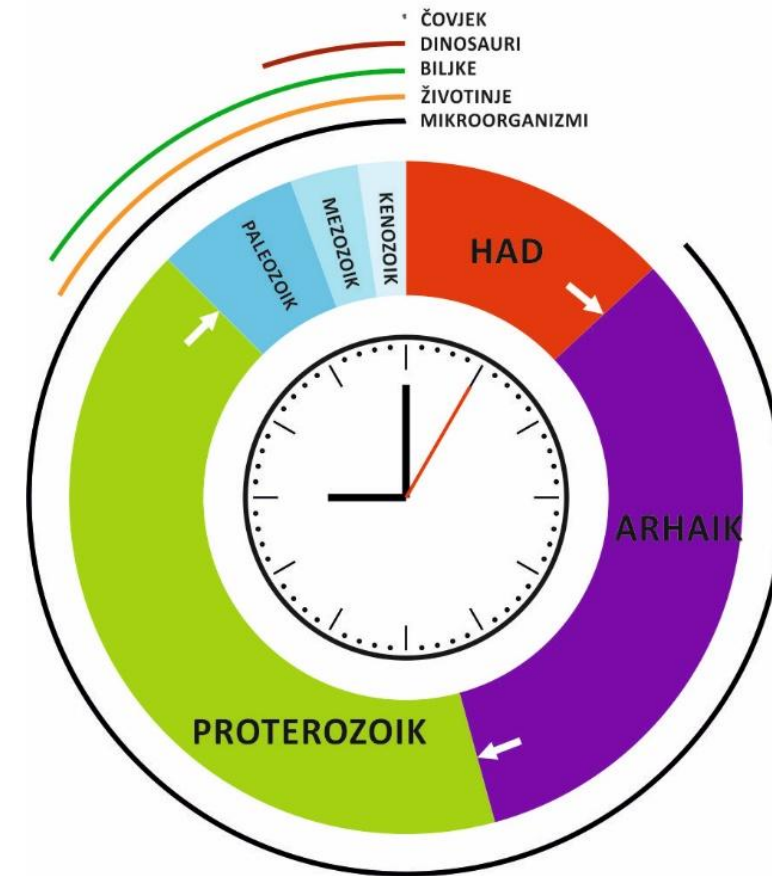
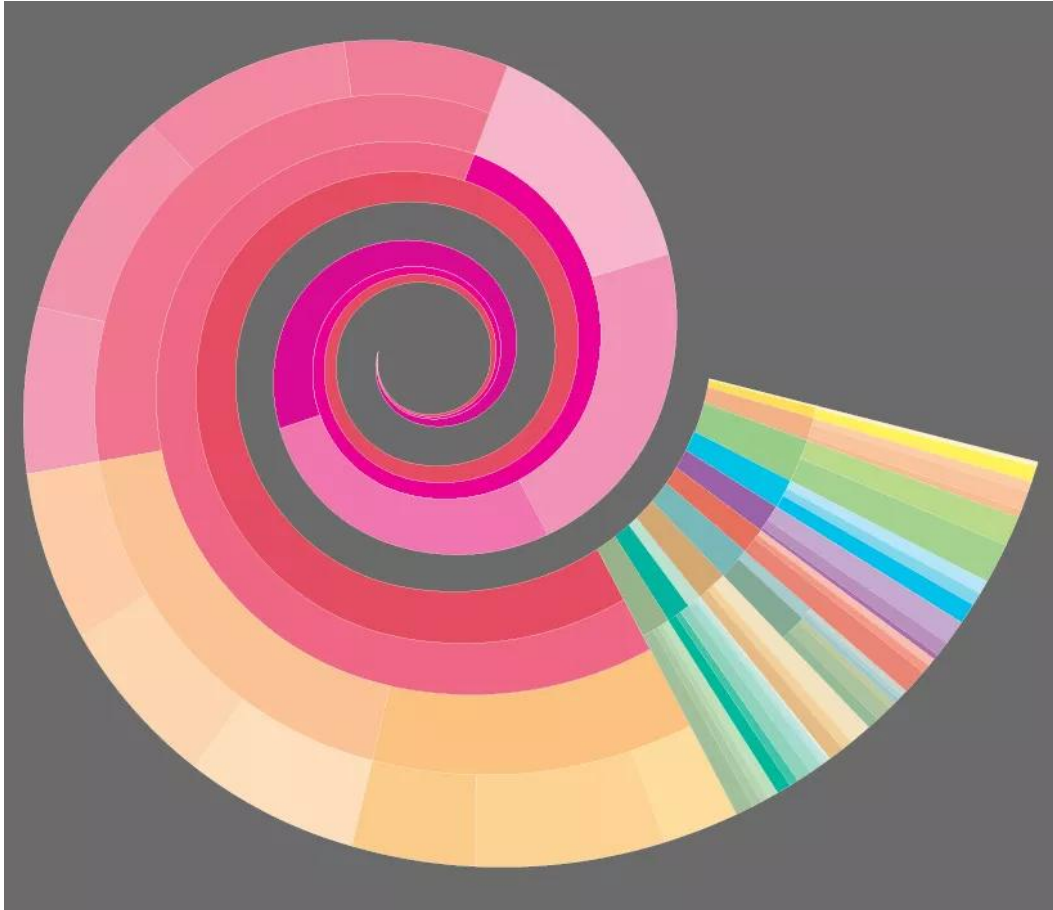
The chart is a product of collective work by all ICS members past and present.

(c) International Commission on Stratigraphy, December 2024

URL: <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2024-12.pdf>

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

STAROST ZEMLJE, odnos trajanja pojedinih geoloških razdoblja



<https://youtu.be/rWp5ZpJAIAE>

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Continental_Drift_\(740_million-to-Today\).gif#/media/File:Continental_Drift_\(740_million-to-Today\).gif](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Continental_Drift_(740_million-to-Today).gif#/media/File:Continental_Drift_(740_million-to-Today).gif)

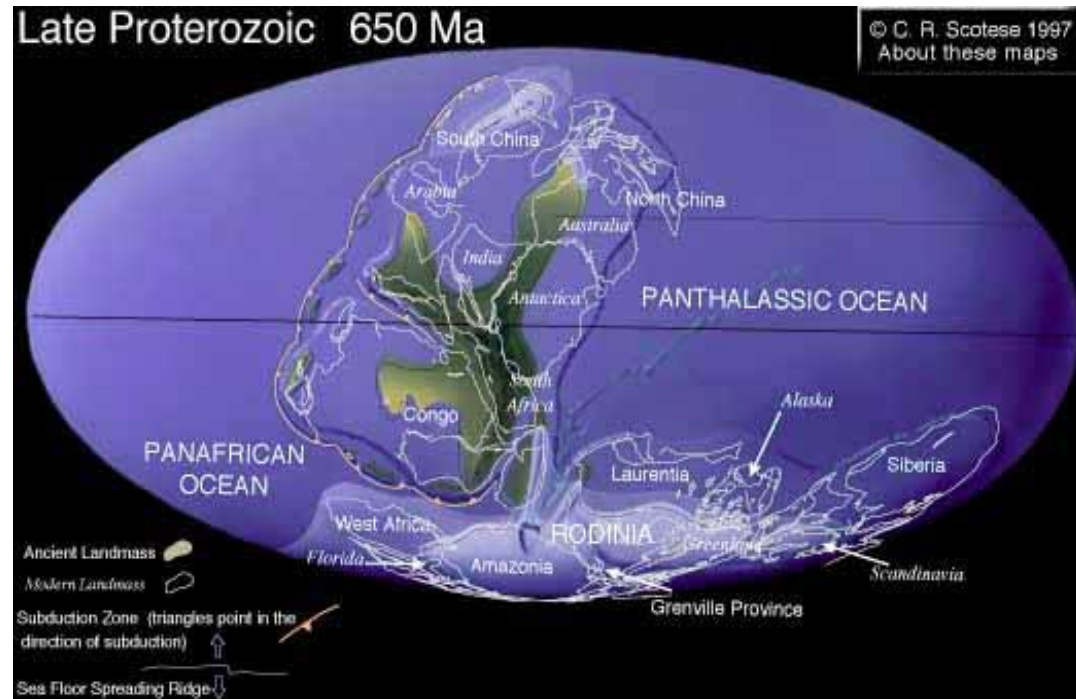
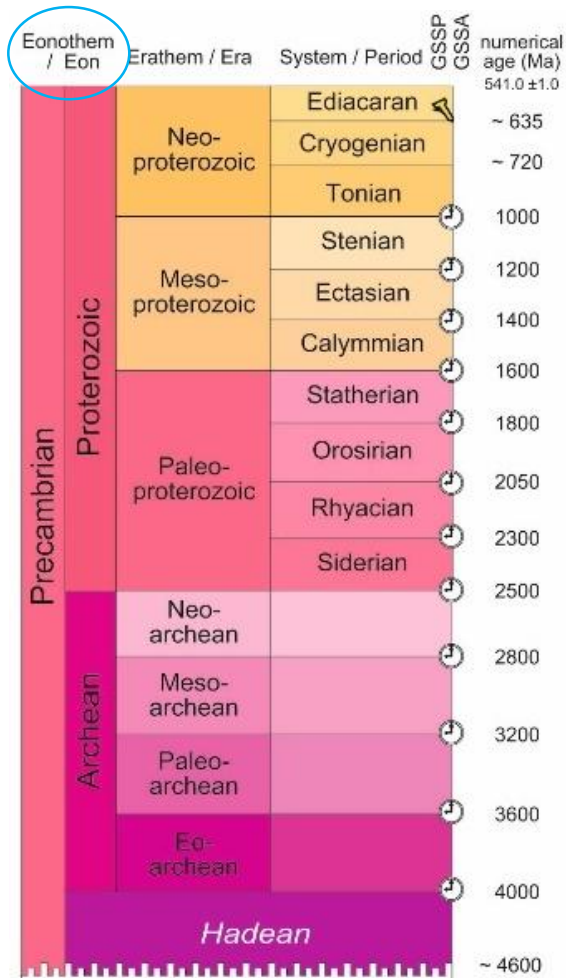
PRETKAMBRIJ, POSTANAK PLANETA



HADIJ (4,6–3,8 mlrd. g.) i eon **ARHAIK** (3,8–2,5 mlrd. g.)

- planeta kao užarena kugla bez ili s vrlo tankom korom koja lako puca i rastaljuje se, nema sačuvanih čvrstih stijena
- snažna vulkanska aktivnost; nastanak prve oceanske i kontinentalne **kore**
- atmosfera bez kisika, prisutni plinovi koji nastaju vulkanskim erupcijama (CO_2 , CO , SO_2 , CH_4 ...)
- **oceani** (hidrosfera) u nastanku – isparavanje plinova i kondenzacija vode (kisele kiše, i mora) + „ledeni meteoriti”
- tijekom dugog vremena kiselost mora se smanjila, a zbog svoje topivosti u moru dominantan postao Na koji se vezao s Cl stvarajući **halit** → slanost mora nije se bitnije mijenjala posljednjih 600 milijuna godina
- prvi oblici života – prokarioti → **stromatoliti**
- nastanak prvotnog **atmosferskog kisika**

Eon: proterozoik



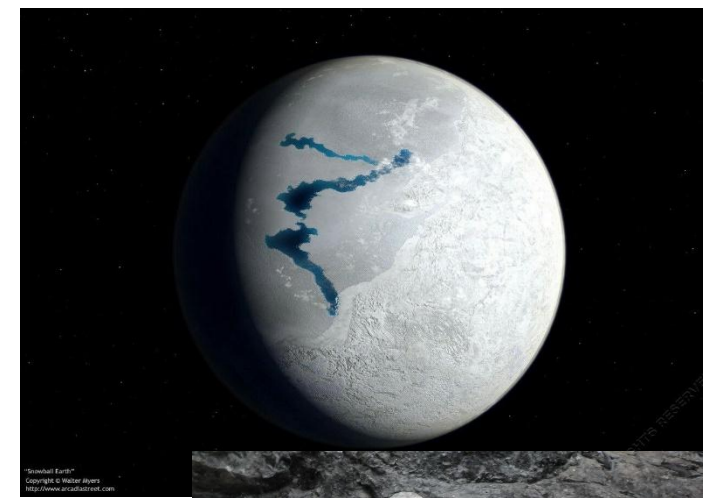
- Početak intenzivnije, „moderne” tektonike
- Plitkomorske naslage → cijanobakterije → fotosinteza → pojava kisika → *Banded Iron Formations (BIF)* – u moru (do 1,8 mil. g.) i *Red beds* – na kopnu
- Početak biološke evolucije, pojava eukariota (akritarhe)
- Pojava prvih višestaničnih organizama
- Prve glacijacije/oledbe (~800–600 mil. g.)

Snowball Earth, ~650 mil. g.

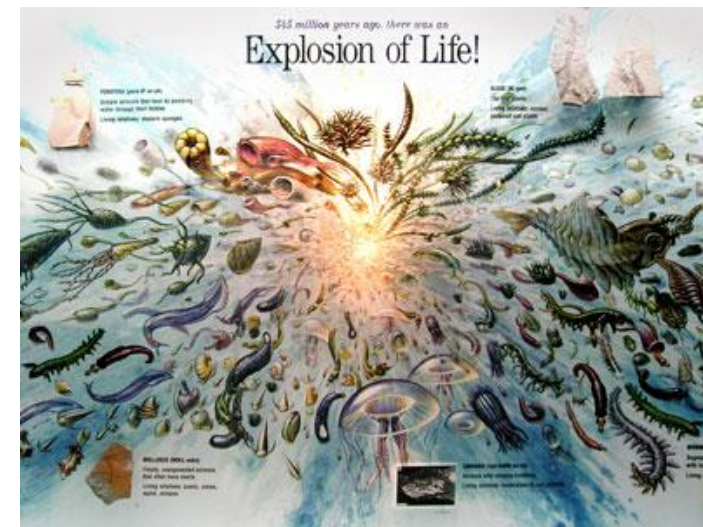
- Ledeni pokrov na Zemlji, do ekvatora (?)
- Prethodilo (uzrokovalo??) nagloj pojavi višestaničnih organizama

Kambrijska eksplozija (~540 mil. g.)

- Nagla pojava raznolikosti, pojava gotovo svih skupina organizama
- Siromašan fosilni zapis
- Novija istraživanja – organizmi bili prisutni i prije kambrija?



Naslage u Kini (Hubei), *dropstone*



Eon: FANEROZOIK

Era: PALEOZOIK

Period: kambrij

Početak kambrija vezan uz nalaze
ihnofosila *Phycodes pedum*

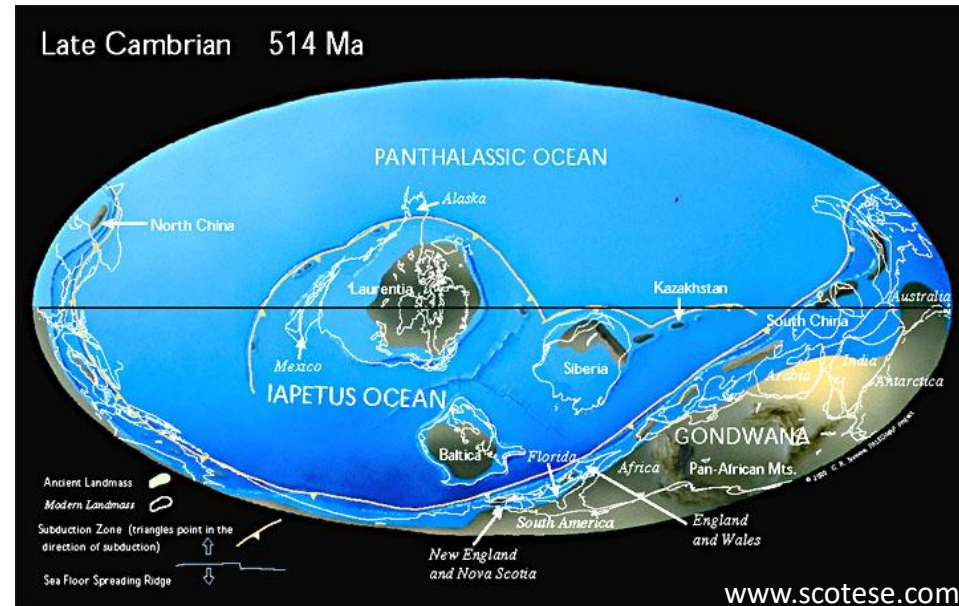
*no nađeni tragovi stari 2,1 mlrd. g.?!?

<https://www.livescience.com/64743-oldest-motility-on-earth.html>

Život vezan uz **marinske** sredine!

Tomotijska fauna u donjem Cm –
pojava vanjskog skeleta.

Dominiraju člankonošci (skeletni
organizmi) i grebenotvorci
(arheocijatide); pojava
grabežljivaca.



Copyright © Surface Vision 2007

PALEOZOIK – kambrij

Osim skeletnih, kambrijska mora nastanjivali i **bezskeletni organizmi**

→ *Burgess Shale fauna* (~505 mil. g., srednji kambrij), Britanska Kolumbija

- sadržava člankonošce: trilobite, rakove, škorpione i stonoge; spužve, krinoide, mekušce, crve, koralje, te mnoge druge organizme koji se ne mogu uvrstiti niti u jednu poznatu skupinu
- ovakva fauna kasnije nađena i drugdje u kambrijskim naslagama

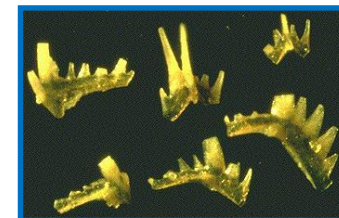
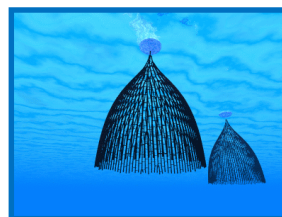
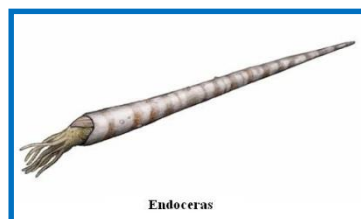


→ Nove ideje (2018)
<https://www.earthmagazine.org/article/did-mud-volcanoes-set-stage-burgess-shale-fossils>

<https://www.smithsonianmag.com/history/burgess-shales-weird-wonders-36404411/?page=1>

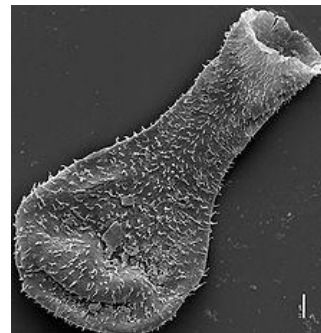
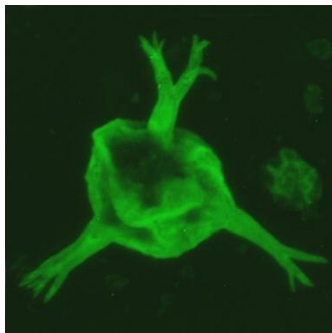
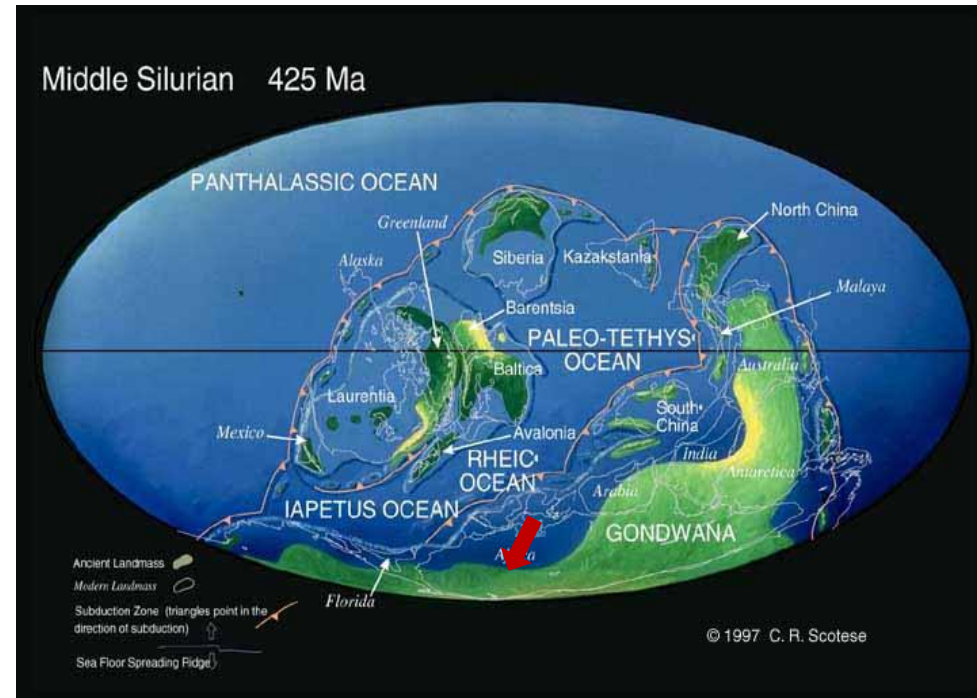
PALEOZOIK – ordovicij

- Na kraju ordovicija klima je hladna i led prekriva veliki dio južne Gondwane
- Promjene klime i morske razine – kontinentalne oledbe izazvale „nagli“ pad globalne morske razine → nestanak velikih šelfnih prostora i globalno zahlađenje mora → **masovno izumiranje** (2. po broju rodova izumrlih organizama)
- Izumrlo više od 100 porodica beskralježnjaka; velik broj rodova i vrsta: trilobita, nautilida, koralja, ramenonožaca, bodljikaša (posebice krinoida), graptolita, mahovnjaka i konodonata



PALEOZOIK – silur

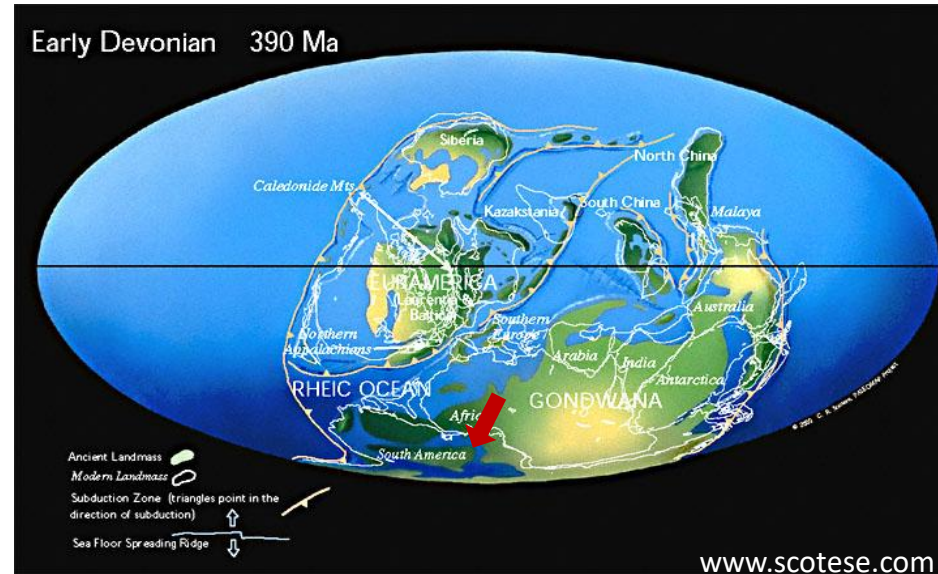
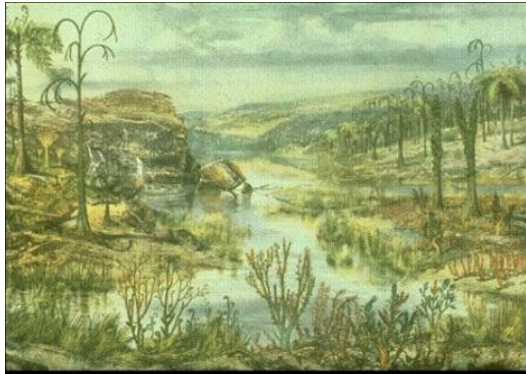
- prostrana morska područja
- topla klima
- obilje života; oporavak pojedinih skupina organizama nakon izumiranja: graptoliti, pojedini ramenonošci, školjkaši, puževi...
- procvat grebena (tabulostromni grebeni) u tropskim područjima...
- pojava ostrakodermi, ali i prvih pravih riba (akantodi, **čeljust!**), slatkovodne i marinske; vodenih škorpiona
- kopno – napredniji oblici biljaka krajem silura



Provodni fosili: akritarhe (fitoplankton), hitinozoa (*incertae sedis*), graptoliti (rod *Climacograptus* - HR).

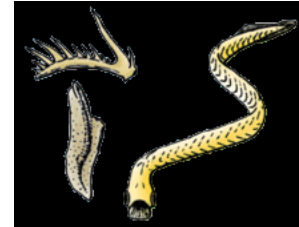
silurski greben

PALEOZOIK – devon



Spajanje kontinenta Laurentije i Baltike...
Približavanje Gondwani.

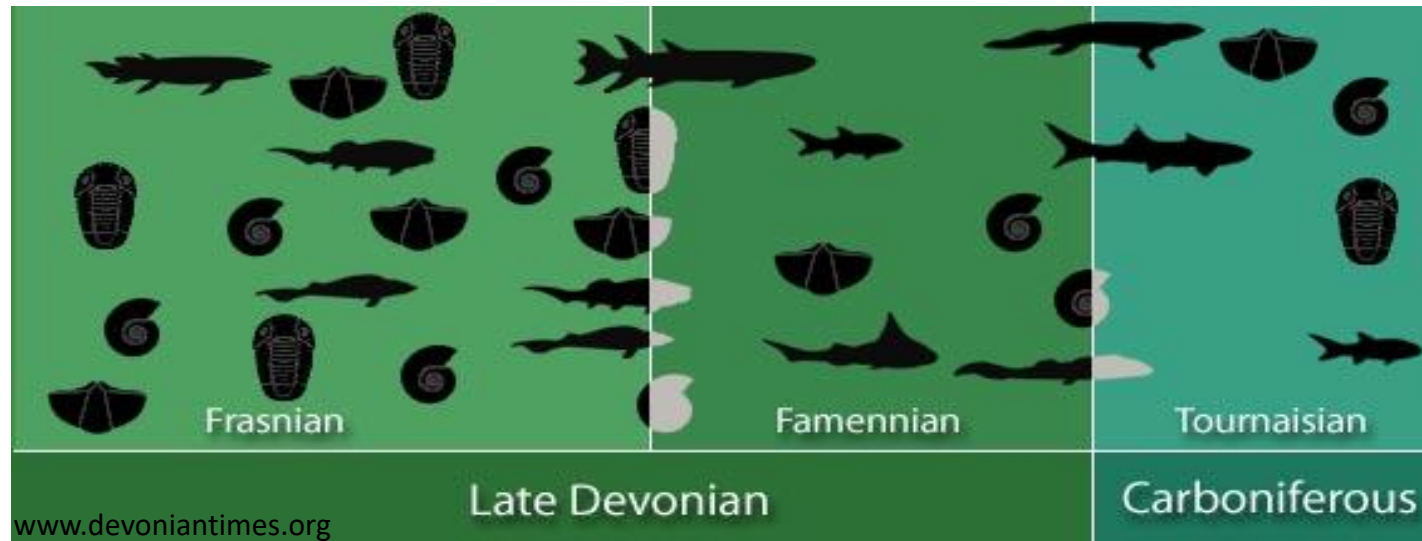
- pojava amonita (razvoj iz nautilida)
- „doba riba”
- nagli razvoj biljaka – deblje stabiljke, bolji prijenos tvari, korijenje, listovi – crvotočine
- pojava kukaca
- pojava vodozemaca (D₃) – rod *Ichthyostega*



Provodni fosili:
trilobiti, koralji, konodonti

Masovno izumiranje krajem devona

- Izumiranje morskih, ali i slatkovodnih organizama: ribe (plakoderme, dvodihalice i resoperke), ramenonošci, amoniti, puževi, trilobiti
- Posebno su teško stradali tabulostromni grebeni (najviše tabulatni koralji i stromatoporoidi) – gotovo nestali, od gornjeg paleozoika više ih nema
- Izumiranje je pogodilo samo tropske zajednice, dok je provincija hladnog mora prošla gotovo neoštećena → izumiranje kao **posljedica globalnog zahlađenja mora** (organizmi iz hladnijih područja raširili se prema ekvatoru – vidljivo u fosilnom zapisu)



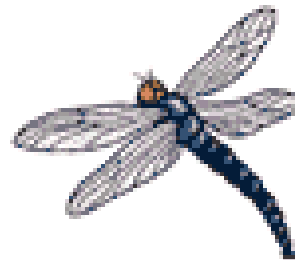
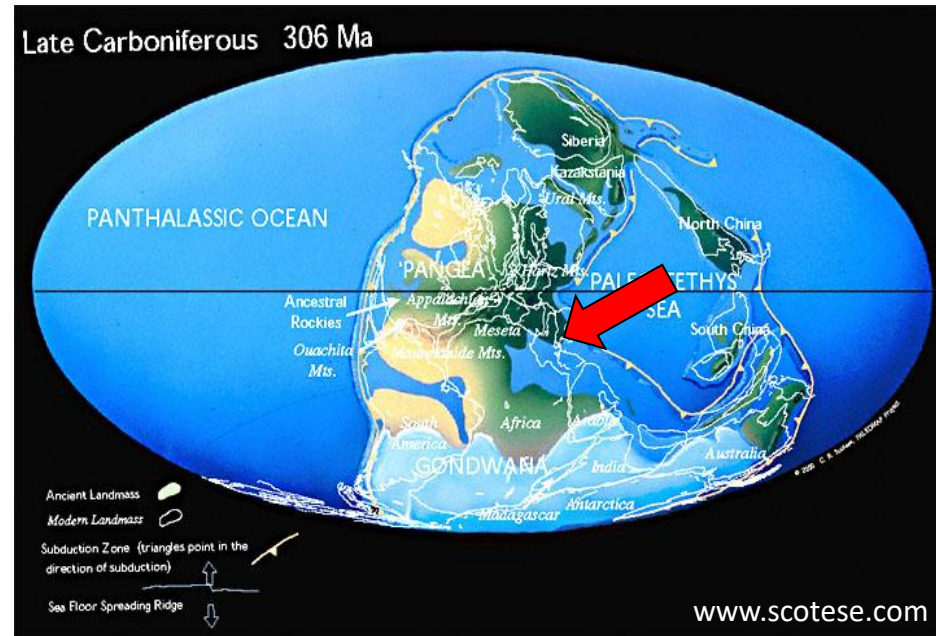
PALEOZOIK – karbon

Krajem karbona kontinenti koji danas čine Sjevernu Ameriku i Europu sudarili su se s južnim kontinentom Gondwanom – nastanak **PANGEA-e**. Led prekrivao veći dio južne hemisfere.

Duž ekvatora mnogobrojne močvare (papratnjače: crvotočine, preslice...) → nastanak bogatih **ležišta ugljena**.

Pojava kukaca s krilima (*Meganeura*).

Pojava gmazova krajem karbona.

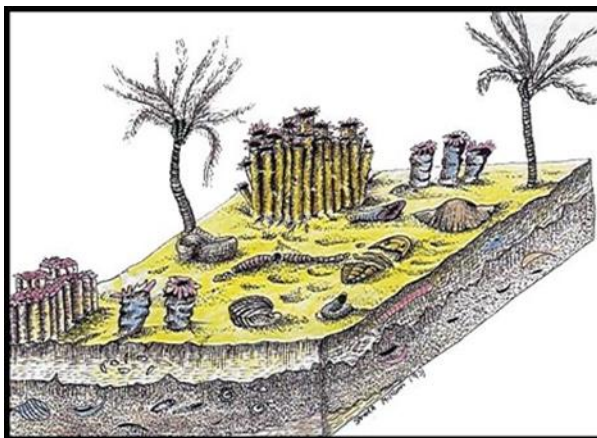


KARBON

Pokretljivije skupine životinja (morski psi, amoniti...) → grabežljivci

Najveća raznolikost krinoida.

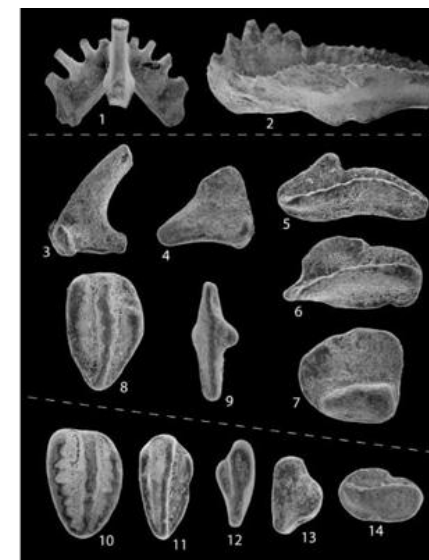
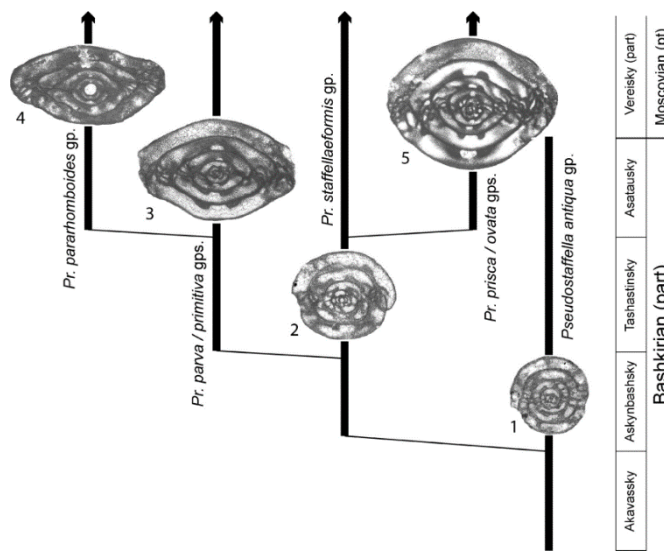
Podmorske grebenske humke izgrađivali ramenonošci, mahovnjaci i alge.



Amonit s gonijatidnom suturom

Bujan razvoj fuzulinidnih foraminifera tijekom karbona i perma.

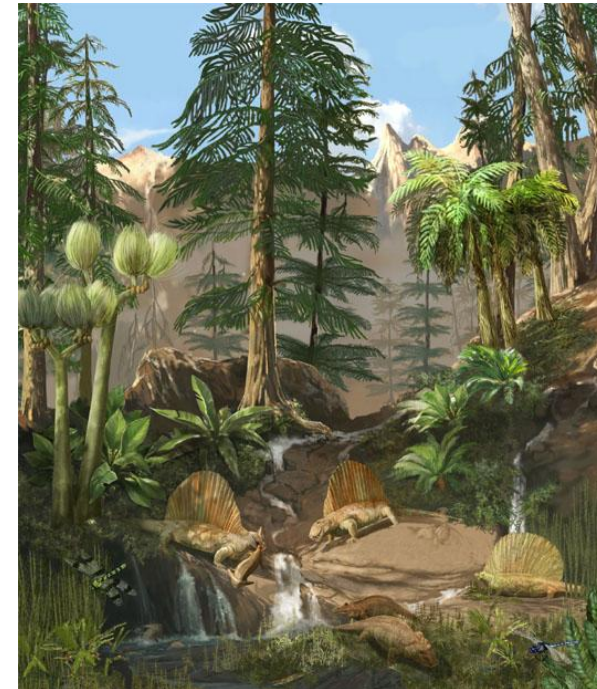
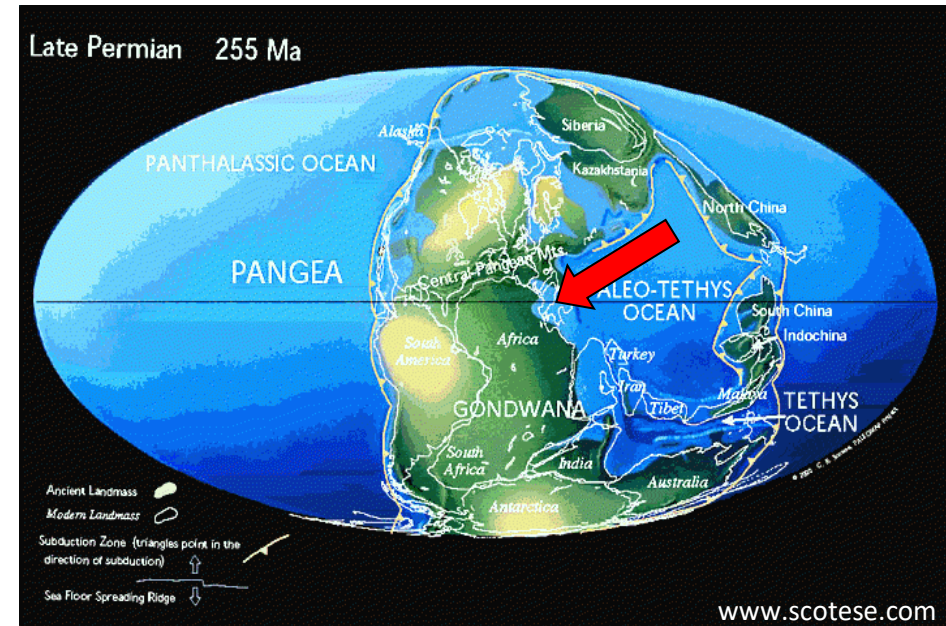
Provodni fosili: fuzulinidne foraminifere, konodonti.



PALEOZOIK – perm

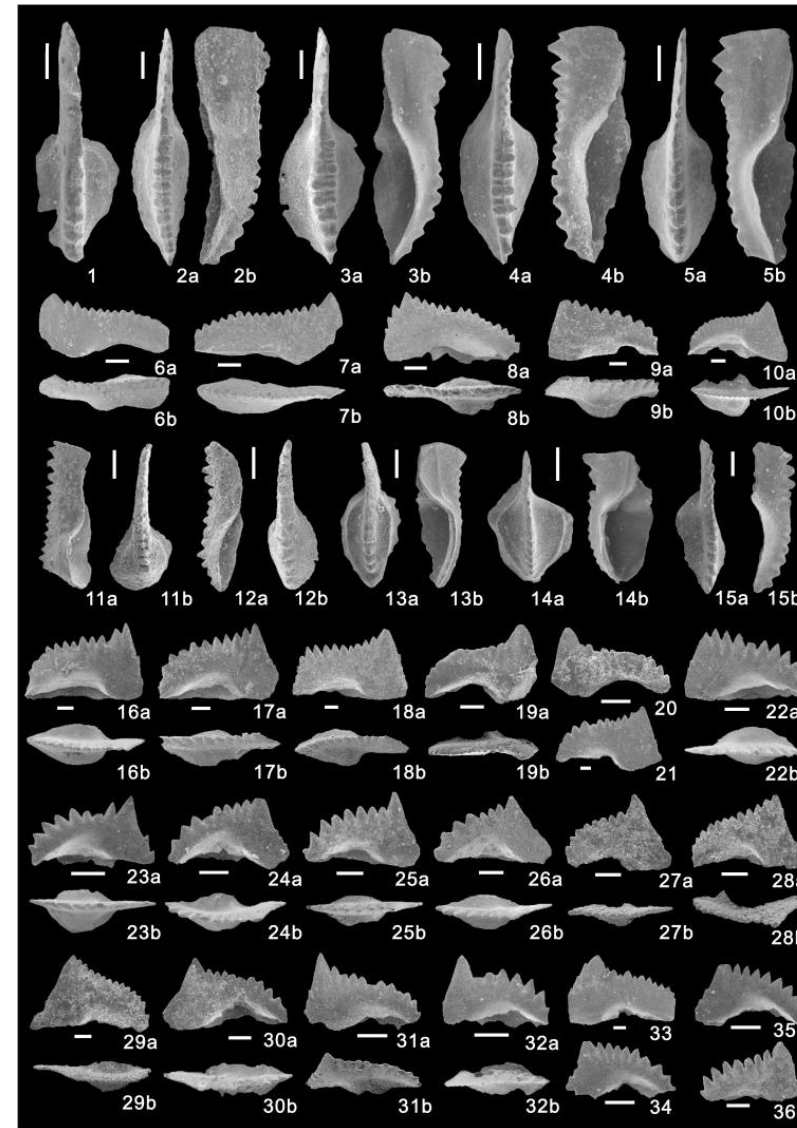
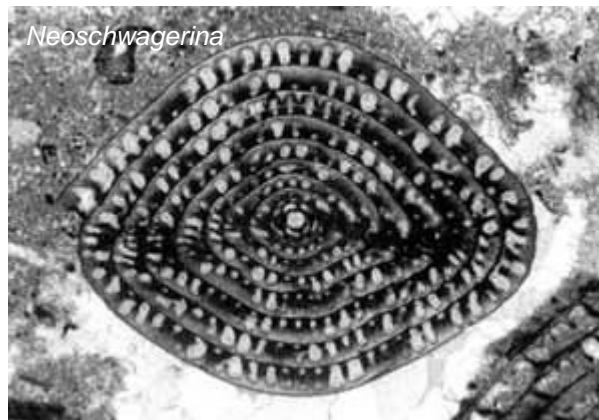
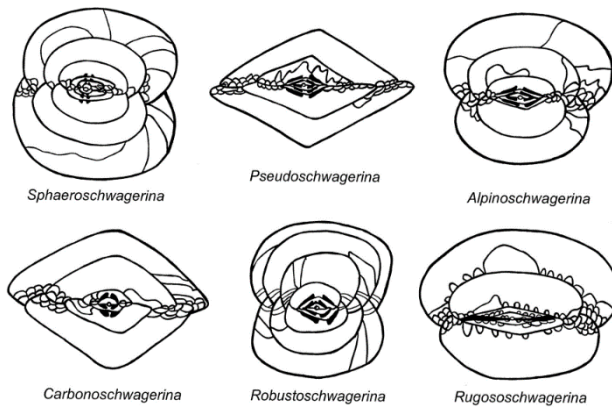
Krajem perma... superkontinent **Pangea** (sjeverna Laurazija i južna Gondwana).

- velike klimatske promjene – toplija i suša klima
- promjene i u biljnom svijetu: papratnjače zamjenjene golosjemenjačama
- razvoj naprednijih gmazova, najvažniji **sisavcima slični gmazovi (therapsidi)**, iz kojih se razvijaju sisavci



PERM

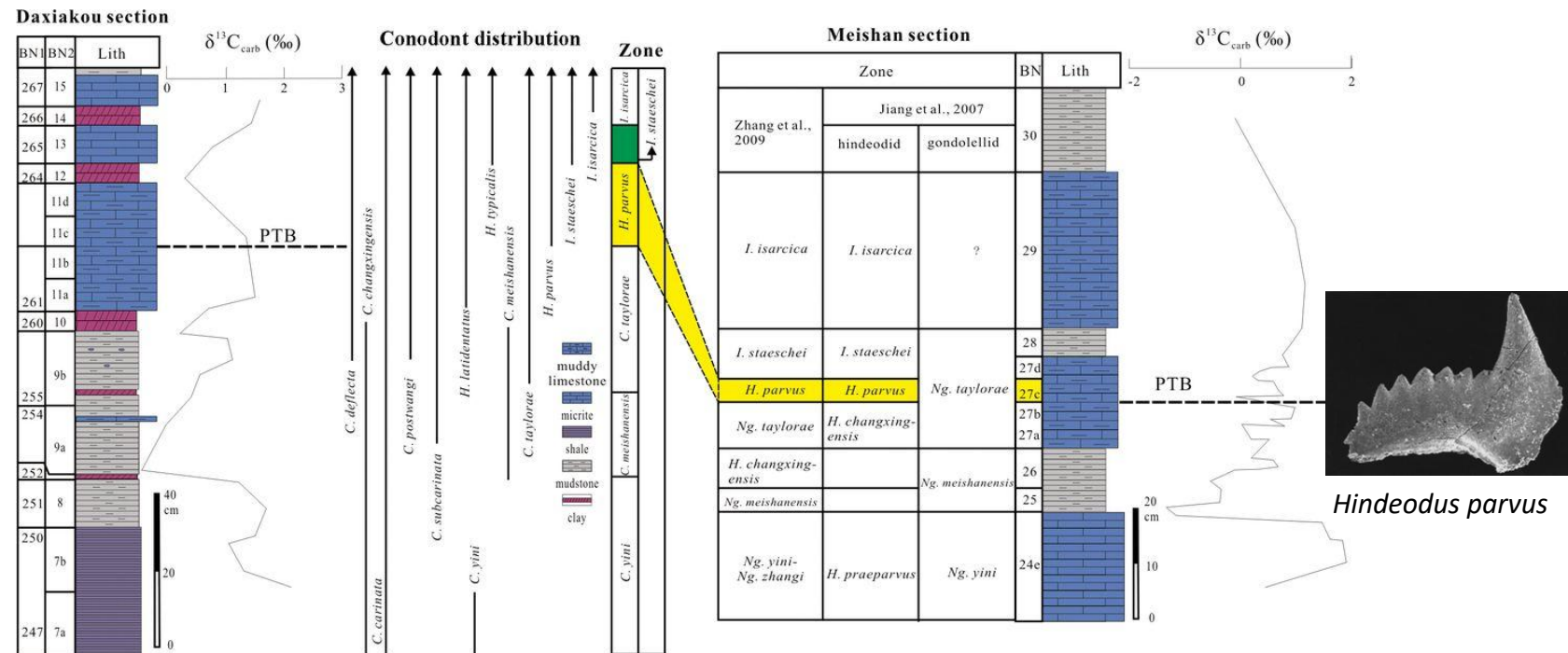
Provodni fosili:
fuzulinidne foraminifere, konodonti



GRANICA PERM–TRIJAS (Permian–Triassic Boundary, PTB)

Najveće izumiranje živih organizama u povijesti Zemlje.

Izumrlo je oko 95% marinskih i oko 70% kopnenih organizama.



Izumiranje najviše pogodilo **bentičke organizme** toplih plitkih kontinentalnih šelfova i nije bitnije pogodilo kralježnjake (ipak su vodozemci potisnuti od gmazova).

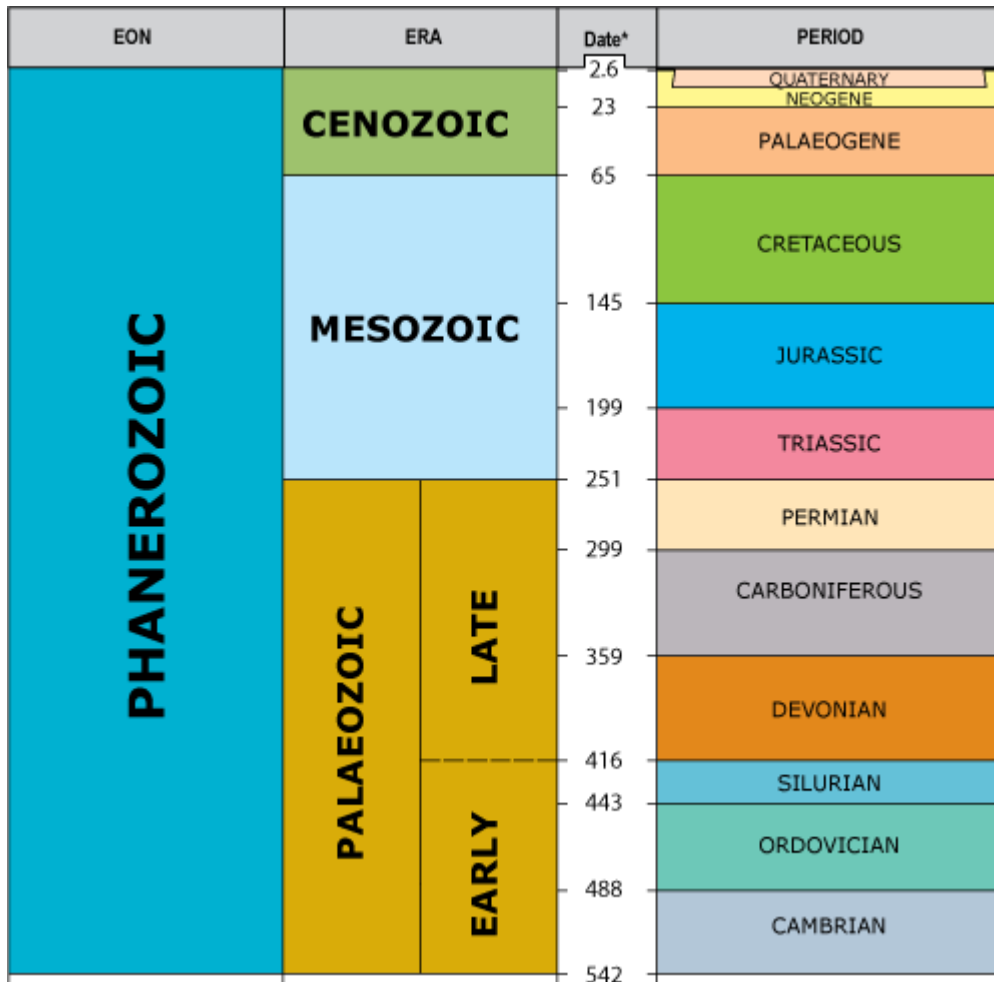
Izumrli ogranizmi: fuzulinidne foraminifere, tabulatni i rugozni koralji, trilobiti, mnogi konodonti, mnogi bodljikaši, mnogi rodovi mahovnjaka, ramenonožaca i mekušaca...

Izumiranje krajem paleozoika (PTB)

Mogući **uzroci** izumiranja

- formiranje velikog kontinentalnog prostora **PANGEA-e**
- **KLIMATSKE PROMJENE** - zahlađenje klime i glacijacija na sjevernim geografskim širinama, te pad morske razine i vruća klima na ekvatoru i nižim geog. širinama
- **VULKANSKE ERUPCIJE** - smanjenje intenziteta Sunčeve energije, opadanje temperature i promjena sastava atmosfere
- velike količine ugljičnog dioksida, metana i vodene pare u atmosferi - stvaranje “**EFEKTA STAKLENIKA**”
- smanjena cirkulacija morskih voda, **ANOKSIJA**
- **IMPAKT**
- **KOMBINACIJA FAKTORA...**

Preživjeti su mogli samo oni organizmi, koji su se uspjeli prilagoditi periodičkim izmjenama tople i hladne klime i tako nepovoljnih uvjeta, koji su vladali krajem perma → to dokazuje i **fauna s početka mezozoika**, koja nije bila raznovrsna, ali je bila široko rasprostranjena i živjela u klimatski različitim uvjetima.



British Geological Survey

- 65 mil. g. – udar asteroida
- 135–65 mil. g. – značajan razvoj dinosaura, riba, kukaca; pojava kritosjemenjača
- 181–135 mil. g. – razvoj dinosaura
- 240–205 mil. g. – oporavak nakon izumiranja krajem perma, razvoj različitih beskralježnjaka, ali i gmazova i riba, početak razvoja sisavaca. Golosjemenjače postaju dominantna skupina biljaka.

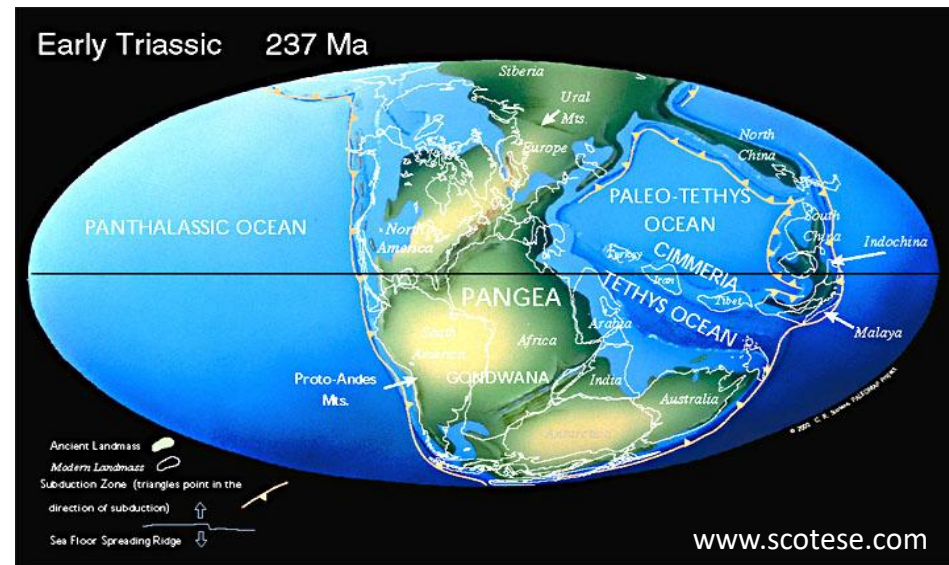


MEZOZOIK – trijas

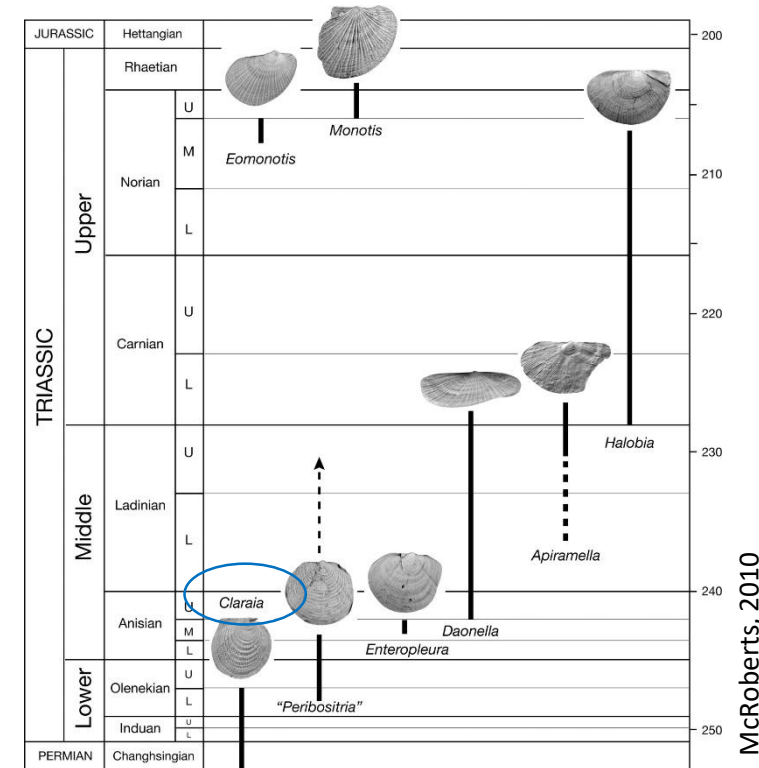
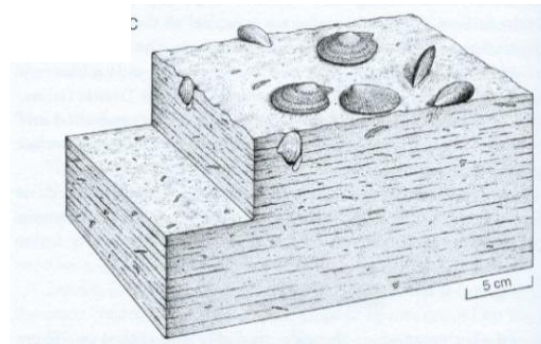
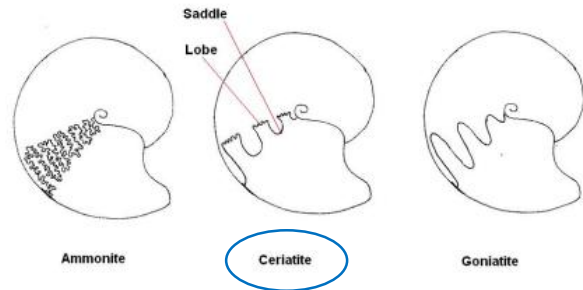
Početak mezozoika, Pangea ima maksimum površine.

Od gornjeg trijasa počinje fragmentacija Pangea-e.

Živi svijet se u mezozoiku počinje obnavljati, naročito **mekušci**.

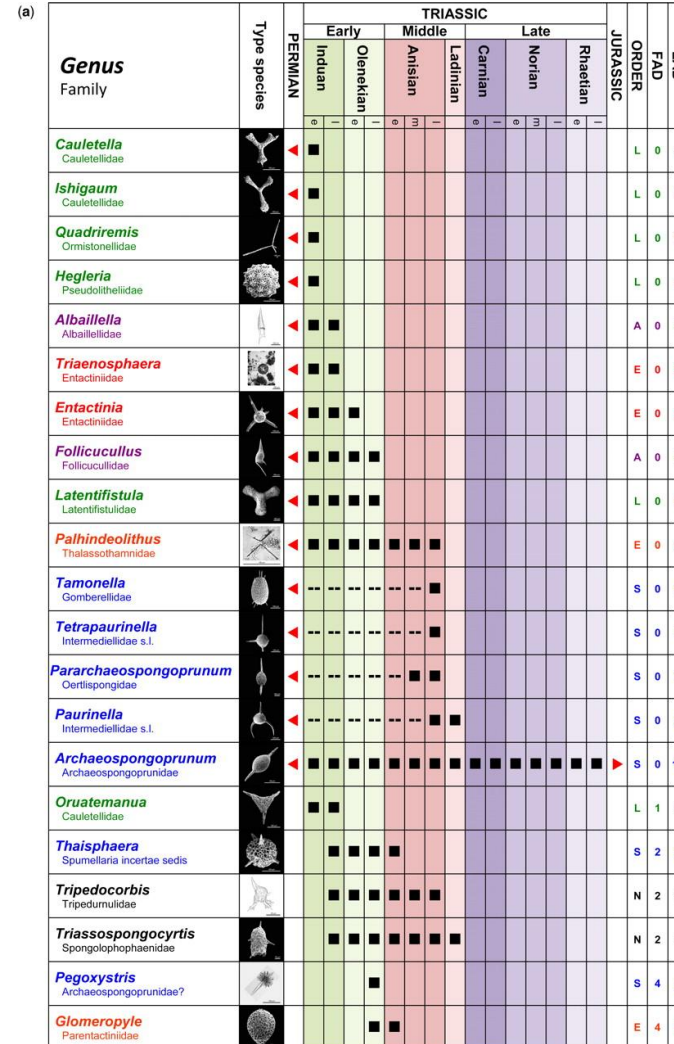
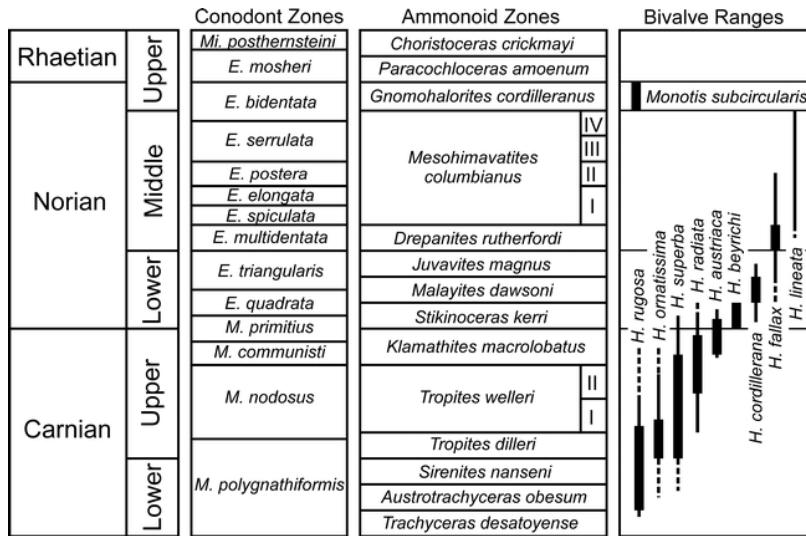


Comparison of Suture Lines



TRIJAS

Biostratigrafija trijasa na temelju konodonata, amonita i školjkaša.



Biostratigrafija na temelju radiolarija.

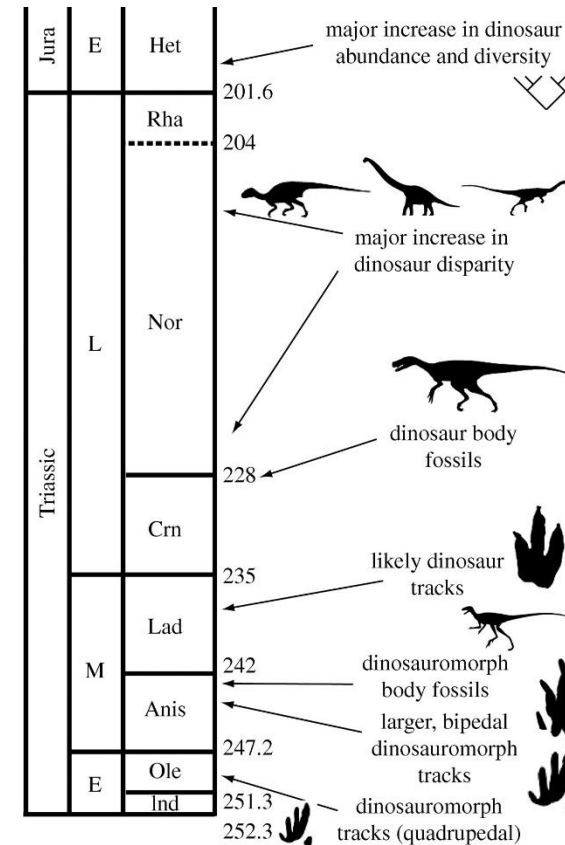
MEZOZOIK – trijas



U marinskim okolišima sve više gmazova.
Krajem trijasa javljaju se i **leteći gmazovi i sisavci**,
koji su još uvijek malih dimenzija.

Izumiranje krajem trijasa

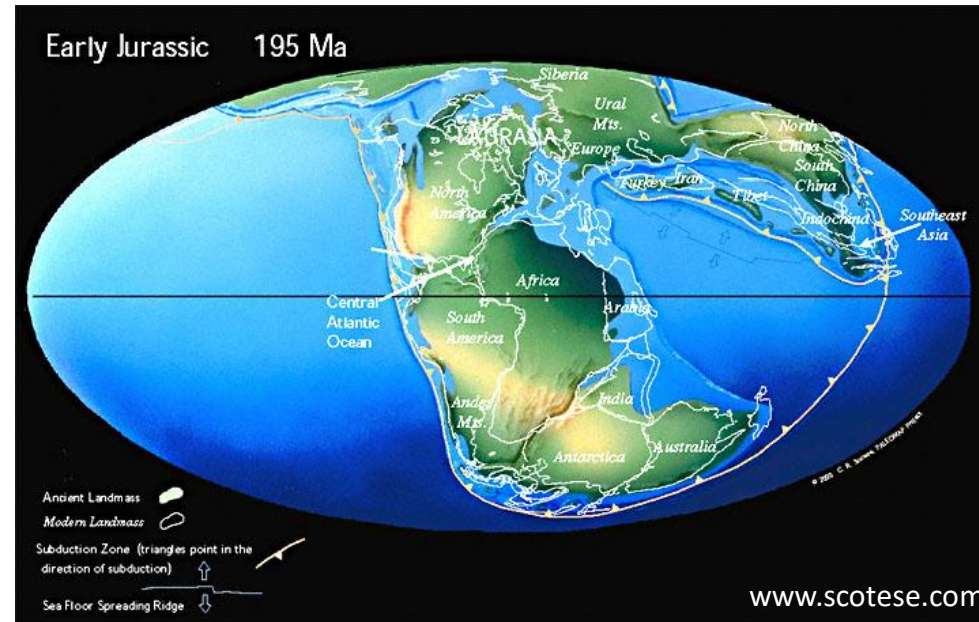
- Krajem trijasa dolazi do naglog **pada razine mora** u nekoliko navrata, nakon čega ponovo morska razina naglo raste početkom jure
- Zbog promjene razine mora dolazi do značajnih promjena u primarnoj produkciji
- Organizmi koji žive u plitkom moru gube prostor za život
- Otvara se više prostora za život, posebice za dinosaure



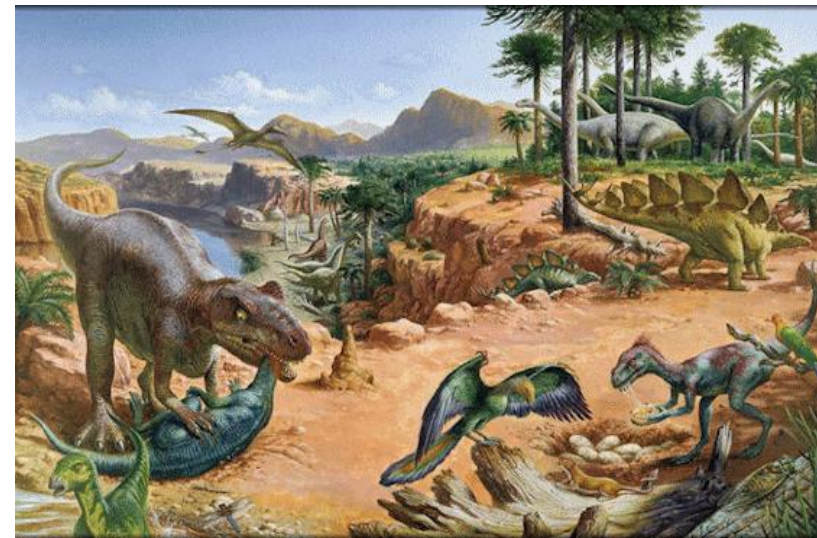
MEZOZOIK – jura

Do kraja jure dolazi do odvajanja Gondwane od Euroazije oceanskim prostorom (otvara se Atlantski ocean).

Vrijeme dominacije gmazova i amonita.



<http://www.sci-news.com/paleontology/science-ichthyosaurus-anningae-new-species-extinct-marine-reptile-02518.html>



<http://www.dinofan.com/Life/ByPeriod/ByPeriodOverview.aspx?gepid=4>

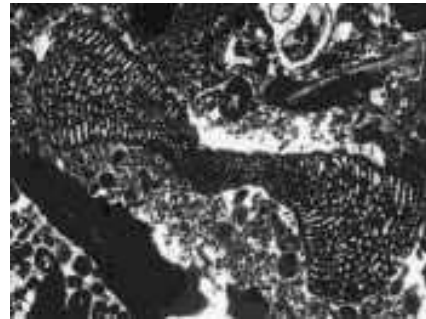
JURA

Za biostratigrafiju jure u šelfnim okolišima važne su dazikladalne alge (*Clypeina*) i foraminifere (*Orbitopsella*).

Za dublje okoliše su važni amoniti.



Alga *Clypeina*



Foraminifera *Orbitopsella*



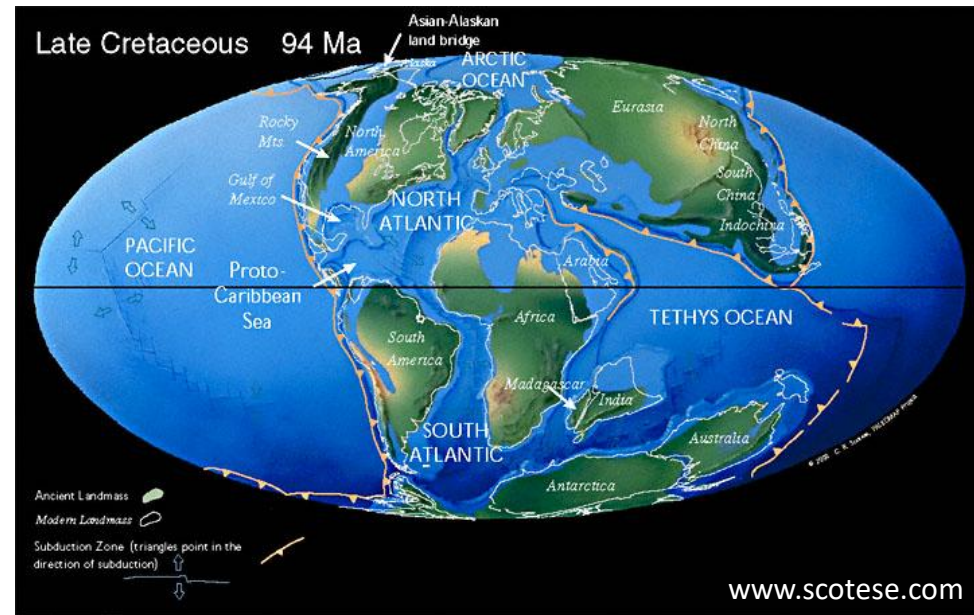
Stephanoceras,

<http://www.fossilscapes.com/fossils-cat1/ammonites-for-sale-cat1/amfs16/ammonite-for-sale-16.htm>

MEZOZOIK – kreda

Tijekom krede nastavlja se fragmentiranje Pangee, pa kontinenti sve više poprimaju današnji raspored.

Pojava kritosjemenjača.



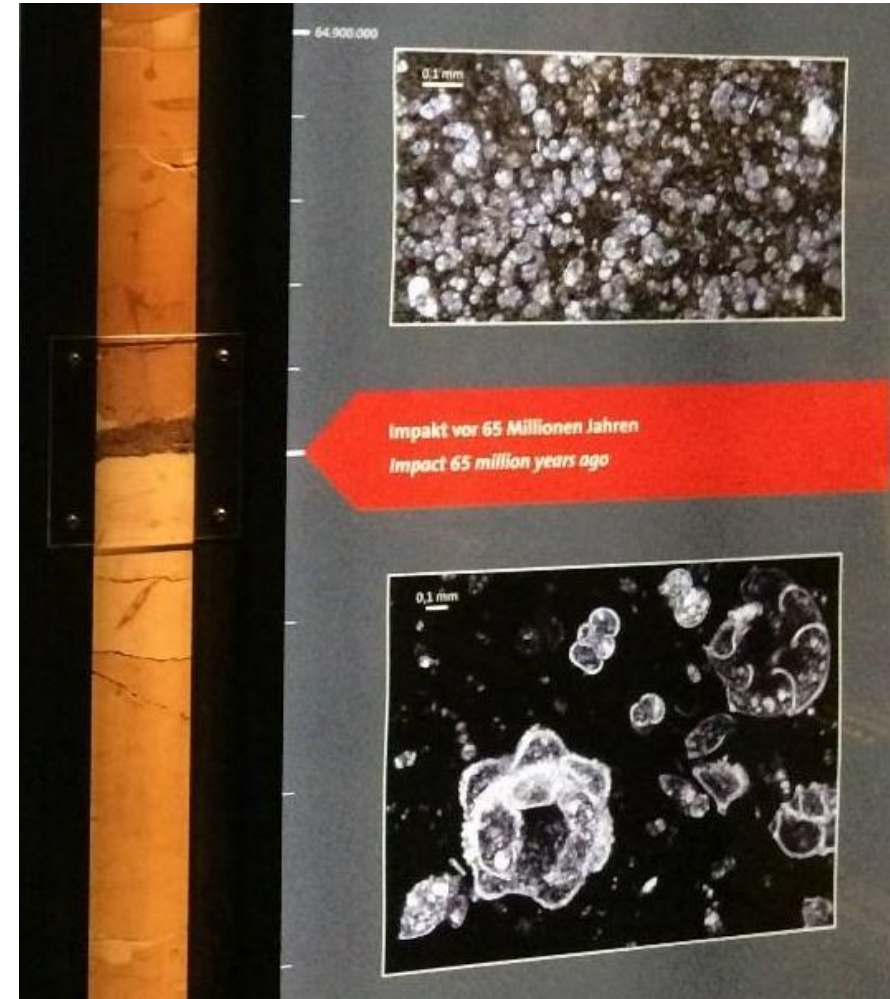
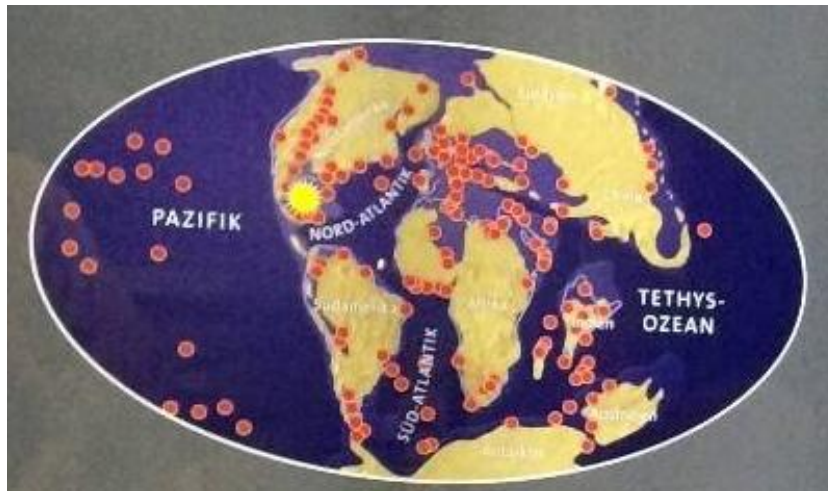
Vrijeme morskih, kopnenih (dinosauria) i letećih gmazova, uz prisustvo ptica i sisavaca!!



GRANICA kreda–paleogen

IMPAKT svemirskog tijela ostavio je krater Chicxulub (poluotok Yucatan), promjera oko 180 km.

Izumrlo 30 do 60% vrsta organizama; uz dinosaure i morski i leteći gmazovi, amoniti, mnogobrojni školjkaši – posebice rudisti, razni koralji, mahovnjaci, mnogobrojne foraminifere...



Prikaz granice K-Pg u Prirodoslovnom muzeju u Beču: prikaz mjesta impakta i lokacija u svijetu gdje je zabilježena granica K-Pg; profil iz Italije (selo Gubbio) gdje je po prvi puta zabilježen povećan udio iridija u naslagama s granice K-Pg

KENOZOIK – paleogen

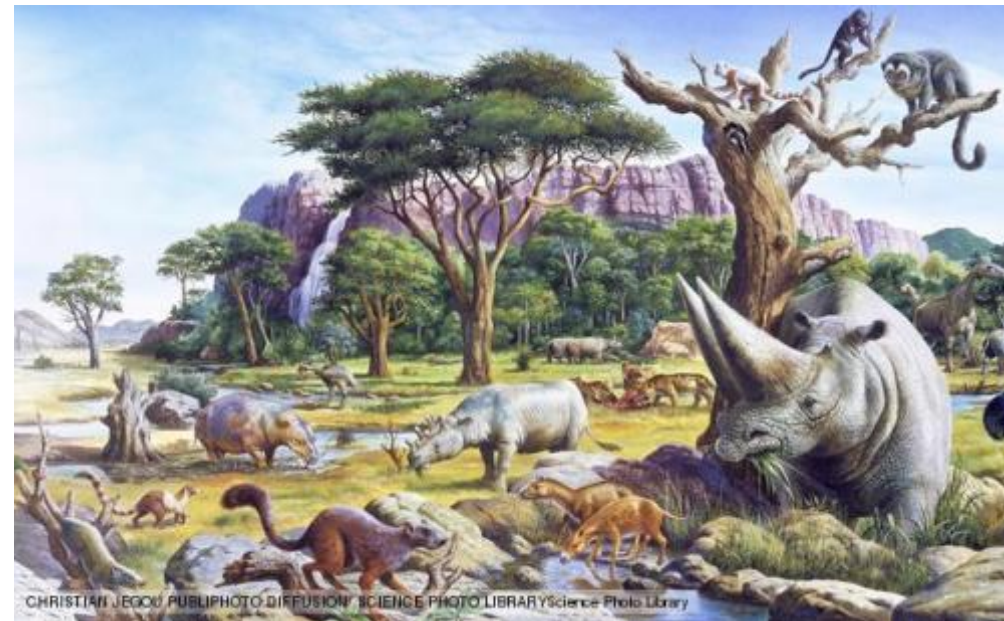
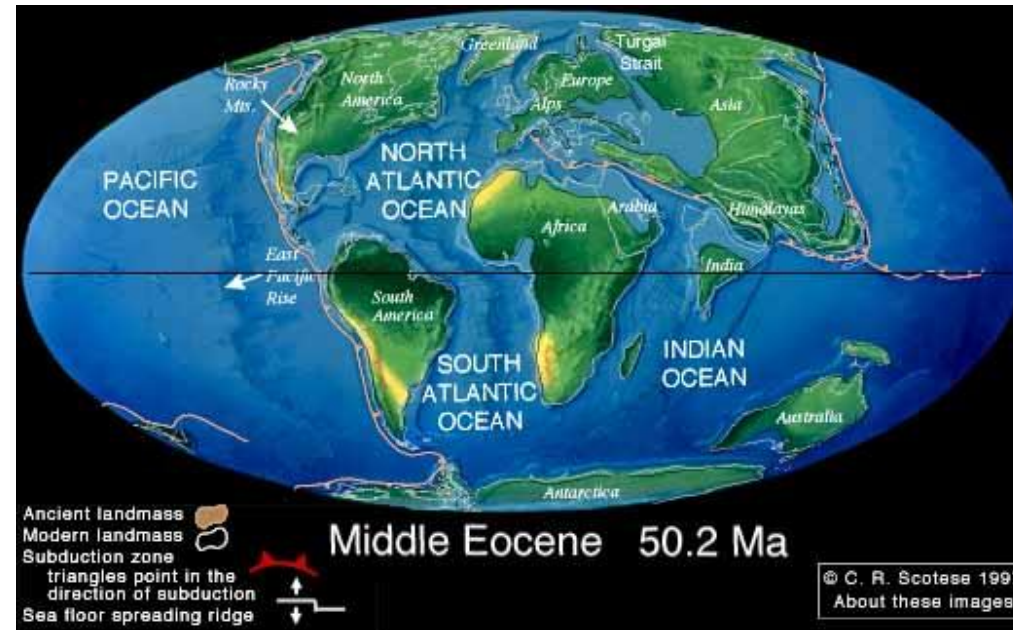
Tijekom kenozoika raspored kontinenata i živi svijet poprimaju današnje oblike.

Pojava i prevlast „modernih” školjkaša, nepravilnih ježinaca, sisavaca, ptica...

Pojava kitova (razvoj tijekom eocena), ogromnih morskih pasa, zvijeri, konja...

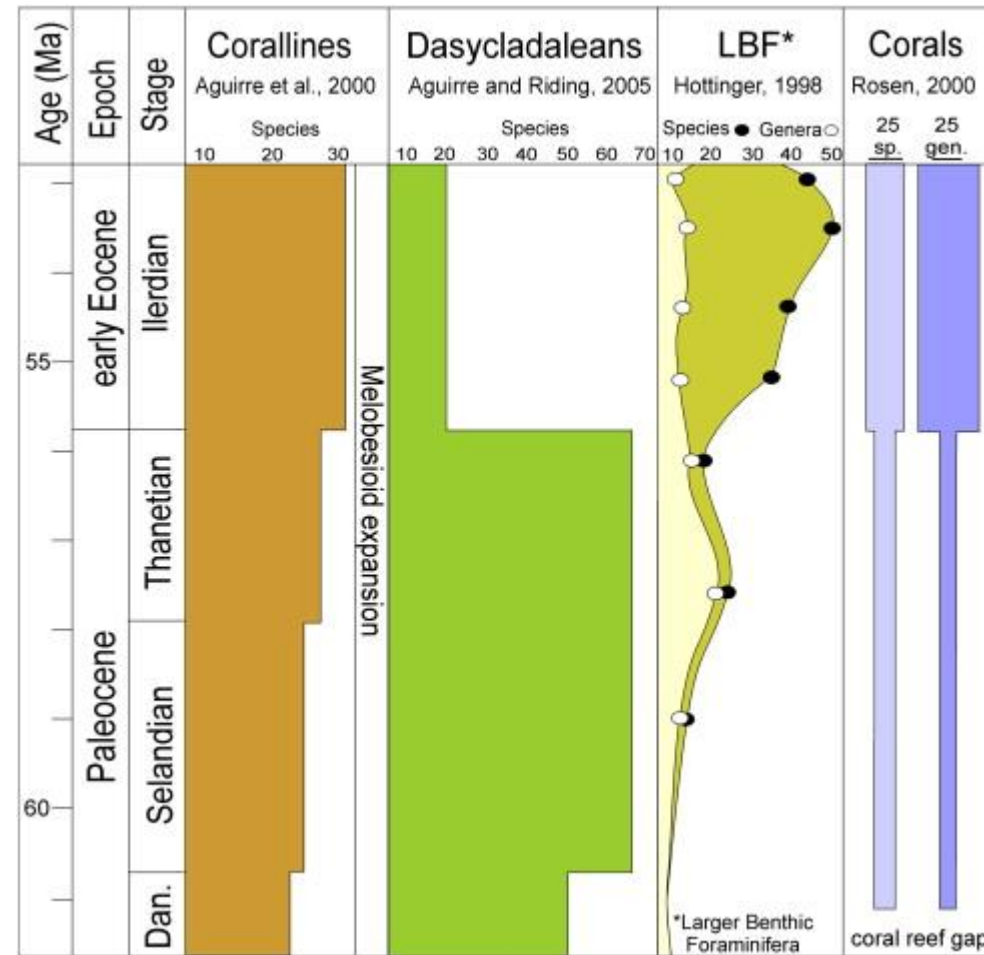
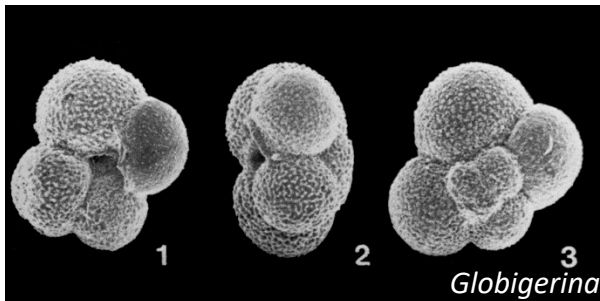
Pojava prvih primata u paleocenu; razvoj majmuna i čovjekolikih majmuna od oligocena.

Izdizanje Dinarida.



PALEOGEN

Nanoplankton; foraminifere, plankton i bentos; alge, česti predstavnici crvenih alga (Pg i Ng), oporavak koralja i grebena...

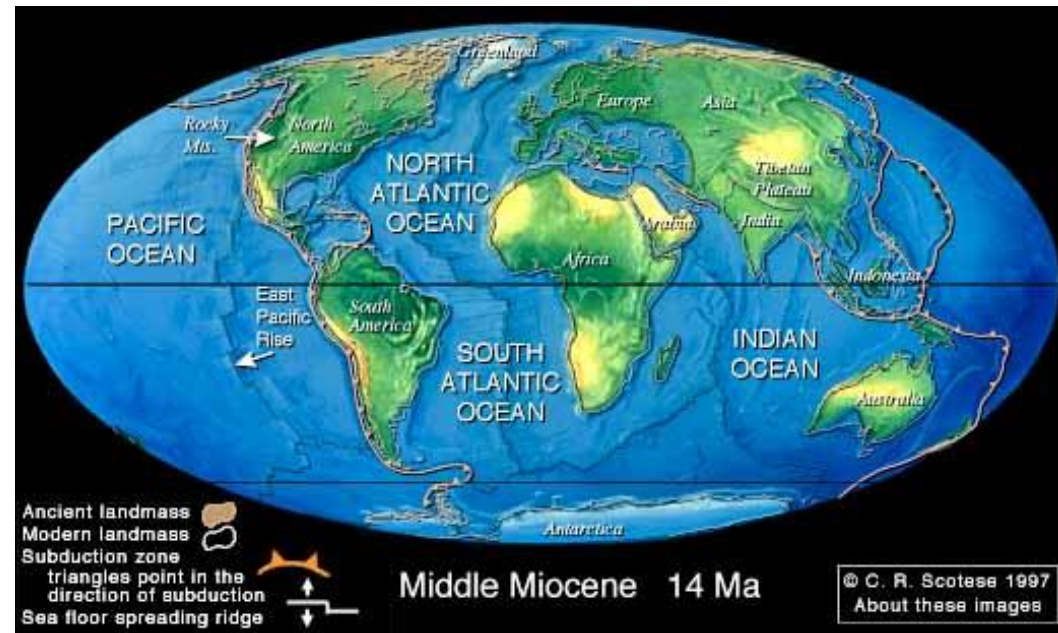


<https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2011.12.010>

KENOZOIK – neogen

GPTS	Time (Ma)	Epoch	Stage	Central Paratethys Stages	Regional Eco/Bio-Zones	Calcareous Nannofossils	Vienna Basin Depositional environment
	9	Upper Miocene	Tortonian	Pannonian	Viviparus Zone	NN10	Fluvial/Lacustrine
	10				Mytilopsis neumayn Z.	NN9	Lacustrine
	11				Congerina sublobosa Z. Congeria partschi Z. Mytilopsis hoernesii Z.	NN8	
	11				Mytilopsis ornithopsis Z.	NN7	
	12	Middle Miocene	Serravalian	Sarmatian	Porosonion granosum Zone Elphidium hauerium Elphidium reginum Anomalinoidea dividens	NN6	Restricted Marine
	13				Ammonia		Restricted Marine
	14				Bulimina-Bolivina Zone Spiroplectammina Zone		
	14	Langhian	Badenian	Lower	Upper Lagenidae Zone	NN5	Marine
	15				Lower Lagenidae Zone		
	16	Lower Miocene	Burdigalian	Karpatian		NN4	Fluvial
	17						Fluvial
	18						Lacustrine/Brackish
	19	Eggenburgian	Ottnangian		Macrochlamis holgeris Pecten hornensis-Zone	NN3	
	20				Oopecten gigas-Zone		NN2

DOI: 10.2478/v10096-011-0013-z



Značajniji napredak kitova (razvoj dupina).

Značajniji razvoj crvenih koralinacejskih algi.

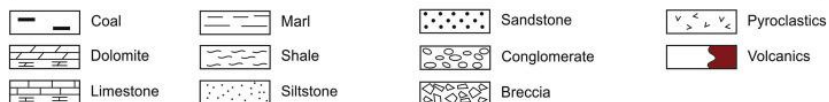
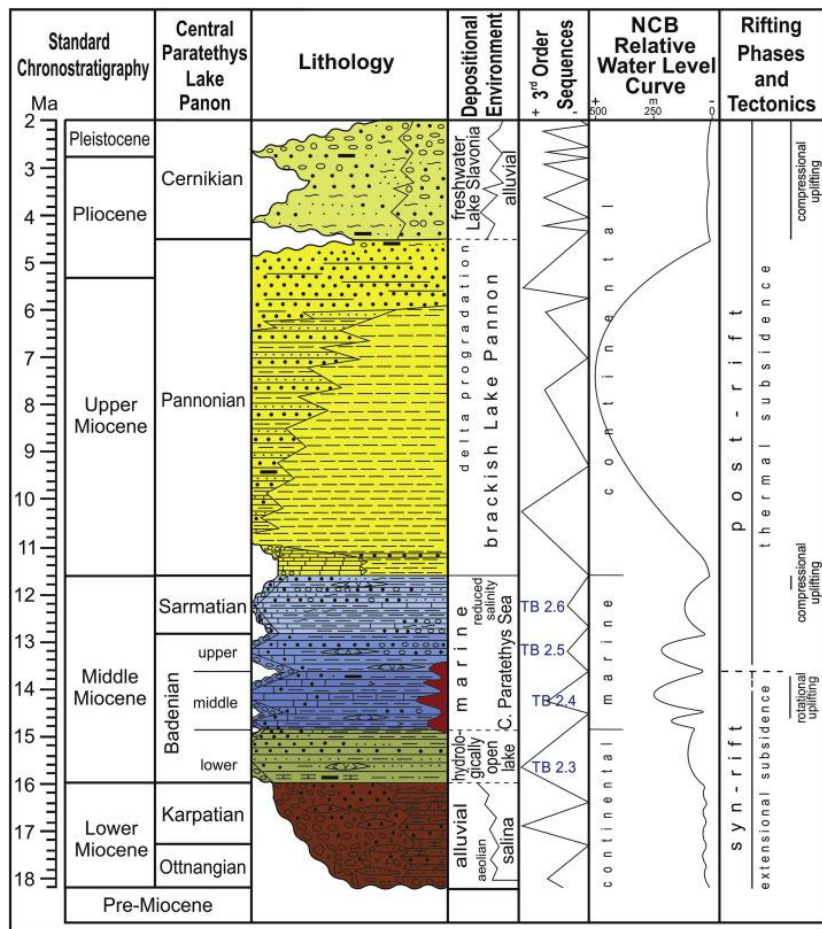
Procvat globigeridnih foraminifera u morima i slatkovodnih dijatomeja.

Zonacije na temelju foraminifera, nanoplanktona, algalnih cista...

Doba zeljastih biljaka (trava), što je pogodovalo razvoju žaba, štakora, miševa, zmija, ptica pjevica... (isprepletano)

Daljnji razvoj primata... razvoj od oligocena.

Neogen sjeverne Hrvatske



Područje centralnog Paratethysa → prijelaz iz marinskih u jezerske uvjete, oslađivanje.

Karakteristične mikrofosilne zajednice.

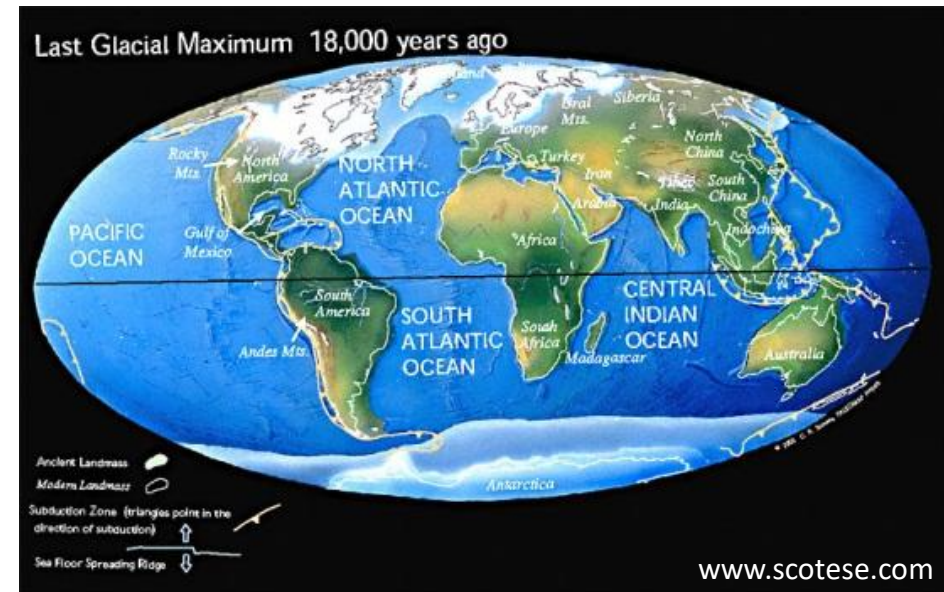
KENOZOIK – kvartar

Pleistocen – eolski sedimenti u panonskom dijelu Hrvatske, s nalazima kopnenih puževa i kostima sisavaca; eolski sedimenti i na Korčuli, Lastovu, Mljetu, Hvaru, Istri, na Susku...

- (glacio)fluvijalne naslage i na području Dinarida

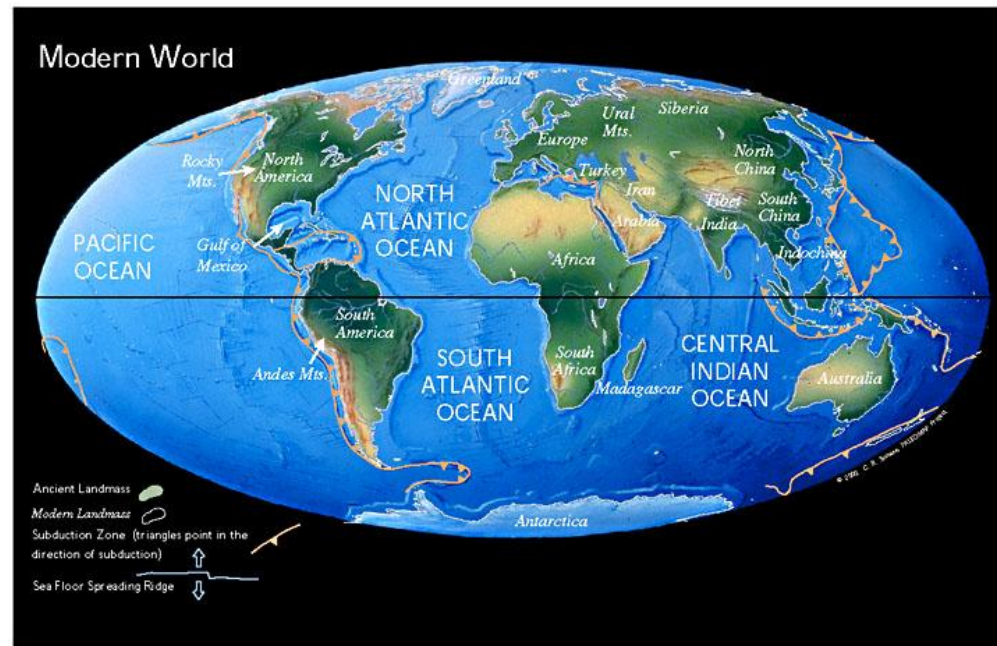
Pleistocen i holocen – taloženje uz rijeke, pomicanje korita → vodonosnici, šljunčare

Holocen – sedrene barijere – npr. Plitvička jezera



Gorjanovičev profil, Vukovar – geokronološki zapis klimatskih promjena kraja pleistocena (posljednjih stotinjak tisuća godina)

Sadašnjost...



i budućnost...

