

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

Studijski program GEOGRAFIJA

Godina I, Semestar II

April, 2020.

3 – Fanerozoik

Paleozoik (1)

dr Slobodan Radusinović, naučni saradnik UCG

Predavanja pripremljena na osnovu:

OPŠTA GEOLOGIJA

Autori udžbenika

Prof. dr Nataša Gerzina, vanredni profesor

Prof. dr Ivana Carević, vanredni profesor

Izdavač

Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, 2019

4. RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VREME

Fanerozoik

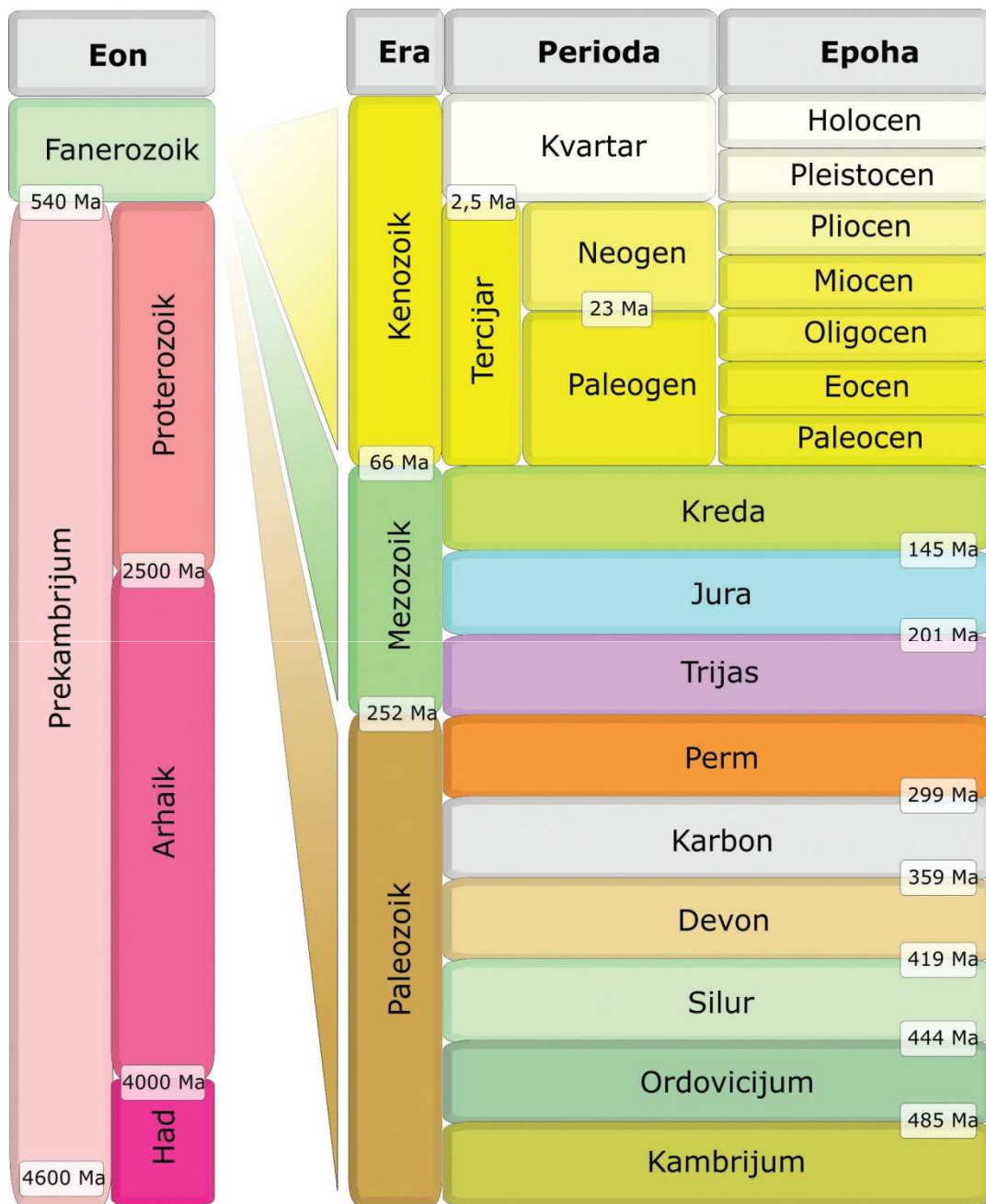
Paleozoik

Kambrijum

Ordovicijum

Silur

Devon



SLIKA 3.26 Geohronološka skala

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019

ISTORIJSKA GEOLOGIJA - GEOLOŠKA VREMENSKA SKALA-

Geološka vremenska skala

predstavlja sveukupno vrijeme od postanka Zemlje do danas – 4,6 milijardi godina.

Podijeljena je na: **eone**, eoni na **ere**, ere na **periode**, periode na **epohe**, epohe na **katove**.

“**Prekambrijum**” obuhvata tri eona: **had**, **arhaik** i **proterozoik** (sufiks “zoik” označava prisustvo životinjskog svijeta) – vrijeme od nastanka Zemlje do prije 540 Ma, odnosno do pojave “vidljivog života” na Zemlji.

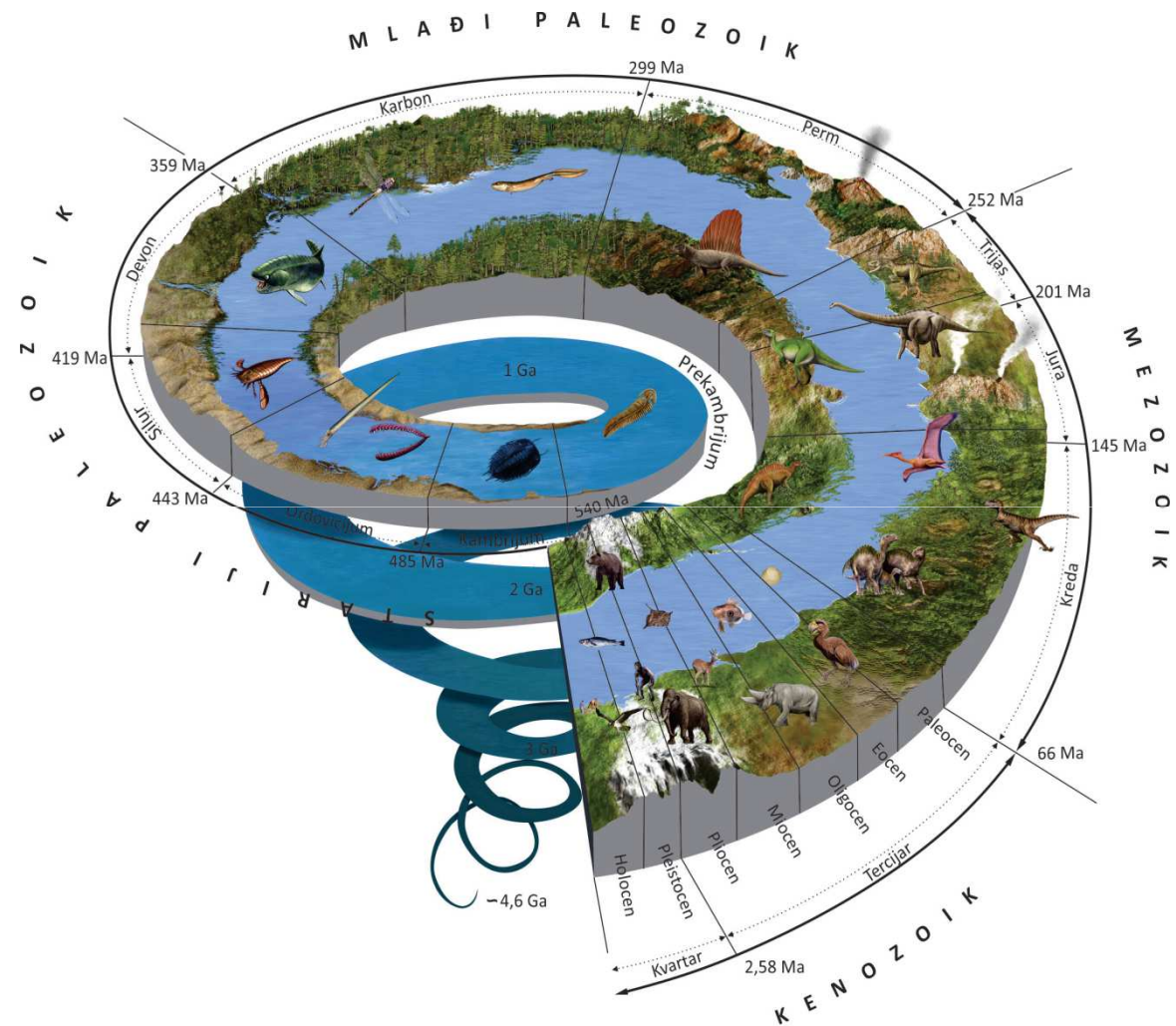
Fanerozoik – poslednji eon u geološkoj istoriji Zemlje zraje poslednjih 540 Ma i podijeljen je na tri ere: **paleozoik**, **mezozoik** i **kenozoik**.

Granice između era su obilježene masovnim izumiranjem živog svijeta.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

Razvoj Zemlje traje već milijardama godina. Najveći dio vremena tokom geološke istorije Zemlja je predstavljala gotovo beživotnu planetu. Početkom fanerozoika nastaje pojava, a tokom njegovog trajanja dinamičan razvoj života na Zemlji. Različite biljne i životinske grupe su nestajale tokom masovnih izumiranja, a umesto njih su se pojavljivale nove, bolje prilagođene novonastalim uslovima.



SLIKA 3.1 Spiralna skala geološkog vremena
(Foto: Nicolas Primola/Depositphotos)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

FANEROZOIK

Fanerozoik je eon tokom koga je planeta Zemlja pretrpjela velike promene.

Nakon četiri milijarde gotovo sterilnog perioda, dolazi do naglog razvoja života na Zemlji.

Ako izuzmemo najprimitivnije oblike života iz prekambrijuma, možemo reći da je cjelokupan živi svijet nastao u fanerozoiku.

Raznovrstan biljni i životinjski svijet polako se širi i osvaja sve djelove planete.

U geotektonskom smislu, fanerozoik je obilježen formiranjem ***Pangee***, superkontinenta koji se kasnije raspao na današnje kontinente.

Fanerozoik je podijeljen na tri ere:

- PALEOZOIK,
- MEZOZOIK i
- KENOZOIK.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PALEOZOIK

Paleozojska era je vrijeme procvata života na Zemlji.

U okeanima su se razvile različite životne forme, koje su ubrzo počele naseljavati kopno.

Prvi kopneni stanovnici bile su biljke, zatim različite vrste beskičmenjaka, a nedugo zatim su i kičmenjaci naselili kopnenu sredinu.

Tako su se na kopnu ubrzano razvile mnoge životinjske i biljne vrste.

Kraj paleozoika obilježilo je najveće masovno izumiranje u istoriji Zemlje, kada je nestalo oko 95 % marinskih i oko 70% kopnenih organizama.

Periode paleozoika:

- KAMBRIJUM,
- ORDOVICIJUM,
- SILUR,
- DEVON,
- KARBON i
- PERM.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

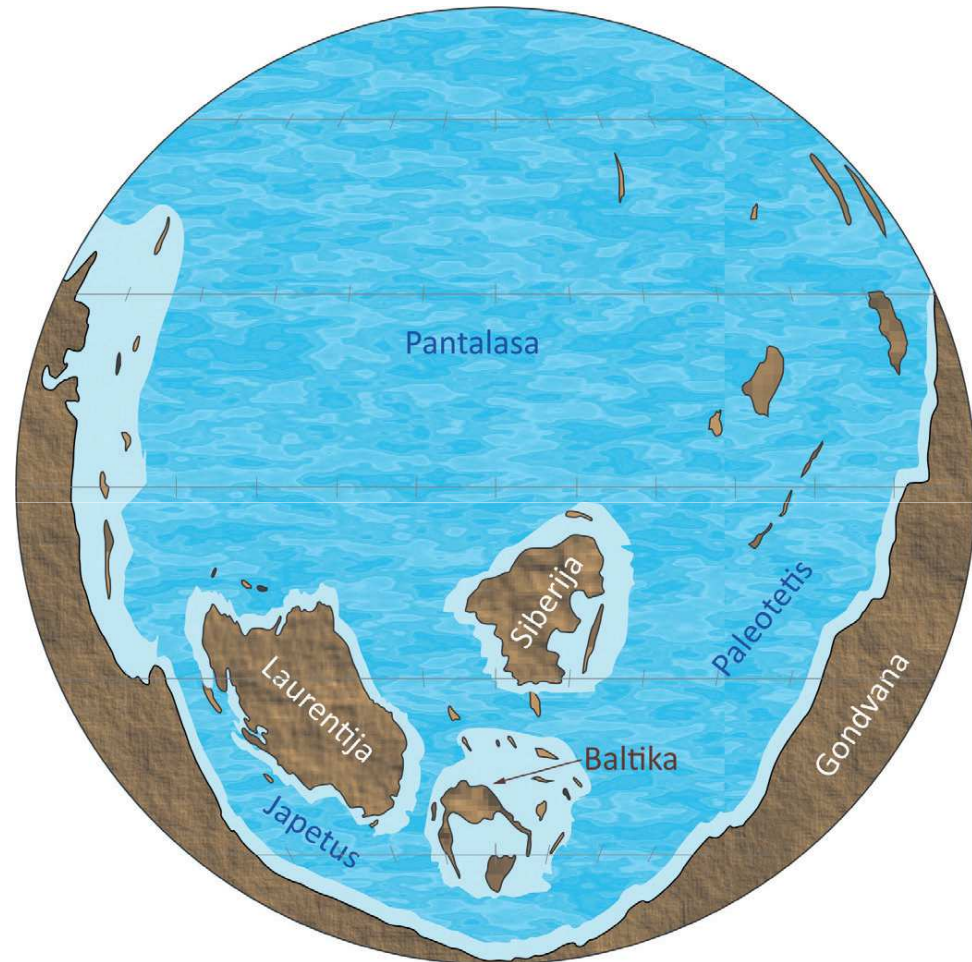
- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KAMBRIJUM

Kambrijum je prva perioda fanerozoika, koja je trajala oko **56 miliona godina** (~541–485 Ma).

Nakon ledenog doba pred kraj proterozoika, u kambrijumu je počelo otapanje leda, što se odrazilo na globalan porast nivoa mora i topliju klimu.

Na južnoj hemisferi su se nalazile četiri velike kontinentalne mase (**Gondvana, Laurentija, Baltika i Siberija**) i mnoštvo malih kontinentalnih blokova (SLIKA 4.8.)



SLIKA 4.8 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinentalnih masa početkom kambrijuma

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KAMBRIJUM

Transgresija (*rast nivoa svjetskog mora*) je dovela do formiranja epikontinentalnih mora na obodnim djelovima kontinenta, a i unutrašnjosti većine kontinenta su često plavljene.

U plitkim morima na rubovima kontinentalnih masa formirani su prostrani grebeni izgrađeni od **arheocijata** (*izumrli rođaci sunđera*) (SLIKA 4.9) i cijanobakterija.

U kambrijumu se znatno povećala količina kiseonika u okeanima, što je omogućilo **procvat marinske faune**, prvenstveno zglavkara.

Prvi put se pojavljuju **životinje sa čvrstim ljušturama**, što je olakšalo njihovu kasniju fosilizaciju.



SLIKA 4.9 Fosilni arheocijati, Rolandov greben, Nevada, SAD (Foto: Killamator/Wikimedia)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KAMBRIJUM

Trilobiti - naročito brojna i raznovrsna grupa kambrijumskih beskičmenjaka (SLIKA 4.11).

Iako su živjeli skoro do kraja paleozoika, dominacija trilobita u kambrijumu čini ih karakteristikom te periode.

Pitanje je, međutim, da li su trilobiti zaista bili dominantna grupa ili su se prosto lakše očuvali u fosilnom stanju zahvaljujući **čvrstoj ljušturi**.

Život u kambrijumu se uglavnom odvijao u morskoj sredini i to na njenom dnu. Kopno je i dalje bilo beživotno, jer nije bilo kopnenih biljaka koje bi podržale razvoj kopnenih ekosistema.

Fotosintezu su i dalje vršile bakterije i alge koje su živjele u plitkim morima.

Tokom kambrijuma je bilo nekoliko perioda drastičnog pada količine kiseonika i porasta vodonik-sulfida, što je rezultiralo masovnim izumiranjima živog svijeta.

Tako su mnoge kambrijumske vrste, kao eksperimenti rane evolucije, završile svoj život u ovoj periodi.



SLIKA 4.11 Fosil trilobita (Foto: Miguel/Pngtree)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

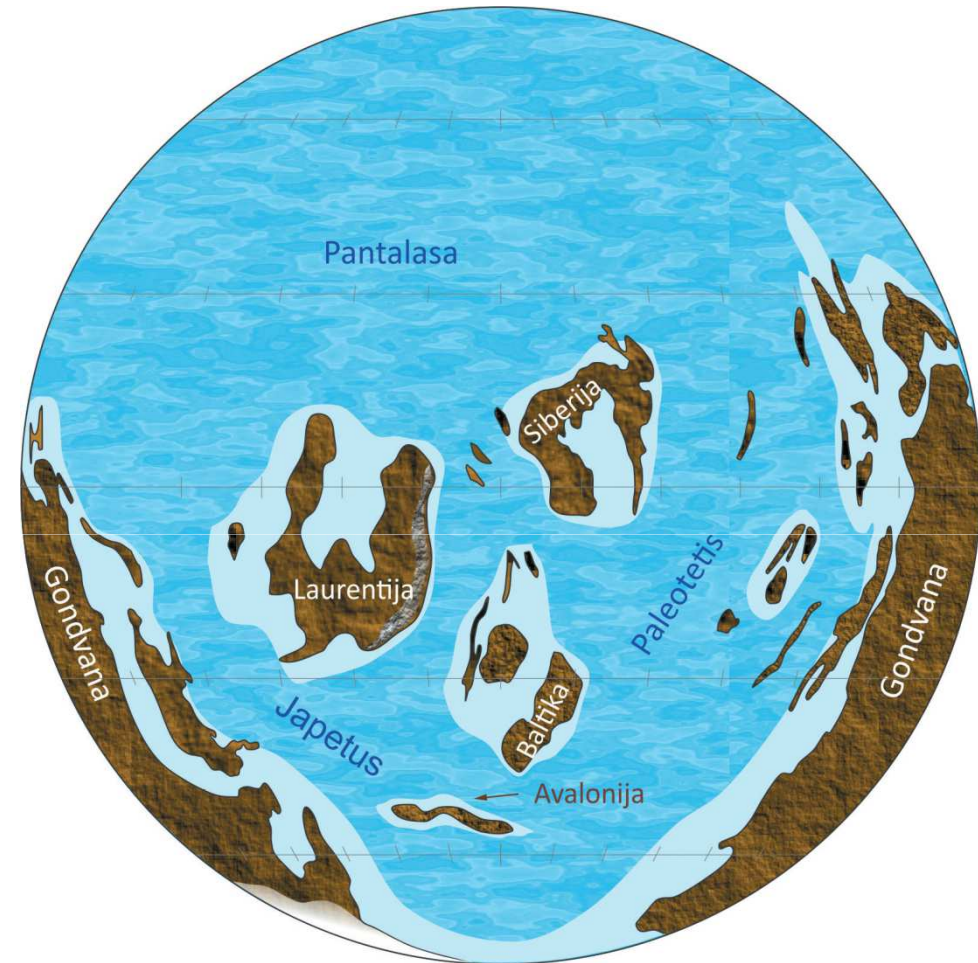
- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

ORDOVICIJUM

Nakon masovnog izumiranja na kraju kambrijuma počinje **ordovicijum**, perioda koja je trajala oko **40 miliona godina** (~485–443 Ma).

Početak ordovicijuma, na sjevernoj hemisferi je i dalje uglavnom bio okeanski prostor, dok je na južnoj, pored **Laurentije, Siberije i Baltike**, najveći dio kontinentalnih masa bio koncentrisan u okviru **Gondvane**.

Sredinom ordovicijuma došlo je do velikih paleogeografskih promjena (SLIKA 4.12).



SLIKA 4.12 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinentalnih masa tokom ordovicijuma

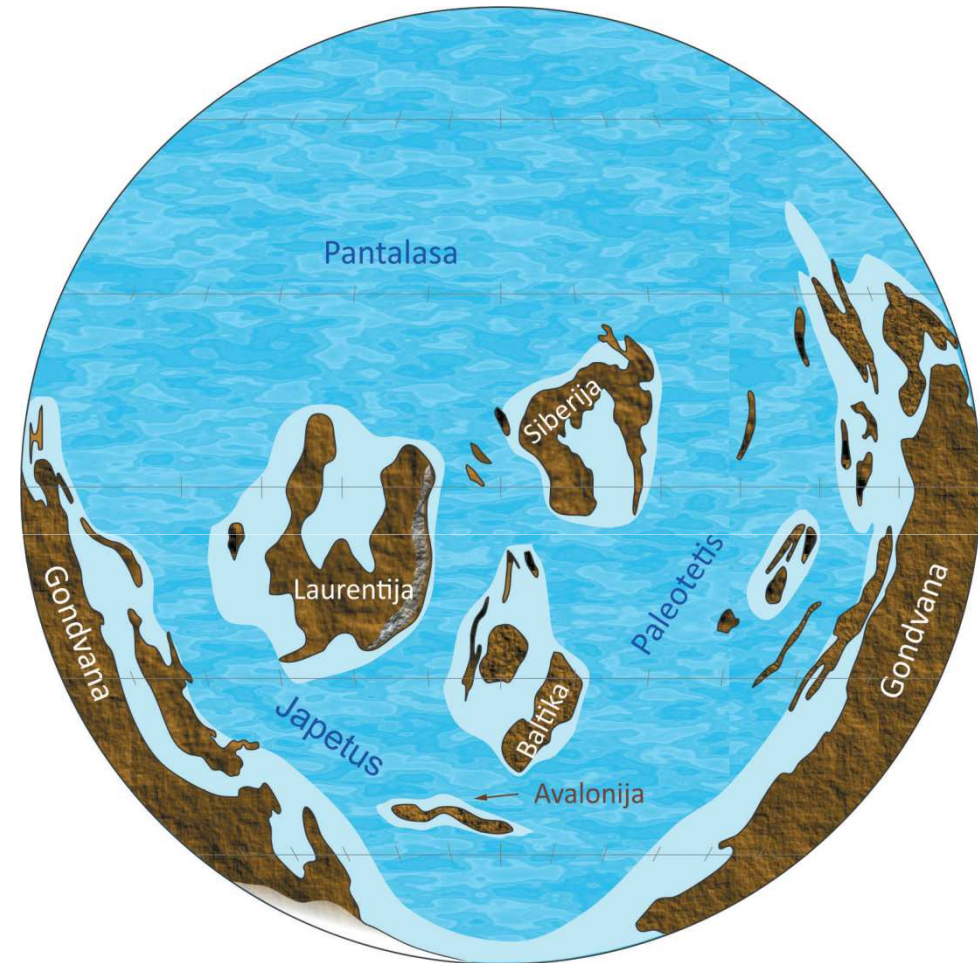
ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

ORDOVICIJUM

Počelo je približavanje **Baltike** (današnja centralna i sjeverna Evropa, uključujući Skandinaviju) i **Laurentije** (današnja Sjeverna Amerika i Grenland), kojima se uskoro pridružila i **Avalonija** (današnja zapadna Evropa), novi kontinent nastao cijepanjem **Gondvane**.

Ovi tektonski događaji bili su praćeni intenzivnom **vulkanskom aktivnošću**, pa je povećana količina ugljendioksida u atmosferi dovela do efekta staklene bašte.



SLIKA 4.12 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinentalnih masa tokom ordovicijuma

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

ORDOVICIJUM

Konvergencija je dovela do izdizanja najvećeg dijela kopna prekrivenog plitkim morima i početka formiranja planinskog vijenca na prostoru **Laurentije** (*današnji Apalači i Skandinavske planine*).

Za to vrijeme, **Gondvana** se polako približavala Južnom polu, pri čemu je najveći dio ovog prostranog kontinenta bio ispod površine mora.

Topla voda i velika vlažnost vazduha u ordovicijumu predstavljali su povoljne uslove za razvoj živog svijeta.

Kada je Gondvana konačno dospjela u područje Južnog pola krajem ordovicijuma, na njoj je formiran **debeli ledeni pokrivač**.

Zaglečeravanje je dovelo do **regresije** (*opadanje nivoa svjetskog mora*), što je imalo za rezultat novo masovno izumiranje u kome je nestalo više od polovine životinjskih vrsta koje su živjele u okeanima tog vremena.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

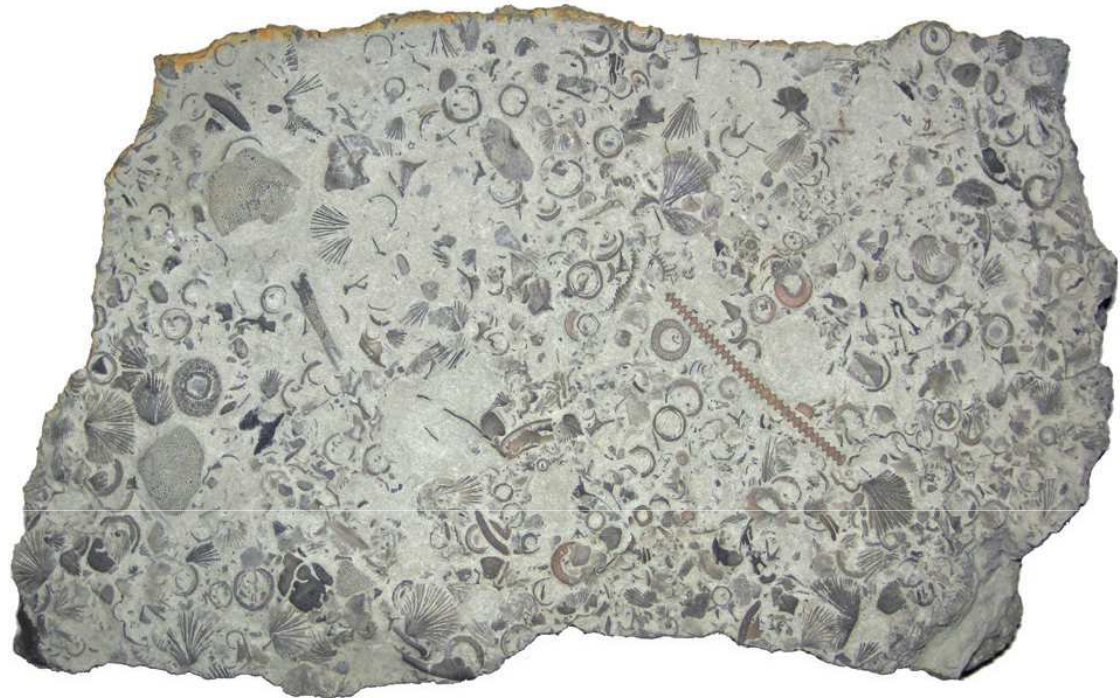
ORDOVICIJUM

Faunu ordovicijuma karakteriše raznovrsnost **marinskih beskičmenjaka** (SLIKE 4.13 i 4.14).

Osim brojnih **graptolita**, **brahiopoda** i **trilobita**, tipičnu marinsku faunu ordovicijuma čine i **konodonti** (fosilni ostaci viličnog aparata primitivnih hordata), **crvene i zelene alge**, **cefalopodi**, **korali**, **krinoidi** i **gastropodi**.

U ordovicijumu su se pojavili prvi **korali** ali su i dalje dominantni sprudotvorni organizmi bili **alge**, **sundžeri** i ponekad **briozoe**.

Iako su **fragmenti kičmenjaka** poznati još iz kambrijuma, ordovicijum je obilježen pojavom prvih kompletnih fosila kičmenjaka, **bezviličnih oklopnjača** (ostrakodermi).



SLIKA 4.13 Fosilonosni krečnjak, gornji ordovicijum
(Foto: James St John/Flickr)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

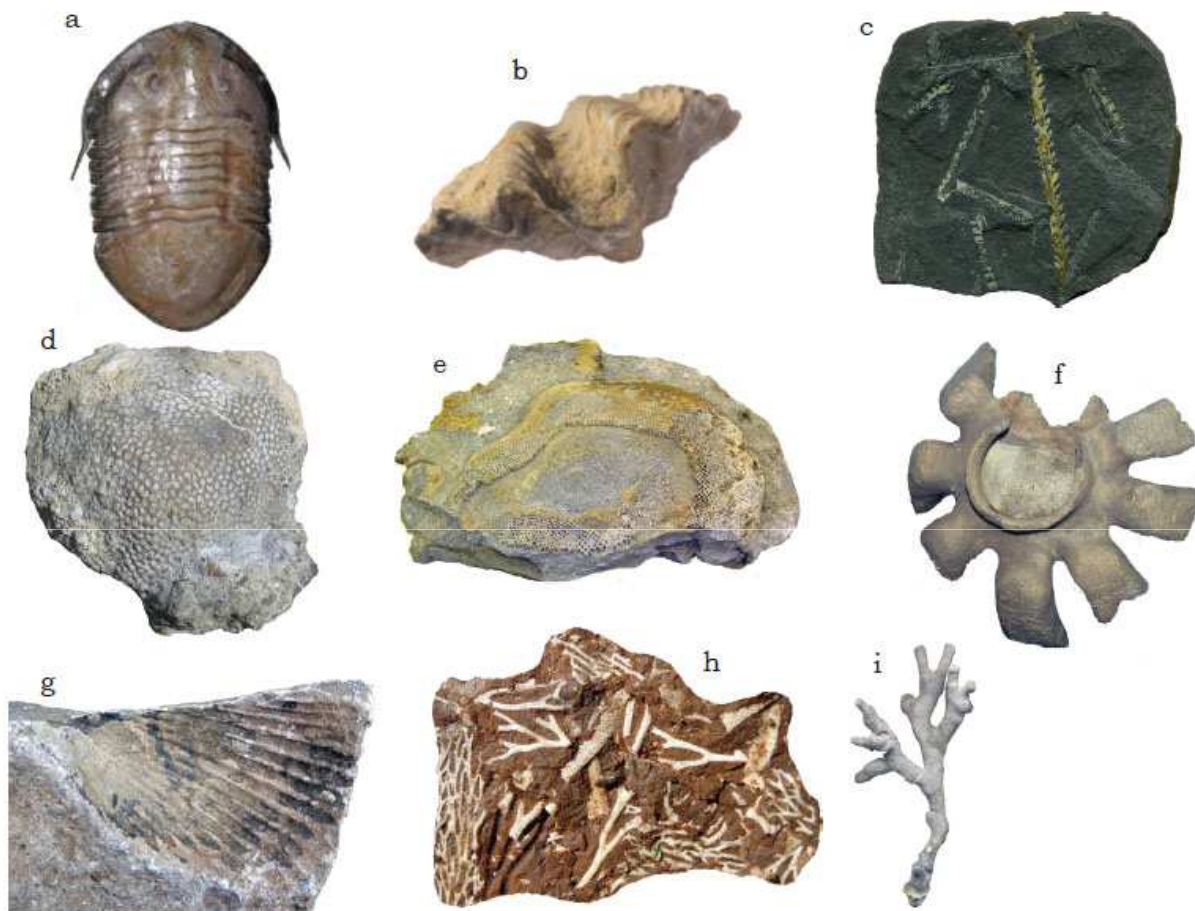
- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

ORDOVICIJUM

Pojava života na kopnu je najznačajnije obilježje ordovicijuma.

Ostaci prvih kopnenih zglavkara i nesigurni mikrofosilni ostaci kopnenih biljaka potiču iz ovog perioda.

Nalazak **spora** u ordovicijumskim sedimentima, sličnih sporama primitivnih kopnenih biljaka, ukazuje na mogućnost da su se **ordovicijumu pojavile prve kopnene biljke.**



SLIKA 4.14 Marinski beskičmenjaci ordovicijuma a) *Isotelus maximus*, fosilni trilobit (gornji ordovicijum, Ohajo, SAD) (Foto: James St. John/Flickr) b) *Spirifer perlamosus*, gornji ordovicijum (Foto: Door Dwergenpaartje/Wikimedia) c) *Climacograptus wilsoni*, fosilni graptolit (srednji ordovicijum, Škotska) (Foto: James St. John/Flickr) d) *Protaraea richmondensis*, fosilni koral koji inkrustrira *Rafinesquina* brahiopodsku ljušturu (gornji ordovicijum, Indijana, SAD) (Foto: James St. John/Flickr) e) *Fisherites reticulatus* fosilna alga (gornji ordovicijum, Misuri, SAD) (Foto: James St. John/Flickr) f) *Brachiospongia digitata* fosilni sunder (ordovicijum, Kentaki, SAD) (Foto: James St. John/Flickr) g) *Ambonychia* sp. - fosilna školjka u krečnjaku, ordovicijum, Ohajo, SAD (Foto: James St. John/Flickr) h) Fosili briozoa u ordovicijumskom krečnjaku Ohaja, SAD (Foto: James St. John/Flickr) i) Rekonstruisana fosilna briozojska kolonija (ordovicijum, Ohajo, SAD) (Foto: James St. John/Flickr)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

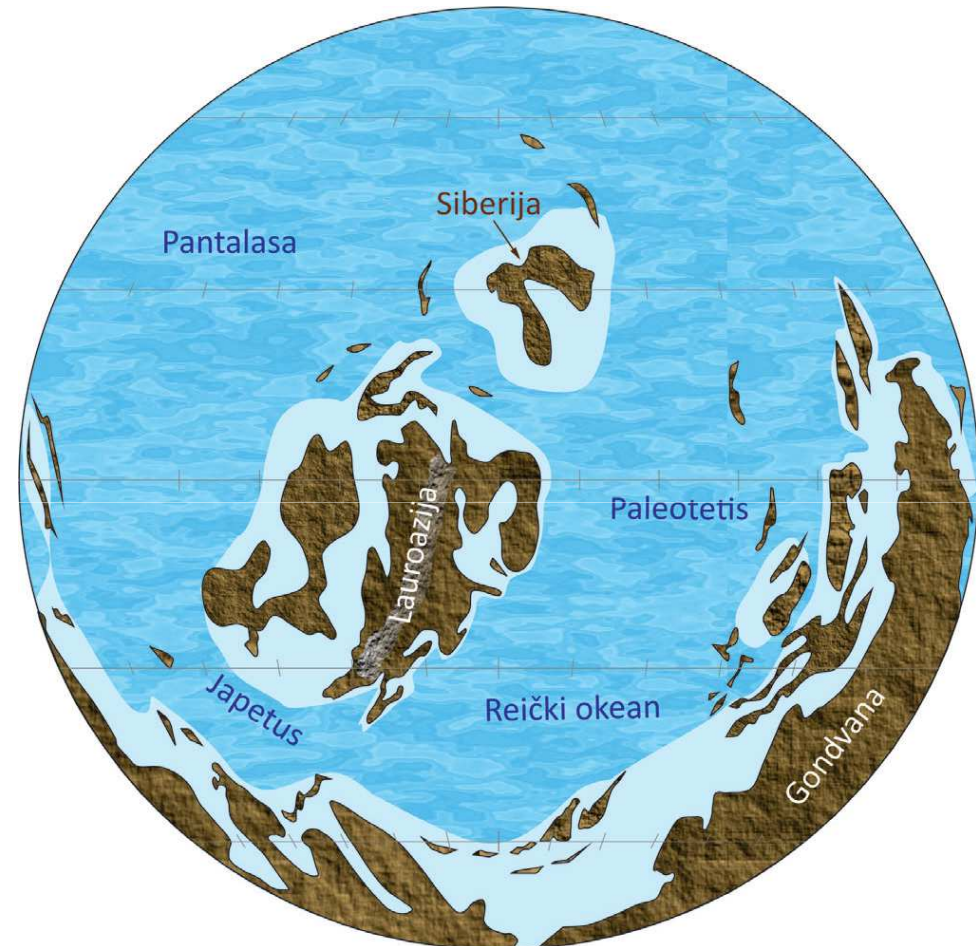
- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

SILUR

Tokom oko **24 miliona godina** (~443–419 Ma), koliko je trajala perioda **silura**, Zemlja je pretrpjela značajne promjene, kako paleogeografske i klimatske, tako i u pogledu evolucije živog svijeta.

U siluru se nastavilo zatvaranje Japetusa, okeanskog prostora između **Laurentije**, **Baltike** i **Avalonije** (SLIKA 4.15).

Na konvergentnim granicama počela je **kaledonska orogeneza**, tj. formiranje planinskih vijenaca (današnji **Apalači** i **skandinavske planine**) koji će postati dio novog velikog kontinenta – **Lauroazije**.



SLIKA 4.15 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinentalnih masa tokom silura

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

SILUR

Nakon znatnih klimatskih varijacija u ordovicijumu, ***silur je perioda relativno stabilne, uglavnom tople klime.***

Otapanje lednika, nastalih krajem ordovicijuma na prostoru ***Gondvane***, dovelo je do globalnog porasta nivoa mora početkom silura, pa su na obodima kontinenata ***transgresijom*** opet formirana plitka, topla mora koja su obilovala životom.

Na dnu prostranih epikontinentalnih mora i dalje su rasli grebeni ali sada su dominantnu ulogu u njihovom formiranju preuzeli ***korali*** (SLIKA 4.16).



SLIKA 4.16 *Halysites* sp., silurski tabulatni koral (Foto: [Wilson44691/wikimedia](#))

ISTORIJSKA GEOLOGIJA - RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

SILUR

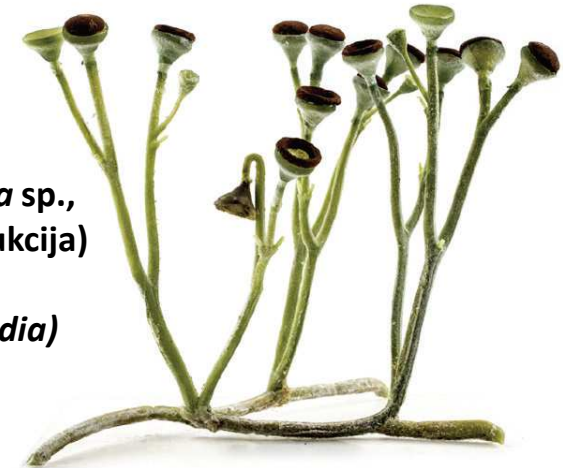
U morskoj sredini su se pojavili nektonski organizmi, pa se život u morima i okeanima nije više odvijao samo na dnu. Velika promjena ogleda se u pojavi **prvih pravih riba** (od kojih su se neke adaptirale na život u slatkoj vodi) i džinovskih **morskih škorpija**.

Krajem silura ponovo je došlo do globalnog pada nivoa mora, pa su nakon regresije kontinentalni prostori opet bili iznad površine vode.

Na kopnu su se pojavile prve višćelijske biljke, naselivši vlažna područja u blizini mora, reka i jezera.

Ove prve kopnene biljke nijesu imale ni korjen ni listove, već su predstavljale čvrste niti kojima su tekli voda i hranljive materije (SLIKE 4.17 i 4.18).

SLIKA 4.17 *Cooksonia* sp.,
gornji silur (rekonstrukcija)
(Autor: Matteo
DeStefano/Wikimedia)



SLIKA 4.18
Cooksonia sp.,
fossilna kopnena
biljka, Silur,
Kanada.
(Foto: James St.
John/Flickr)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

SILUR

Za biljkama je kopno polako naseljavao i životinjski svijet, pa iz silura potiču nalasci ***prvih kopnenih zglavkara***.

Smatra se da je razvoj života na kopnu tokom silura u direktnoj vezi sa debljinom ozonskog omotača.

Iako je ozonski omotač postojao još u prekambrijumu, bio je toliko tanak da nije pružao zaštitu od jakog ultraljubičastog zračenja.

Zato se u početku život razvijao isključivo u morskim dubinama.

Vremenom je debljina ozonskog omotača rasla i u siluru je ona bila dovoljna da pruži biološki efikasnu zaštitu i na kopnu.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019

DEVON

Nakon silura, približno sledećih **60 miliona godina** pripada **devonskoj periodi** (~419–359 Ma).

Paleogeografija devona nije bitno promijenjena u odnosu na silursku periodu.

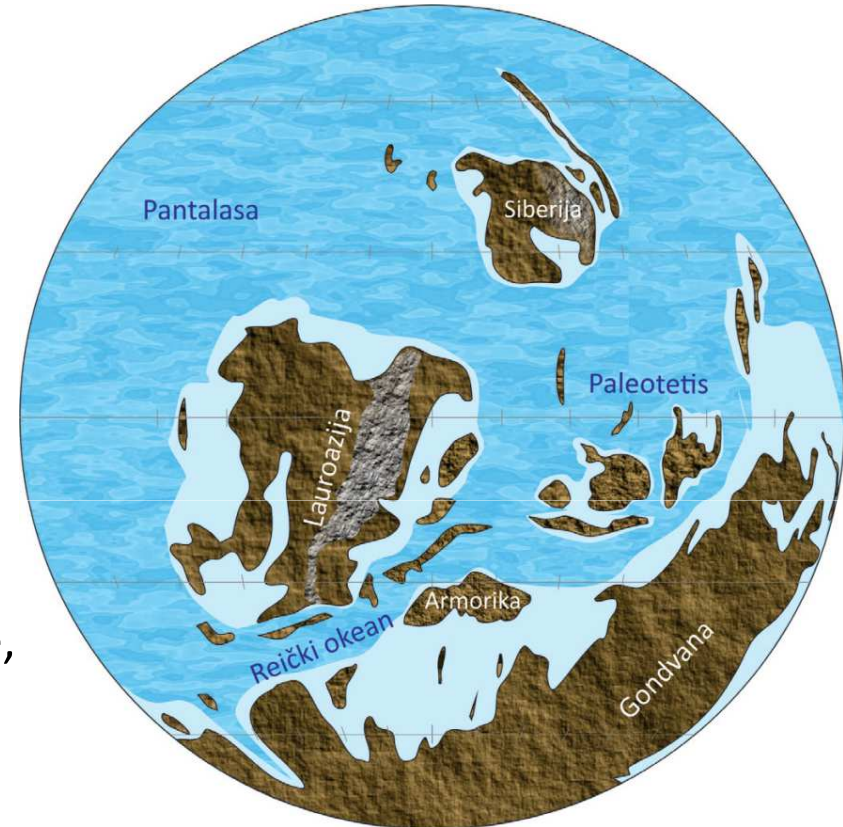
U ekvatorijalnom prostoru nalazila se **Lauroazija**, velikim dijelom prekrivena plitkim morima, a **Siberija** je locirana nešto sjevernije (SLIKA 4.19).

Orogeneza na prostoru **Lauroazije** i dalje traje, pa je i erozija na tom prostoru intenzivna.

Tako je nastala ogromna količina sedimenata koji su taloženi na zaravnjenim kopnenim prostorima i u plitkim morima.

Najveći dio kopna, predstavljen **Gondvanom** i nekoliko manjih kontinentalnih blokova, i dalje je na južnoj hemisferi.

U devonu je počelo **zatvaranje okeanskog prostora između Lauroazije i Gondvane**, koje će trajati sve do pred kraj paleozoika.



SLIKA 4.19 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinentalnih masa tokom devona

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

DEVON

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019

U uslovima tople devonske klime, nastavljen je rast **korálnih grebena** koji su zauzimali ogromna prostranstva devonskih epikontinentalnih mora.

Početak devona pojavili su se **amoniti**, izumrli glavonošci koji su predstavljali novu grupu nektonskih predatora (SLIKA 4.20).

U devonskim morima i dalje su brojne **školjke**, **krinoidi**, **bodljokošci**, **graptoliti** i **trilobiti**.

Devon je poznat kao perioda naročito brze evolucije riba, pa je ovo geološko doba poznato kao „**perioda riba**”.

Razvijaju se prve ajkule i ribe plućašice.

Naročito progresivne su bile ogromne **plakoderme** ili „**ribe oklopnjače**”.

Ribe su većinom bile predatori, što se odrazilo na drastično smanjenje broja ostalih organizama koji nijesu uspjeli da razviju odbrambene mehanizme.

Ovo se naročito odnosi na ostrakoderme (koje su izumrle krajem devona) i trilobite (čiji se broj još u siluru drastično smanjio).



SLIKA 4.20 Fosilni devonski amonit *Kosmoclymenia venusta* (Foto: Wikippek/Wikimedia)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

DEVON

Na devonskom kopnu već postoje najprimitivnije višecelijske biljke i sitni zglavkari iz silura.

Početkom devona, kopno su naseljavale male, jednostavne biljke (SLIKA 4.21).

Tokom devona su se razvile biljke sa pravim korijenom i listovima.

Kopno je bilo pokriveno šumama koje su predstavljale izvor hrane, pa je došlo do naglog **razvoja zglavkara**.

Kod jedne vrste devonskih riba (plućašica) parna trbušna peraja su modifikovana u udove.

Tako su nastali **vodozemci**, prvi tetrapodni kopneni kičmenjaci (SLIKA 4.22).

Iako su bili zavisni od vode i živjeli u njenoj blizini, polako su se adaptirali na život u kopnenim uslovima.

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019



SLIKA 4.21 *Asteroxylon*, devon
(Foto:Ghedoghedo/Wikimedia)



SLIKA 4.22 Skelet *Ichthyostega* u moskovskom Paleontološkom muzeju
(Foto:OlegTarabanov/Wikimedia)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

DEVON

Pred kraj devona desilo se novo masovno izumiranje, kojim je najviše pogođena marinska fauna.

Oko **70% morskih životinja** je nestalo sa lica Zemlje.

Iako se ne zna sasvim tačno šta je izazvalo ovo izumiranje, kao mogući razlozi navedeni su **globalno zahlađenje** izazvano ponovnim zaglečeravanjem na prostoru Gondvane, **udari meteora** i **nagli razvoj kopnene flore**.