

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

Studijski program GEOGRAFIJA

Godina I, Semestar II

April, 2020.

4 – Fanerozoik

Paleozoik (2)

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

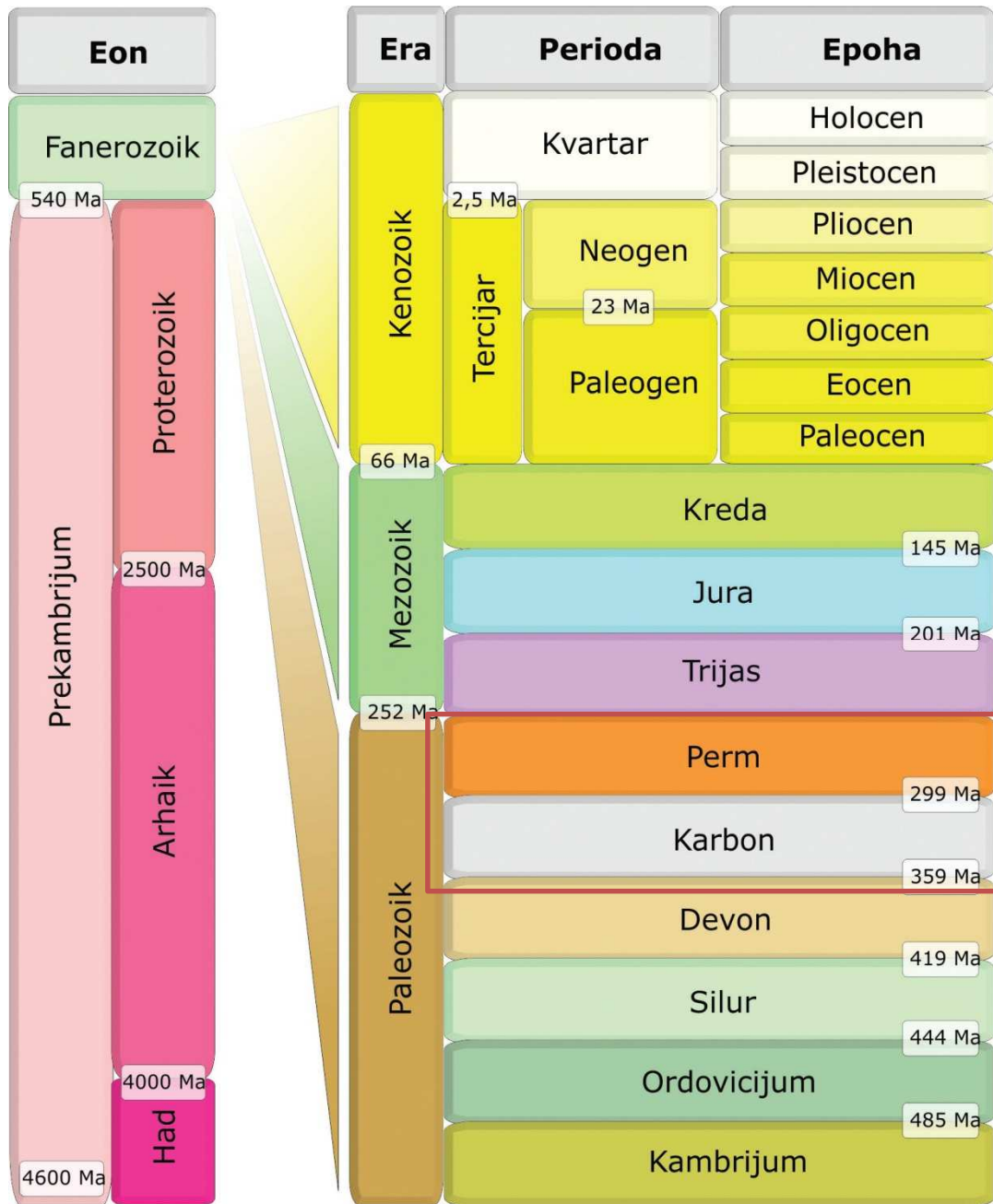
Paleozoik

Karbon

Perm

Dodaci i primjeri:

Đaković, M.: Fotografije i mikrofotografije fosila,
Palontološka zbirka Zavoda za geološka istraživanja, Podgorica



SLIKA 3.26 Geohronološka skala

ISTORIJSKA GEOLOGIJA - GEOLOŠKA VREMENSKA SKALA-

FANEROZOIK je podijeljen na tri ere:

- PALEOZOIK,
- MEZOZOIK i
- KENOZOIK.

PALEOZOIK

Paleozojska era je vrijeme razvoja života na Zemlji.

U okenaima su se pojavile i 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.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PALEOZOIK

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

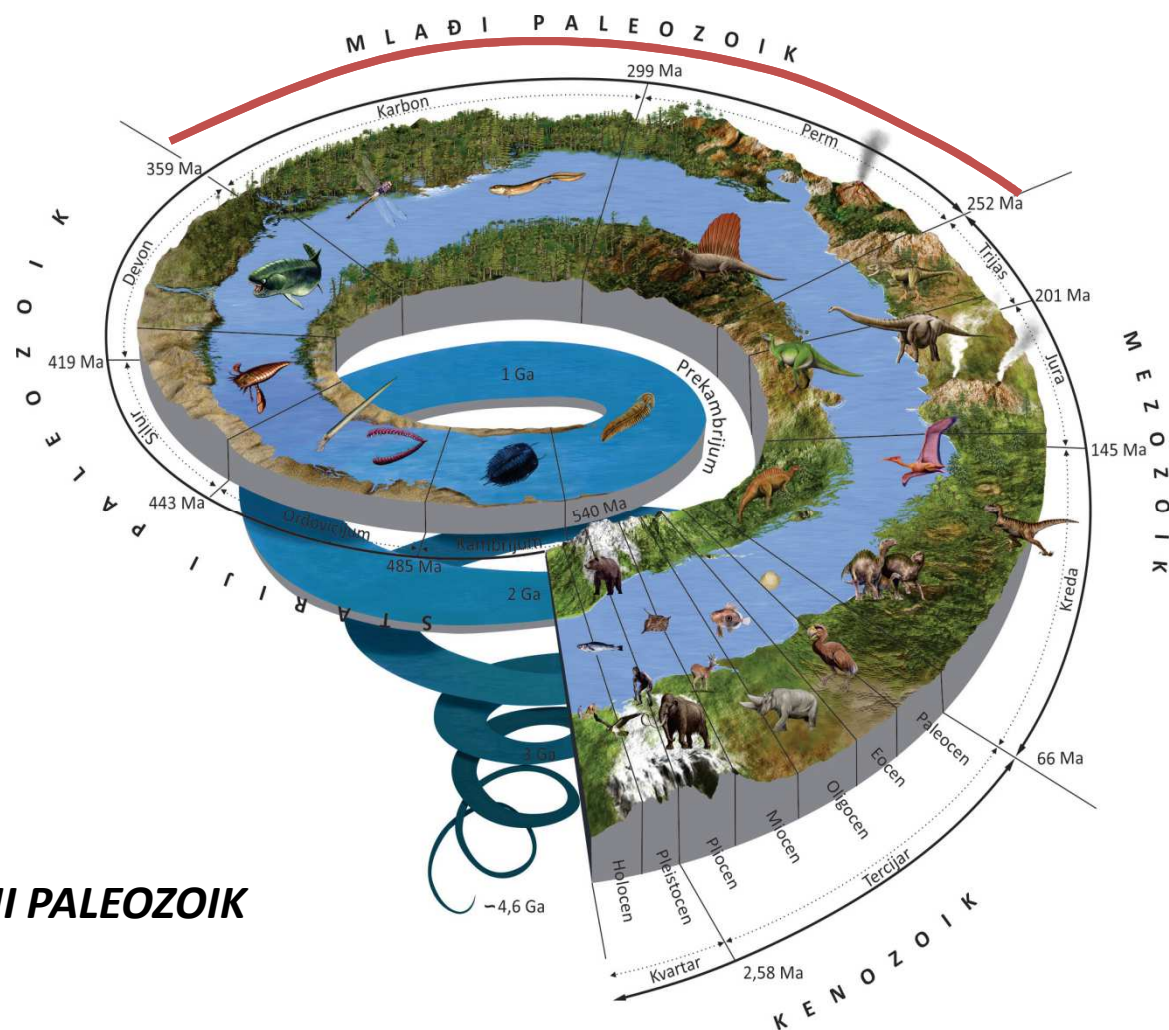
Kraj paleozoika obilježilo je najveće masovno izumiranje u istoriji Zemlje, kada je nestalo oko 95 % marinskih i oko 70% kopnenih organizama.

Periode paleozoika:

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

STARIJI PALEOZOIK

MLAĐI PALEOZOIK



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

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PALEOZOIK

Periode paleozoika:

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

STARIJI PALEOZOIK

MLADI PALEOZOIK

Eon	Era	Perioda	Epoha		
fanerozoik	kenozoik	kvartar Q	holocen Q₂ pleistocen Q₁		
		neogen Ng	pliocen PI		
		paleogen Pg	miocen M		
			oligocen OI		
			eocen E paleocen Pc		
		mezozoik	kreda K	gornja kreda K₂ donja kreda K₁	
				jura J	malm J₃ doger J₂ iljas J₁
			trijas T	gornji trijas T₃ srednji trijas T₂ donji trijas T₁	
				perm P	gornji perm P₃ srednji perm P₂ donji perm P₁
	karbon C				gornji karbon C₂ donji karbon C₁
			devon D	gornji devon D₃ srednji devon D₂ donji devon D₁	
	silur S			gornji silur S₃ srednji silur S₂ donji silur S₁	
				ordovicijum O	gornji ordovicijum O₃ srednji ordovicijum O₂ donji ordovicijum O₁
			kambrijum Cm		gornji kambrijum Cm₃ srednji kambrijum Cm₂ donji kambrijum Cm₁
	proterozoik	neoproterozoik			ediakaran kriogenijan tonijan
				mezoproterozoik	stenijan ektazijan kalimijan
			paleoproterozoik		staterijan orosirijan rijacijan siderijan
		arhaik			neoarhaik mezoarhaik paleoarhaik eoarhaik
				nepodeljeno prekambrijsko vreme	

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KARBON

Karbonska perioda je trajala oko **60 miliona godina** (~359–299 Ma).

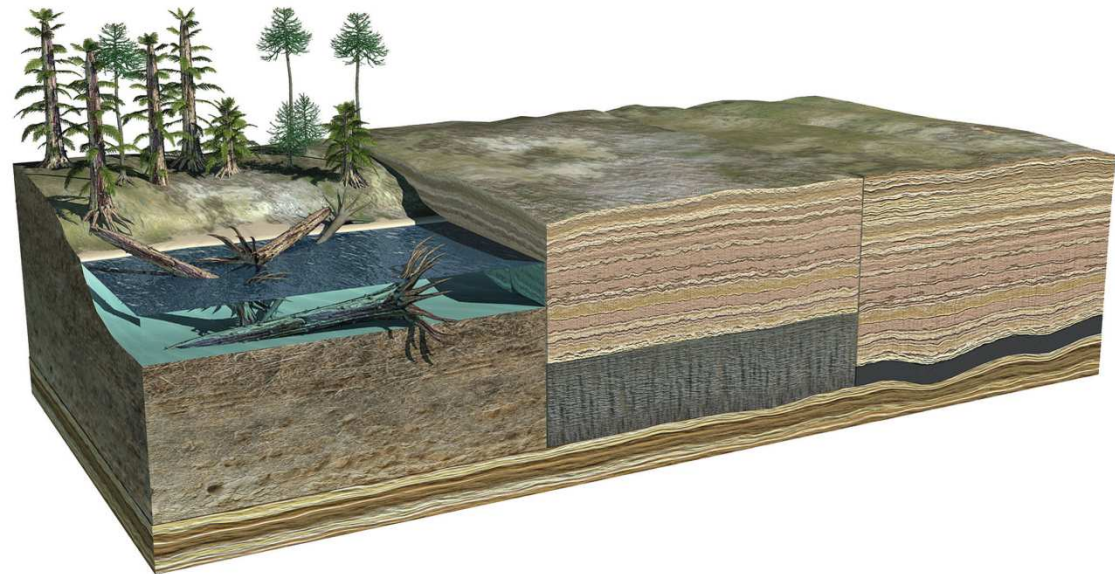
Ime je dobila po ogromnim ***naslagama uglja*** koje su nastale širom svijeta u to vrijeme.

Nastanak uglja u karbonu je posledica vlažne tropske klime na ***Lauroaziji*** i stalnih promjena globalnog nivoa mora usled glacijacija na ***Gondvani***.

Za vrijeme interglacijacija, transgresijom su plavljeni zaravnjeni, priobalni djelovi kopna na ***Lauroaziji***.

Rječni tokovi su usporeni i nastale su ***prostrane močvare*** u kojima je akumulirana ogromna količina treseta.

U periodima glacijacija na ***Gondvani*** dolazilo je do regresija na ***Lauroaziji***, pa je treset u močvarama zatrpan pijeskom i muljem nanijetim rijekama, da bi kasnije od tog treseta nastao ugalj (SLIKA 4.23.)



SLIKA 4.23 Proces formiranja uglja u karbonskoj močvari
(Foto: Alex Alexandru/Pngtree)

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

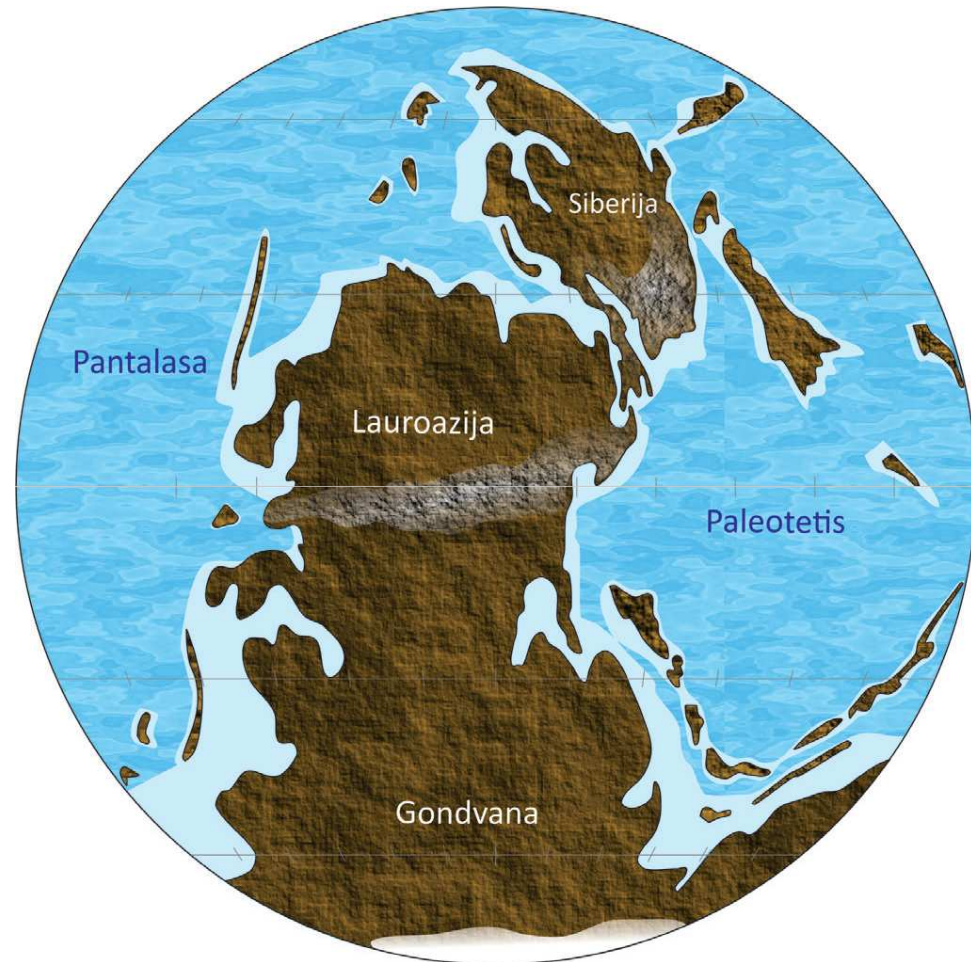
- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KARBON

Početak karbona odlikuje se relativnom tektonskom stabilnošću, naročito u djelovima **Lauroazije** koji nisu okrenuti ka **Gondvani**.

Devonski orogen na području **Lauroazije** je erodovan i sada se na njenom zapadnom i sjevernom obodu odvija plitkovodna karbonatna sedimentacija.

Zatvaranje okeana između **Lauroazije** i **Gondvane**, koje traje još od devona, rezultiralo je kolizijom ova dva kontinenta u gornjem karbonu i otpočinjanjem novog orogenog ciklusa – **hercinske (variscijske) orogeneze**.



SLIKA 4.24 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinentalnih masa tokom karbona

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KARBON

Krajem paleozoika je Siberija konačno pripojena Lauroaziji.

Sve kontinentalne mase su ponovo okupljene u jedinstveni superkontinent, poslednji koji je postojao na Zemlji.

Ovaj superkontinent nazvan je **Pangea** (SLIKA 4.24.)

Variscidi (Hercenidi) - planinski vijenac koji uključuje današnje planine **Sjeverne Amerike** (južni Apalači), **Afrike** (Marokanska Mizeta i Anti Atlas), **Evrope** (Pirineji, Ardeni, Vogezi, Korzika, Sardinija, Bohemijski masiv, djelovi Alpa, Dinarida i Helinida).



SLIKA 7.61 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinenata tokom perma i položaj variscijskog orogena

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KARBON

Nakon devonskog izumiranja, marinski živi svijet u karbonu se polako oporavljao ali je izgledao nešto drugačije (SLIKA 4.25)

Dominantni beskičmenjaci bili su **brahiopodi**, dok su **trilobiti** sada već izuzetno rijetki.

Slabije pokretne životinje gubile su bitku sa lako pokretljivim, brzim **ribama** i **amonitima**.

Foraminifere po prvi put dobijaju značajno mjesto u marinskoj fauni.



SLIKA 4.25 Karbonska morská fauna a) školjke (*Aviculopecten*) i brahiopodi (*Syringothyris*) iz donjeg karbona, Ohajo, SAD (Foto: Wilson44691/Wikimedia) b) Fosilni gastropod *Euomphalus plummeri*, gornji karbon, Teksas, SAD (Foto: Dwergenpaartje/Wikimedia) c) *Pentremites godoni*, ehinodermat iz donjeg karbona, Ilinois, SAD (Foto: Wilson44691/Wikimedia) d) Fosilna riba *Alleynterius montanus*, donji karbon, Montana, SAD (Foto: James St. John/Flickr) e) foraminifere u krecnjaku, gornji karbon, Kansas, SAD (Foto: James St. John/Flickr)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KARBON

Kopneni ekosistemi su početkom karbona bili prilično slični gornjodevonskim, ali su se tokom karbona znatno promijenili.

Biljni svijet se veoma brzo razvio u povoljnim klimatskim uslovima. Postojale su šume ogromnih *prečica*, *rastavića*, *drvenastih* i *sjemenih paprati*.

Najpoznatiji su bili džinovski *lepidodendroni* i *sigilarije*, koji su dostizali visinu od 40 metara (SLIKE 4.27 i 4.28).

One su pretežno živjele u močvarnim prostorima, pa su u karbonskim močvarama nastale ogromne naslage uglja, karakteristične za ovu periodu.



SLIKA 4.27 a) *Lepidodendron* (rekonstrukcija) (Autor: Tim Bertelink/ Wikimedia) b) fosilni ostaci *Lepidodendron*-a, Državni muzej Pensilvanije (Foto: Jstuby/ Wikimedia)



SLIKA 4.28 a) *Sigillaria* (rekonstrukcija) (Autor: Tim Bertelink/ Wikimedia) b) fosilni ostaci *Sigillaria trigona*, Nacionalni muzej Prag (Foto: Hectonichus/ Wikimedia)

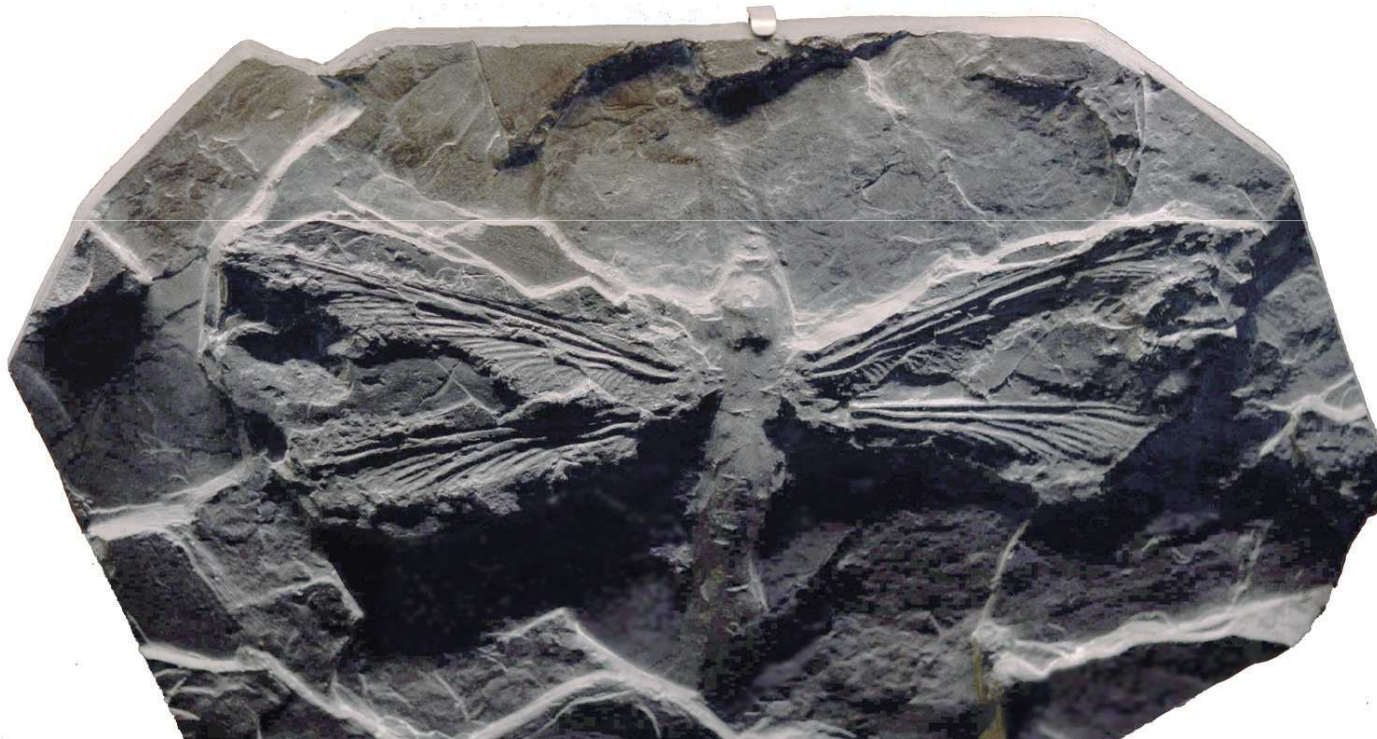
ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KARBON

Sa razvojem biljaka, napredovao je i životinjski svijet.

Pojavili su se prvi **kopneni puževi** i **krilati insekti** među kojima su naročito karakteristični **džinovski vilini konjci** (SLIKA 4.29).



SLIKA 4.29 Fosilni insekt *Meganeura monyi*, Prirodnjački muzej u Tuluzu, Francuska (Foto: Alexandre Albore/Wikimedia)

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

KARBON

Vodozemci su se adaptirali na kopnene uslove, pa su od jedne grupe vodozemaca krajem karbona nastali **gmizavci**.

Iako, osim naprednije vilice, nije bilo velike razlike u izgledu između tadašnjih vodozemaca i prvih gmizavaca, ove dvije grupe životinja razlikovale su se po načinu razmnožavanja.

Bitan pomak u evoluciji života na kopnu predstavlja pojava **jajeta sa unutrašnjom amniotskom membranom i čvrstom spoljašnjom ljuskom**.

Ovakvo jaje je bilo čvrsto i otporno na isušivanje, što je obezbijedilo **amniotskim** životinjama nezavisnost od vodene sredine i pružilo im mogućnost da prošire svoja staništa na djelove kopna koji su im do tada bili nedostupni.

Amniote su grupa onih kopnenih kičmenjaka čija jaja imaju **amnion** zahvaljujući kom mogu da polažu jaja van vode, na suvom, za razliku od **anamniota** (uključuju **vodozemce** koji su takođe kopneni kičmenjaci i **ribe**) koji svoja jaja polažu u vodi.

Amniote uključuju **sinapside** (sisari i izumrli srodnici) i **sauropside** (gmizavce, ptice i njihove pretke).

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PERM

Poslednja perioda paleozojske ere je **perm**, koji obuhvata vremenski period od **oko 47 miliona godina** (~299–252 Ma).

Perm je doba velikih promjena u geološkoj istoriji Zemlje, kako paleogeografskih, tako i promjena u evoluciji živog sveta.

Glavna paleogeografska odlika permske periode je postojanje superkontinenta **Pangee**, okruženog ogromnim **Pantalasa** okeanom.

Pangea je imala lučan oblik, sa ogromnim „zalivom” na istočnoj strani gdje se nalazio **Paleotetis**, prostrano more koje predstavlja jednu granu Pantalase.

Na prostoru Pantalase i Paleotetisa su se nalazili izolovani djelovi kopna, mikrokontinenti i vulkanski ostrvski lukovi, koji su kasnije pripojeni pojedinim djelovima Pangee (SLIKA 4.30)



SLIKA 4.30 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinentalnih masa tokom perma

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PERM

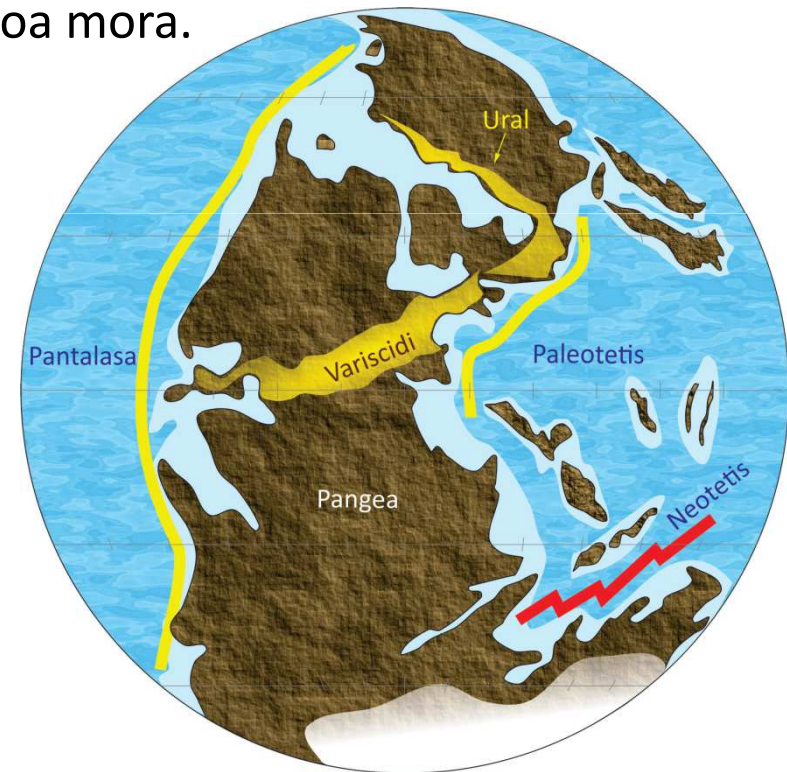
Stijene formirane tokom perma pokazuju velike fluktuacije nivoa mora u tom periodu, koje su obično povezane sa klimatskim promjenama.

Nastanak Pangee značio je prestanak subdukcionih procesa, što je usporilo i širenje okeana i dovelo do globalnog pada nivoa mora.

Periodi regresija su imali za posledicu spuštanje nivoa mora ispod granice šelfa i prekid plitkovodne karbonatne sedimentacije.

U ovakvim uslovima dolazilo je do ***prilagođavanja ili izumiranja plitkovodne morskog života.***

Planinski vijenci nastali tokom stvaranja Pangee takodje su imali uticaj na klimatske prilike, budući da su predstavljali barijeru vazдушnim strujanjima.



SLIKA 7.61 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinenata tokom perma i položaj variscijskog orogena

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PERM

Usled povlačenja vode sa kopna smanjeno je isparavanje, pa je hladna klima, naslijeđena iz karbona, tokom perma postajala sve toplija i suvlja.

Nestale su karbonske tropske šume, a krajem perma postojale su velike pustinje u ekvatorijalnom pojasu Pangee.

U uslovima suve klime zaustavljeni su procesi kojima se vezuje ugljen-dioksid (npr. hemijsko raspadanje), pa se njegova količina u atmosferi povećala.

Sa globalnim otopljanjem tokom perma, mijenjao se i živi svijet.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PERM

Marinska fauna se generalno nije pretjerano razlikovala od karbonske (SLIKA 4.31).

Među permskim beskičmenjacima i dalje dominiraju razni **mekušci, brahiopodi, amoniti i foraminifere**.



a



b

SLIKA 4.31 Marinska fauna perma a) fosilna riba *Palaeoniscum freieslebeni* (gornji perm, Nemačka) (Foto: James St. John/Flickr) b) brahiopodi *Hercosestria cribrosa*, srednji perm, Teksas, SAD (Foto: Wilson44691/Wikimedia) c) *Helicoprion* sp., fosilni spiralno raspoređeni zubi permske ajkule, Ajdaho, SAD (Foto: James St. John/Flickr)

c



Trilobiti su sve rjeđi i krajem perma potpuno nestaju.

Fosilni ostaci riba su iznenađujuće rijetki u permskim naslagama.

Smatra se da to nije posledica malog broja riba u permskim morima i okeanima, već rezultat nepovoljnih uslova njihove fosilizacije.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- PALEOZOIK, PERM-

PERM



Cyclolobus, amonit. Perm, Sustaše, Bar, Crna Gora

Izvor: dr M. Đaković, Zbirka Zavoda za geološka istraživanja, Podgorica

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PERM

Tokom perma, na kopnu su se dešavale velike promjene u odnosu na prethodni period.

Papratnjače su polako zamjenjivane ***golosjemenicama*** (SLIKA 4.32) koje su do kraja perma postale dominantna biljna grupa.



SLIKA 4.32 Kopnena flora perma a) *Glossopteris* sp., semene papratnjače, perm - trijas, Hjustonski muzej prirodnih nauka, Teksas, SAD (Foto: Daderot/ Wikimedia) b) *Walchia*, izumrli permski četinar (Foto: Ghedoghedo/ Wikimedia)

Raznoversnost biljaka bila je praćena ubrzanom evolucijom ***insekata***.

Gmizavci, koji su se naglo razvili tokom perma, polako su potiskivali vodozemce jer su bili pokretljiviji i imali su jače i naprednije vilice.

ISTORIJSKA GEOLOGIJA

- RAZVOJ ZEMLJE KROZ GEOLOŠKO VRIJEME -

PERM

Izgledalo je da je evolucija živog svijeta u punom zamahu, a onda se dogodilo ***najveće masovno izumiranje u geološkoj istoriji.***

To je, u bukvalnom smislu, predstavljalo kraj jedne ere jer je kraj perma preživjelo svega oko ***5% marinskih i 30% kopnenih organizama.***

Ovakva drastična promjena u razvoju živog svijeta je svakako posledica kombinacije različitih geoloških i klimatskih faktora.

Kao razlozi za veliko permsko izumiranje, najčešće se pominju konačno formiranje Pangee, promjena nivoa mora i regresivne faze, intenzivni vulkanizam na prostoru Siberije i sa njim povezane kisjele kiše, suva klima, nedostatak kiseonika u vodi i slično.

Neki naučnici vjeruju da je izumiranje na granici paleozoik–mezozoik izazvano udarom asteroida, ali ni to do sada nije potvrđeno.

Imajući u vidu da govorimo o periodu od prije oko 250 milona godina, izuzetno je teško doći do pouzdanih podataka koji bi omogućili utvrđivanje tačnog uzroka najvećeg poznatog izumiranja u istoriji naše planete.