

GEOLOGIJA – TEKTONIKA I ISTORIJSKA GEOLOGIJA

Studijski program GEOGRAFIJA

Godina I, Semestar II

Februar, 2021.

(3) – TEKTONIKA

Nastanak planina

Glavne tektogene epohe u geološkoj prošlosti

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

7. UVOD U TEKTONIKU

Nastanak planina

Orogeni – ubrani planinski vijenci

Orogeni u subdukcionim zonama

Orogeni u zonama kontinentalne kolizije

Blokovske (horstovske) planine

Vulkanske planine

Domne planine

Erozione planine

Glavne tektogene epohe u geološkoj prošlosti

OSNOVI GEOLOGIJE

Prof. Dr V. Jovanović i Prof. Dr D. Srećković-Batoćanin, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2009

GEOLOGIJA – TEKTONIKA I ISTORIJSKA GEOLOGIJA

Autorizovana predavanja 2016/2017.

Prof. dr S.Ivanović , redovni profesor, Prof. dr G. Nikolić , vanredni profesor

GEOTEKTONIKA

(Autorizovana skripta)

Prof. Dr M. Marović, redovni profesor. Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet, 2005

TEKTONIKA - NASTANAK PLANINA -

Planine se uglavnom pojavljuju u vidu linearnih pojaseva – planinskih vijenaca.

Nastanak kopnenih planinskih vijenaca vezan je za kompresione tektonske režime odnosno za ***konvergentne granice ploča***.

Formiranje planinskih vijenaca uključuje niz različitih procesa (tektonskih, magmatskih, metamorfnih...) za koje koristimo zajednički termin **orogeneza**.

Tokom geološke prošlosti postojalo je više perioda tokom kojih su formirani planinski vijenci – **orogeni**, kao rezultat tektonike ploča.

Tokom geološke istorije kontinenti su se više puta okupljali u jedinstvene kopnene mase koje nazivamo **superkontinentima**.

Superkontinenti su se cijepali na nove kontinente, pri čemu su nastajali novi okeani, koji su opet nestajali u zonama budućih konvergencija markiranih planinskim vijencima.

Neki od planinskih vijenaca formirani su prije više stotina miliona godina, a neki se formiraju i danas.

TEKTONIKA

- NASTANAK PLANINA -

OROGENI – UBRANI PLANINSKI VIJENCI

Visoki planinski vijenci su markantne morfološke strukture nastale endogenim procesima.

Najmlađi orogeni pokreti koje nazivamo alpskom orogenezom, rezultirali su formiranjem planinskih vijenaca na području Sjeverne Amerike (Stjenovite planine), Južne Amerike (Andi), Evroazije (alpsko-himalajski pojas) i na zapadnoj obali Pacifika (Japan, Filipini, Sumatra).

Planinski vijenci formirani tokom ***paleozoika*** (era koja je trajala od prije 540 do 252 Ma) (npr. Ural i Apalači), već stotinama miliona godina su izloženi eroziji, ali zadržavaju iste strukturne odlike kao i najmlađi orogeni.

Prema modelu nastanka orogena, baziranom na teoriji tektonike ploča, ***planinski vijenci nastaju na kovegentnim granicama ploča.***

Kao rezultat kompresije u zoni sudara dvije ploče dolazi do rasjedanja, nabiranja i metamorfizma debelih naslaga sedimenata nataloženih duž oboda ploča.

TEKTONIKA - NASTANAK PLANINA -

OROGENI – UBRANI PLANINSKI VIJENCI

Subdukcija okenake litosfere dovodi do parcijalnog stapanja stijena u omotaču.

Tako se stvaraju magmatske komore iz kojih se magma kreće naviše i utiskuje u stijene od kojih je izgrađena gornja (nesubdukujuća) ploča.

Ovi procesi dovode do suženja prostora i zadebljavanja kore, pri čemu se formiraju planinski vijenci.

Konvergencija ploča počinje cijepanjem okeanske litosfere i njenim tonjenjem u mantl u zoni subdukcije.

U okviru jednog okeana može postojati više zona subdukcije istovremeno, pri čemu nastaju različiti orogeni.

Nastanak orogena u zonama konvergencije ploča je izuzetno kompleksan proces, budući da su glavni faktori orogeneze, mehaničke sile i toplota, najčešće kombinovani na različite načine.

Najjednostavnija podjela konvergentnih orogena je na orogene koji nastaju u **zonama subdukcije (*subdukcione*)** i one koji nastaju u zonama **kontinentalne kolizije (*kolizione*)**.

TEKTONIKA

- NASTANAK PLANINA -

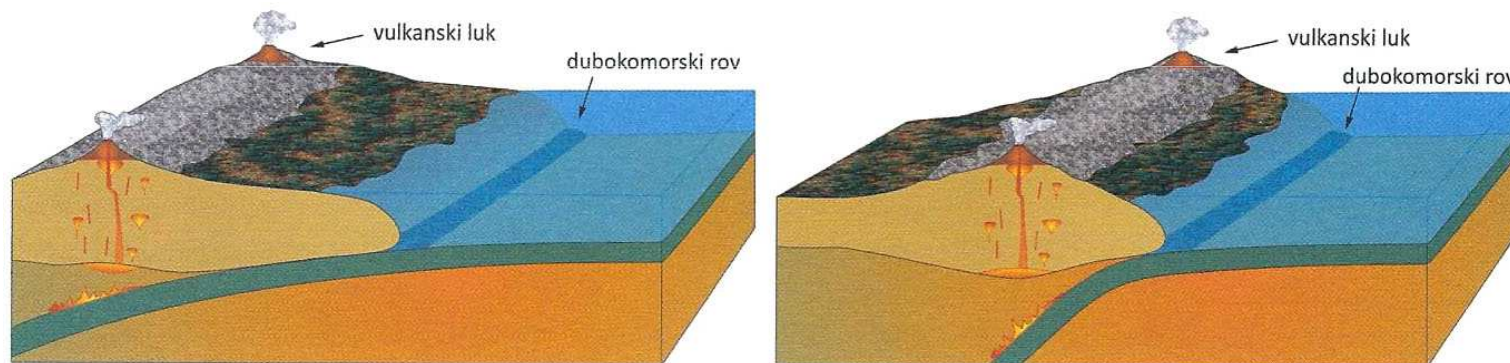
OROGENI U SUBDUKCIONIM ZONAMA

Svaku subdukciju zonu karakteriše postojanje dubokomorskog rova i vulkanskog luka.

U zoni subdukcije, obodni dio gornje ploče će biti izvijen naniže i formiraće se 1 do 2 km dubok rova.

U prostoru između poniruće donje ploče i gornje ploče (*suprasubdukciona zona, subdukconi klin*) kao posledica složenih geodinamičkih uslova, povećan je toplotni tok.

Magma se u tom prostoru kreće naviše i vrši pritisak na gornju ploču, što za posledicu ima njeno lučno izdizanje.



SLIKA 7.38 Šematski prikaz udaljenosti vulkanskog luka od dubokomorskog rova u zavisnosti od nagiba subdukcione zone

Izvor: Opšta geologija.
Gerzina i Carević, 2019

Dio magme se utiskuje u gornju ploču, čime ona dodatno zadebljava.

Izbijanjem magme na površinu formiraju se vulkani na već izdignutoj i zadebljaloj kori.

Tokom subdukcije na gornjoj ploči formiraće se vulkanski luk, čija će udaljenost od rova zavisti od ugla pod kojim se odvija subdukcija.

Što je nagib subdukujuće ploče veći, vulkanski luk je bliži rovu.

TEKTONIKA - NASTANAK PLANINA -

OROGENI U ZONAMA KONTINENTALNE KOLIZIJE

Kolizioni orogeni nastaju kada je subdukcijom potpuno konzumirana okenska litosfera između dva konvergirajuća kontinentalna bloka (ostrvska luka, mikrokontinenta ili kontinenta).

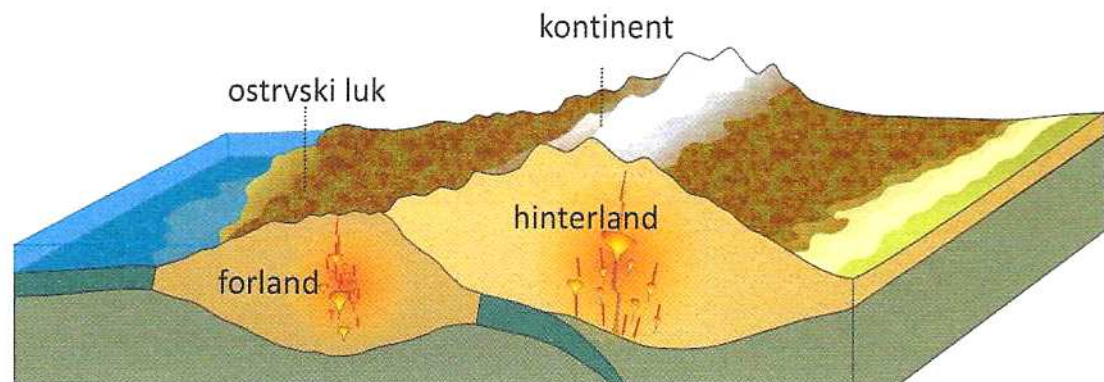
Tada kontinentalni blokovi dolaze u direktan kontakt i počinje **koliziorna faza**.

Razlikujemo dva tipa kolizijskih orogena – **orogene nastale kolizijom ostrvskog luka i kontinenta** i **orogene nastale kolizijom dva kontinenta**.

Budući da zbog male gustine, subdukcija kontinentalne kore nije moguća, jaka kompresija u zoni kolizije dovodi do intenzivnog strukturnog deformisanja blokova (ubiranje, reversno rasjedanje).

Koliziji mora prethoditi subdukcija, bar pod jedan od blokova, jer je to jedini način na koji je moguć nastanak okeana.

Ostaci te subdukcione zone će sada predstavljati površ navlačenja duž koje će jedan blok (**hinterland** ili **zaleđe** koji predstavlja gornju ploču u bivšoj subdukcionalnoj zoni) biti naguran na drugi (**forland** ili **predgorje** koji predstavlja donju ploču u bivšoj subdukcionalnoj zoni).



SLIKA 7.43 Šematski prikaz nastanka orogena novogvinejskog tipa

TEKTONIKA

- NASTANAK PLANINA -

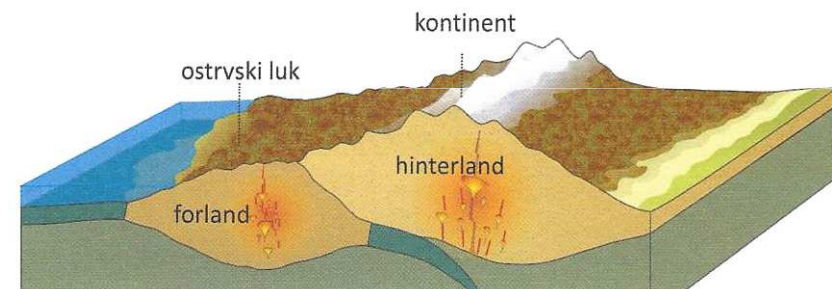
Izvor: Opšta geologija.
Gerzina i Carević, 2019

OROGENI U ZONAMA KONTINENTALNE KOLIZIJE

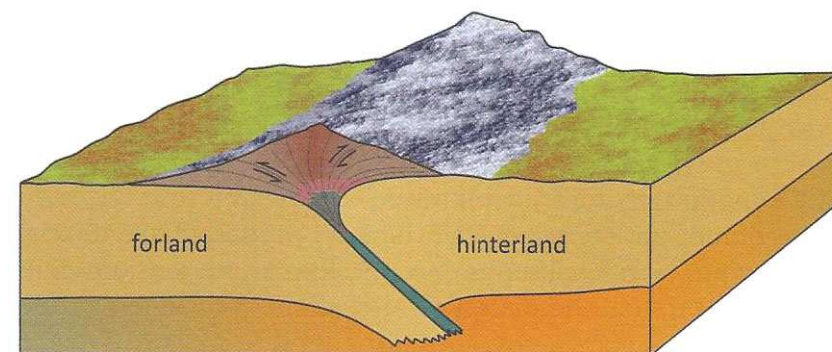
Prilikom **kolizije ostvskog luka i kontinenta**, sedimenti sa oboda kontinentalne padine hinterlanda, tvorevine iz dubokomorskog rova i otkinuti djelovi okenske kore se navlače preko forlanda, a daljom kompresijom se preko svega djelovi forlanda, pri čemu dolazi do zadebljavanja kontinentalne kore u kolizionom prostoru.

Primjer orogena nastalog **kolizijom dva kontinenta** su Himalaji, planinski vijenac formiran kolizijom Indijske i Evroazijske ploče koja je počela krajem krede (*prije oko 60 Ma*), tako da ovaj tip orogena nazivamo **himalajskim**. Ovaj tip kolizije podrazumijeva tektonsko raslojavanje hinterlanda i navlačenje tako nastalih ljuski kore preko forlanda, pri čemu nastaje orogen sa izuzetno debelom kontinentalnom korom (*ispod Himalaja oko 70 km - najveća debljina kore na Zemlji*).

Ovaj tip orogena se naziva **novogvinejski**, jer se pretpostavlja da se kolizija ovog tipa odvijala na sjevernom dijelu Nove Gvineje tokom miocena (*prije 23 do 5,3 Ma*).



SLIKA 7.43 Šematski prikaz nastanka orogena novogvinejskog tipa



SLIKA 7.45 Šematski prikaz nastanka orogena himalajskog tipa

TEKTONIKA

- NASTANAK PLANINA -

Izvor: Opšta geologija.
Gerzina i Carević, 2019

BLOKOVSKJE (HORSTOVSKJE) PLANINE

Horstovske planine nastaju u prostorima izloženim tenziji, odnosno **na divergentnim granicama** ploča. *Primjeri* – prostor istočnoafričkog riftnog sistema i u okviru *Basin and Range* oblasti u Sjevernoj Americi.

Divergentne granice ploča posledica su istežanja i istanjenja litosfere.

U kontinentalnim prostorima to se događa zbog izvijanja litosfere naviše i formiranja dome usled intenzivnog prinosa toplote iz omotača.

To je vezano za suprasubdukcione zone ili za prelazak kontinentalne litosfere preko vruće tačke.

U uslovima tenzionog stresa krta litosfera puca i nastaju otvorene tenzione pukotine orjentisane normalno na pravac tenzije.

Litosfera je u tom dijelu podijeljena na blokove, koji počinju da klize po pukotinama usled djelovanja gravitacije.

Na taj način nastaju brojni gravitacioni rasjedi, od čije će orijentacije zavisiti konačna geometrija planina.

Izdignuti djelovi blokova predstavljaju grebene, a spuštene djelovi će predstavljati doline između njih.

Za ovakve oblasti kažemo da imaju **horst i graben strukturu**.



SLIKA 7.47 Horstovske planine razdvojene grabenima (Foto: Doc Searls/Flickr)

TEKTONIKA

- NASTANAK PLANINA -

VULKANSKE PLANINE

Vulkanske planine predstavljaju vulkanske kupe nastale akumulacijom lave i piroklastičnog materijala tokom ponovljenih vulkanskih erupcija.

Ovom tipu planina pripadaju Sveta Helena u S. Americi, Pinatubo na Filipinima, Mauna Kea i Mauna Loa na Havajima, Kilimandžaro u Africi, Fudži u Jjapanu, Vezuv i Etna u Italiji itd.



SLIKA 7.48 Vezuv, Italija (Foto: Carlo Raso/Flickr)

TEKTONIKA

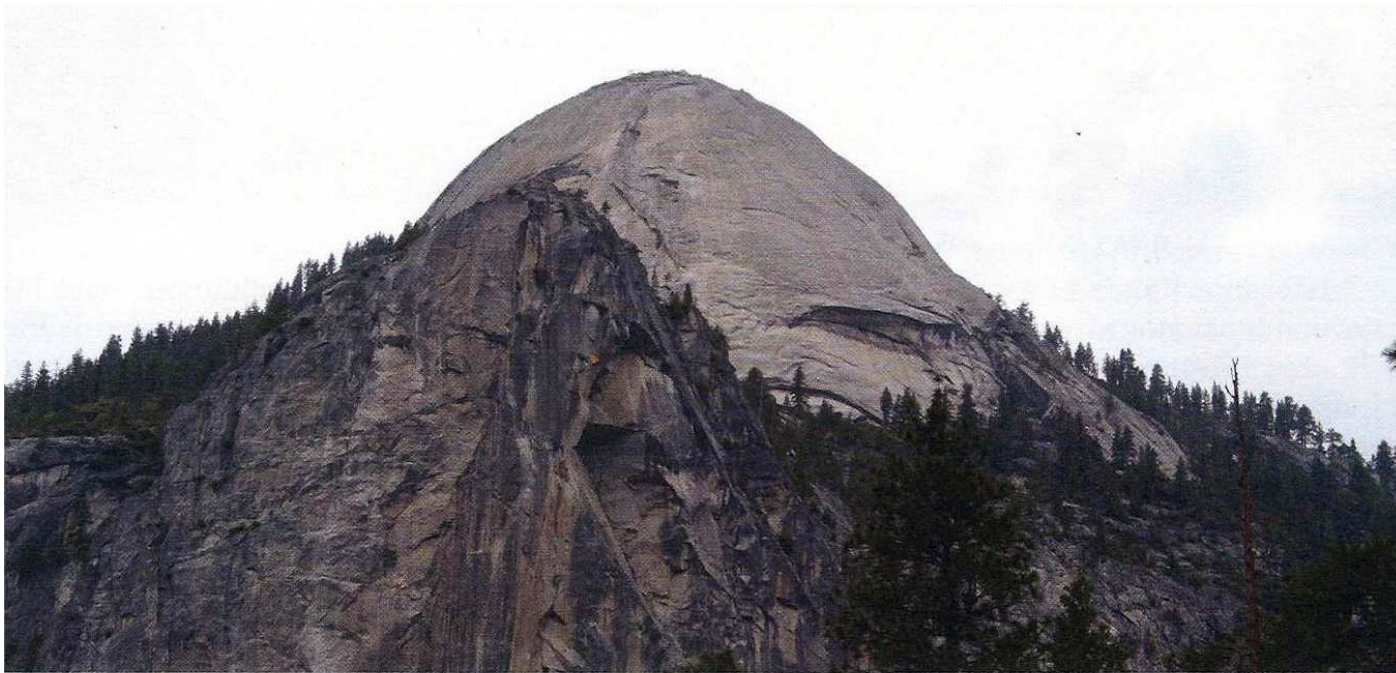
- NASTANAK PLANINA -

DOMNE PLANINE

Domne planine nastaju usled pritiska koji velika količina magme prilikom intrudovanja vrši na Zemljinu koru.

Budući da ne dopijeva do površine, pritisak na okolne stijene je veliki i magma gura stijenske mase naviše.

Vremenom će se magma ohladiti i njenom konsolidacijom nastaje čvrsta intruzija čri čemu se formira sferno ispupčenje kore koje nazivamo **domom**.



SLIKA 7.49 Sentinel doma, Josemiti nacionalni park, SAD (Foto: Harrison Farr/Flickr)

*Izvor: Opšta geologija.
Gerzina i Carević, 2019*

TEKTONIKA

- NASTANAK PLANINA -

EROZIONE PLANINE

Izdizanjem prostranih zaravnjenih oblasti iznad površine mora ili izlivanjem lave nastaju platoi koji mogu biti izdignuti i više stotina metara iznad nivoa mora. Ovi platoi se najčešće nalaze u blizini planinskih vijenaca.

Rijeke vremenom eroduju stijene od kojih je plato izgrađen, pa na taj način nastaju planine između rječnih dolina.

Ove planine koje nazivamo **mesama** ili **butama**, predstavljaju rezidualne djelove nekadašnjih platoa.

Najveća planina ovog tipa je *Grand Mesa* na zapadu države Kolorado u Sjevernoj Americi.



SLIKA 7.50 Sentinel Mesa (levo) i Velika Indijanska Buta (desno), Monument Valley, SAD (Foto: Ron Cogswell/Flickr)

Izvor: Opšta geologija.
Gerzina i Carević, 2019

TEKTONIKA

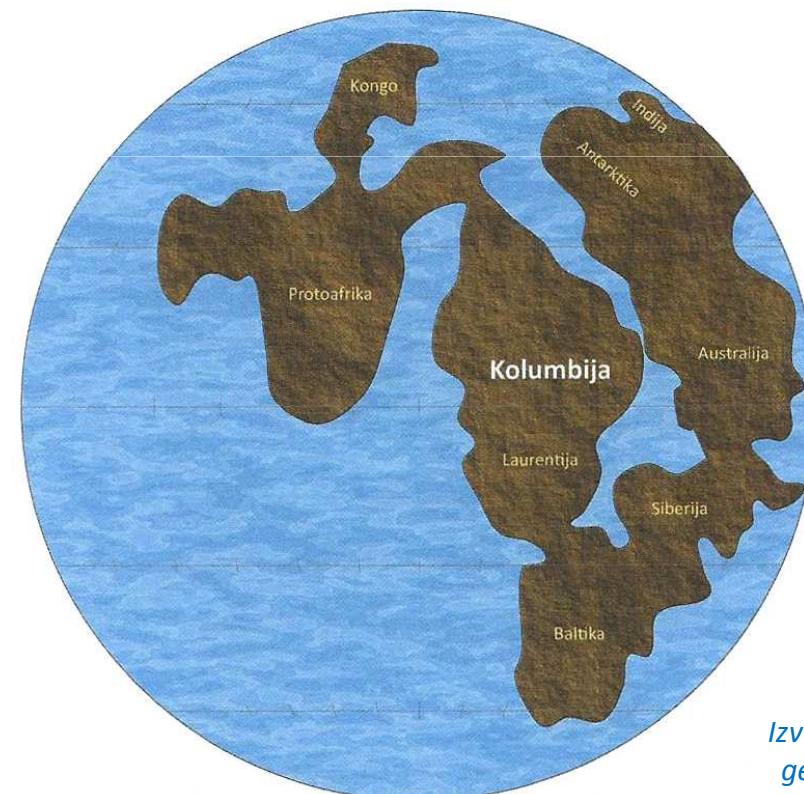
- GLAVNE TEKTOGENE EPOHE U GEOLOŠKOJ PROŠLOSTI-

Od pojave prvog kopna na zemlji, kopnene mase su se **procesima riftogeneze** cijepale, a zatim **kolizionom procesima** ponovo spajale, pri čemu su nastajali različiti **orogeni** – planinski vijenci. Geolozi danas razlikuju više **orogeneza** – formiranje planinskih vijenaca koje uključuje niz različitih procesa (tektonskih, magmatskih, metamorfnih...), koje predstavljaju **globalne kolizionne procese** vezane za **najkrupnije kontinentalne mase**.

U okviru svake orogeneze razlikuju se brojne **faze** – tektonski događaji koji uključuju manje kontinentalne fragmente.

Formiranje prvih protokontinenata je započelo prije oko 4 milijarde godina (**Ur**, prije oko 3 milijarde godina, tragovi Ura – Indija, Australija, Madagaskar).

Većina geologa se slaže da je prvi pravi superkontinent vjerovatno **Kolumbija**, formiran prije oko 1,8 milijardi godina. Kolumbija se sastojala od protokratona (*stari, stabilni dijelovi kontinentalne kore*) koji su činili jezgra manjih kontinentalnih masa (**Laurentija** – proto Sjeverna Amerika; **Baltika** – proto Istočna Evropa, **Ukrajinski štit**, itd.



SLIKA 7.57 Hipotetička rekonstrukcija Kolumbije

Izvor: Opšta geologija.
Gerzina i Carević, 2019

TEKTONIKA

- GLAVNE TEKTOGENE EPOHE U GEOLOŠKOJ PROŠLOSTI-

Spajanjem kontinentalnih fragmenata nastalih nakon raspada Kolumbije, formiran je superkontinent **Rodinija**, prije oko 1,2 milijarde godina.

Rodinija je bila okružena okeanom koji je nazvan **Mirovija**.

Raspad Rodinije počeo je prije oko 750 miliona godina.

Prema rekonstrukcijama, zapadni dio Rodinije raspao se na **Laurentiju** (današnji Sjevernoamerički kraton), **Australiju** i Istočnu **Antarktiku**.

Počelo je otvaranje novog okeana **Pantalasa (proto Pacifik)** i udaljavanje ovih kontinenata.

Od istočnog dijela Rodinije nastale su današnja **Evropa i sjeverna Kina**.

Današnji **Sibir, Južna Amerika i Afrika** su formirani kasnije od mikrokontinenata koji su se nalazili u blizini, što još uvijek nije u potpunosti proučeno.

Sve pouzdanije paleogeografske rekonstrukcije bazirane su na paleomagnetnim i geološkim podacima odnose se na vrijeme nakon raspada Rodinije.

Izvor: Opšta geologija.
Gerzina i Carević, 2019



SLIKA 7.58 Hipotetička rekonstrukcija Rodinije

TEKTONIKA

- GLAVNE TEKTOGENE EPOHE U GEOLOŠKOJ PROŠLOSTI-

Bajkalska (timanidska) orogeneza - najstarija orogeneza na prostorima današnje Evrope odvijala se prije 620-550 miliona godina, kada je nastao **Preuralski (Timandinski) orogen** na prostoru sjeveroistočne Baltike.

Sedimenti nastali erozijom Preuralskog orogena danas su dio Istočnoevropske platforme (od Barenčovog mora na zapadu, do današnjeg južnog Urala).



*Izvor: Opšta
geologija.
Gerzina i
Carević, 2019*

SLIKA 7.59 Hipotetička rekonstrukcija superkontinenta Panotija i položaj preuralskog orogena

TEKTONIKA

- GLAVNE TEKTOGENE EPOHE U GEOLOŠKOJ PROŠLOSTI-

Sledeća velika orogeneza je **Kaledonska orogeneza**.

Početak paleozoika (prije oko 540 miliona godina) najveći dio kopna na zemlji bio je koncentrisan u okviru dva velika kontinenta **Laurentije** i **Gondvane** (današnja južna Amerika, Afrika, Antarktik i Australija), koji su bili razdvojeni okeanom **Japetusom**.

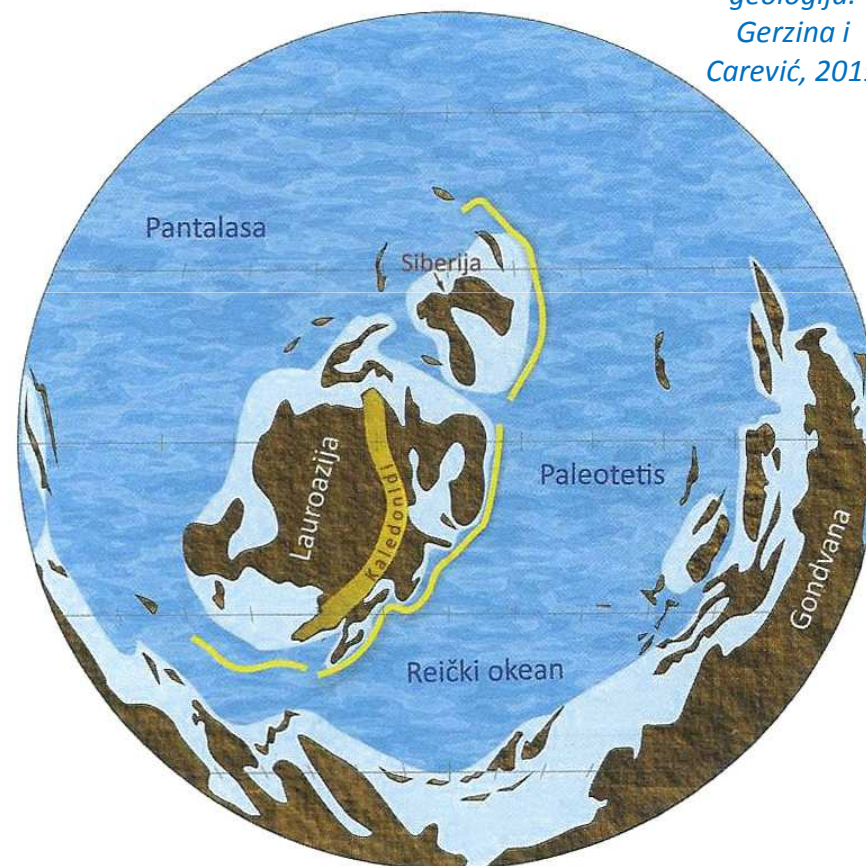
Spajanjem dijelova Laurentije i dijelova Gondvane tokom starijeg paleozoika rezultiralo je Kaledonskom orogenezom.

Okeanska kora Japetusa je subdukovana, nastalo je novo kopno, **Lauroazija** sa tzv. **Kaledonidima**.

Kasnijim otvaranjem Atlanskog okeana, cijepanjem kontinenta pocijepan je i planinski vijenac, pa se dio Kaledonida danas nalazi u Skandinaviji i Britaniji, a dio u sjevernoj Americi (sjeverni Apalači).

Nakon nastanka Lauroazije, Gondvana je nastavila da se kreće na sjever, i početkom mlađeg paleozoika nastupa kolizija sa Lauroazijom, kada je počelo formiranje novog orogena.

Izvor: Opšta geologija. Gerzina i Carević, 2019



SLIKA 7.60 Hipotetička rekonstrukcija položaja kontinentata tokom silura i položaj kaledonskog orogena

TEKTONIKA

- GLAVNE TEKTOGENE EPOHE U GEOLOŠKOJ PROŠLOSTI-

Kolizija Lauroazije sa Siberijom na istoku je rezultiralo nastankom **Urala**, čime je završeno formiranje superkontinenta koji je nazvan **Pangea**.

Istočni djelovi Lauroazije su bili odvojeni od Gondvane **Paleotetiskim okeanom**.

U gornjem paleozoiku, **Kimerijska mikro ploča** (današnja kora Turske, Irana, Tibeta i djelovi JI Azije), odvojena je od Gondvane, pri čemu je otvoren novi okean **Tetis**.

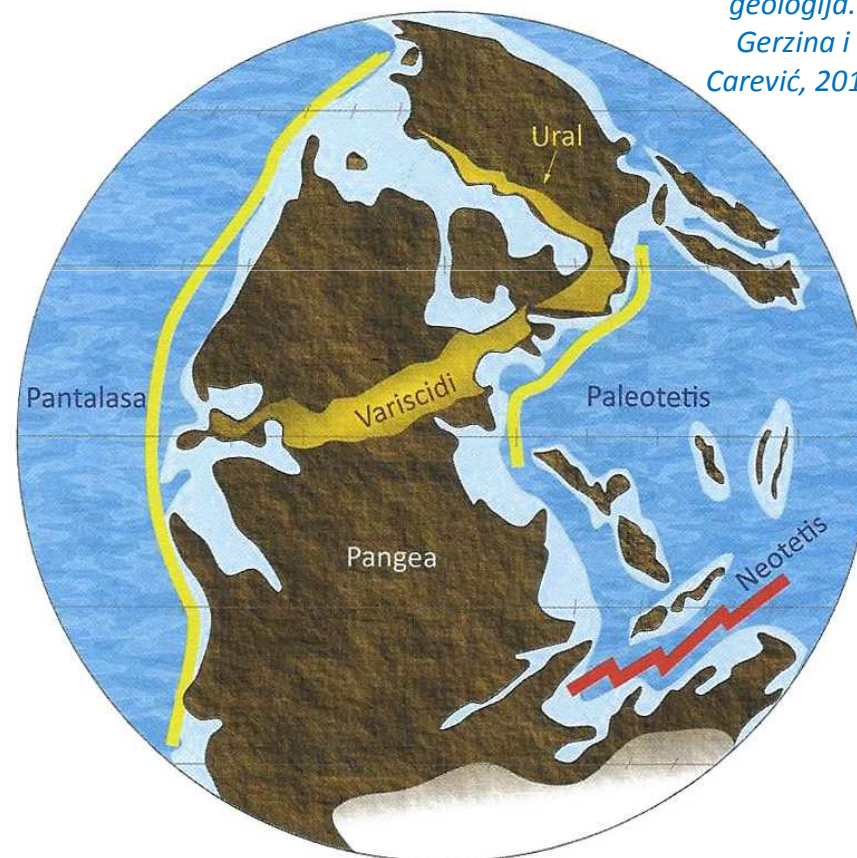
*Izvor: Opšta geologija.
Gerzina i
Carević, 2019*

Krajem trijasa (prije oko 200 miliona godina) kretanjem Kimerijske ploče na sjever prema Lauroaziji, zatvoren je Palotetis.

Ovi kolizioni događaji označeni su kao **variscijska (hercinska ili armonička) orogeneza**.

Tada su nastali tzv. **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).

Kao i svi superkontinenti prije nje, i Pangea je u nekom trenutku počela da se cijepa na manje kontinente.



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

TEKTONIKA

- GLAVNE TEKTOGENE EPOHE U GEOLOŠKOJ PROŠLOSTI-

Raspad Pangee počeo je u mezozoiku (prije oko 180 miliona godina), a traje i danas u području **Crvenog mora** i **Istočnoafričkog rifta**.

Rezultat raspada Pangee je današnji broj i raspored kontinenata.

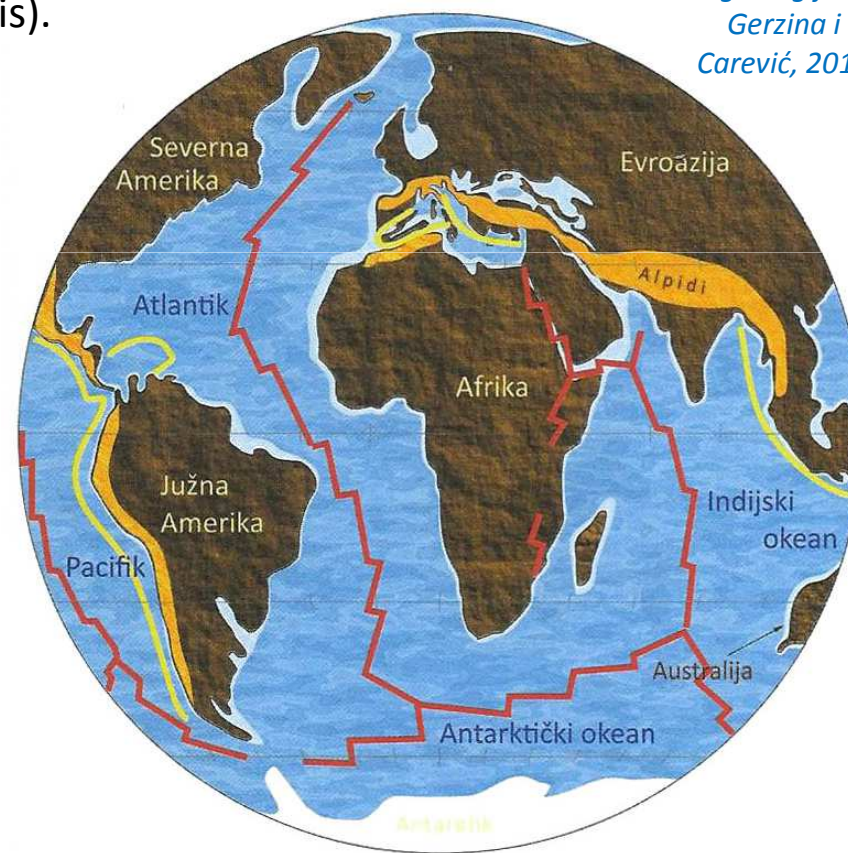
To je dug i komplikovan proces, koji uključuje periferna riftovanja i otkidanja manjih kontinentalnih masa (mikro ploča), te njihovog ponovnog spajanja, otvaranje novih okeana (Atlanskog i Indijskog) i zatvaranje starih okeana (Tetis).

*Izvor: Opšta
geologija.
Gerzina i
Carević, 2019*

Svi ovi procesi obuhvaćeni su **alpskom orogenezom**, najmlađom u geološkoj istoriji Zemlje.

Kolizija Afričke i Indijske ploče sa Evroazijskom pločom, koja traje od krede do danas, dovela je do subdukcije okeanske kore Tetisa (čiji je relikv današnje Sredozemno more) pod Evroazijsku ploču.

Kao rezultat kolizionih procesa nastao je dugačak orogeni pojas koji se proteže od Alpa do Himalaja, uključujući Atlas, Pirineje, Apenine, Karpate, Balkanide, Dinaride, Helenide, Tauride, Kavkaz, Elbrus, Zagros, Hindukuš, Pamir i Karakorum.



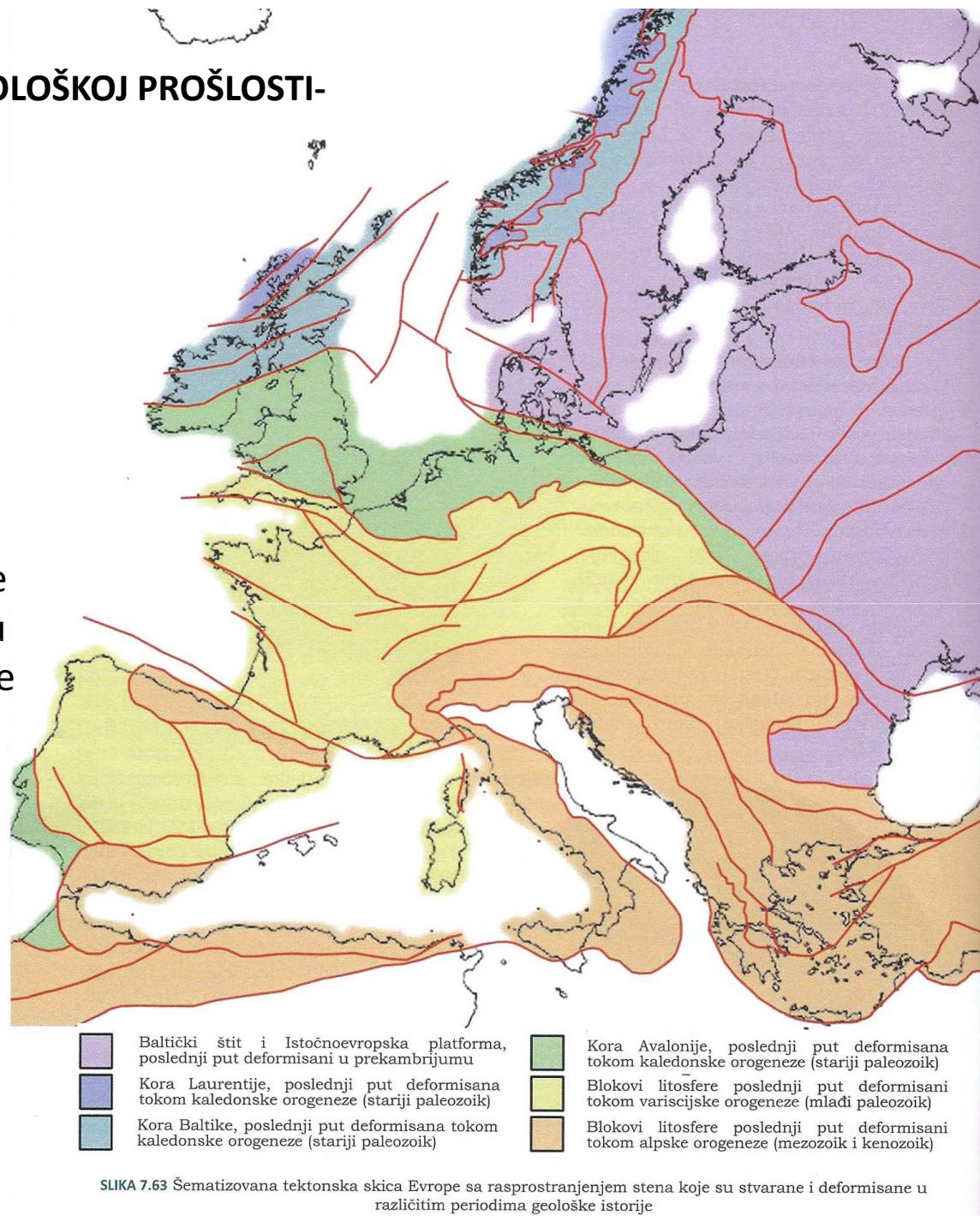
SLIKA 7.62 Kolizionni procesi u domenu Tetisa i položaj alpskog orogena

TEKTONIKA

- GLAVNE TEKTOGENE EPOHE U GEOLOŠKOJ PROŠLOSTI-

Stijene stvarane tokom nekog orogenog ciklusa prerađivane su tokom kasnijih orogeneza, pa tako u okviru najmlađih orogena nalazimo relikte ranijih orogenih ciklusa.

Danas je litosfera Evrope sastavljena od blokova stijena koje su stvarane i deformisane u okviru različitih orogenih ciklusa koji su se odvijali tokom geološke istorije.



*Izvor: Opšta
geologija.
Gerzina i
Carević, 2019*

SLIKA 7.63 Šematizovana tektonska skica Evrope sa rasprostranjenjem stena koje su stvarane i deformisane u različitim periodima geološke istorije