

**SUVREMENI
ENDODINAMSKI
PROCESI I POJAVE**



SUVREMENI ENDODINAMSKI PROCESI I POJAVE

- Endodinamski procesi nastaju pod utjecajem **visokog tlaka i temperature**, a rezultiraju **magmatskom aktivnošću i pokretima litosfere**.
- rezultiraju **izdizanjima i spuštanjima** dijelova litosfere
- tvoreći pogodne prostore za **sedimentaciju** te postankom mnogih **boranih gorskih lanaca**
- pojave praćene - **magmatizmom, metamorfizmom i potresima**
- **orogenetski pokreti ili orogeneze** - jaki pokreti koji uzrokuju bitne promjene postojećih međusobnih odnosa stijena u dijelu litosfere
- karakterizira ih **boranje, rasjedanje i navlačenje stijenskih kompleksa**
- rezultiraju **izdizanjem** velikih **boranih gorskih lanaca** i **nastankom depresija**.

SUVREMENI ENDODINAMSKI PROCESI I POJAVE

- Produkte orogeneza - **orogeni**.
- **Stare stabilne kontinentalne mase** - nemaju izrazitijih tektonskih, eruptivnih, metamorfnih i seizmičnih aktivnosti - **kratoni**, koji obuhvaćaju **štitove i platforme**.
- **Štitovi** su nesimetrična blago uzvišena velika stabilna područja izgrađena od najstarijih stijena koje su bile izložene jakom boranju i metamorfizmu.
- **Platforme** su pretežito horizontalna velika područja, izgrađena od jako boranih i metamorfoziranih starih stijena koje su prekrivene mlađim, slabo poremećenim sedimentima.
- **Epirogenetskim pokretima** nazivamo **pokrete u kratonima**, koji su dugotrajni i pretežito vertikalni - bez izrazitijih promjena u prostornim odnosima među stijenama.

SUVREMENI ENDODINAMSKI PROCESI I POJAVE

- **Transgresija**- prodor morske vode na kopno (posljedica epirogenetskih pokreta zbog spuštanja kopna)
- **Regresija** – povlačenje vode sa kopna zbog njezina izdizanja

Postoje dvije koncepcije:

1. **Fiksistička koncepcija**
2. **Mobilistička koncepcija**

Fiksistička koncepcija

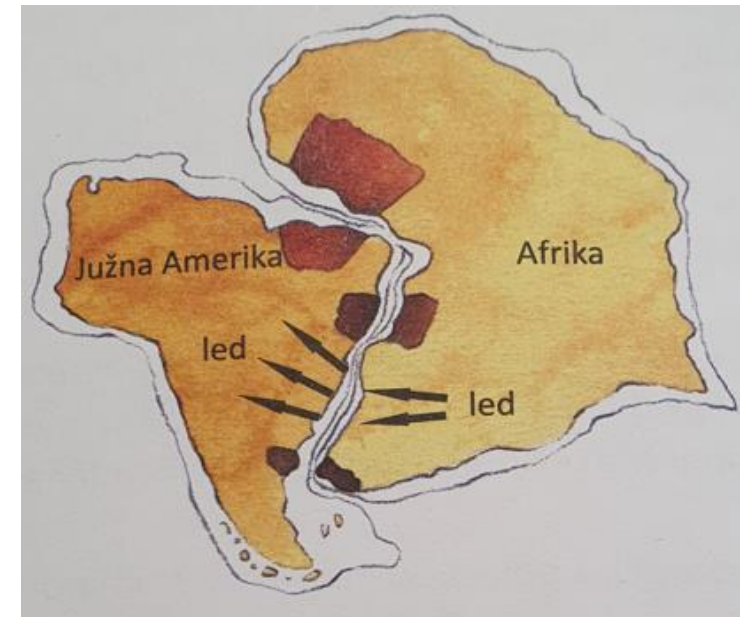
- polazi od nepromjenjivosti položaja kontinenata, uz koje iz geosinklinalnih prostora nastaju i prirastaju novi mladi borani gorski lanci.
- **Geosinklinale** - velika utonula izduljena i kontinuirana labilna područja u kojima se odvija dugotrajna sedimentacija materijala različitog sastava i podrijetla

Odvija se u tri faze:

1. Faza - **nastanak i razvitak geosinklinale**
2. Faza - **izdizanja otočnih lukova**
3. Faza – **izdizanja**

Mobilistička koncepcija

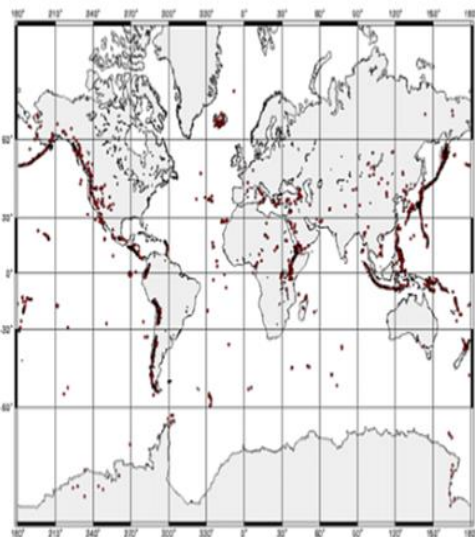
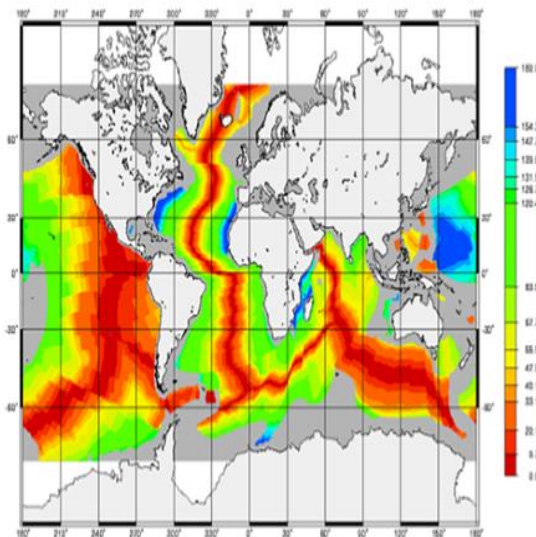
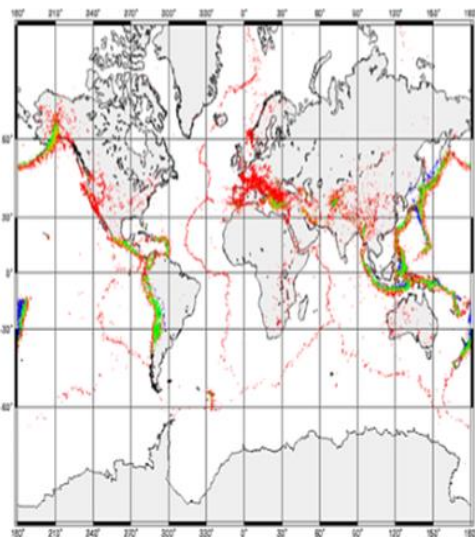
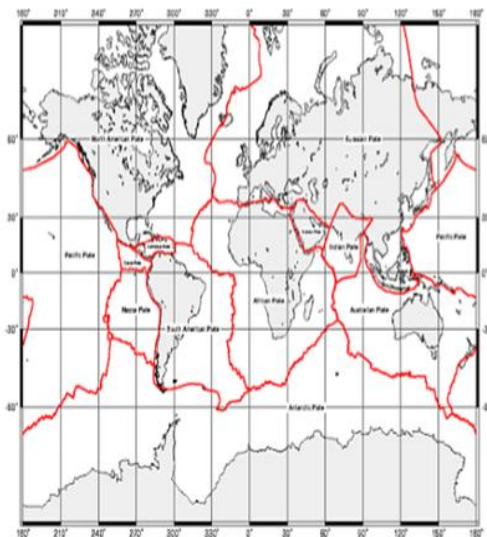
- Ima osnovu u mijenjanju dijelova litosfere tijekom razvoja Zemlje
- 1912. A. Wegener predložio hipotezu o kretanju kontinenata
- Artur Holmes (1930.) i Harry Hess (1962.) koncipirali su ideju o širenju oceanskog dna, koja je dopunila ideju o pomicanju kontinenata
- Prema mobilističkoj koncepciji litosfera se sastoji od nekoliko ploča
- koje se kreću po plastičnom sloju *astenosferi*
- Osnovni uzročnik tih kretanja su **konvekcijska strujanja**



Podudaranje kontinentalnih granica J. Amerike i Afrike. Strelice pokazuju smjer glacijalnih pokreta. Obojeni dijelovi pokazuju stijene korelirane s obzirom na tip i starost stijene (prema Plummer et.al., 2001)

GLAVNE TEKTONSKE PLOČE

EPICENTRI POTRESA



STAROST DNA OCEANA

<http://virma.sfsu.edu/courses/geol103/labs/new/tectonics/tectest.html>

VULKANI

Mobilistička koncepcija

- **Konvekcijska strujanja** (engl. convection – konvekcija - prenošenje topline putem strujanja nekog fluida) u astenosferi osnovni su uzročnik globalnih tektonskih procesa – **TEKTONIKE PLOČA**.
- **TEKTONSKE SILE** – Konvekcijska strujanja unutar Zemljinog plašta su Zemljin unutrašnji motor, a ujedno i uzrok pomicanja litostere.
- Uzrokuju kretanje magme što rezultira velikim izvijanjima, oscilacijama i lomovima u Zemljinoj kori, te kretanje njezinih odvojenih dijelova

Slika: Većina značajnih geoloških aktivnosti (potresi, vulkani) javlja se na granicama tektonskih ploča.

Koncept tektonike ploča

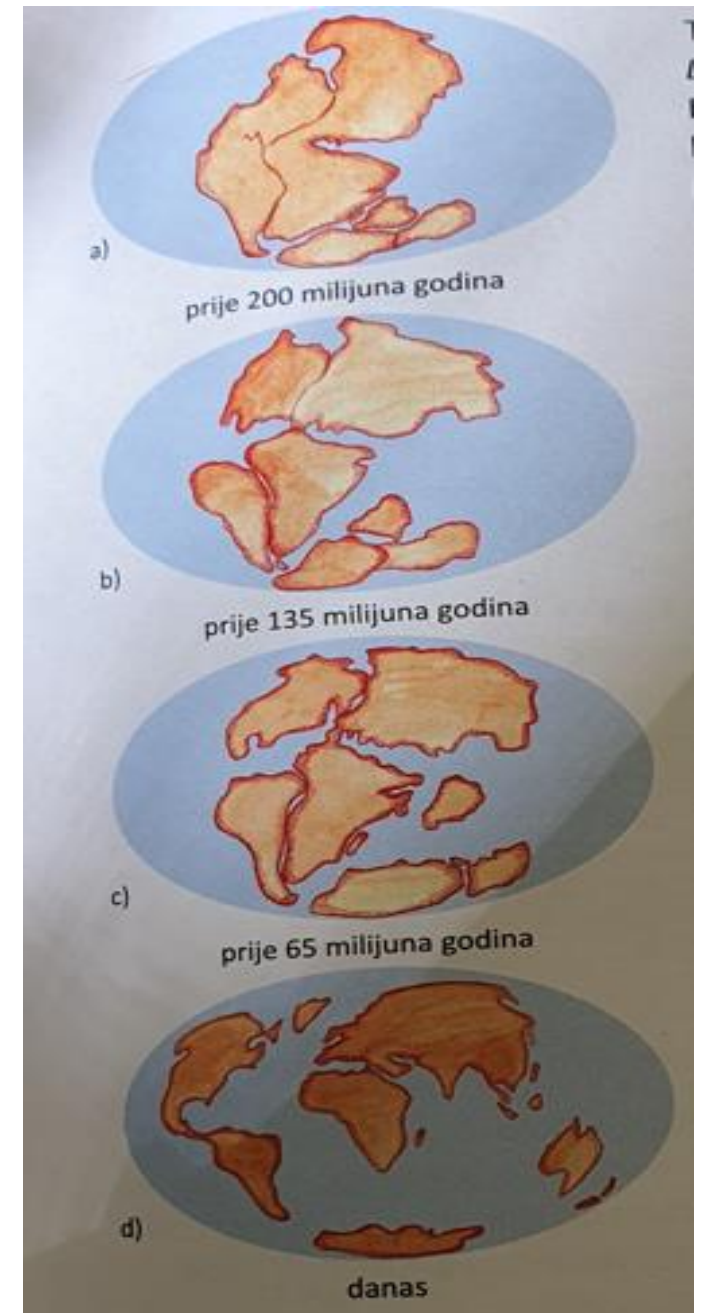


Slika: Rekonstrukcija zamišljenog superkontinenta Pangee s današnjim granicama i imenima kontinenata za lakšu usporedbu. Takva konfiguracija datira iz vremena otprilike prije 225 milijuna godina (preuzeto iz Chernicoff & Whitney, 2007).

Mobilistička koncepcija

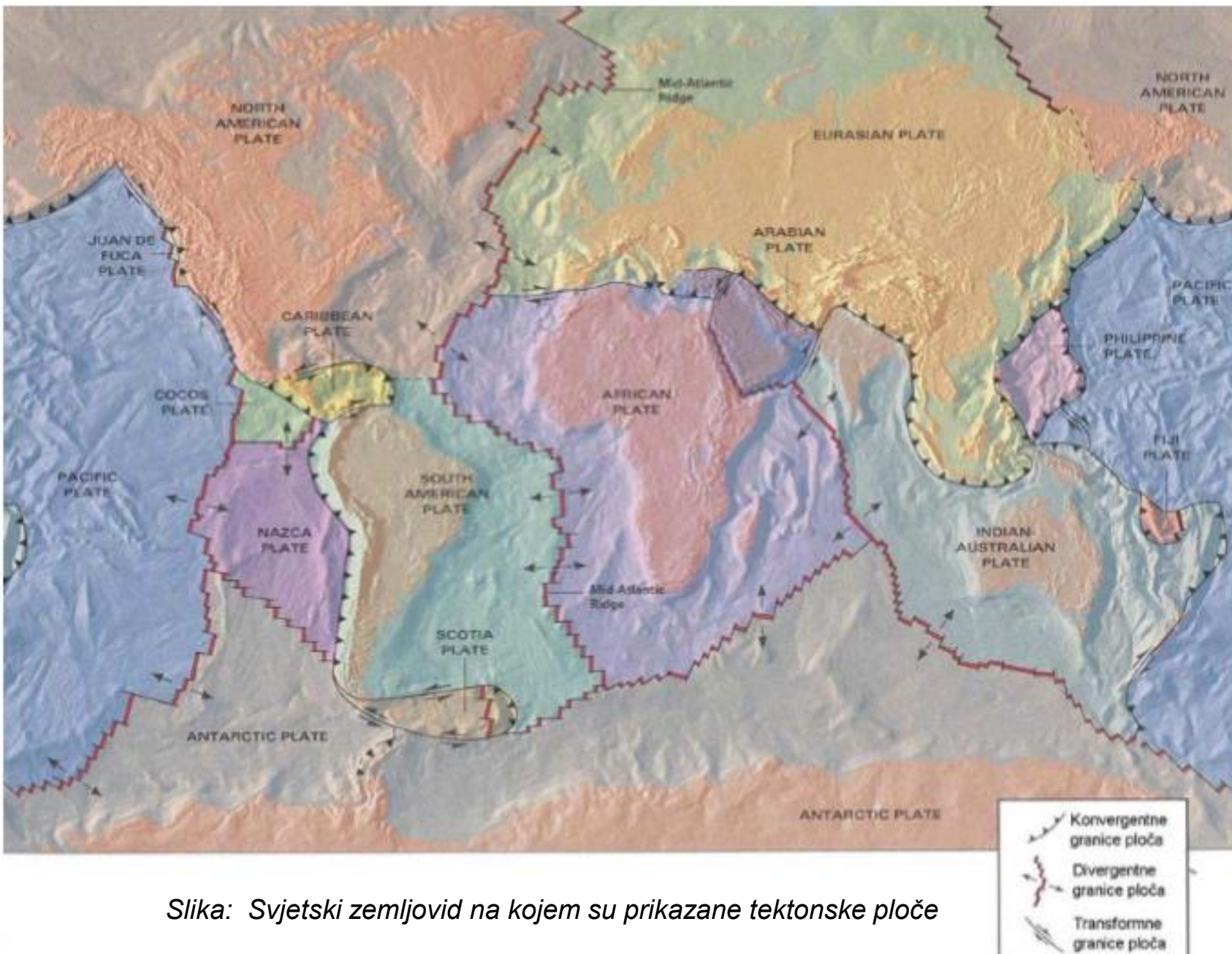
- Pangea se raspala na Lauraziju i Gondwanu.
- Laurazija: S. Amerika i Euroazija
- Gondwana: ostali kontinenti
- U kasnim 60-tim godinama prošlog stoljeća – poduprta ideja o slobodnom *pomicanju kontinenata* i *širenju oceanskog dna* (srednjeoceanski grebeni, oceanski jarci, zone subdukcije)
- **Nova globalna tektonika – tektonika ploča**

Slika: Rekonstrukcija evolucije nastanka kontinenata od jedinstvenog kontineta Pangee



Koncept tektonike ploča

- **Litosferske ploče:** euroazijska, afrička, sjeverno američka, južno američka, pacifička, australska i antartička ploča
- **Granice ploča** – su mjesta na kojima se dvije ploče razmiču, kližu jedna kraj druge ili se kreću jedna prema drugoj



Slika: Svjetski zemljovid na kojem su prikazane tektonske ploče

Koncept tektonike ploča

- Prema načinu na koji se pomiču litosferske ploče relativno jedna prema drugoj razlikuju se tri osnovna tipa dinamičnih granica ploča:

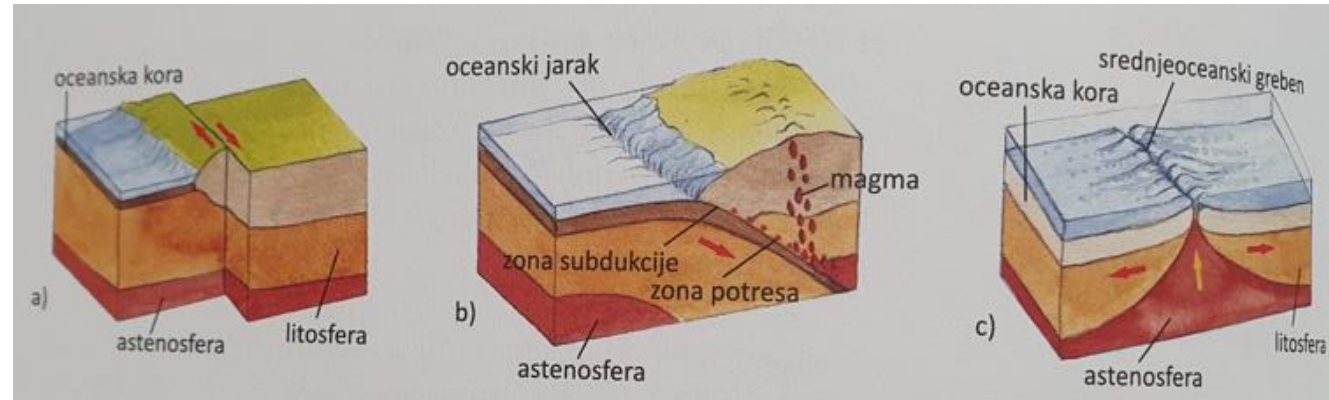
1.Divergentna granica

2.Konvergentna granica

a)Subdukcija (podvlačenje)

b)Sudaranje (kolizija) kontinenata

3.Transformna granica



a) Transformne granice

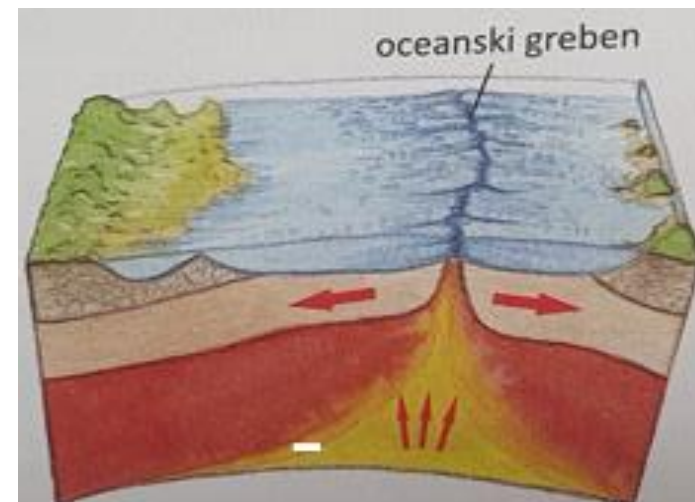
b)konvergentne granice

c) divergentne granice

Slika: Granice litosferske ploče

1. Divergentna granica

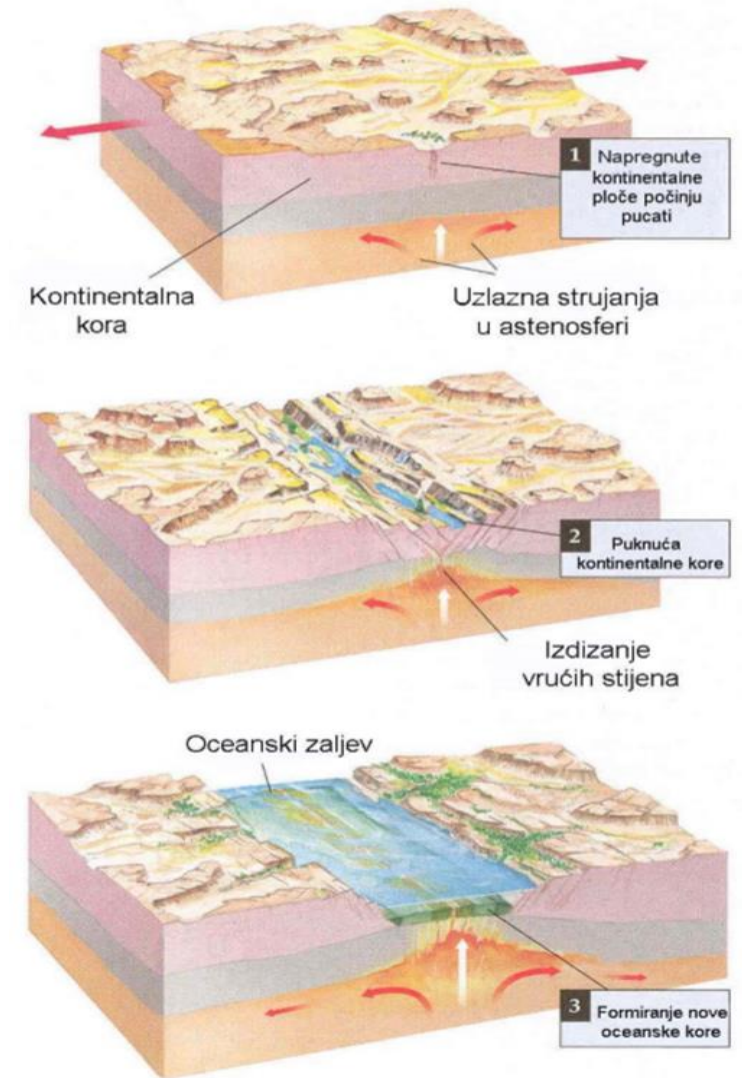
- Mjesta razmicanja i udaljavanja litosferskih ploča i stvaranja kora, a naziva se još i **zona širenja**
- Mogu se pojaviti i na oceanskoj i na kontinentalnoj kori
- Divergentni tip granice na oceanskoj kori predstavljen je sustavom **oceanskih grebena** (Srednjeatlanski greben i Istočnopacifičko uzvišenje)
- Duž grebena dolazi do izdizanja, izlivanja novih magmatskih stijena
- Oceansko dno se širi i nastaje nova oceanska kora



Slika: Divergentna granica: ocean - ocean

1. Divergentna granica

- Divergentni tip granice na kontinentalnoj kori je sustav pukotina i rasjeda koji stvaraju velike doline brazdanja, tzv. strukturu rifa (Istočnoafrički rif)
- Kontinentalna kora se stanjuje, kontinenti se odmiču jedan od drugog
- Faza riftovanja – prvobitna faza stvaranja oceana, mora (Crveno more)
- Divergentne granice – zone rasjedanja, podmorskih potresa (potresi plitkih žarišta)
- Vruće točke – mjesta gdje se uzlazne struje iz astenosfere uzdignu pod litosferu, pa se ona dijelom tali (omekšava)



Slika: Divergentna granica: kontinent - kontinent

Primjer: Afrika (2018. godine)

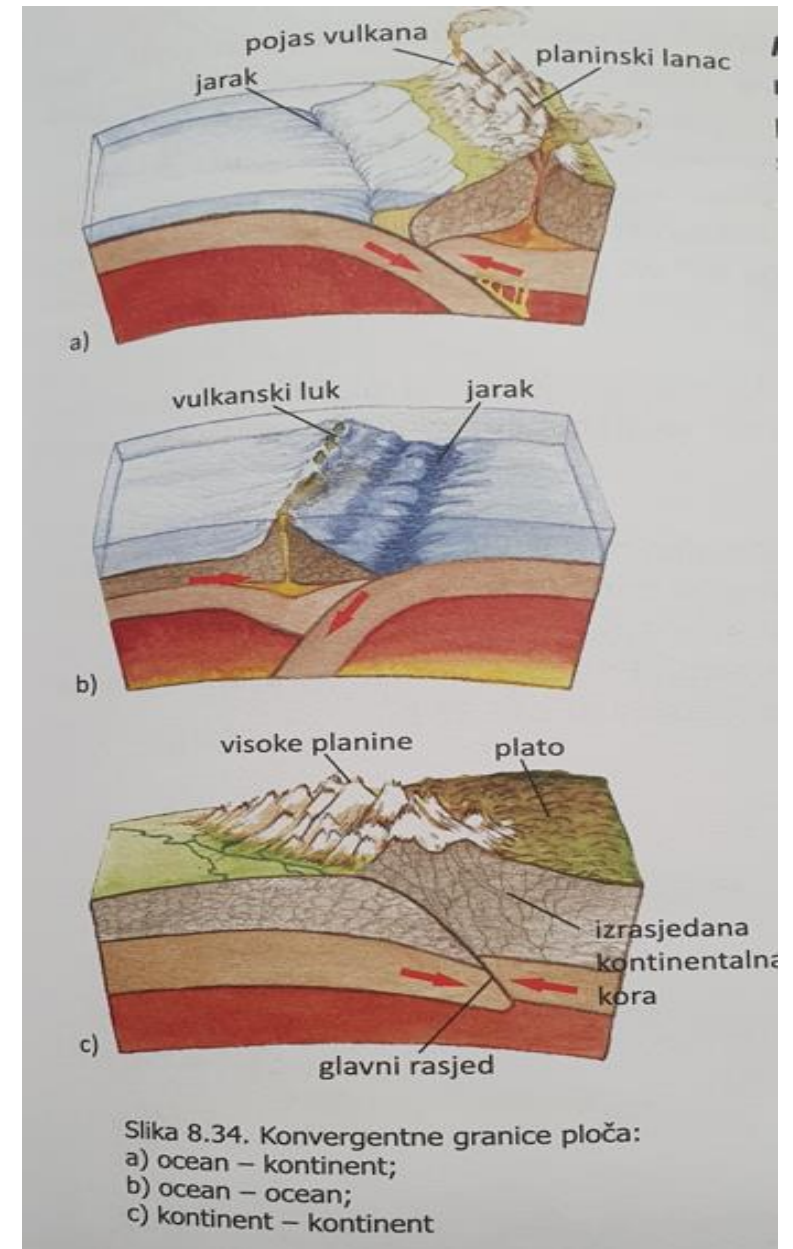
- Dužina pukotine 3000 km – Kenija
- Uništilo tamošnju brzu cestu Nairobi – Narok
- Pucanje tla popraćeno je i seizmičkim aktivnostima
- **Raspuklina u Africi proteže se na 3000 kilometara** od Adenskog zaljeva na sjeveru prema Zimbabveu na jugu, dijeleći afričku ploču na dva nejednaka dijela: Somalsku i Nubijsku ploču.
- Raspukline su prva faza pucanja kontinenta i, ako je ono uspješno, može dovesti do formiranja novog oceanskog bazena.
- Primjer: Južni Atlantski ocean, rezultiralo je raspadom Južne Amerike i Afrike prije otprilike **138 milijuna godina**.



Raspuklina koja će podijeliti Afriku (Screenshot: YouTube)

2. Konvergentna granica

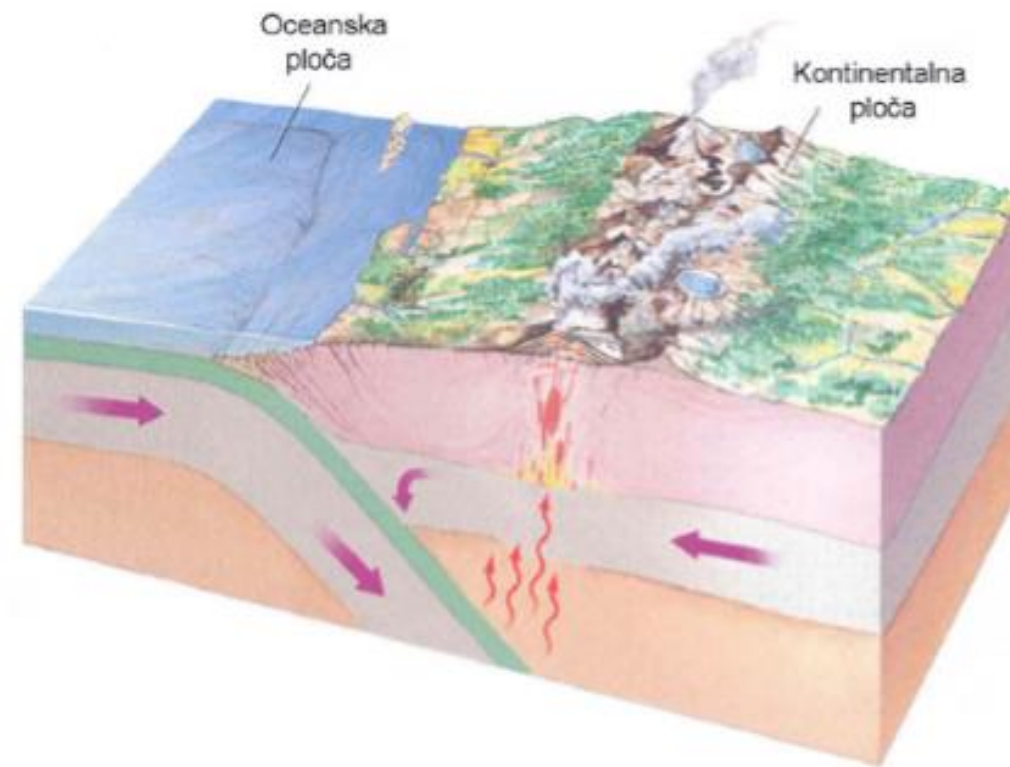
- S obzirom da postoje oceanski i kontinentalni tip ploča, možemo imati tri tipa interakcije: **ocean-ocean**, **kontinent-kontinent** i **ocean-kontinent**.
- Nastaje na mjestima na kojim se jedna ploča kreće prema drugoj i **podvlači (subducira)** pod nju ili se s njom **sudara (kolizija)**



2. Konvergentna granica

Subdukcija (podvlačenje)

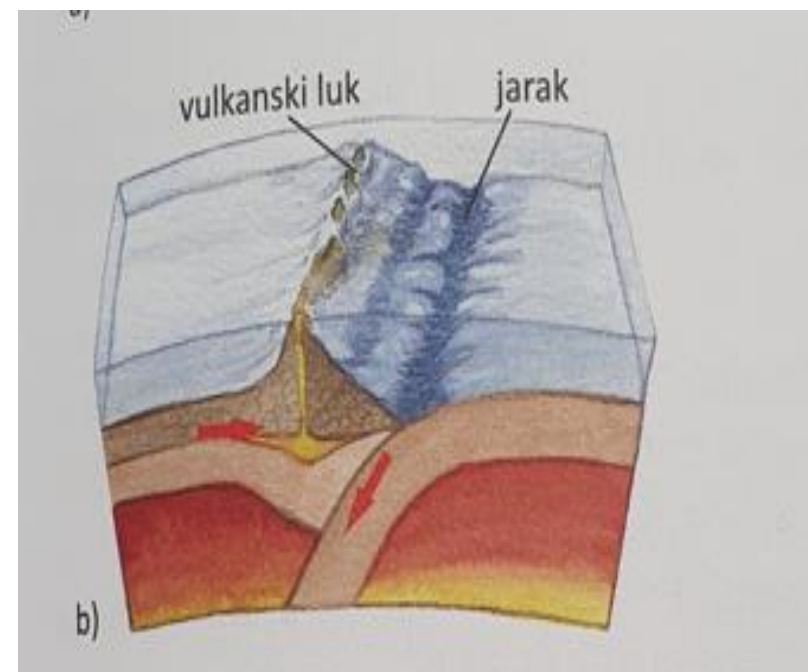
- **Subdukcija** - zone gdje se jedna ploča podvlači pod drugu, konvergentne granice tvore **zonu subdukcije**.
- Na površini, topografski se pojavi **oceanski jarak** na oceanskoj strani i **planinski lanac** na kontinentalnoj strani.
- Primjer: Kordiljeri- oceanska Nazca ploča subducirala pod kontinentalnu Južnoameričku ploču
- **Obdukcija** – prilikom subdukcije dolazi do otkidanja oceanske kore koja se navlači na kontinentalnu koru



Slika: Subdukcija (podvlačenje) oceanske ploče

2 . Konvergentna granica

- Kada se dvije oceanske ploče primiču jedna drugoj, obično stvaraju **otočni luk**
- Luk je formiran vulkanima koji erupiraju kroz naliježecu ploču kako se ispod nje ploča koja tone tali
- Ispred takvog luka na mjestu gdje gušća ploča tone smješta se **podmorska jaruga**
- Primjer: Japan, Java, Filipina

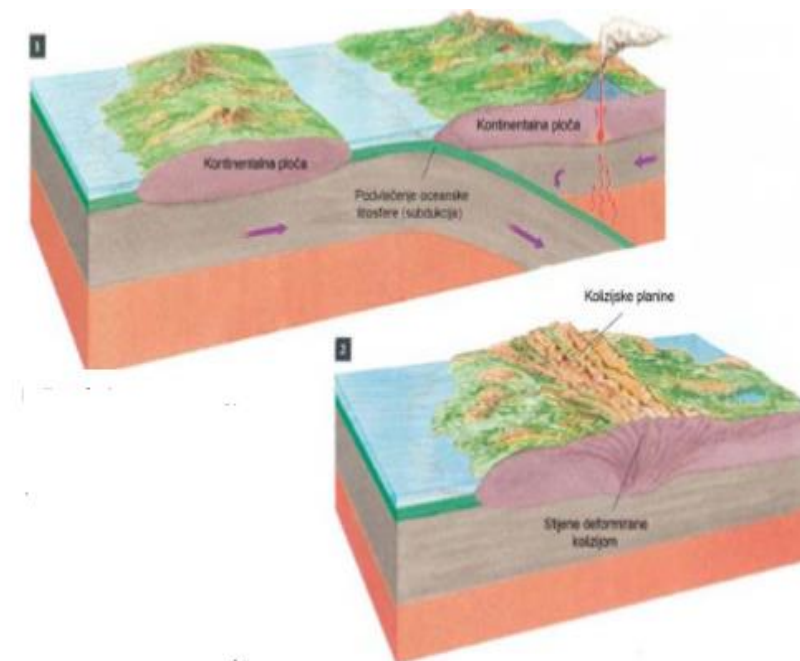


Slika: Konvergentna granica: ocean-ocean

2. Konvergentna granica

Sudaranje (kolizija)

- sučeljavanja jedne kontinentalne ploče sa drugom kontinentalnom pločom - naziva se **kolizija**.
- Gornji dijelovi kontinentalne kore se odvajaju i smiču
- Odvojeni dijelovi oblikuju formiraju planinske lance
- Primjer: podvlačenje sjevernog ruba Indijske ploče pod dio Euroazijske ploče – Himalaji i plato Tibet
- Primjer RH: Dinaridi



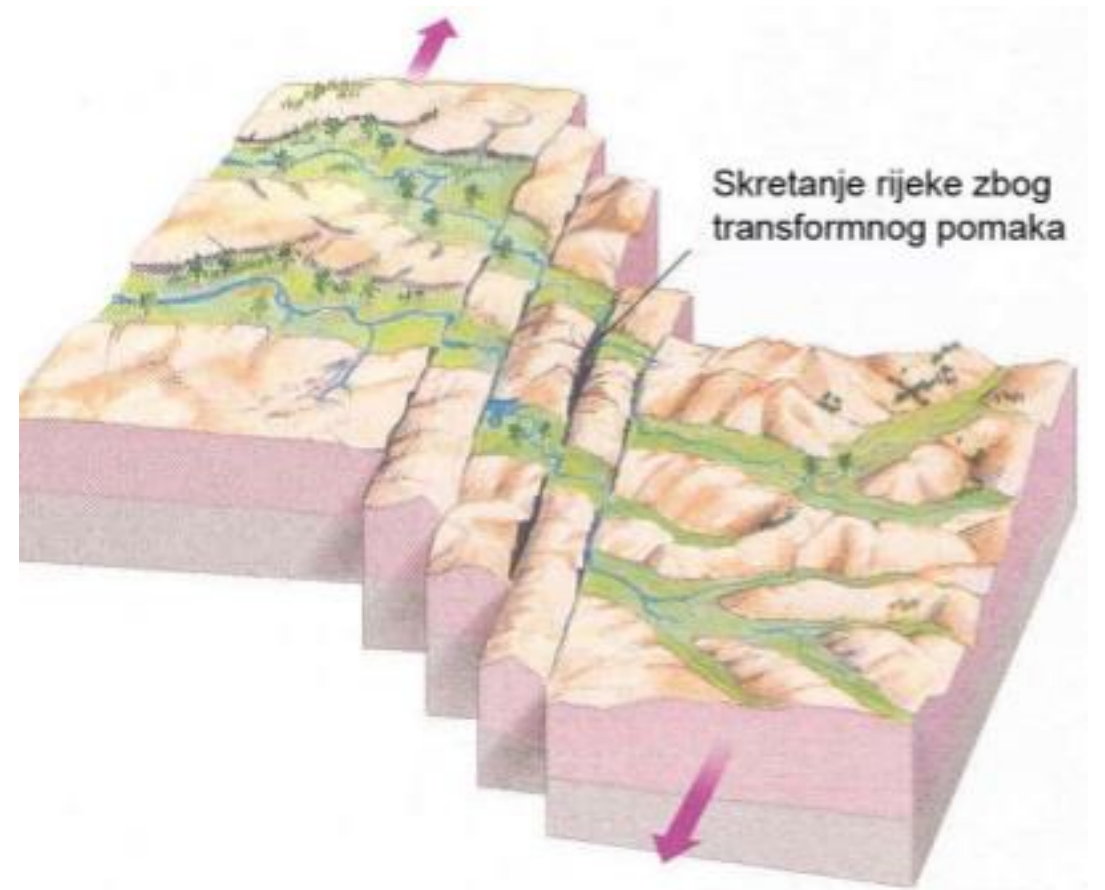
Slika :

(1) Dvije kontinentalne ploče konvergiraju, a oceanska litosfera između njih subducira.

(2) Oceanska litosfera koja se nalazi između potpuno je subducirana, a dvije kontinentalne ploče se sudaraju i uzdižu jer ni jedna nije dovoljno gusta da subducira

3. Transformna granica

- Mjesta gdje ili kad se Zemljine **ploče gibaju jedna pored druge u suprotnim smjerovima** dolazi **do trenja na njihovim rubovima**, ali se ploče niti ne dižu, niti spuštaju.
- Kretanje se vrši duž transformnih rasjeda
- Ne nastaje nova kora niti se uništava postojeća
- Tip granice koji je predstavljen velikim frakturama i rasjedima u Zemljinoj litosferi.



Slika: Transformna kretanja

Primjer: Transformna granica



- Rasjed San Andreas
- Dužina 1000 km, kretanje blokova od oko 6 cm/god
- Pacifička i Sjevernoamerička ploča pomiču jedna prema drugoj

MAGMATIZAM / VULKANIZAM

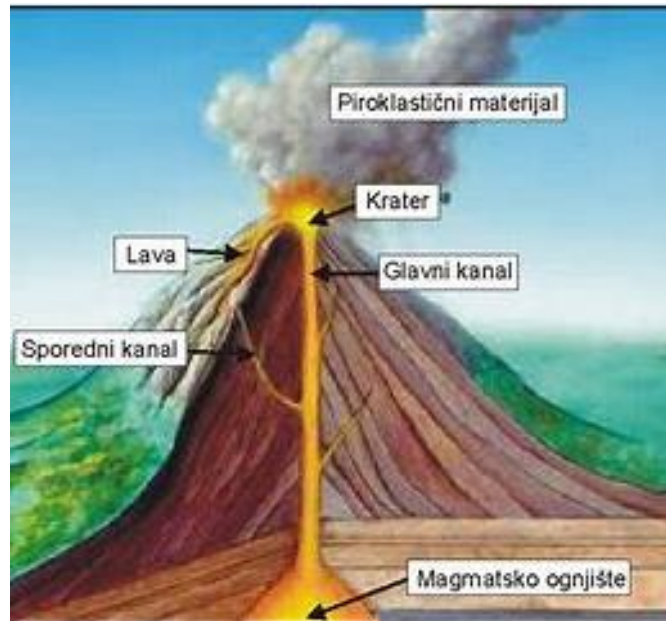
- **Magmatizam** je skup procesa vezanih uz djelovanje magme i njezino kretanje iz unutrašnjosti Zemlje prema površini kroz različite pukotine i kanale
- Kristalizacijom magme u litosferi nastaju različite **magmatske intruzivne stijene**
- **Plutonizam** – pojava zaostajanja i kristalizacije magme u unutrašnjosti litosfere
- **Vulkanizam** - sve manifestacije do kojih dolazi izlaskom magme na površinu Zemlje
- **Lava** – silikatna taljevina koja izlazi na površinu
- **Vulkan** - završetak duboke pukotine cjevastog oblika kroz koju magma izbija na površinu litosfere.



MAGMATIZAM / VULKANIZAM



Izlijevanje lave



Dijelovi vulkana

- **Krater** - ljevkasto udubljenje formirano na vrhu stožaste uzvisine (promjera manjeg od 1 km)
- Načini rada vulkana:
 - **erupcija** (izbacivanje velike količine piroklastičnog i drugog materijala)
 - **izlijevanje** (tiho i mirno izlijevanja lave)
 - **kaldera** – je široka ovalna depresija s relativno strmim unutrašnjim stranama i ravnim dnom, a promjer joj može iznositi i do 100km.

MAGMATIZAM / VULKANIZAM

Vulkane možemo podijeliti prema:

1. **Mehanizmu i načinu izlivanja lave** - arealne, pukotinske ili linearne i centralne
2. **Mjestu pojave** - kopnene (rasjede), priobalne (zona subdukcije), podmorske ili submarinske (dno mora ili oceana)
3. **Vremenu pojave** - ugašene, privremeno ugašene i žive ili aktivne

MAGMATIZAM / VULKANIZAM



fumarole

Postvulkanske pojave:

Fumarole (vodena para i plinovi),

Solfatare (sumporovodik),

Mofete (ugljični dioksid),

gejziri i

blatni vulkani



solfatare



mofete

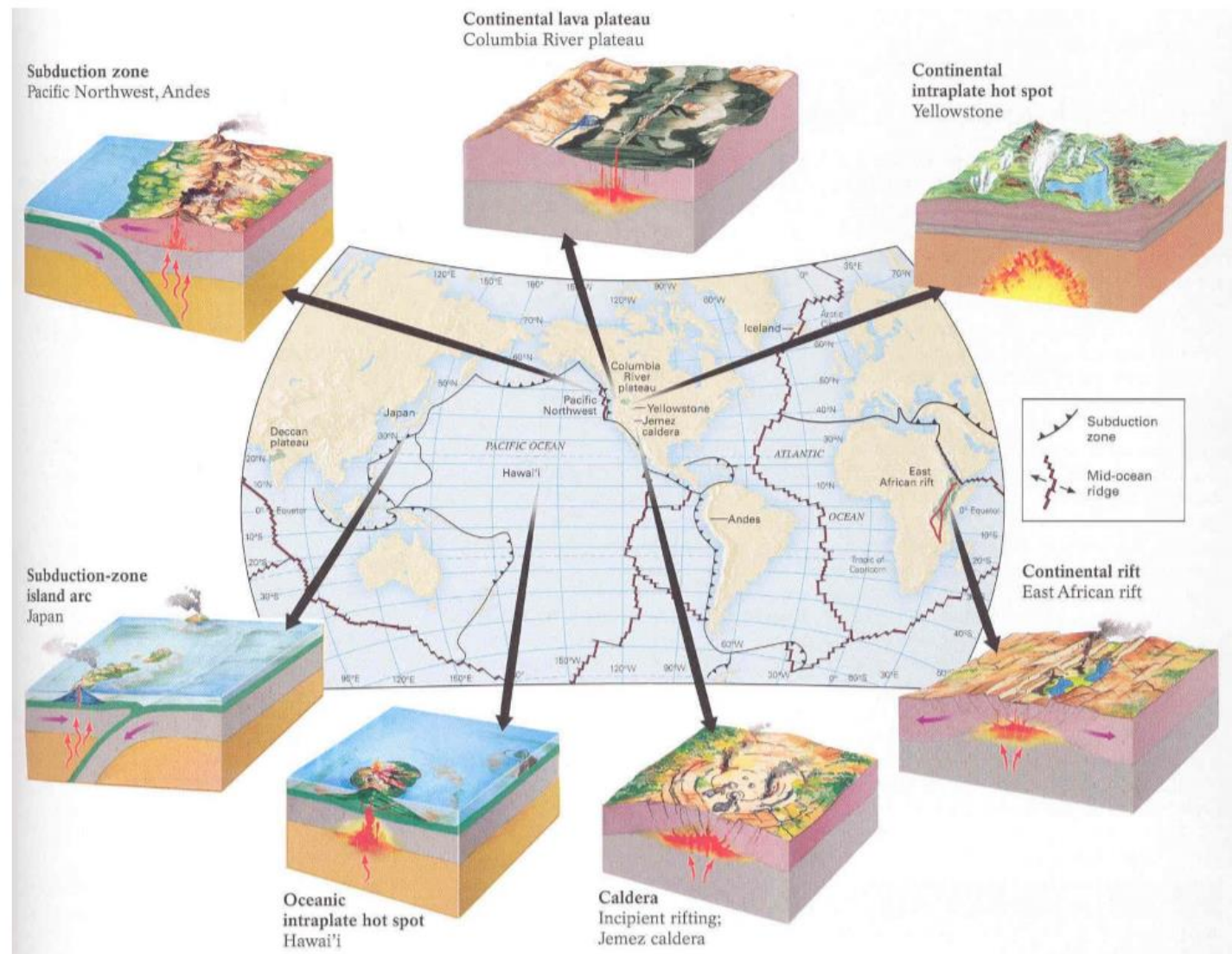


blatni vulkan



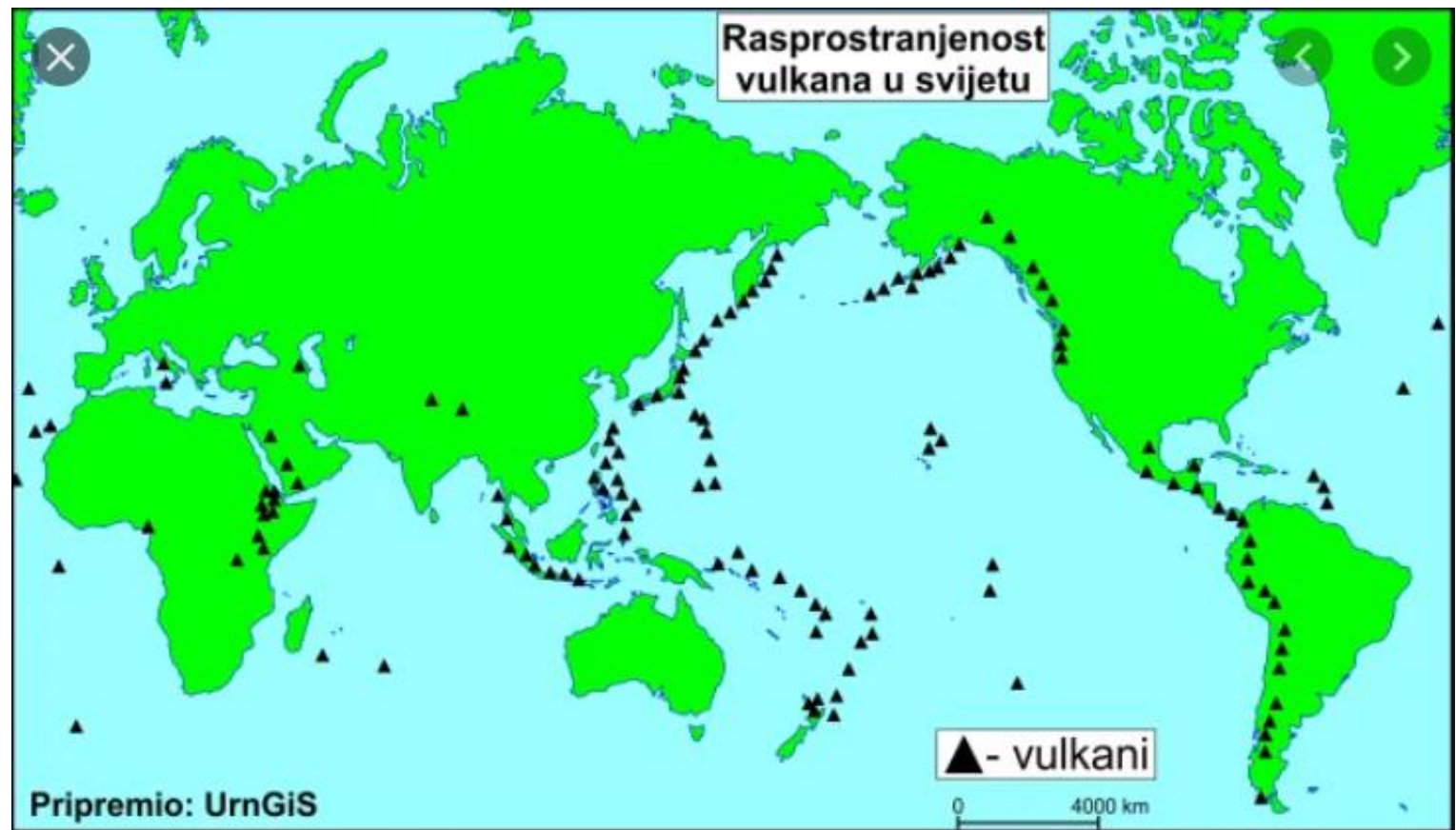
gejzir

MAGMATIZAM / VULKANIZAM



Distribucija vulkana na Zemlji, ilustrira povezanost tektonike ploča i vulkanizma (Chernicoff & Whitney, 2007). Uočava se koincidencija vulkanske aktivnosti s granicama ploča formiranjem niza vulkana koji okružuju Tihí ocean, tzv. vatreni krug (eng. „ring of fire“).

MAGMATIZAM / VULKANIZAM



Najvažnije područje prostiranja današnjih aktivnih vulkana:

- Tihi ocean(vatreni pojas Tihog oceana)
- Zapadni niz od Kamčatke – Filipina - Indonezije - Malezijskih otoka – Novog Zelanda
- Istočni niz Aleutski otoci - Aljaska – Kanada – SAD – Meksiko – Ande
- Treći niz od Islanda – Azorski – Kanarskih otoka – Sv. Jelena – Tristan de Kunja
- Poseban niz vulkani Afrike: Kilimanjaro, Kenija, Ruvenzori

Vulkani

- 546 vulkana (484 kopnena, 62 podmorska) – najviše na području Tihog oceana (396 kopnena i 31 podmorski aktivni vulkan)
- **Najvažnije vulkanske erupcije:**
 - Taba (Indonezija) – prije 67.500 – 75.500 godina
 - Mount Laki (Island) – od lipnja 1783. – ožujka 1784.
 - Tambora (Indonezija) – 1815. godine
 - Krakatau (Indonezija) – 1883. godine
 - Pinatabu (Filipini) – 1991. godine
 - Vezuv (Italija) – 79. god. Prije Krista – zadnja erupcija 1944.

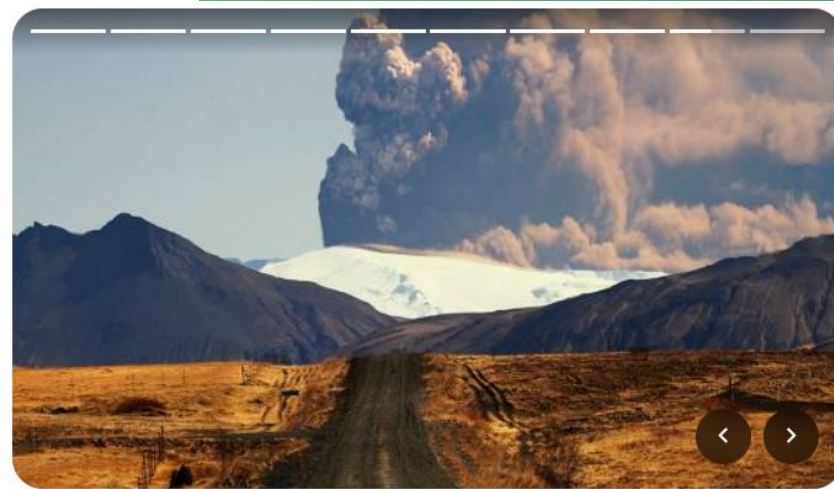
Primjer: Island - Fagradalsfjli

- U južnom dijelu Islanda oko 900 potresa u nekoliko sati
- Razlog: zbog podzemne rijeke magme – vruće tekuće ili polutekuće stijene – dugačke oko 15 km koja se kreće prema gore ispod zemljine površine.
- Prolazi ispod Islanda i dijela Atlantskog oceana: grad, Grindavík, se nalazi neposredno iznad magme, evakuiran je zbog opasnosti od “vatrenih fontana” i štetnih plinova.
- prvom mjesecu otvorilo se 10 pukotina i formiralo sedam malih kratera od kojih su dva još vidljiva i ne pokazuju znake posustajanja.
- Erupcija trajala 6 mjeseci



Erupcija Eyjafjallajokull - Island

- U travnju 2010. vulkanska erupcija Eyjafjallajokull uzrokovala je najveće zatvaranje europskog zračnog prostora od Drugog svjetskog rata, kao rezultat opsežnog oblaka pepela, uz gubitke procijenjene na između 1,5 i 2,5 milijardi eura.
- “Erupcija Eyjafjallajokulla 2010. je bila povezana sa štitastim vulkanom na čijem je vrhu ledenjak.
- Interakcija magme s ledom i otopljenom vodom učinila je tu erupciju tako eksplozivnom i opasnom za zrakoplovstvo.



POTRESI

- **Potres** – je endogeni proces do kojeg pretežito dolazi zbog pomicanja tektonskih ploča,
- **posljedica** je podrhtavanje Zemljine kore zbog oslobađanja velike količine energije
- Najstrašnije prirodne katastrofe, kratko vrijeme, bez najave, golema razaranja
- **Seizmologija** – znanost koja proučava potrese
- **Inženjerska seizmologija** - primjenjuje spoznaje i rezultate seizmologije, geologije, geofizike, seismotektonike i graditeljstva u širem smislu.
- Na rezultatima istraživanja inženjerske seizmologije razvilo se **potresno inženjerstvo** - rezultati se rabe u graditeljstvu

POTRESI

- Većinu potresa uzrokuje **otpuštanje elastičnog naprezanja** - ploče se pomiču uzrokujući **potres**
- **Tektonski potresi** – povezani sa tektonskim pločama, zahvaćaju veća područja (90% potresa), na područjima oceanskih hrbata i transformnih rasjeda
- **Vulkanski potresi** – pobuđeni aktivnošću vulkana, prate erupciju vulkana, ograničenog područja (7%)
- **Urušeni potres** – nastaju urušavanjem materijala koji nadsvođuje podzemne šupljine ili odronom kamenja ili klizanjem terena (3%)
- **Umjetni potresi** – uzrokovani ljudskom aktivnošću

Seizmički valovi

- Kod tektonskih pokreta nastali tlakovi višestruko prekorače čvrstoću stijena te se ona **slomi**. Nagomilana potencijalna **energija se oslobađa** i prelazi u **kinetičku**, odnosno **seizmičku energiju** koja se **valovima** prenosi na površinu.
- Valovi koji putuju kroz Zemlju kao rezultat potresa, razlikuju se **načinom i brzinom širenja**:
 - **Longitudinalni (uzdužni) valovi** – (prvi nailaze nakon potresa, nazivaju se i **primarni P valovi**)
 - **Transverzalni (poprečni) valovi** – (kasnije nakon potresa i nazivaju se **sekundarni S-valovi**)
 - **Dugi valovi** – najsporiji su, uzrokuju oštećenja zbog gibanja tla.

Razlikuju se:

• **L-valovi** (Loveovi)

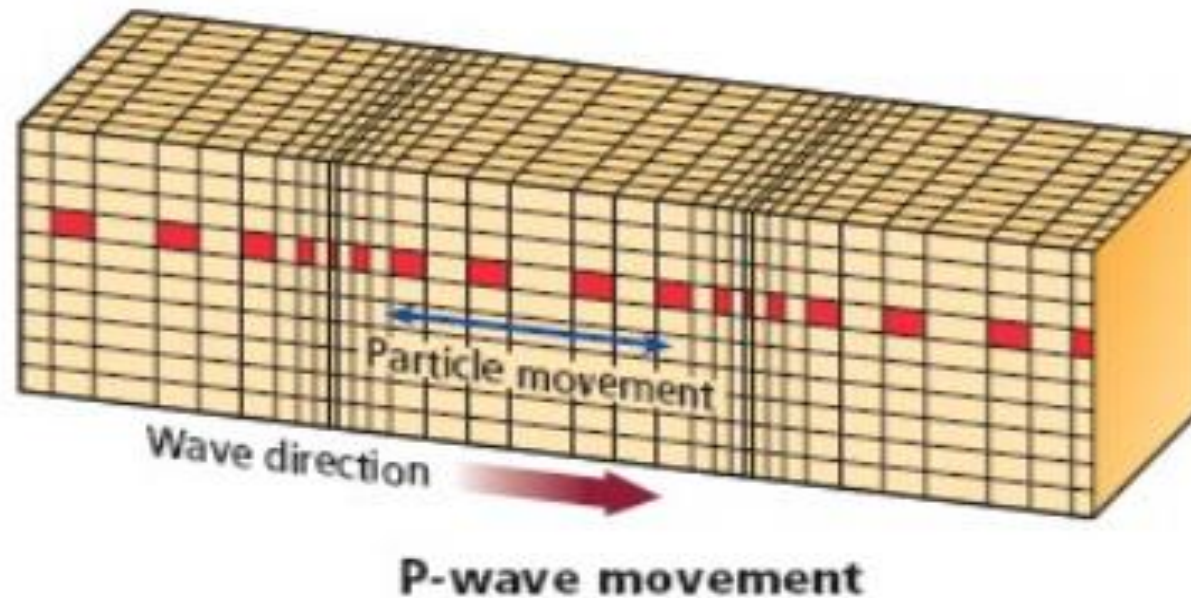
• **R-valovi** (Rayleighovi)



Horizontalni valovi (presijecaju temelje zgrada)

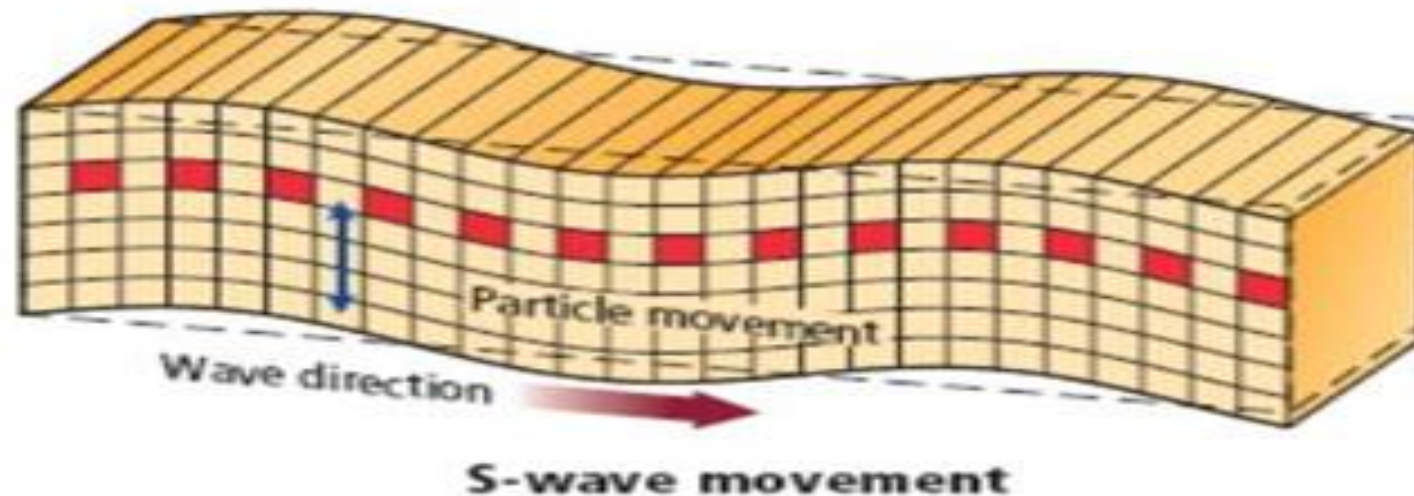
Seizmički valovi

- Šire se u smjeru potresnog udara samo kroz čvrste materijale
- Uzrokuju stezanje i rastezanje stijenske mase
- Šire se prema središtu Zemlje i brzina raste sa dubinom
- Brzina 4-7 km/s



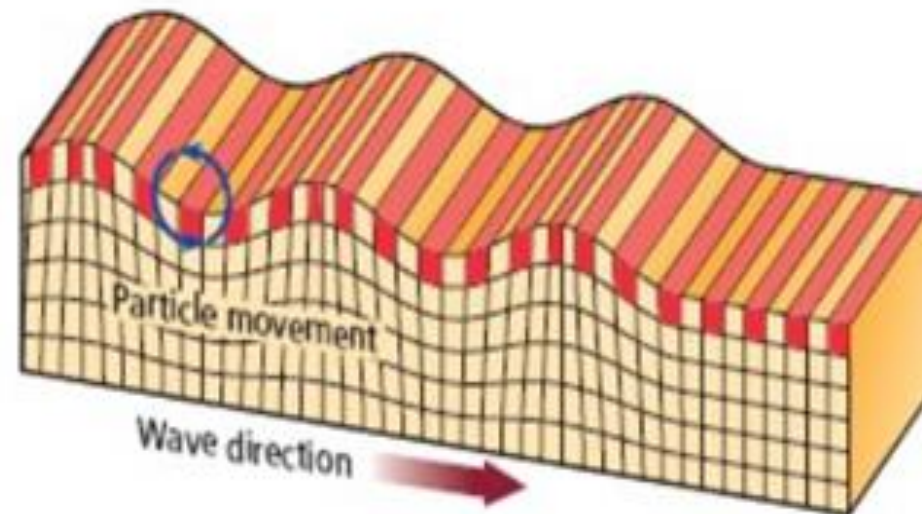
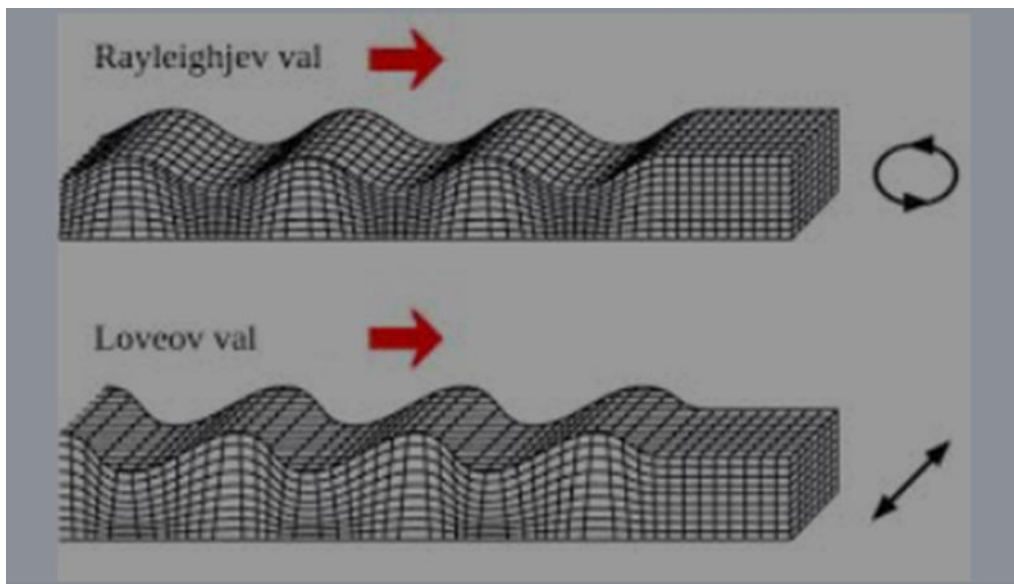
Seizmički valovi

- Sporiji od P valova 1,7 puta
- Pobuđuju okomito titranje čestica i šire se kroz čvrste materijale
- Brzina ovisi o gustoći i čvrstoći materijala (2 – 5 km/s)



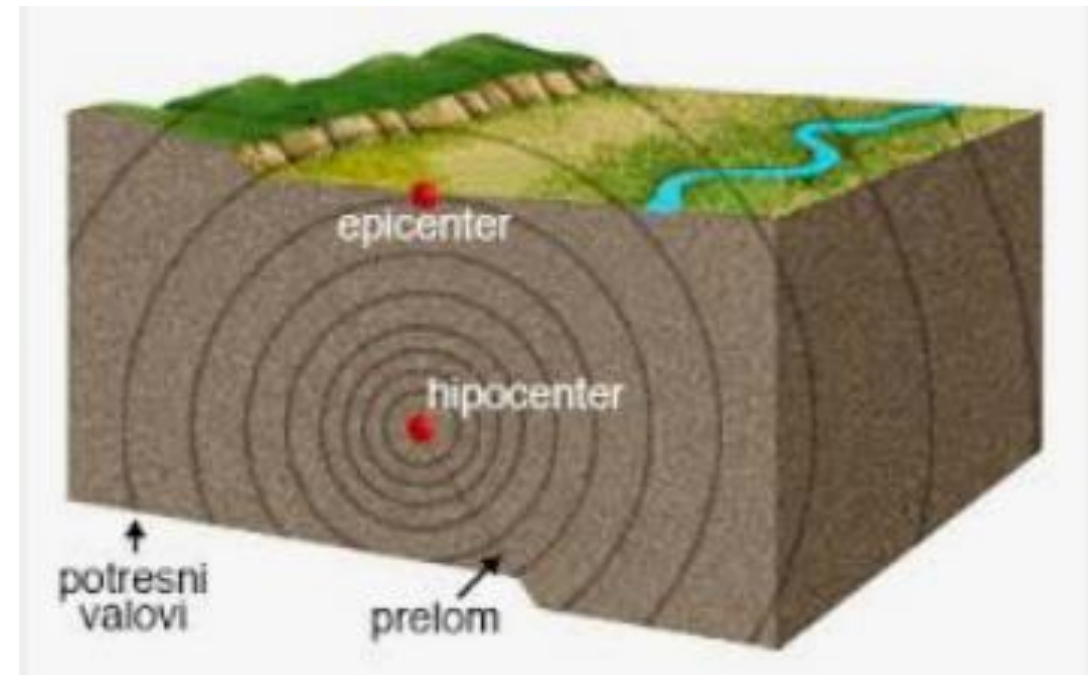
Seizmički valovi

- Dugi valovi – šire se samo kroz litosferu, najsporiji su uzrokuju oštećenja zbog gibanja tla. Brzina ovisi o materijalu kroz koju prolazi (najbrži u vezanim stijenama)
- L- valovi, bez vertikalnog pomaka, samo horizontalno. Horizontalni pomak presijeca temelje zgrada, ne šire se kroz vodu
- R- valovi – po površini se kreću elipsastom putanjom



Mjerenje jačine potresa

- Seizmiku nekog područja određuje:
 - **Hipocentar ili žarište potresa** - mjesto nastanka potresa u dubini Zemlje, otkuda se šire seizmički valovi
 - **Epicentar potresa** - mjesto vertikalne projekcije hipocentra na površini, u kojem se osjeti najjači udar
 - **Intenzitet potresa** – je učinak potresa na površini zemlje na zahvaćanom području. Označava se s I_0 , a na bilo kojem drugom mjestu s I_m .
 - Linije koje spajaju sva mjesta jednakog intenziteta potresa jesu **izoseiste**, a sva mjesta u kojim se potres osjetio istovremeno nazivamo **homoseiste**.
 - **Magnituda potresa**



Mjerenje jačine potresa

- **Jačina potresa** ovisi o **količina oslobođene energije**, **dubina hipocentra** i **građi Zemljine kore**.
- Jakost potresa u epicentru označuje se stupnjevima, na temelju **ljestvice intenziteta**.
- Danas se koriste četiri ljestvice koje se temelje na **razornosti i posljedicama** potresa:
 - **Mercalli-Cancani-Siebergova ljestvica (MCS)** iz 1917. godine s 12°, (Hrvatska)
 - **Modificirana Mercallijeva ljestvica (MM)** s 12° iz 1931. godine (rabi se u SAD),
 - **Japanska ljestvica** sa 7° iz 1950. godine,
 - **Medvedev-Sponheuer-Karnikova ljestvica (MSK-64)** ili **UNESCO-ljestvica** s 12° iz 1964. godine.

Mjerenje jačine potresa

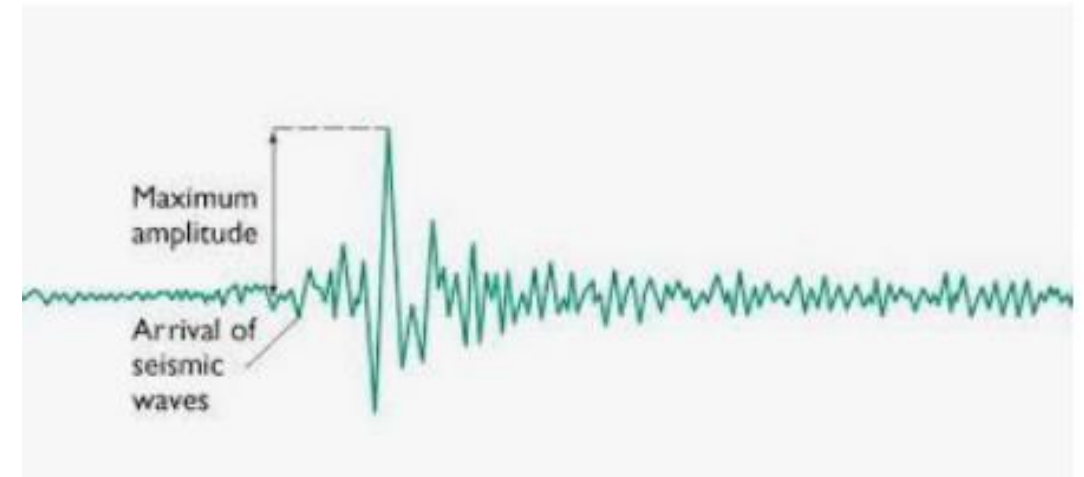
- **Mercalli-Cancani-Siebergova ljestvica (MCS)** – češće **Mercallijeva ljestvica** u Hrvatskoj se koristi od 1964. godine. - definira pojave i promjene koje potresi uzrokuju kod ljudi i životinja, uz procjenu veličine štete na objektima, te sagledavanja promjena u prirodi kao posljedica potresa, odnosno temelji se na razornosti i posljedicama potresa.
- **MSK-64** – najpotpunija ljestvica budući da polazi od vrste objekata i vrste i količine oštećenja nastalog potresom određenog stupnja
- Odgovara potrebama graditelja

Mercalli-Cancani-Siebergova ljestvica (MCS ljestvica)

Stupanj	Naziv	Kratki opis karakteristika
1.	Nezamjetljiv potres	Bilježe ga jedino seizmo grafi
2.	Jedva osjetan potres	Osjeti se samo u gornjim katovima visokih zgrada
3.	Lagan potres	Tlo podrhtava kao kad ulicom prođe automobil
4.	Umjeren potres	Prozorska okna i staklenina zveče kao da je prošao težak teretni automobil
5.	Prilično jak potres	Njisu se slike na zidu. Samo pojedinci bježe na ulicu
6.	Jak potres	Slike padaju sa zida, ormari se pomiču i prevrću. Ljudi bježe na ulicu
7.	Vrlo jak potres	Ruše se dimnjaci, crjepovi padaju s krova, kućni zidovi pucaju
8.	Razoran potres	Slabije građene kuće se ruše, a jače građene oštećuju. Tlo puca
9.	Pustošni potres	Kuće se teško oštećuju i ruše. Nastaju velike pukotine, klizišta i odroni zemlje
10.	Uništavajući potres	Većina se kuća ruši do temelja, ruše se mostovi i brane. Izbija podzemna voda
11.	Katastrofalan potres	Srušena je velika većina zgrada i drugih građevina. Kidaju se i ruše stijene
12.	Veliki katastrofalan potres	Do temelja se ruši sve što je čovjek izgradio. Mijenja se izgled krajolika, rijeke mijenjaju korito, jezera nestaju ili nastaju

Mjerenje jačine potresa

- **Magnituda potresa** – je objektivna mjera za kvantificiranje potresa i proporcionalna je logaritmu količine energije koja se oslobodila u žarištu. Definirao ju je Richter (1935) pa se po njemu još magnituda ljestvica naziva **Richterova ljestvica**.
- Richterova ljestvica izračunava se na osnovu **izmjerene amplitude gibanja tla** - izražava se u realnim brojevima po Richteru.
- Seizmometar je instrument za detektiranje seizmičkih valova, a instrument za mjerenje i bilježenje potresa seizmograf.
- Potres u Čileu (1960.) – $9,5 = M$



Slika: Mjerenje visine (amplitude) krivulje na seizmogramu – Richterova ljestvica

Magnituda	Efekti potresa
< 2,0	mikropotresi, neosjetljivi
2,0 – 2,9	Općenito neosjetljiv, ali ga se može detektirati
3,0 – 3,9	Često se osjeti, rijetko uzrokuje štetu
4,0 – 4,9	Primjetna vibracija kućanskih predmeta, znatna šteta manje vjerojatna
5,0 – 5,9	Može uzrokovati štetu slabije građenim zgradama na manjem području
6,0 – 6,9	Može biti destruktivan do 150 km od epicentra u naseljenom području
7,0 – 7,9	Može uzrokovati ozbiljnu štetu preko velikih područja
8,0 – 8,9	Može uzrokovati ozbiljnu štetu stotinama kilometara od epicentra
>9,0	Devastirajući tisućama kilometara od epicentra

Tablica: Učinci potresa u ovisnosti o magnitudi

Mjerenje jačine potresa

Gruba usporedba intenziteta i magnitude
potresa

Intenzitet u stupnjevima MCS	Magnituda (ljestvica prema Richteru)
I.	0,0 - 1,5
II. - III.	1,5 - 2,5
III. - IV.	2,5 - 3,0
IV. - V.	3,0 - 3,5
V. - VI.	3,5 - 4,5
VI. - VII.	4,5 - 5,0
VII. - VIII.	5,0 - 5,5
VIII. - IX.	5,5 - 6,0
IX. - X.	6,0 - 6,5
X. - XI.	6,5 - 7,0
XI. - XII.	7,0 - 7,5
XII.	7,5 - 10,0

Mjerenje jačine potresa

- Odnos magnitude i intenziteta potresa u epicentru, ovisno o dubini žarišta može se odrediti iz odnosa (Medvedev, 1965):

$$I_0 = 1,5 \times M - 3,5 \log h + 3$$

- Pri čemu su:
- I_0 - intenzitet potresa u epicentru
- M – magnituda
- h – dubina žarišta (km)

Mjerenje jačine potresa

- Za određivanje magnitude potresa i podataka intenziteta s većih ili manjih udaljenosti od epicentra, Karnik i suradnici su postavili odnos (Cvijanović, 1983)

$$M = \log (A/T)_{\max} + \bar{b}(\Delta)$$

- Pri čemu su:
- $\bar{b}(\Delta) = 1,66 \log \Delta + 3,3$,
 - Δ - udaljenost od epicentra
 - A – amplituda seizmičkih valova
 - T – vrijeme titranja seizmičkih valova

Mjerenje jačine potresa

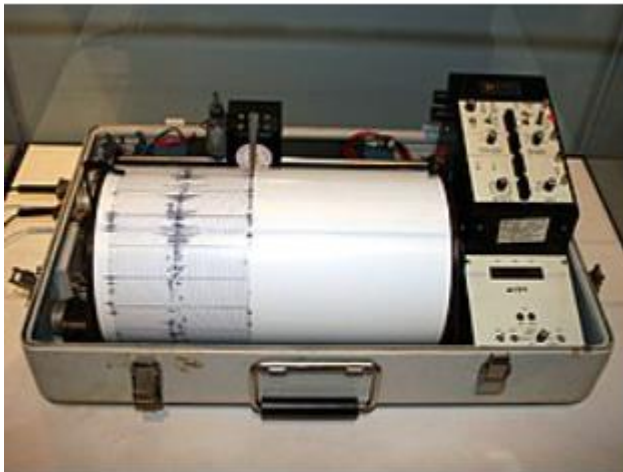
- Prema Guttenbergu i Richteru, odnos količine oslobođene seizmičke energije i magnitude potresa može se izraziti (Cvijanović, 1983)

$$\log E = 11 + 1,6 \times M$$

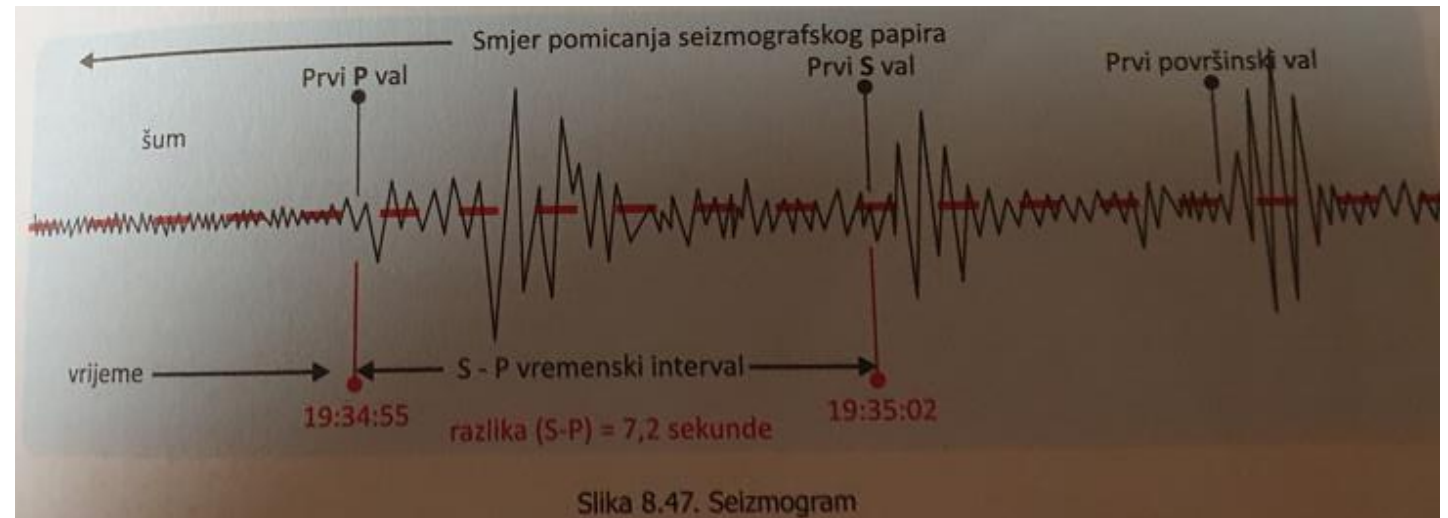
- Učinci potresa određene magnitude ovisit će o dubini žarišta u kojoj se oslobodila seizmička energija.
- Jednaka količina oslobođene energije (jednaka magnituda) sa žarištem bližim površini uzrokovati će jača oštećenja nego ona s dubljim žarištem

Mjerenje jačine potresa

- **Seizmometar** je instrument za detektiranje seizmičkih valova, a instrument za mjerenje i bilježenje potresa **seizmograf**, a zapisi vibracija tla je seizmogram.



Slika: Seizmograf



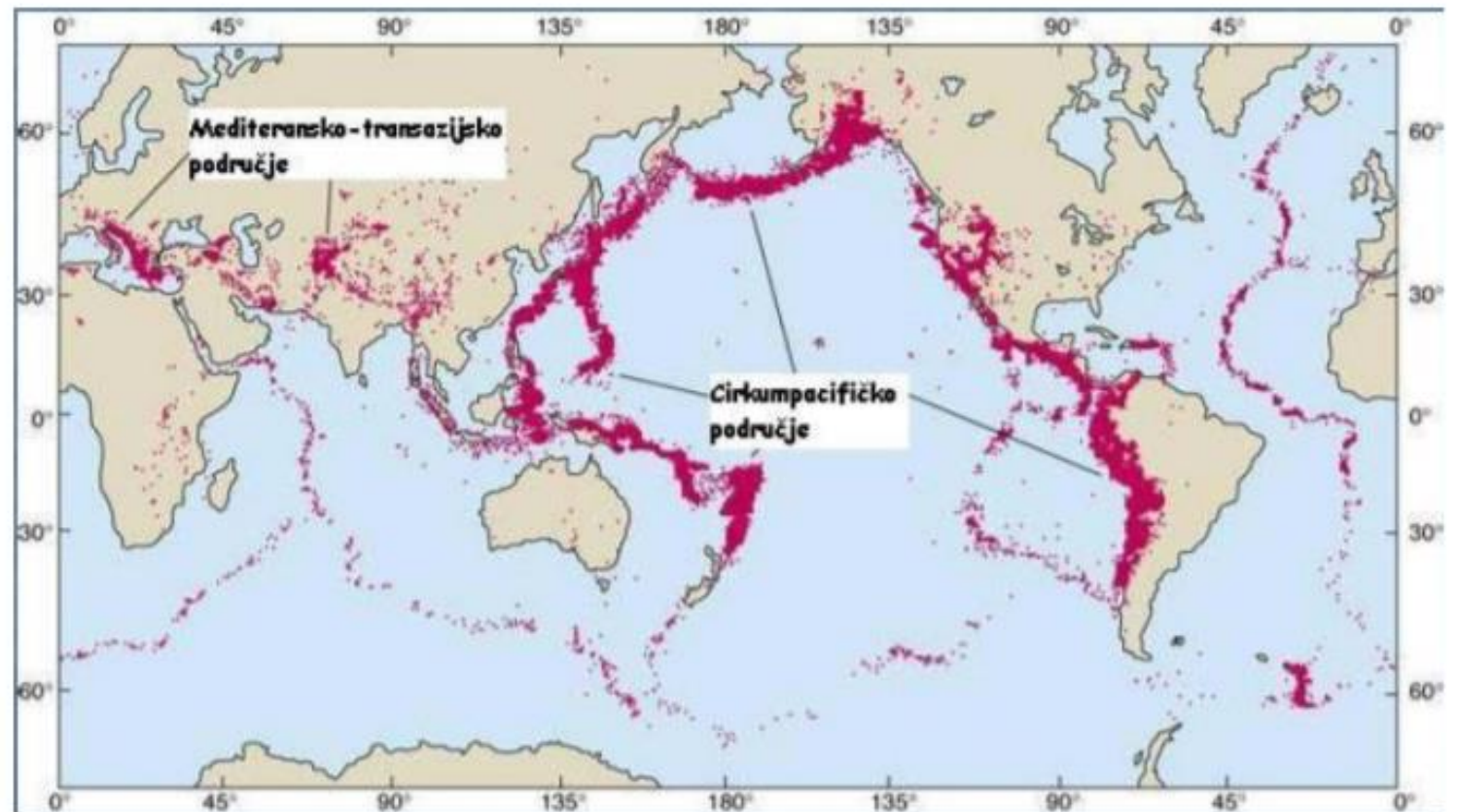
Mjerenje jačine potresa

- Analizom seizmograma određuje se dubina hipocentra ili žarišta potresa, a s obzirom na nju razlikuju se:
 - **Plitki potresi** - 0-70 km (85% potresa) – u zonama litosferskih ploča, kora podržava elastično naprezanje
 - **Srednje duboki** - 70-350 km (12% potresa)- u zonama subdukcije, gdje je kora deblja i hladnija
 - **Duboki potresi** - 350-670 km (3%)

POTRES

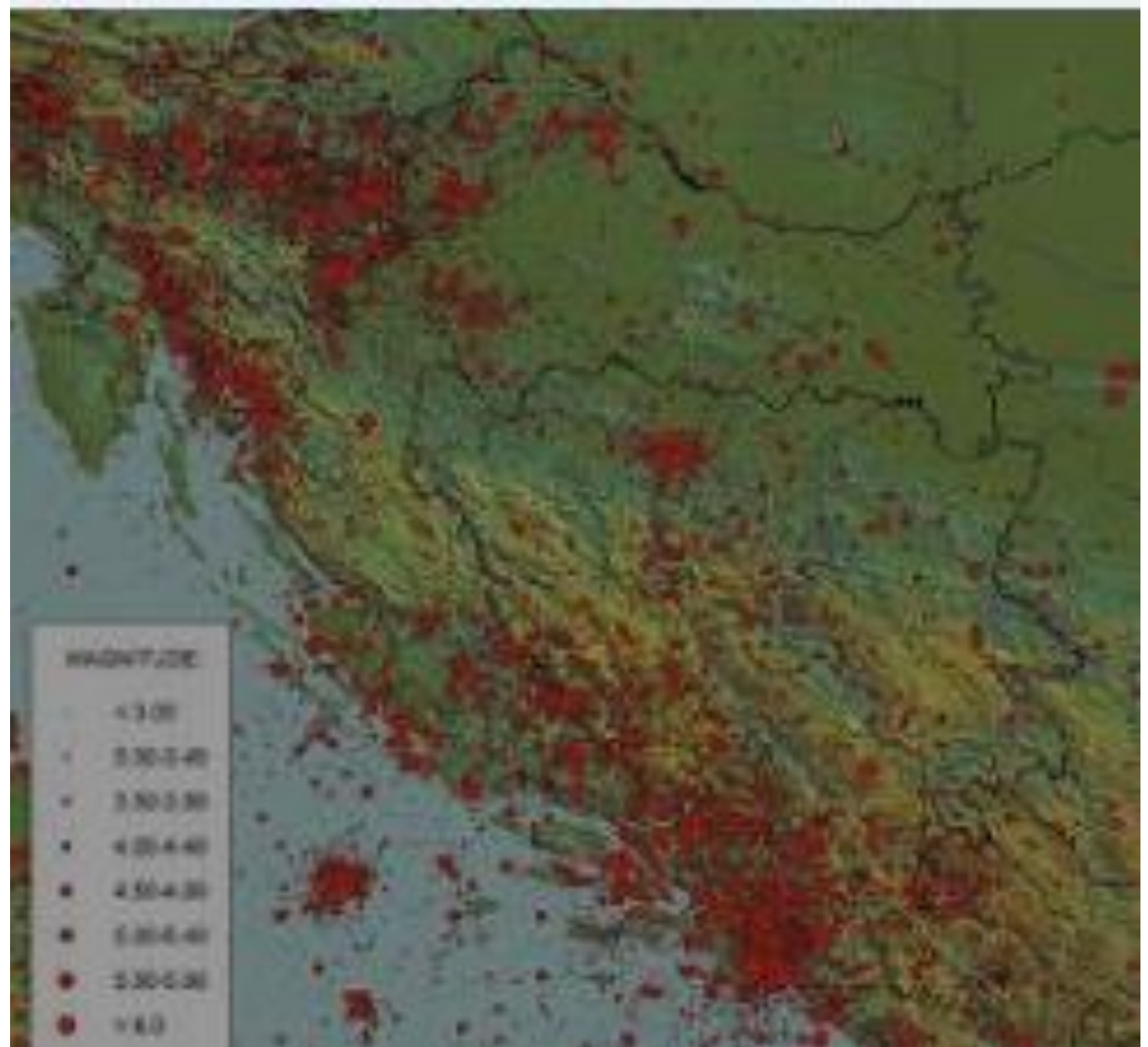
Većina potresa događa se u:

- **Cirkumpacifičkom području** (Pacifički vatreni prsten) - oslobađa se 80% ukupne seizmičke energije
Zemlje sa najviše potresa: Čile, Japan i Indonezija
- **Meditersansko – transazijskom području** (15% se. en.)



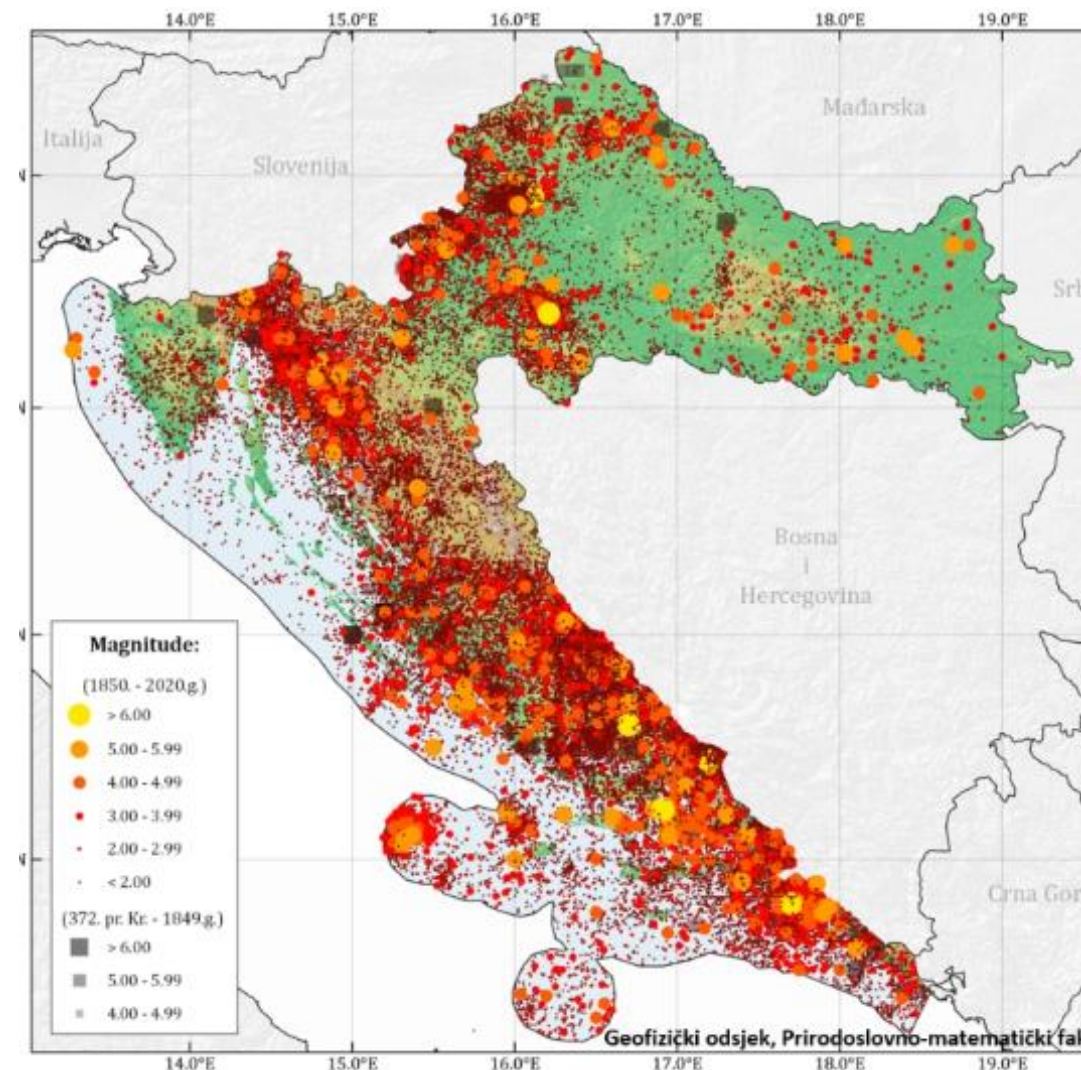
Izvor: http://www.gradst.hr/files/katedre/k_07_geot/Endodinamika.pdf

POTRES



Potresi - RH

- Gotovo čitavo područje RH pripada Mediteransko-transazijskom području
 - Izražena seizmička aktivnost – priobalno područje i sjeverozapadni dio, južna Dalmacija
 - Koncentracija potresa u pojedinim užim područjima ili zonama na području RH:
1. **Istočni dio Hrvatske** – Beli Manastir, Dilj-gora, Psunj;
 2. **Zagrebačko područje** – Bilo gora, Pokuplje, Medvednica, Žumberačka gora;
 3. **Riječko područje** – Klana, Rijeka, Bribir, otok Krk, Lika, Podvelebitski kanal;
 4. **Zadarsko-šibensko područje**- Dugi otok, Zadar, dolina Zrmanje, Promina, podmorje Jadrana;
 5. **Biokovsko područje** – Sinjsko polje, Imotsko polje, Biokovo, otoci Hvar, Korčula i Vis;
 6. **Dubrovačko područje** – dolina Neretve, Ston, Dubrovnik



Potresi

- Prvi detaljno opisan potres prije 3200 godina – Kina
- Prvi pisani trag u Europi prije 2600 godina – detaljno opisivanje tek u 16. stoljeću
- Katakliizmičan potres u trusnom Iranu (856. godine) - poginulo 200 000 ljudi
- Prvi podatak o potresu na području RH – otok Pag (361. godine) kada je u moru propao grad Cissa (X stupnjeva po MCS – 7 po Richteru)
- 1667. – razrušen grad Dubrovnik (X stupnjeva po MCS – 7 po Richteru)
- 1880. – Zagreb
- 1898. – Trilj
- 1909. – Pokuplju
- 1942. – Imotski
- Svi potresi su bili intenziteta od VIII –IX st. MCS odnosno magnitude od 5,7 do 6,3 po Richteru



Zagreb 9. 11. 1880. i Zagreb 22. 3. 2020. (5,5 po Richteru)

POTRES

SISAK – PETRINJA - PROSINAC 2020. I SIJEČANJ 2021.



Potres Sisak -Petrinja

- **29. prosinca, 2020. godine (12:19 sati)**
- **Epicentar potresa** –na brdovitom području južno os aluvijalne ravni na potezu od rijeke Kupe do Save, sa Zrinskom gorom i ostatkom Dinarskih Alpa na jugu (3 km JZ od Petrinje).
- **Dubina potresa** (prema ANSS – Advanced National Seismic System) – 10 km
- **Jačina potresa** – prema ANSS 6,4 prema momentnoj magnitudi, dok je Seizmološka služba Hrvatske zabilježila 6,2 po Richterovoj ljestvici.
- Ovom su događaju prethodila tri velika potresa, od kojih najjači magnitude 5,0 po Richteru.
- **Maksimalan intenzitet** osjećaja bio je VIII (jako štetan) do IX (destruktivan) po makroseizmičkoj ljestvici (EMS) i VIII (ozbiljan) na modificiranoj Mercallijevoj ljestvici (MMI)
- Potres je kao i u cijelom cirkum-jadranskom području većinom posljedica gibanja Afričke tektonske ploče prema relativno stabilnoj Euroazijskoj ploči koje je započelo još prije oko 160 milijuna godina.
- Izračunavanje žarišnog mehanizma za ovaj događaj ukazuje na to da je do puknuća došlo na gotovo vertikalnom rasjedu u pravcu jugoistoka ili jugozapada. Ta seizmičnost povezana je sa reaktivacijom normalnih rasjeda na sjeverozapad-jugoistok, kojim čine jugozapadnu granicu Panonske nizine.

Posljedice potresa ...

- Poginulo je sedmero osoba (5 Majske poljane, po jedna u Žažini i Petrinji)
- Značajne materijalne štete na pogođenim područjima, najviše na području Banovine (Sisak, Petrinja i Glina)
- Potres su osjetile i okolne države
- 139 vrtača na području Mečečana kao posljedica potresa koji su poremetili kretanje vode pod zemljom, puštajući je da se kreće prema površini i prelazeći s područja visokog tlaka na niži tlak. Ova povećana hidrodinamika u podzemnim prolazima te je ubrzala urušavanje površinskog materijal





Posljedice potresa

- Razaranja, pomicanje tla, promjene tokova podzemnih voda, pojave mineralnih izvora poplave, trajna oštećenja (klizanja, oštećenje instalacija)
- Potresi koji nastaju ispod površine mora i imaju vertikalni pomak mogu stvoriti **tsunamije** (seizmički morski valovi) ili kao izravan rezultat deformacije mora ili kao rezultat podmorskog klizanja tla.
- Sumatra – Indonezija (dužina vala 160 km, brzina 725 km/h, visina 0,6 – 2 m a u blizini obale visina od 15-30m)



Godina	Lokacija	Značajka potresa
1556.	Shaanxi (središnja Kina)	Najsmrtonosniji potres u povijesti čovječanstva, procjena 830 000 ljudskih žrtava
1755.	Lisabon	Snažan potres, procjena oko 100 000 ljudskih života
1906.	San Francisco	Jedan od najpoznatijih potresa, San Francisco je praktično potpuno uništen, poginule oko 100 000 ljudi
1923.	Tokio i Yokohama	Snažan potres koji je za posljedicu imao velike požare, a digao se i veliki val – tsunami – koji je dodatno oštetio gradove i od kojeg su stradali ljudi, poginulo ih je 192 000
22. Svibanj 1960.	Čile	Magnituda potresa bila je čak 9,5 st. Po Richteru, poginulo je 5700 ljudi, a dva milijuna ostalo bez domova, potres je stvorio veliki tsunami koji je pogodio Havaje, Filipine i Japan. Šteta zabilježena i na zapadnoj obali SAD-a.
1970.	Zapadni Peru	Nakon potresa nastala velika klizišta, ta kombinacija je usmrtila 66 794 osobe
26. prosinac 2004.	Sumatra, Indonezija	Jedan od najjačih potresa ikad zabilježenih, s jačinom od 9,3 po Richteru, pokrenu je veliki tsunami koji je odnio 300 000 života
24. svibanj 2007.	Indonezijski otok Nusa Tenggara	Potres magnitude 6,5 po Richteru, snažan podvodni potres, epicentar je bio na dubini od 19km
16. srpnja 2007	Sjeverozapadna obala Japana	Potres magnitude 6,8 po Richteru zapalio je najsnažniju nuklearnu elektranu na svijetu uzrokujući istjecanje radioaktivne vode u more
12. Siječanj 2010.	Haiti	Potres magnitude 7 po Richteru, nakon njega je zabilježeno 14 potresa magnitude od 5 do 5,9; u potresu je poginulo 200 000 ljudi, 1,2 milijuna ljudi je ostalo bez krovova; potres je nazvan katastrofom velikih razmjera

Tablica: Najpoznatiji i najjači svjetski potresi