

# UVOD U GEOLOGIJU

---

1. Što je geologija?
2. Zašto geologija?
3. Aktivnosti/poslovi koje provode geolozi?
4. Suradnja inženjera geologije i inženjera građevine?



# UVOD U GEOLOGIJU

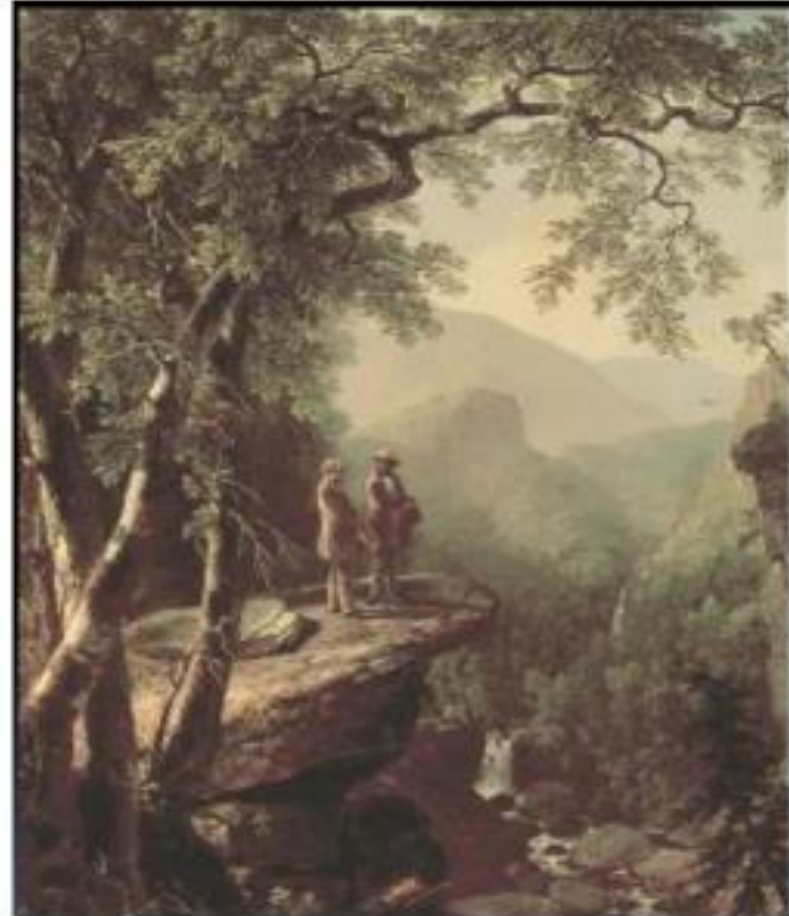
**Geologija** (eng. geology) je znanost o građi, dinamici i razvitku Zemlje



# GEOLOGIJA I LJUDI

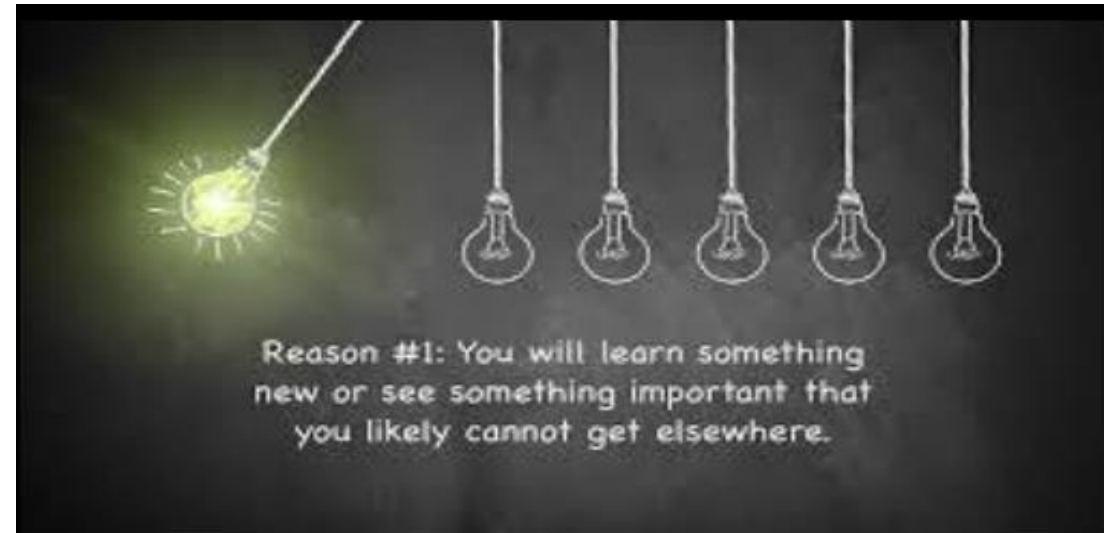
---

- Sastavni je dio našeg svakodnevnog života, od okoliša do slikarstva, književnost!
- Rješavanje ekoloških problema traži poznavanje principa geologije



## Zašto GEOLOGIJA?

- Razumjeti svijet oko nas
- Važne sirovine: lokacija, kvaliteta, količina i pristupačnost.
- Razumjeti ali i predvidjeti prirodne katastrofe: gdje, kad, zašto, rizik?
- Gdje i kako graditi sigurne strukture?
- Razumjeti prošlost i predvidjeti buduće procese!





# Geologija i svakodnevni život

- Prirodne pojave
- Ekonomija i politika (globalno zagrijavanje, porast stanovništva)
- Održivi razvoj



# **GEOLOGIJA**

---

- Ima tri tematske skupine:

- 1) Opća ili fizička geologija**
- 2) Stratigrafska ili historijska geologija**
- 3) Regionalna geologija s geotektonikom**

# 1. OPĆA ILI FIZIČKA GEOLOGIJA

---

**Opća ili fizička geologija** - Opća geologija bavi se **strukturuom i dinamikom Zemlje** kao cjeline.  
- dijeliti se na nekoliko znanstvenih poddisciplina, po **objektu istraživanja i primijenjenoj metodici**:

- geodinamika
- geotektonika
- tektonika
- geomorfologija
- hidrogeologija,
- hidrologija,
- hidraulika,
- geomehanika,
- meteorologija,
- petrografija
- petrologija
- sedimentologija
- geokemija
- mineralogija
- inženjerska geologija

# GEOLOŠKO INŽENJERSTVO

---

- nova tehnička disciplina geološko inženjerstvo – 80.tih godina prošlog stoljeća
- prema definiciji ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) 1987. godine geološko inženjerstvo obuhvaća:
  - istraživanja za eksploataciju mineralnih ležišta i ležišta goriva,
  - geomehaniku,
  - planiranje zahvata u okoliš i/ili istraživanje prirodnih opasnosti (hazarda),
  - hidrogeologiju
- geološko inženjerstvo poveznica graditeljstva, rudarstva i geologije



## **2. STRATIGRAFSKA ILI HISTORIJSKA GEOLOGIJA**

- daje prikaz glavnih stadija razvitka Zemlje kao cjeline, od njezina postanka kao samostalnog svemirskog tijela do danas
- određuje njihovu apsolutnu i relativnu starost

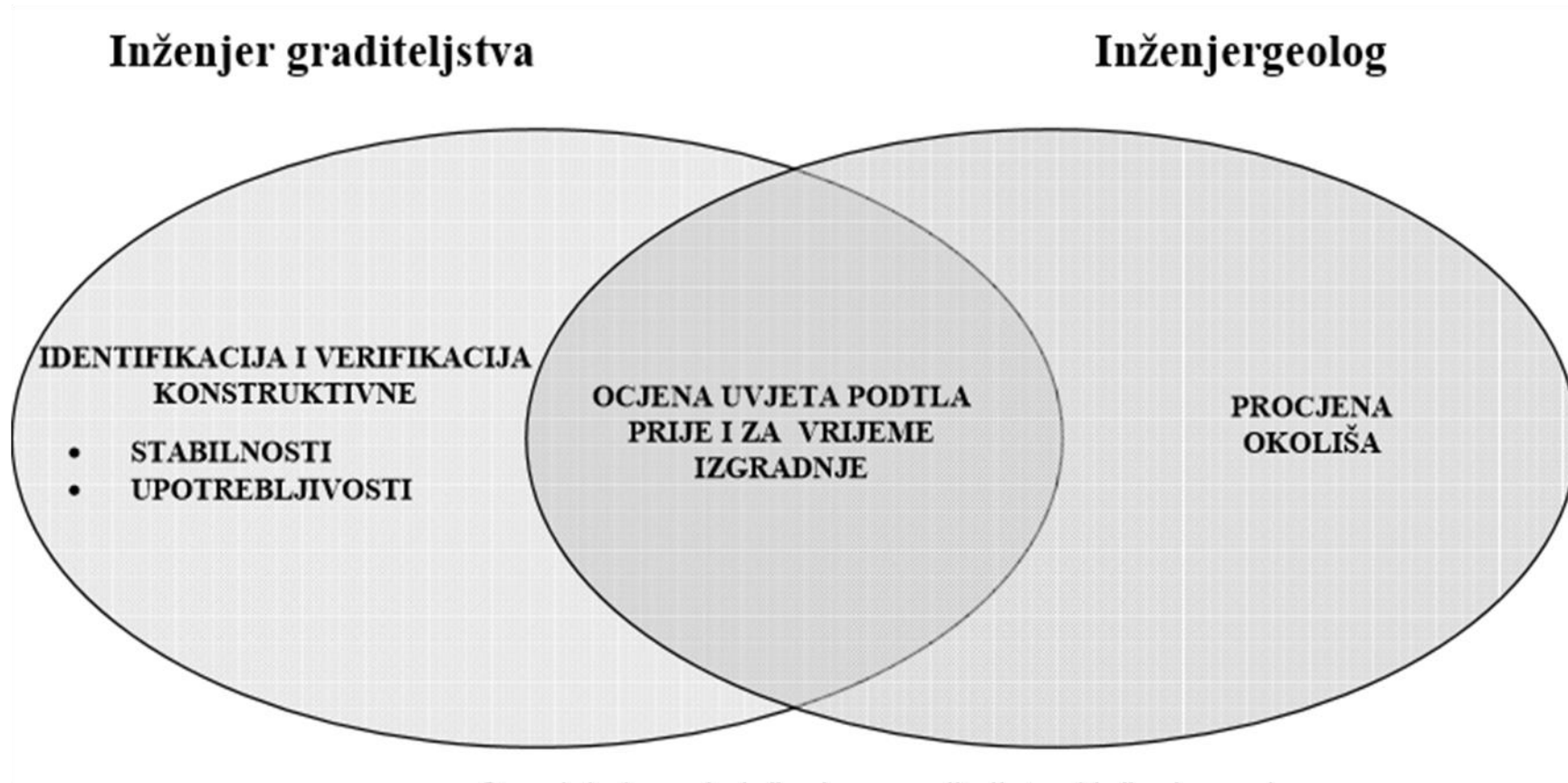
### **3. REGIONALNA GEOLOGIJA S GEOTEKTONIKOM**

- raščlanjuje Zemlju na pojedine zaokružene regije:
  - kontinente,
  - oceane,
  - gorske sustave,
  - rudne pojase,
  - kopnene vodene bazene
- Prikazujući njihovu građu, korisne sirovine i druge elemente prirodne životne osnove.

# INŽENJERSKA GEOLOGIJA

---

- specijalistička znanstvena disciplina i grana geologije koja proučava geološku građu, geološke procese, kao i mineraloško-petrografske i fizičko-mehaničke značajke stijena i terena za potrebe građenja



Suradnja između inženjera graditeljstva i inženjergeologa



Živimo na aktivnom planetu. **Pet** osobina po kojima je Zemlja jedinstvena:

- 1) Nalazimo je u “Goldilocks Zoni”
- 2)  $H_2O$  u 3 agregatna stanja
- 3) Veliki omjer Mjesec - Zemlja
- 4) Tektonika ploča
- 5) Život



# Geologija kroz povijest (1)

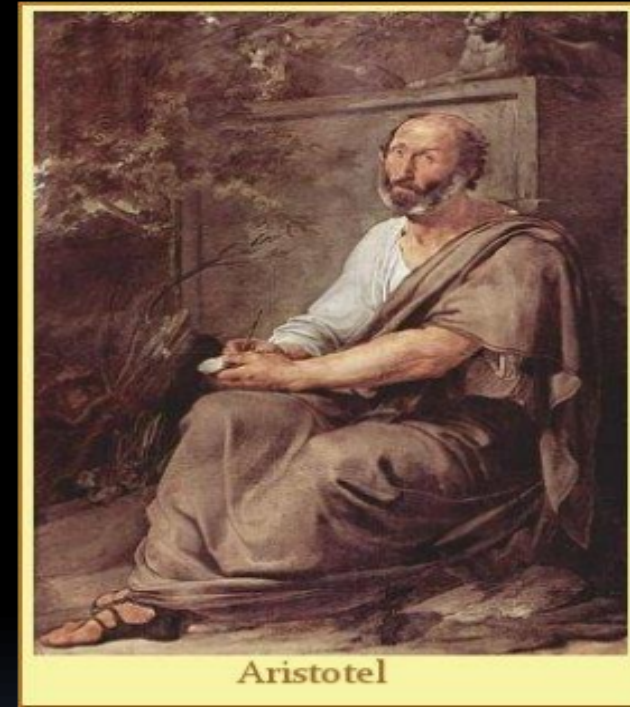
- Antičko doba, Grčko-Rimska era

A) Filozofi daju objašnjenja o

dragom kamenju, fosilima i vulkanima

Aristotel opisuje fenomene poput potresa (zrak se gužva u tlo), fosilnih riba (neke ribe žive nepomično u zemlji i prilikom iskapanja ljudi ih nalaze), stijena (nastale pod utjecajem zvijezda), a interpretacije ZAŠTO, ne na temelju promatranja ili pokusa.

Njegova su razmišljanja tijekom srednjeg vijeka bila prihvaćena!



Aristotel



# Geologija kroz povijest (2)

- Sredina 1600te:

James Ussher (Armagh-ski biskup) napravio je kronološki prikaz Zemljine povijesti koristeći podatke iz Biblije.

Zemlja je nastala 23.10.4004 prije modernog doba (prije nekih 6000 godina)

Strukture su morale nastati “brzo”; Teorija

**KATASTROFIZMA**

Znanstvena ali i religijska zajednica prihvatila je ovako izračunatu starost Zemlje.



# Geologija kroz povijest (3)

- **KATASTROFIZAM:**
  - Jako raširena ideja o povijesti Zemlje u 17tom i 18tom stoljeću.
  - Pokušaj da se morfološke osobine uklope u relativno mladu Zemlju
  - Smatraju da su reljefne strukture nastale kao posljedica velikih katastrofa; npr. planine nastaju naglim velikim preokretima.



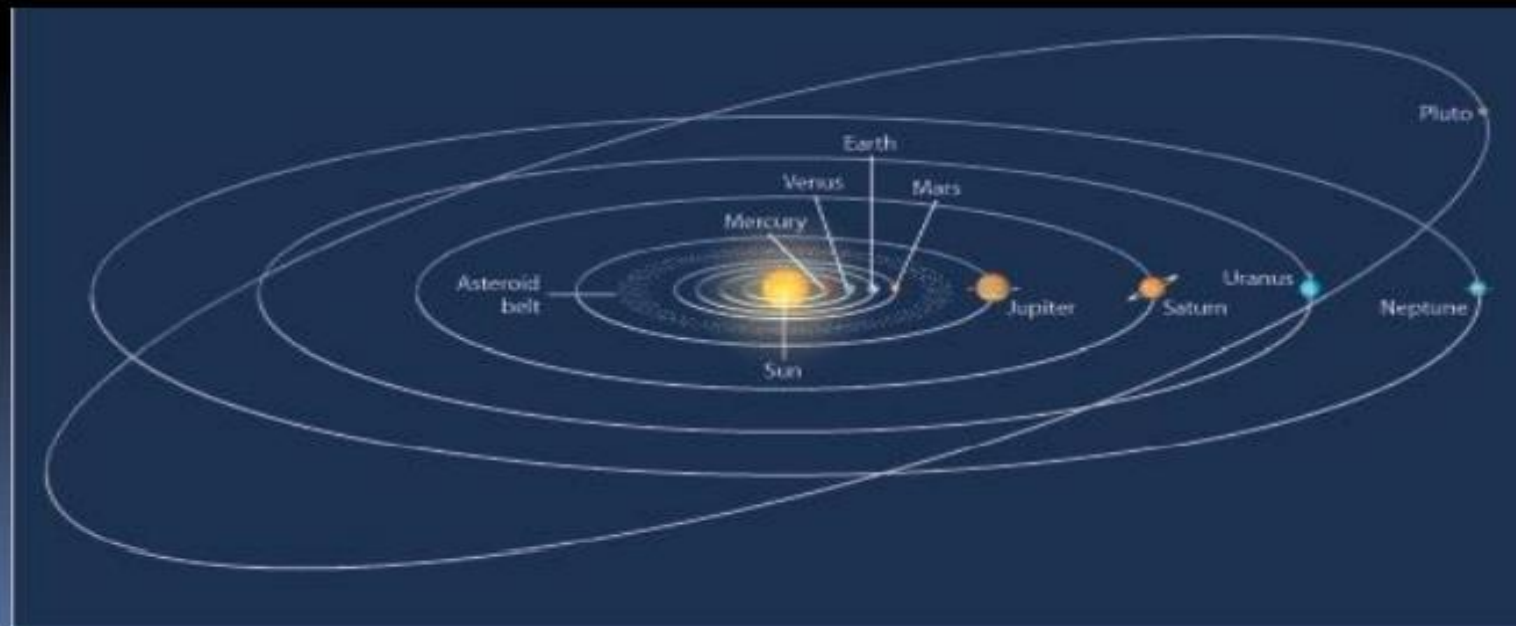
# Geologija kroz povijest (4)

- Kasne 1700te – početak moderne geologije
  - James Hutton je 1795. postavio princip uniformitarizma u radu “Theory of the Earth”.
  - **UNIFORMITARIZAM** kaže “ Zakoni fizike kemije i biologije koji danas postoje, postojali su i tijekom geološke prošlosti”.
  - Kako bi razumjeli procese geološke prošlosti, moramo razumjeti moderne procese.
  - James Hutton je smatrao kako je Zemlja stara nekoliko milijuna godina.





- Prije 5 milijardi godina na Mliječnoj stazi postoji golema NEBULA (tvar u međuzvjezdanom prostoru).
- SUNČEV SISTEM nastaje iz rotirajućeg oblaka međuzvjezdane tvari prije nekih 4,65 milijarde godina.
- Nakon što se oblak kondenzirao, razbio se i pod utjecajem gravitacije i rotacije nastaje spljošteni rotirajući disk
- U disku nastaju Sunce, planeti i sateliti



# Postanak Zemlje u Sunčevom sustavu

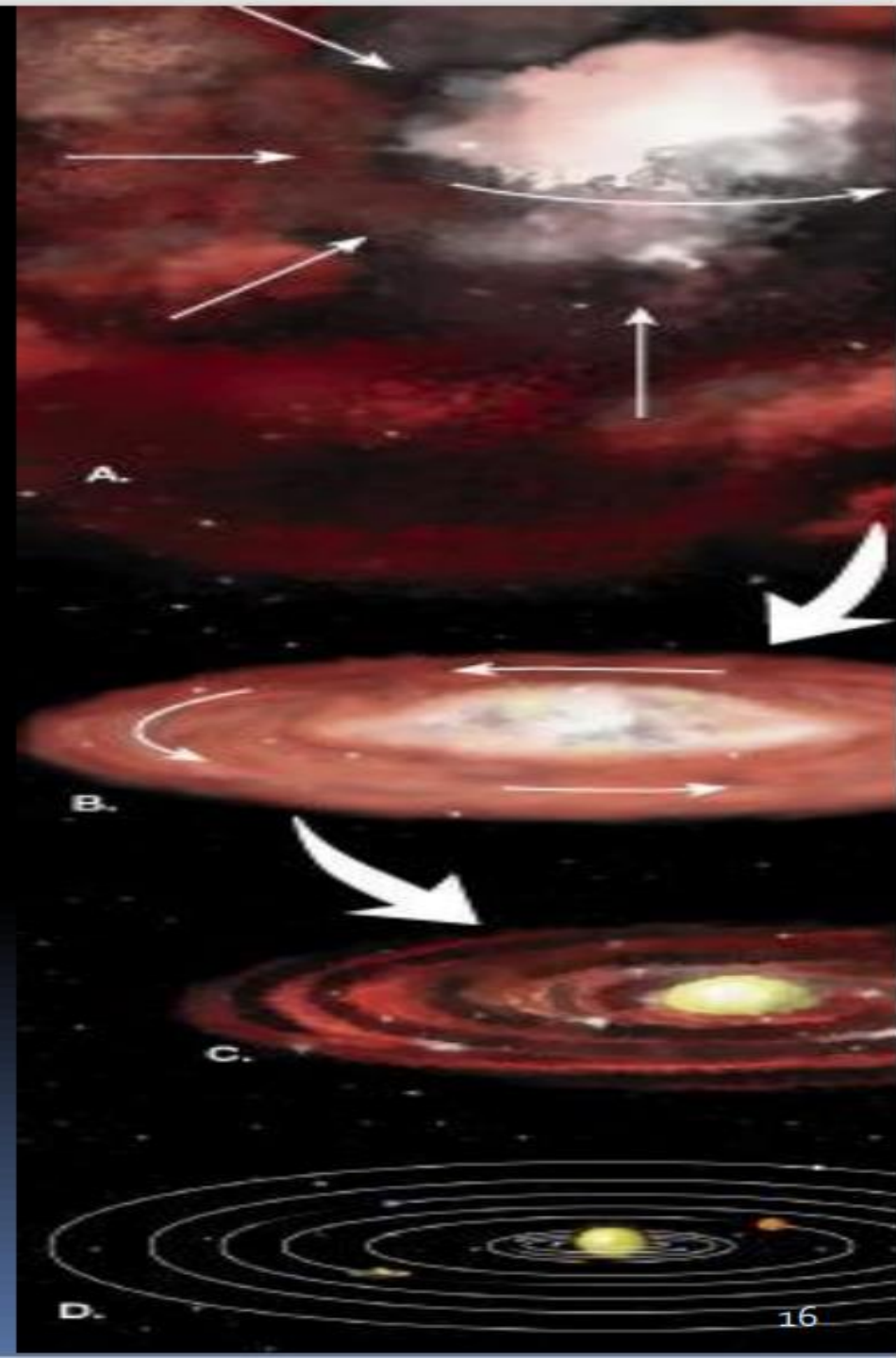
Nebularna hipoteza (I. Kant):

A) Urušavanje nebule

B) Međuzvjezdani disk postaje plosnat (gravitacija i rotacija), urušava se prema sredini stvarajući Sunce.

C) Stvaranje proto-zvijezde (kondenzacijom se stvaraju planete i sateliti).

D) Nagomilavanje tvari u planetima sličnim formama, protoplanetima i protosatelitima



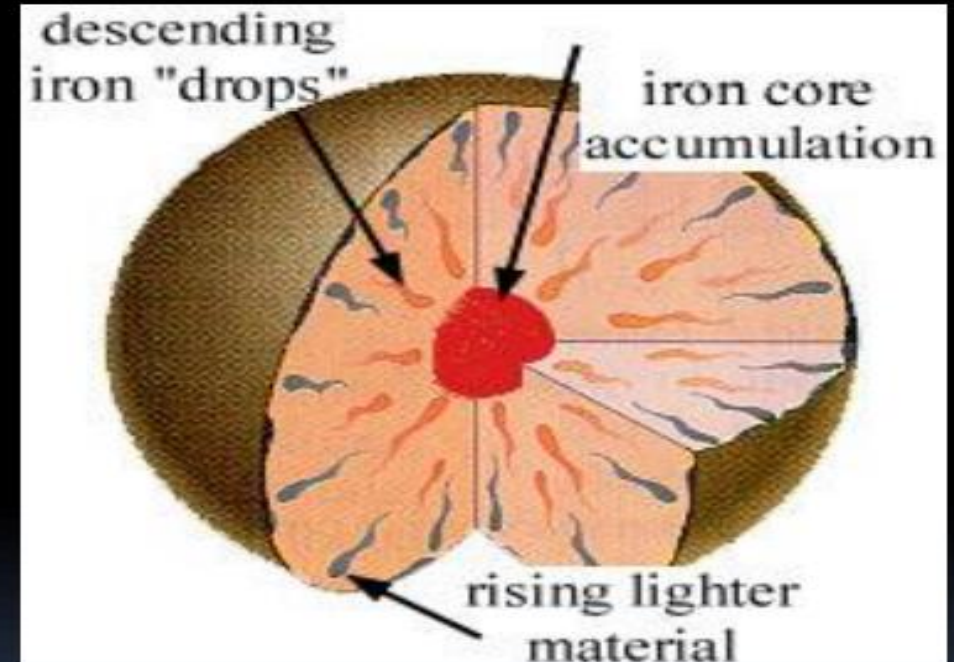




C) Stupovi plina i prašine su “kolijevka” novih zvijezda. Nove zvijezde se stvaraju na završecima stupova

# Diferencijacija planeta

- Jednoličan željezom bogat proto-planet odvaja se u zone različitog sastava prije 4,65 milijarde godina
- Toplina oslobođena impaktima, tlakom i radioaktivnim elementima uvjetuje da Fe (i drugi teži elementi) se tope i tonu prema središtu planeta Zemlje



# OPĆA KONSTITUCIJA (GRAĐA) ZEMLJE



- Zemlja je jedan od devet planeta Sunčeva sustava



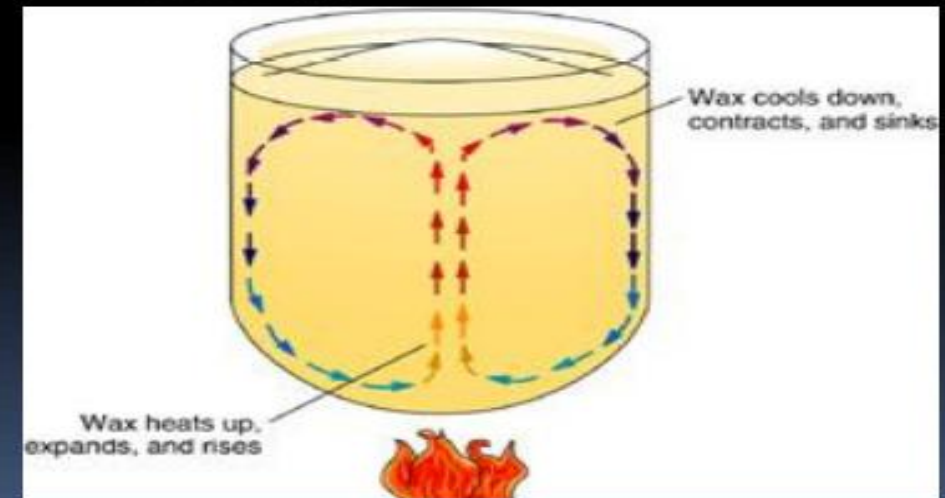
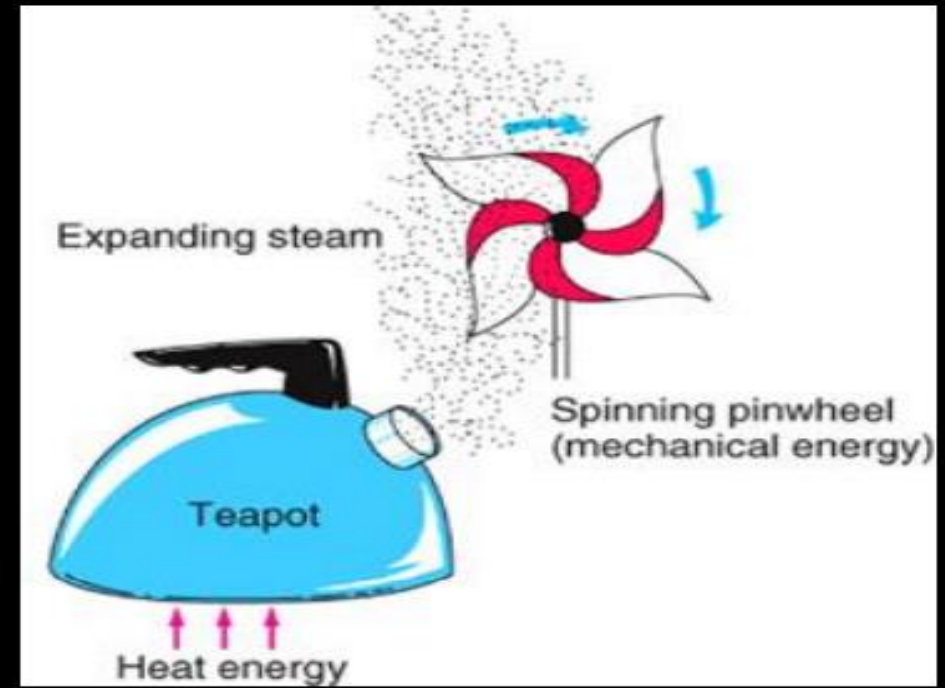
# Rezultat: Sunčev sustav

- Unutrašnji planeti: Merkur, Venera, Zemlja, Mars
- Vanjski planeti: ostali
- Kometi: nakupine minerala i leda, nastali u vanjskim dijelovima globule
- Mjesec
- Meteoriti (svemirskog porijekla, stalno padaju na zemlju i izvor su podataka o svemiru). Dijelev se s obzirom na sastav!
- Diferenciranje: odvajanje materijala prema različitim gustoćama zbog radiaktivnog raspadanja, čestih i žestokih udara drugih „tijela”
- Atmosfera/hidrosfera/biosfera: lagani vanjski sloj plinova i tekućina



# Fizička geologija: koncept

- Zemlja= stroj koji proizvodi toplinu
  - Vanjska (Sunčeva energija)
- Potiče atmosfersku i hidrosfersku cirkulaciju
- Kontrolira trošenje stijena na površini Zemlje
  - Interna (transport topline iz tople unutrašnjosti prema hladnijoj površini)
- Potiče tektoniku, magmatizam i vulkane



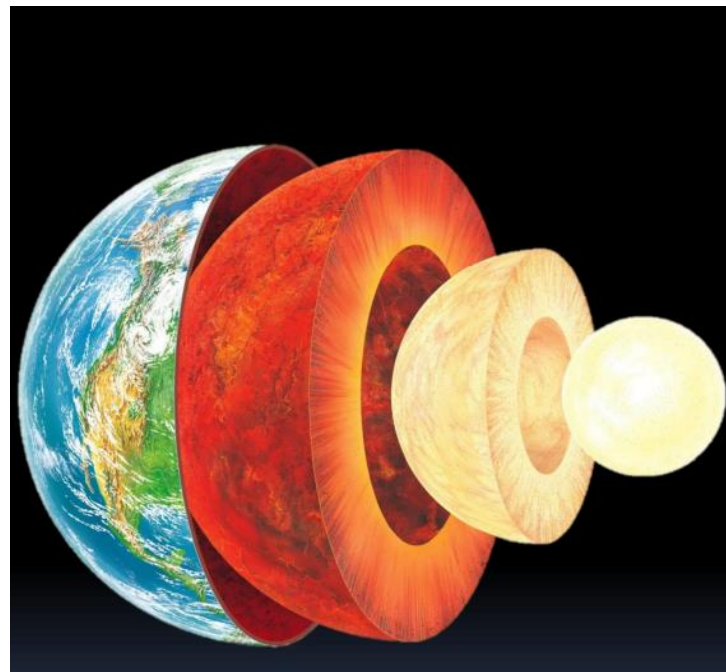


Zemlja - rotacijski elipsoid (geoid), zonalno (lupinasto) građena.

Najveći dio Zemlje sastavljen je od čvrstih stijena = **geosfera**

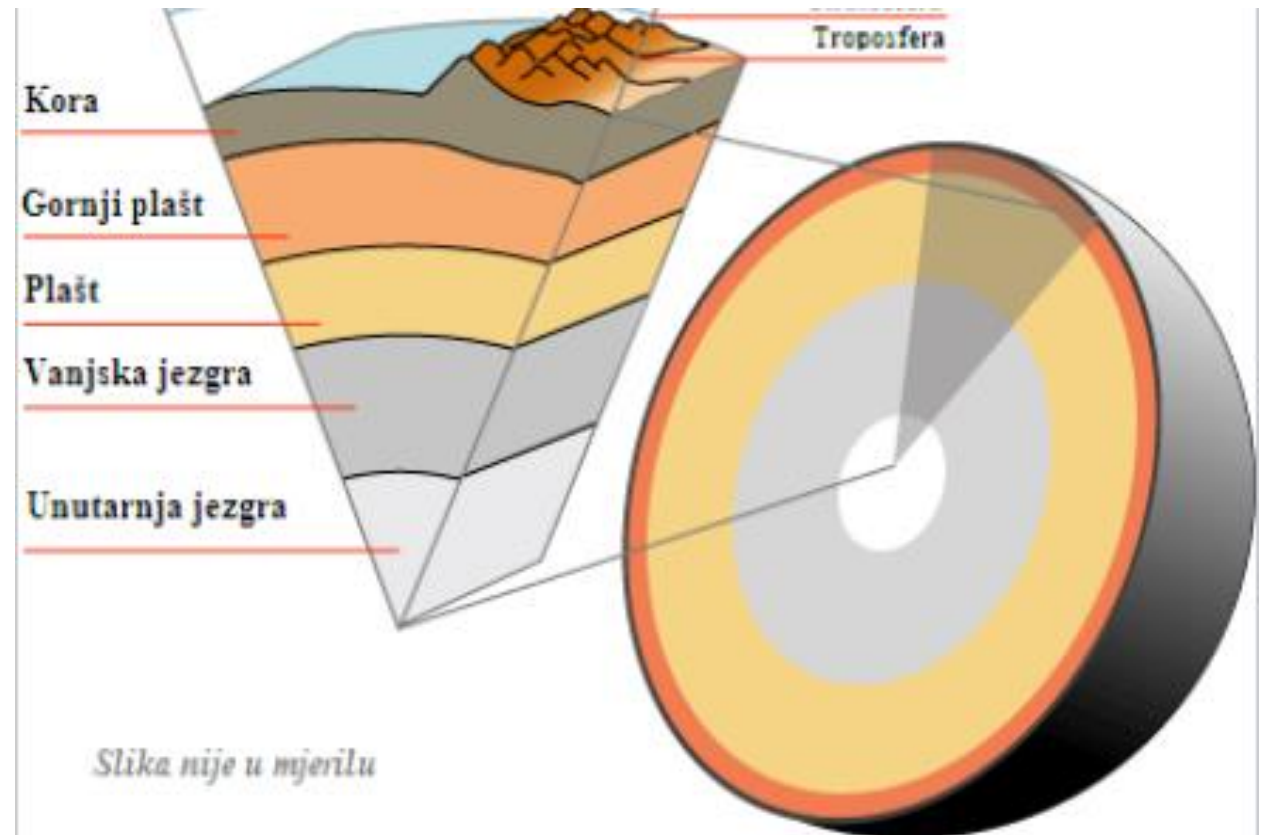
Okružena je:

- **atmosferom** - zračni omotač
- **hidrosferom** - vodeni Zemljin pokrivač
- **biosferom** - svi životni oblici



# GEOSFERA

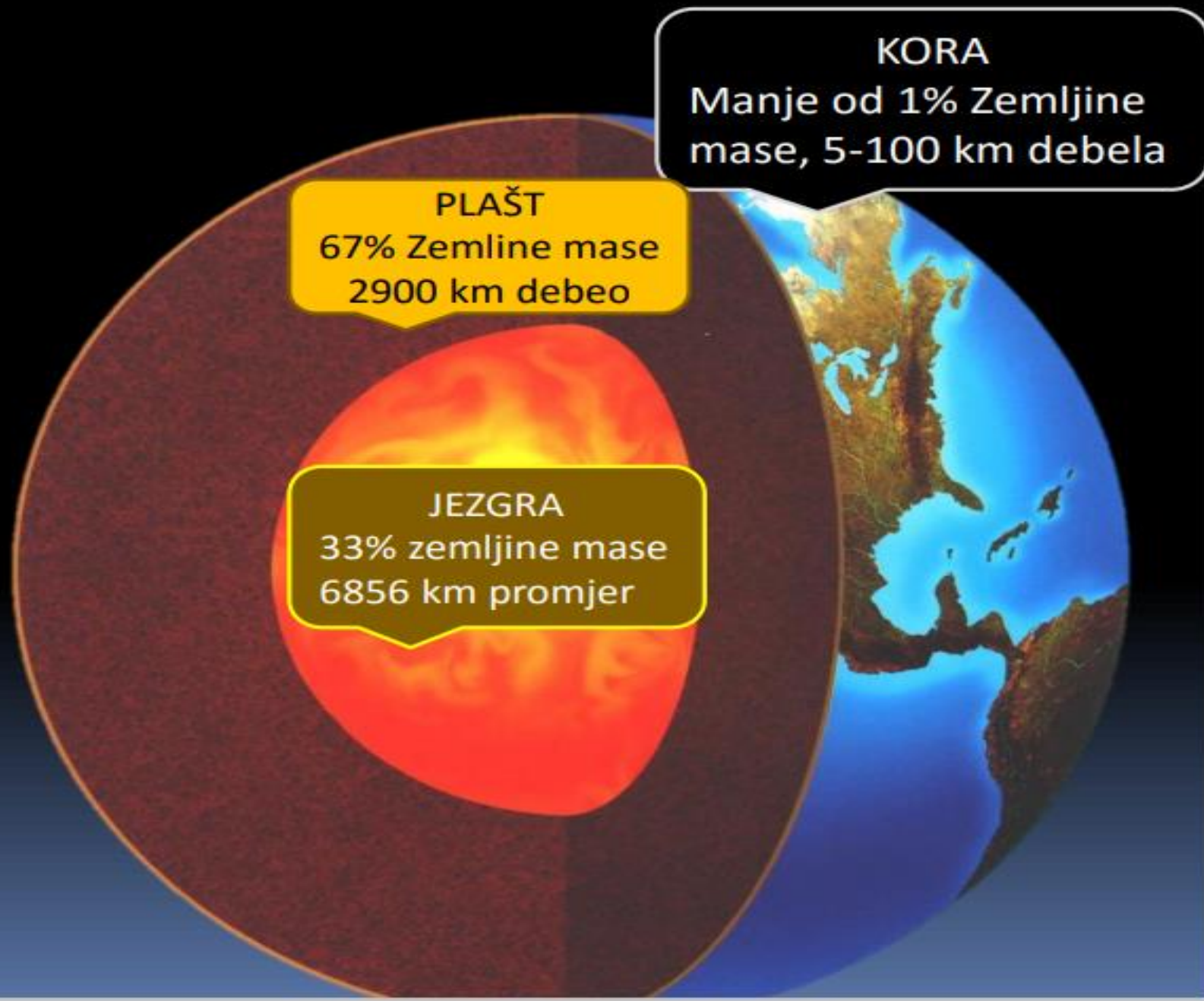
- Podijeljena je **diskontinuitetima** od površine prema unutrašnjosti, na tri glavne koncentrične sfere ili ljuske:
  - **koru**
  - **plašt**
  - **jezgra**
- 
- **Diskontinuiteti** su površine na kojima dolazi do nagle promjene brzine i načina širenja seizmičkih valova i one odjeljuju zone različitih sastava, gustoće i ili različitih agregatnih stanja
  - **Mohorovičićev diskontinuitet** – granica kore i plašta, na prosječnoj dubini **ispod kontinenata** od **30 do 80 km**, a **ispod oceana** od oko **5 km**.



# KORA

# PLAŠT

# JEZGRA



# KORA

- **Kora** – je vanjski, čvrsti površinski sloj Zemlje
  - zajedno s gornjim slojem plašta čini slojevitom Litosferu
- **Kontinentalna kora** - gornji dio litosfere izgrađuju stijene pretežno **granitnog sastava** (**SiAl – silicij aluminij**), relativne gustoće od 2,7 g/cm<sup>3</sup>
- **Oceanska kora** –(**SiMa – silicij magnezij**) i nalazi se ispod oceanskih bazena, **bazaltnog sastava**, gustoće 2,95 g/cm<sup>3</sup>, (debljina 4-7 km).



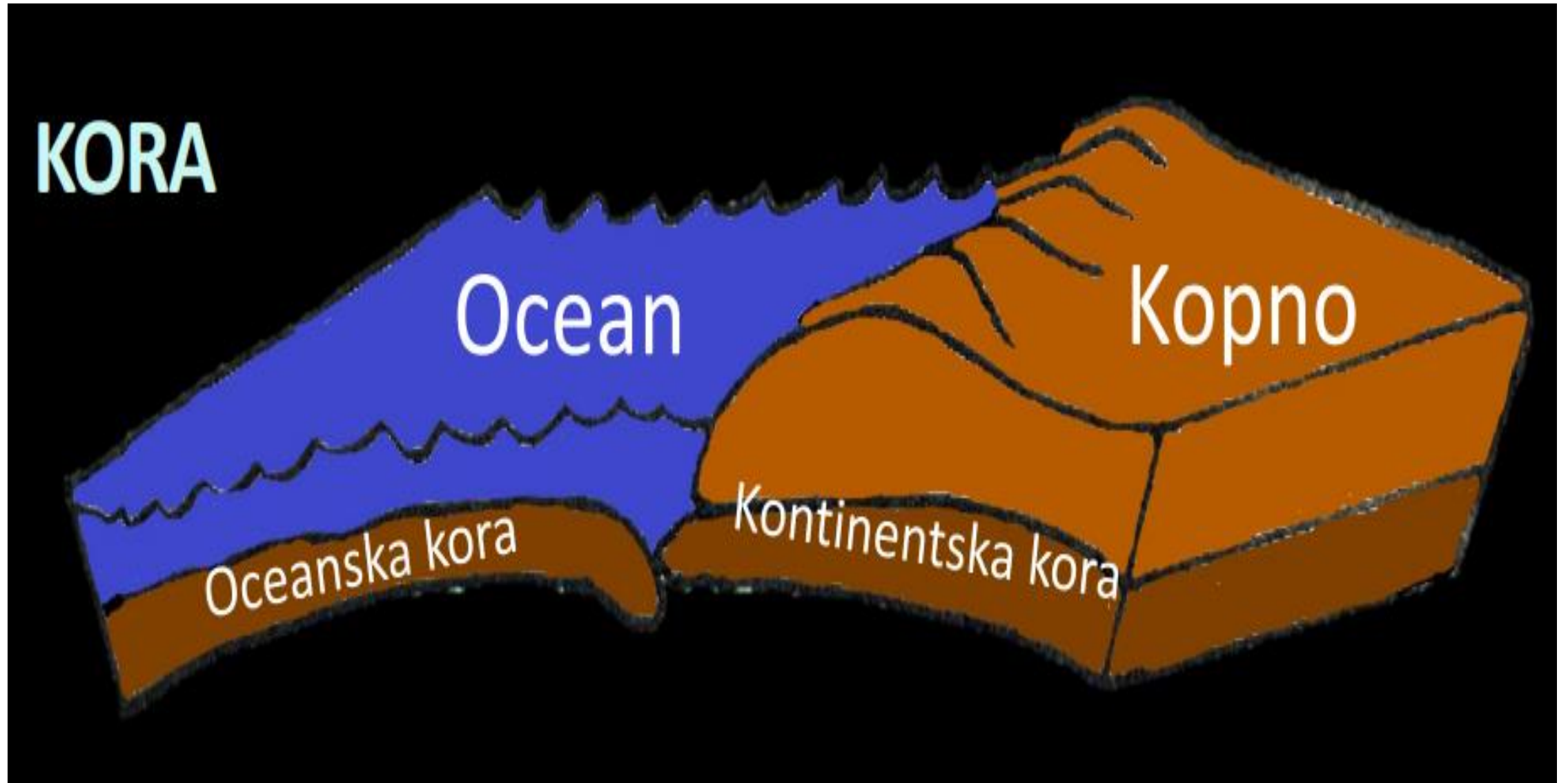
# KORA

Ocean

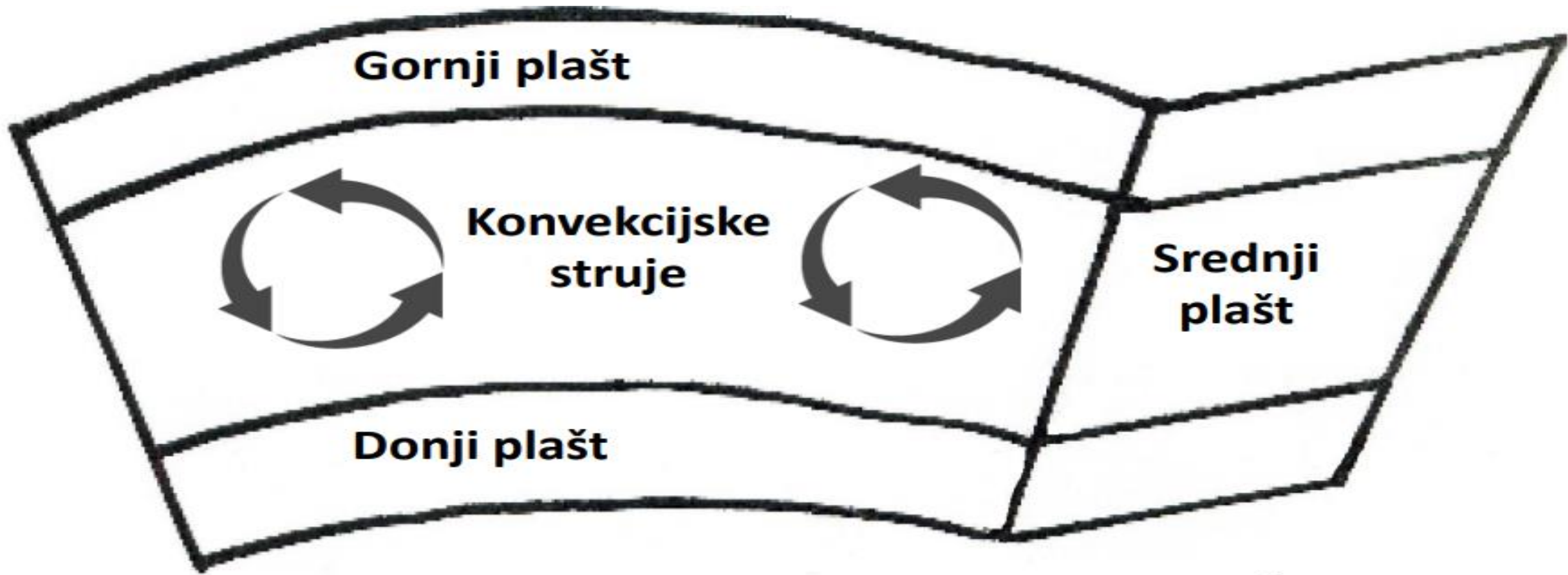
Kopno

Oceanska kora

Kontinentska kora







**PLAŠT**



# PLAŠT

- unutrašnji dio Zemlje koji od granice s litosferom seže do dubine 2898 km i ima relativnu gustoću između  $3,3 \text{ g/cm}^3$  i  $6,5 \text{ g/cm}^3$ .
- **Gornji plašt** – sastoji se od ultrabazičnih stijena, razmjerno je hladan i krut, podijeljen je na litosferu (od Moho do 100 km) i astenosferu (400 km)

**Litosfera** – čvrst sloj izgrađen od kore i vanjskog plašta

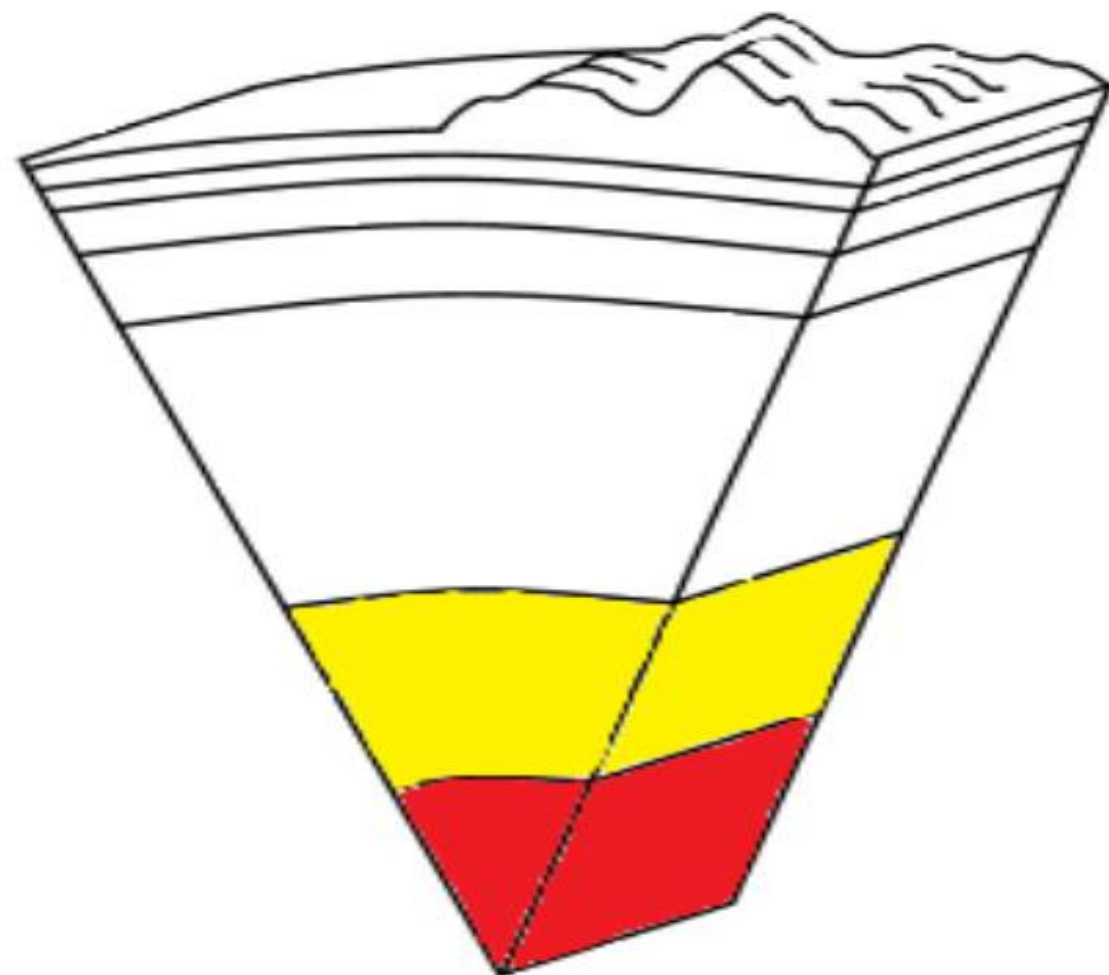
- Euroazijska, Indoaustralska, Pacifička, Sjevernoamerička, Južnoamerička i Afrička – **tektonske ploče**

**Astenosfera** - zona u gornjem plaštu

- **Prijelazna zona** – srednji plašt - na dubini od 400 – 1000 km
- **Donji plašt – mezosfera**
- na dubini oko 2900 km - **Wiechert-Gutenbergov diskontinuitet** - danas poznata i kao D''-zona; a obilježava granicu između **donjeg plašta (mezofere)** i **jezgre (barisfere)**.

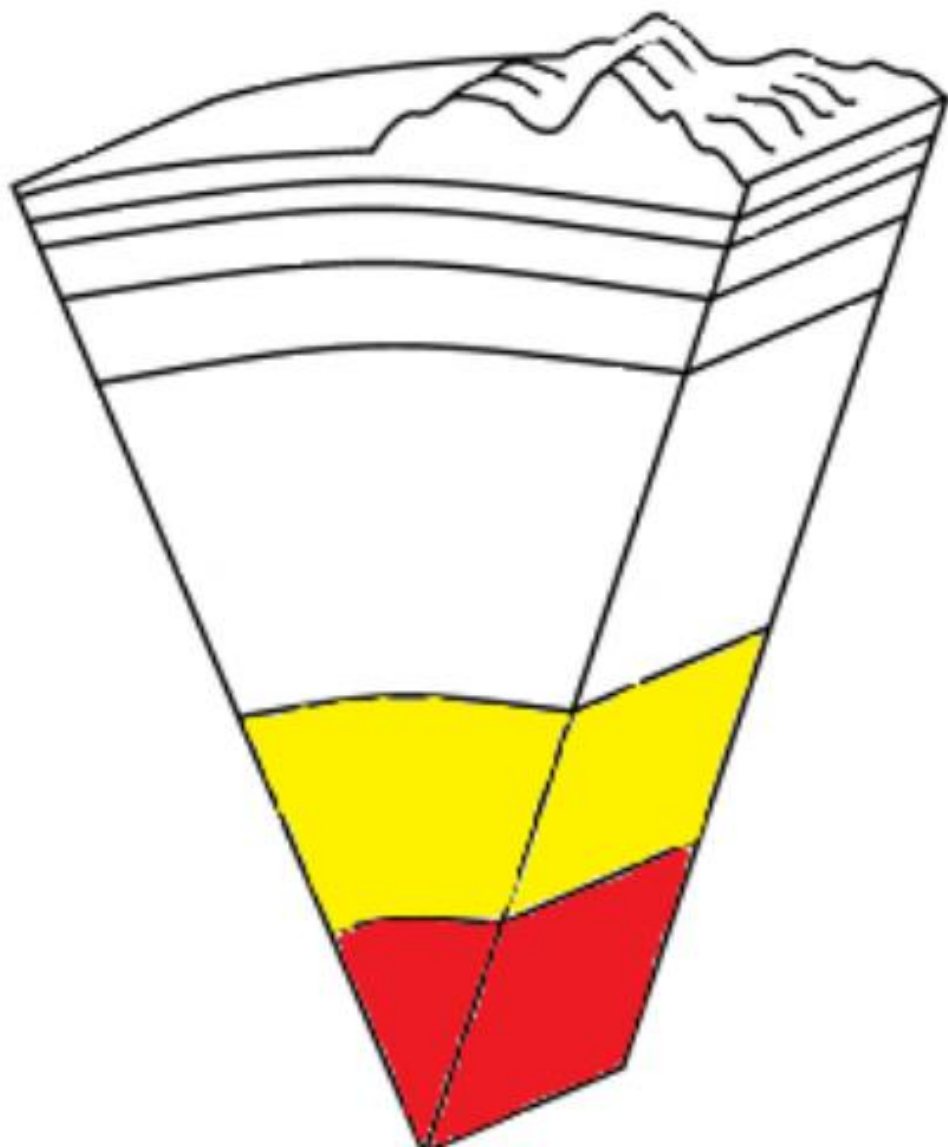
**VANJSKA  
jezgra**

**UNUTRAŠNJA  
jezgra**



**JEZGRA**

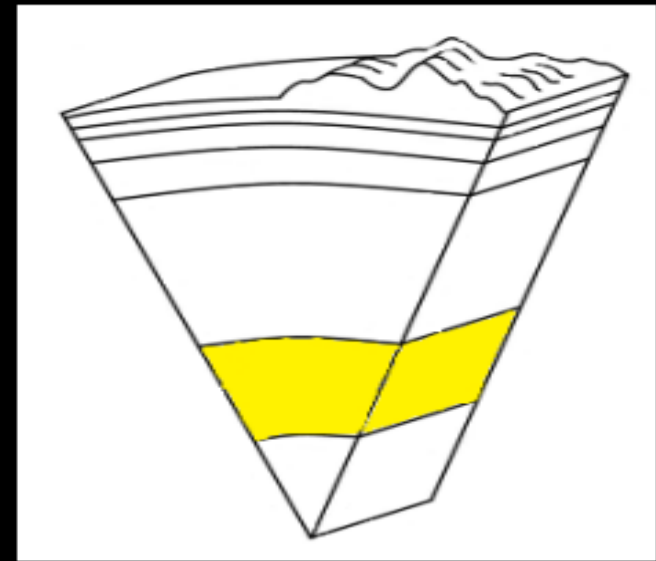




# JEZGRA

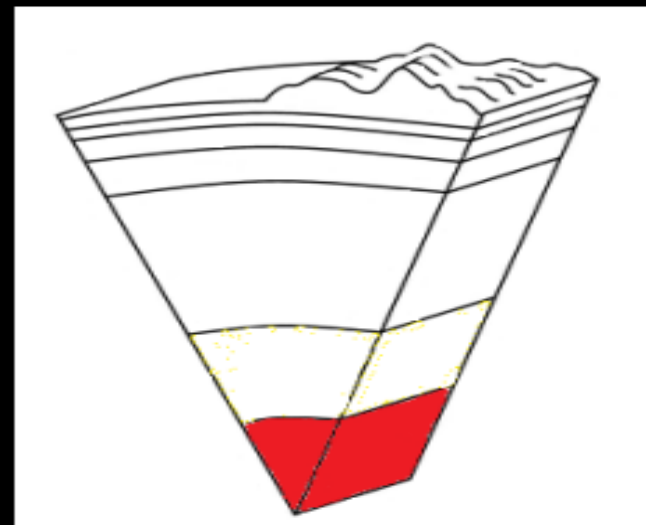
---

– **središnji dio Zemlje**, seže od 2898 km do središta Zemlje (slobodnih teških metala željeza, nikla i silicija)



- Rastaljena (TEKUĆA) iako je temperature nekih  $4,700^{\circ}\text{C}$
- Nalazi se 2890 km ispod KORE i debela je 2260 km
- Sastoji se od rastaljenih metala, nikla i željeza
- Tekuća masa obilježena konvekcijskim strujanjima/gibanjima

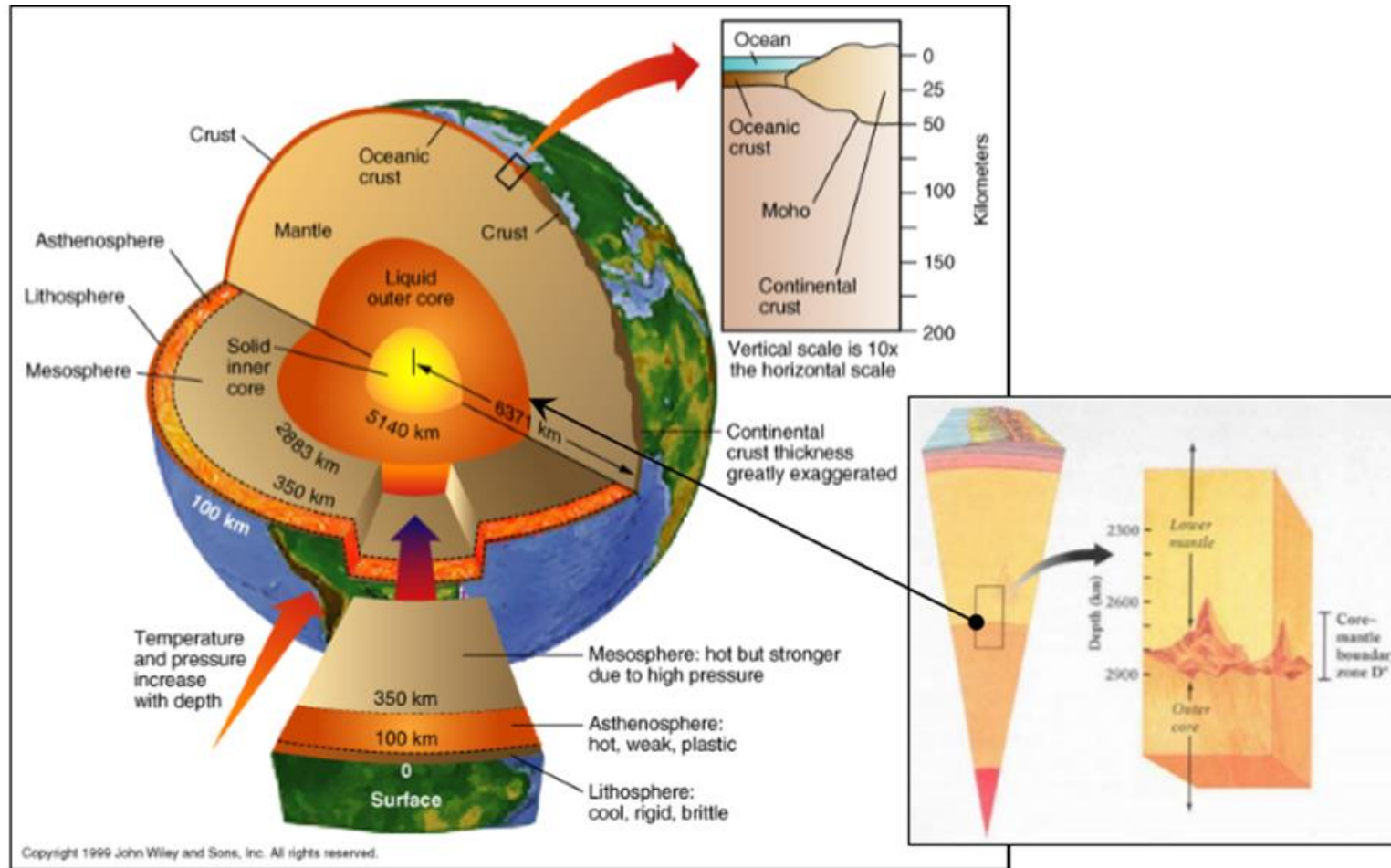
# Unutrašnja jezgra



- Čvrsta “kugla” sastavljena od željeza
- Od 5150 do 6370 km
- Temperatura je 6,650°C
- Toplina u jezgri: posljedica radiaktivnog raspadanja urana i drugih elemenata
- Čvrsta: tlak u vanjskoj jezgri, plaštu i kori jako pritišće!

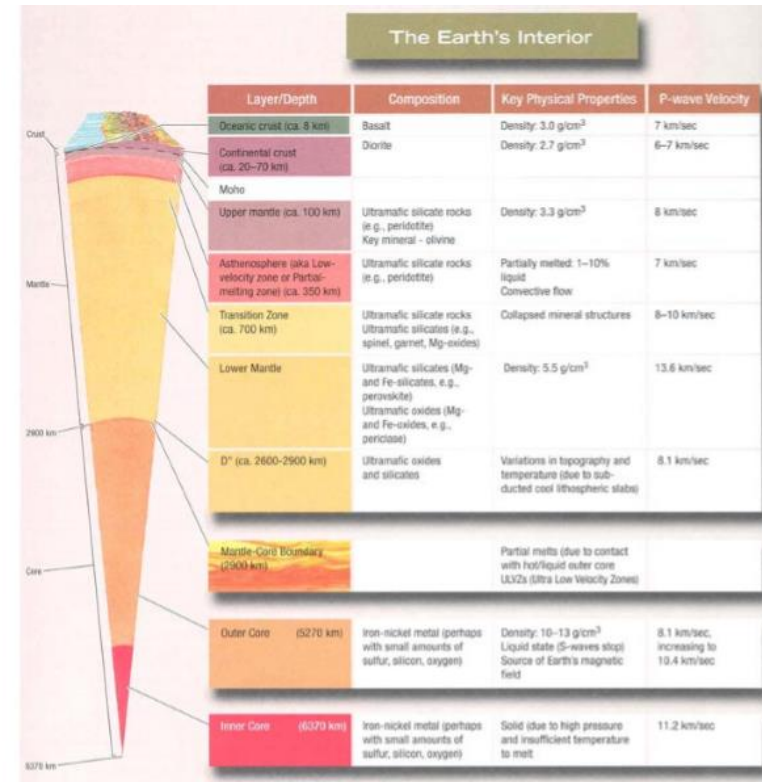
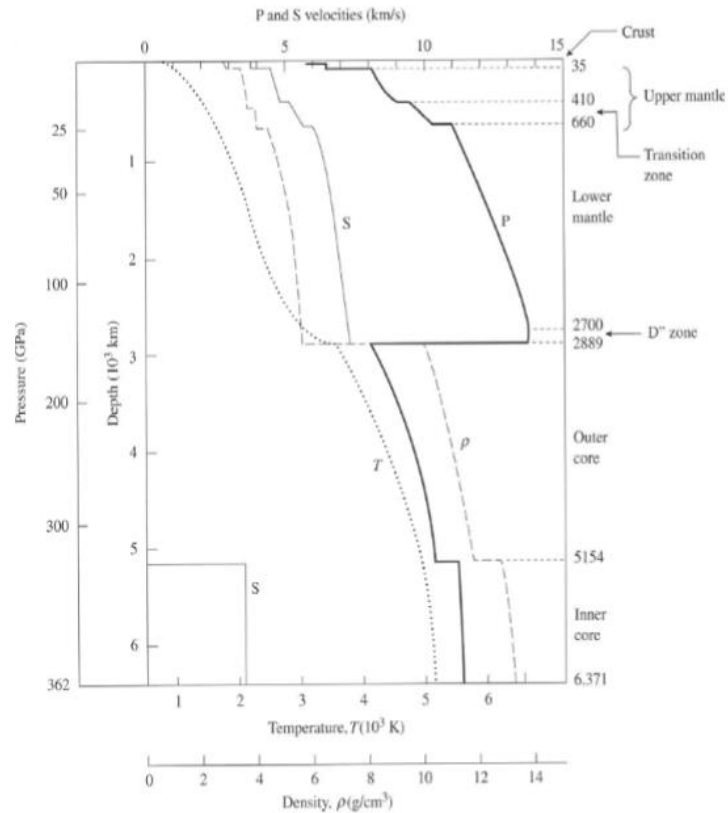


# Kompilacija prikaza konstitucije zemlje (Izvor: Chernicoff & Whitney, 2007)



# Presjek Zemlje s prikazom prirasta brzina longitudinalnih valova (uzdužnih - P) i transverzalnih seizmičkih valova (poprečnih, smičućih - S), gustoće ( $\rho$ ) i temperature (T) u odnosu na dubinu

(Izvor: Anderson & Hart, 1976; iz Wenk & Bulakh, 2006)

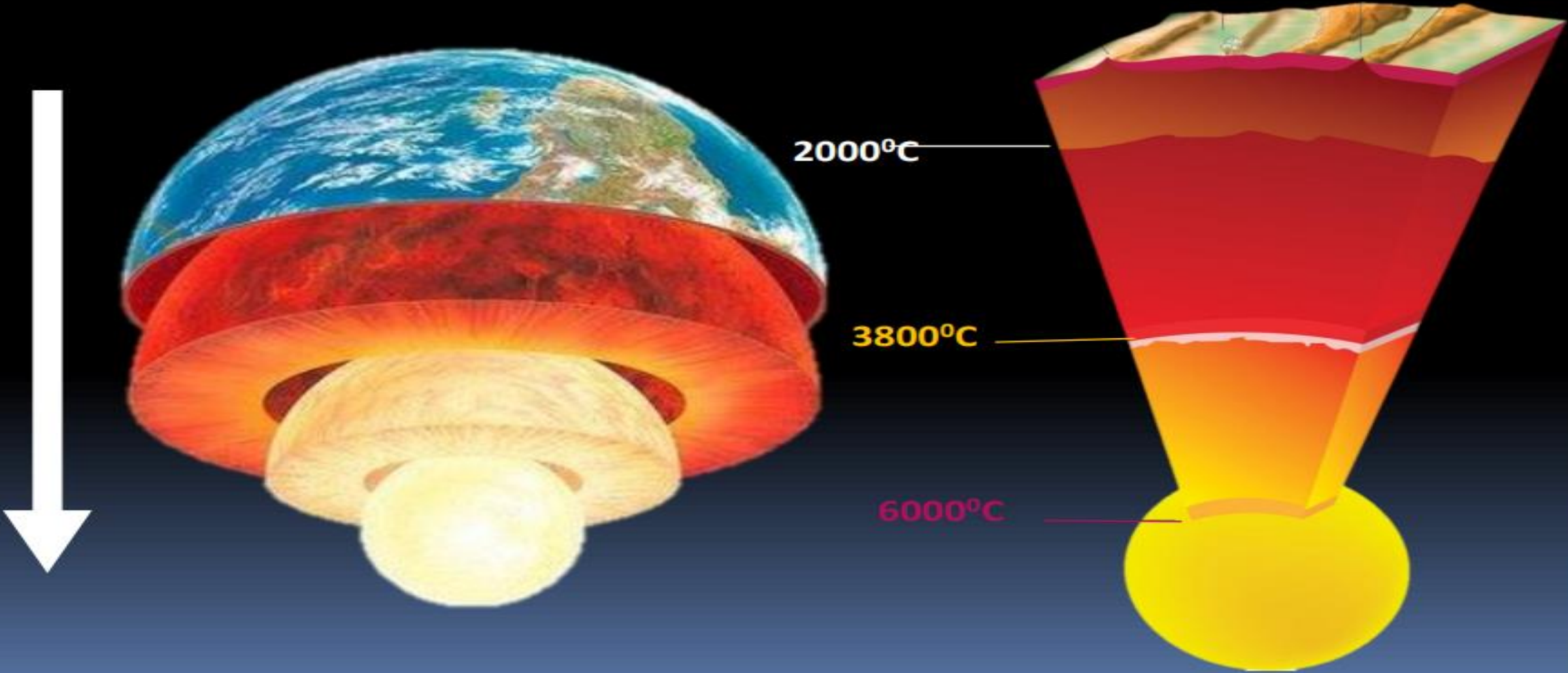


# TEMPERATURA

- **neutralni temperaturni sloj** – granica u tlu do koje dopire utjecaj Sunčevih zraka odlikuje se stalnošću temperature
- u umjerenom pojasu na prosječnoj dubini od 20 do 30m
- temperatura raste prema dubini
- dubinski razmak u kojemu temperatura poraste za 1 °C naziva se - **geotermički stupanj**.



# Gustoća, temperature i tlak rastu s dubinom



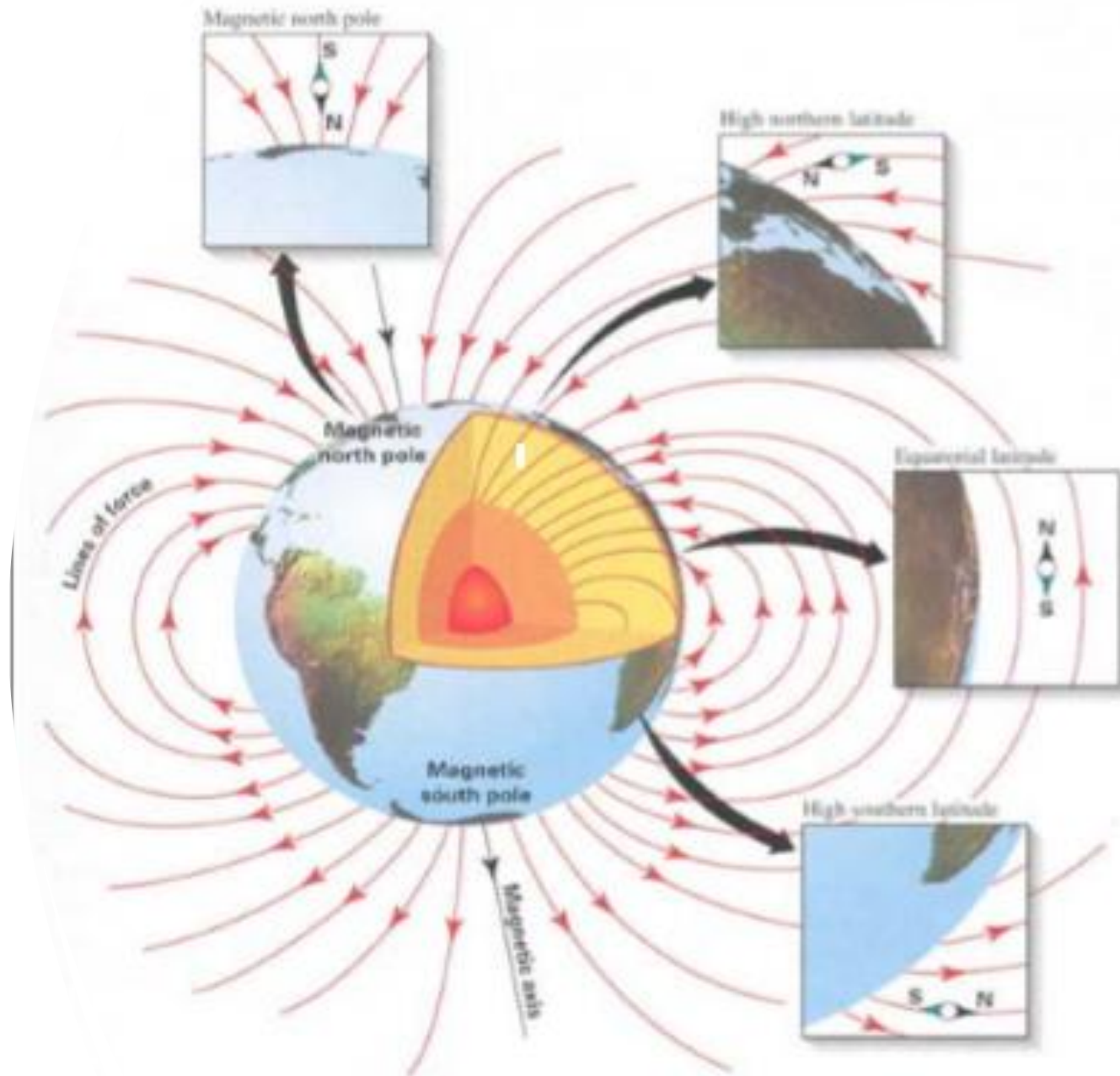
# GRAVITACIJA

- **Gravitacija** – privlačna sila koja djeluje među masama u Sunčavom sustavu
- Njezinu je zakonitost 1684. objasnio I. Newton.
- između nebeskih tijela postoji **privlačna sila** koja je **proporcionalna njihovim masama**, a **obrnuto proporcionalna kvadratu njihove udaljenosti**.
- Gravitacijsko djelovanje Sunca i Mjeseca uzrokuje na Zemlji morska doba (**plima i oseka**).
- Zemljina teža djeluje u **Zemljinoj unutrašnjosti**, na njezinoj **površini** i u **atmosferi**.

# MAGNETIZAM

- W. Gilbert (1600.) - Zemlja se ponaša kao **veliki magnet** i da se **magnetizam** nalazi u **Zemljinoj nutrini u obliku magnetizirane kugle**.
- C. F. Gauss (1839.) dokazao - **najveći dio Zemljina magnetskog polja (oko 95 %) potječe iz Zemljine unutrašnjosti**, a vrlo malo dolazi izvana svemirskim zračenjem.
- **Glavno magnetsko polje** može se usporediti s poljem velikog magneta (dipola) smještenog u Zemljinoj nutrini, a os mu spaja sjeverni i južni geomagnetski pol i prolazi središtem Zemlje

*Izvor: Zemljino prevladavajuće magnetsko polje (prema: Chernicoff & Whitney, 2007)*





# MAGNETIZAM

- u Zemljinoj nutrini vlada visok tlak i visoka temperatura
- Magnetizam se **obnavlja** uz pomoć **električnih struja** u uvjetima pogodnim za interne pokrete

*Izvor: Zemljino magnetsko polje nastaje zbog protoka električki provodljive tekućine u vanjskom dijelu jezgre – liquid outer core (prema: Chernicoff & Whitney, 2007)*

