

# 1. ZEMLJA U SUNČEVU SUSTAVU I SVEMIRU

## 1.1 Značenje i razvoj geografije

- Pojam **geografija** dolazi od grčkih riječi **Ge** ili **Geia**, što znači Zemlja, i **graphein** što znači pisati, odnosno opisivati
- Najstarija karta - 3800 pr.Kr. - Sumerani
- **Eratosten** - 300. pr.Kr. - prvi koristi pojам geografija - djelo *Geografija*
- u 19. st. geografija postaje moderna znanost - napušta se deskriptivni stil i primjenjuje se znanstveni
- Geografija je **mosna** (dualna) znanost jer povezuje prirodne i društvene znanosti

## Definicija i podjela geografije

- **Geografija** je znanost o predmetima, pojavama i procesima u geosferi, njihovoj međuvisnosti te o funkcionalnom uređenju prostora i odnosu čovjeka i okoliša (11. str)
- **Podjela geografije**
  1. **Opća geografija**
  2. **Fizička** (prirodna) - geomorfologija, hidrogeografija, pedogeografija, klimatologija, biogeografija
  3. **Društvena** (socijalna) - turistička, prometna, demogeografija, politička, agrarna, urbana, ruralna, industrijska, historijska
  4. **Regionalna**
- Osim gore navedenih, ističu se **kartografija** i **geoekologija**
- Kartografija je najstarija grana geografije

## Etape u razvoju geografije

- Osnovne etape razvoja geografije
  1. Antička geografija
  2. razdoblje srednjovjekovne europske geografije i geografije islamskoga kulturnoga kruga
  3. razdoblje velikih geografskih otkrića
  4. Suvremena geografija
- **Eratosten** u 3. st. pr. Krista prvi je upotrijebio pojam geografija. Svoje djelo naslovio je *Geographia*, a sebe nazvao geografom
- Rimsko carstvo - nastaju **itinerari** - karte poznatih puteva - najpoznatija karta iz tog razdoblja - **Tabula peutingeriana** (4. st) - najstarija karta s prikazom hrvatskih krajeva
- **Klaudije Ptolemej** - *Geografija i Veliki zbornik astronomije (Almagest)* - 1. i 2. st. - razradio geocentrični sustav (Ptolemejev sustav)
- 12. st. - **portulanske** karte
- 16. i 17. st. - njemačka škola - kozmograf Sebastian **Munster**, poznati kartograf Gerard **Mercator** i geograf Bernhard **Varenius**
- 19. st. - transformacija geografije u modernu znanost - Znanstvenici tog vremena ne koriste se više opisno-statističkim stilom, već, primjenjujući znanstvene metode, počinju objašnjavati odnose u geoprostoru
  - Najpoznatiji predstavnici tog vremena su njemački geografi Alexander von **Humboldt** i Carl **Ritter** (kao predstavnici prirodoznanstvene orientacije) te Friedrich **Ratzel** (najvažniji predstavnik humanističke škole)
- Hrvatski geografi
  - Frederik Bartolačić **Grisogono** ( 1472. -1538. ).
  - Među kartografima treba izdvojiti Stjepana **Glavač** prvoga domaćeg autora karte Hrvatske, tiskane 1673. godine
  - Josip Roglić - najznačajniji hrv. geograf 20. stoljeća

## 1.2 Svemir

- **Svemir** je sve što postoji uključujući cjelokupnu tvar, energiju i prostor
- Sama riječ svemir složenica je od riječi sve i mir (staroslavenska riječ *mir* znači svijet)
- lat. *universmu* - "okretati se kao jedan"

## Dimenzije svemira

- Dimenzije svemira mjerimo **svjetlosnim godinama** (gs), **astronomskim jedinicama** (aj) i **parsekom** (pc).
- **Svetlosna godina** je udaljenost koju svjetlost prođe u vakuumu tijekom jedne tropске godine (946,05 mlrd. km)
- **Astronomska jedinica** je određena srednjom udaljenošću između Zemlje i Sunca (1 aj = 149597870 km) i upotrebljava se za prikazivanje relacija unutar Sunčeva sustava.
  - Svjetlost pređe udaljenost od Sunca do Zemlje za **8:20 min** (ili decimalno izraženo 8,3 min)
- **Parsek** je udaljenost s koje kut paralakse zvijezde iznosi 1" (1 pc = 3,26 gs)
- **paralaksa** – polovica kuta pod kojim je vidljiva neko nebesko tijelo gledano sa krajnjih točaka zemljine revolucije (ili ako je riječ o mjesecu paralaksi, onda sa različitih geografskih širina)
- Najbliža zvijezda (osim Sunca) je *Proxima Centauri* - 4,3 gs (izmjereno paralaksom)
- **Zvijezde** su vruće, sjajne i goleme mase užarenog plina koje su uglavnom građene od **vodika i helija**

## 1.3 Sunčev sustav

- **99%** mase sunčevog sustava čini samo Sunce
- **Planeti** - nova definicija planeta ističe da se planet **mora kretati oko Sunca**, da **ne smije biti satelit**, da treba **biti masivan**, da mu **vlastita gravitacija daje okrugao oblik** i da je **dovoljno velik da dominira svojom putanjom** (*uvjet koji jedino Pluton ne ispunjava – površina 2/3 veličine Mjeseca, ima mjesec Charon (1/2 veličine Plutona) s kojim se vrti oko zajedničke točke – dvojni sustav i u sinkronoj je orbiti oko Plutona – uvijek ista strana okrenuta prema Plutonu i vidljiv je samo sa jedne Plutonove hemisfere*)
  - **planeti** su hladna i tamna tijela koja se po eliptičnim putanjama gibaju oko Sunca
- U sunčevom sustavu je **8 planeta** koji su svrstani u **2 skupine**:
  1. **Unutrašnji ili terestrički** planeti - Merkur, Venera, Zemlja i Mars
  2. **Vanjski ili jovijanski** planeti - Jupiter, Saturn, Uran i Neptun
- **unutrašnji planeti** imaju kraću revoluciju i sporiju rotaciju (*Venera – rotacija traje 243 dana, a revolucija 224,7 dana; Merkur – rotacija 176 dana, revolucija 88 dana*) imaju mali broj satelita (Merkur i Venera nemaju satelita), metalne i stjenovite građe, imaju veću temperaturu na površini radi blizine Sunca
- **vanjski planeti** imaju veći promjer i masu, plinoviti su (plinoviti divovi – od vodika i helija), imaju više satelita, male su gustoće i imaju bržu rotaciju ali sporiju (dužu) revoluciju (Jupiter – 12 god; Neptun – 165 god)
- **Sateliti** su stalni i prirodni pratioci planeta koji se većinom međusobno razlikuju po veličini, masi i gustoći - u sunčevom sustavu ih ima oko 180
- **Asteroidi** (planetoidi) su mala i hladna nebeska tijela, nepravilnog oblika koja **kruže oko Sunca** (u pravilnim orbitama). Promjer ovih stjenovitih tijela kreće se **od stotinjak metara pa do više stotina kilometara**. Većina asteroida nalazi se između Marsa i Jupitera (asteroidni pojas) te iza Neptuna u **Kuiperovu pojasu** - u sunčevu sustavu ih ima oko milijun
- **Kometi** su **komadi leda, smrznutoga plina i dijelova stijena** koji su stvoreni od zaostalog materijala pri nastanku Sunčeva sustava (u prošlosti su ih nazivali zvijezdama repaticama)
  - većinom se nalaze u **Kuiperovom pojasu i Oortovom oblaku**
  - iz putanje ih izbace veći planeti, pa imaju izdužene orbite – periodično prolaze kroz unutarnji Sunčev sustav (*Halleyjev komet*) – rep koji ostavljuju nastaje isparavanjem i naziva se *koma*

- Meteoridi su manja tijela koja su **ostatci razbijenih asteroida i prašine kometa** i kreću se kroz svemir - velikom brzinom ulaze u Zemljinu atmosferu te izgaraju ostavljajući svijetli trag nazivaju se **meteorima**
  - oni meteori koji uspiju dospjeli do Zemljine površine zovu se **meteoriti**
  - **meteoridi** (lete svemirom), **meteori** (ulaze u atmosferu i izgaraju) i **meteoriti** (dospijevaju do površine)

## 1.4 Položaj Zemlje u Sunčevu sustavu i svemiru

- Starost Zemlje - **4,567 milijardi godina**
- Planeti nastaju zgušnjavanjem svemirske prašine (vodik, helij, kisik, silicij, željezo) - nastaju **planetezimale**
- **Teži elementi** (željezo i nikal) tonu prema dolje i tvore jezgru Zemlje, dok **lakši elementi** (silicij i aluminij) plutaju na plaštu i tvore koru planeta
- Planet je bombardiran raznim tijelima iz svemira i kroz pukotine izbjegla magma - vulkani izbacuju vodenu paru - nastaje atmosfera - kondenzacija u atmosferi stvara velike (milenijske) kiše te tako nastaju oceani + kometi koji su padali na Zemlju donose vodu na planet
- Prije 3,5 mld godina nastaje prvi život na Zemlji
- **Sunčev vjetar** – čestice s električnim nabojem

## Mjesec

- Nastaje prije 4,4 mld god - oko 130 mil god poslije Zemlje
- Udaljen prosječno 384 400 km od Zemlje (oko 1 svjetlosna sekunda)
- Oko **80 puta manja masa** od Zemljine
- **Siderički mjesec** - vrijeme koje je potrebno Mjesecu da napravi krug oko Zemlje - **27,32 dana**
- **Sinodički mjesec** - vrijeme koje je potrebno da se promjene 4 mjeseceve mijene (traje dulje radi međusobnog odnosa u gibanju Sunca, Zemlje i Mjeseca) - **29,53 dana**
- Trajanje sinodičkog mjeseca jednako je trajanju rotacije Mjeseca oko svoje osi, pa je zato Mjesec uvijek okrenut istom stranom prema Zemlji
- **Mjesecove mijene**: kada se Mjesec nalazi između Sunca i Zemlje, tada je u fazi **mlađaka** i za promatrače sa Zemlje je tada potpuno taman. Nakon te faze, Mjesec se počinje uočavati i nakon tjedan dana dolazi u **prvu četvrt**. Tada je na nebu vidljiv u obliku polukruga. Nastavljujući gibanje oko Zemlje, Mjesec se nađe u položaju nasuprot Suncu i tada zasja punim sjajem. Tu fazu zovemo **uštap**. Nakon uštapa smanjuje se vidljiva površina Mjeseca i nastupa faza **druge četvrti**.
- Kada se Mjesec mijenja od mladog Mjeseca prema uštapu, kaže se da "raste", a kada se nastavlja mijenjati od uštapa prema mladom Mjesecu, tada "slabi".
- Istraživanje Mjeseca
  - Oko 50 letjelica sletjelo je na Mjesec
  - 6 letjelica sa ljudskom posadom - 12 ljudi hodalo je po površini
  - Prvo slijetanje 21. 7. 1969. - Apollo 11

## 1.5 Zemljina gibanja

### Rotacija Zemlje

- Rotacija Zemlje - okretanje Zemlje oko zamišljene osi u smjeru **od zapada prema istoku** - traje 24 sata - **sunčev dan**
- **Pravi sunčev dan (sinodički dan)** je razdoblje između dva zenita Sunca - duljina mu varira od +/- 21 sekundu
- **Zvjezdani dan (siderički dan)** - vrijeme koje je potrebno da jedna zvijezda prividno obide krug oko zemlje i vrati se na istu točku - kraći je 4 min od sunčevog dana (23 h 56 min 4,1 s)
- Granica između osvijetljenog i neosvijetljenog dijela naziva se **sumračnica**

- Brzina rotacije je najveća na ekvatoru - **1674 km/h** (kod nas oko 1180 km/h) – na polovima ne rotira
- **Dokazi rotacije Zemlje:**
  - **Spljoštenost na polovima i ispuštenost na ekvatoru** - posljedica centrifugalne sile (najjača na Ekvatoru)
  - **Istočno skretanje tijela pri padu** - oko **0,5 m** svakih **1000 m pada**, tijelo radi inercije pada u smjeru istoka (jer se Zemlja rotira od zapada prema istoku)
  - **Otklon (devijacija) kao posljedica Coriolisove sile** - pasati - prilikom gibanja od polova prema ekvatoru, nastaje otklon - Opće je pravilo da tijelo na sjevernoj Zemljinoj polutki koje se giba prema području veće brzine rotacije skreće udesno, a na južnoj Zemljinoj polutki ulijevo – pri gibanju od ekvatora prema polovima nastaje otklon prema istoku

## Revolucija Zemlje

- Gibanje Zemlje oko Sunca po svojoj orbiti naziva se **revolucija**
- Putanja (orbita) po kojoj se Zemlja giba oko Sunca ima **oblik elipse** i naziva se **ekliptika**, a ravnina po kojoj putuje naziva se **ravnina ekliptike** – *Kepler je prvi shvatio da su ekliptike planeta elipse, prije se mislilo da su savršene kružnice*
- Zemljina os s ravninom ekliptike zatvara kut od  $66^{\circ} 33'$ , a ravnina ekliptike siječe ravninu nebeskog ekvatora pod kutom od  $23^{\circ} 27'$
- **Posljedice revolucije Zemlje:** izmjena godišnjih doba i promjena duljine trajanja dana i noći
- Duljina ekliptike je oko **940 mil km**, a vrijeme potrebno Zemlji za obici je - **365 d 5 h 48 min 46 s** (365,2422 dana)
  - Zemlja se giba brzinom od **29,77 km/s** - to razdoblje se naziva **tropska godina**
- Svakoj 4. godini se dodaje 1 dan (29.2.) radi usklađivanja tropske sa kalendarskom godinom - **prijestupna godina**
  - o prijestupne su sve godine koje su djeljive sa 100, osim onih koje su djeljive sa 400 (npr. 1000., 1100., 1300., 1400.)

## Godišnja doba

- **21.3. - proljetni ekvinocij (ravnodnevničica)** - sunčeve zrake padaju **okomito na ekvator**, a sumračnica prolazi **kroz polove** – dan traje 12 sati i postaje duži
- **21.6. - ljetni solsticij (suncostaj)** - sunčeve zrake padaju **okomito na sj. obratnicu**, a sumračnica **spaja polarnice**, tako da je na sj. hemisferi cijelo vrijeme dan u području između pola i sj. polarnice, a noć na prostoru između južne polarnice i južnog pola – dan najduži ali postaje kraći
- **23.9. - jesenski ekvinocij (ravnodnevničica)** – sunčeve zrake padaju **okomito na ekvator**, dan traje 12 sati i postaje kraći
- **21.12. - zimski solsticij (suncostaj)** - sunčeve zrake padaju **okomito na južnu obratnicu** – dan najkraći ali postaje duži - sunce se počinje gibati prema ekvatoru
- Ljeto na sj. hemisferi traje **8 dana duže, a zima kraće**
- Srednja udaljenost Zemlje od Sunca iznosi **150,2 mil km = 1 au** (astronomска jedinica – astronomical unit)
- **Perihel** – točka u kojoj je Zemlja **najbliža Suncu** - **3.1.** - 147,2 mil km
- **Afel** – točka u kojoj je Zemlja **najudaljenija od Sunca** - **4.7.** - 152,2 mil km

## Toplinski pojasevi Zemlje

- Zbog različitog kuta upada Sunčevih zraka, razlikujemo 5 toplinskih pojaseva:
  1. **Žarki (tropski) pojas** - između obratnica, nema godišnjih doba, dan i noć traju podjednako - kol. padalina opada od ekvatora prema obratnicama
  2. **Umjereni (sjeverni i južni) pojasevi** - između polarnica i obratnica, pravilna izmjena godišnjih doba (4), razlike u zagrijanosti ovisno o godišnjem dobu (ljetni solsticij –  $90^{\circ}$  na sj. hemisferi; zimski solsticij –  $90^{\circ}$  na j. hemisferi), duljina dana i noći varira (smanjuje se od ljeta prema zimi)
  3. **Hladni (sjeverni i južni) pojasevi** - između polarnica i polova, slaba zagrijanost, dva godišnja doba, polarni dan i noć (na polovima polarni dan traje 186 dana, a polarna noć 179 dana)

## Ostala gibanja Zemlje

- **Precesija** – Zemlja se na svojoj putanji oko Sunca ponaša poput zvrka, pa na nebeskoj ravnini opisuje obrnuti plašt stošca
- Posljedica precesije je promjena položaja nebeskog pola (položaja zvijezde sjevernačke)
- **Nutacija** – izbočine (nabori) na precesiji koje nastaju radi utjecaja gravitacije Mjeseca
- **Platonova godina** – vrijeme koje je potrebno Zemlji da opiše stožac - 25 920 godina

## 1.6 Određivanje i računanje vremena

- 1892. godine u Washingtonu je dogovoren **pojasno (zonsko) vrijeme**
- Zemlja je podijeljena na **24 zone** sa po **15° geo. dužine**
- Vrijeme pojedine zone se određuje **prema mjesnom vremenu središnjeg meridijana zone** (Hrvatska GMT+1 po  $15^{\circ}$  i. g. d.)
- 1884. g. određen je početni meridijan (**Greenwich**) - istočno se dodaje, a zapadno se oduzima po 1 sat svakih  $15^{\circ}$  geo. dužine
- **UTC** – Coordinated Universal Time ili **GMT** – Greenwich Mean Time
- Kroz Europu prolaze 4 vremenske zone:
  1. Griničko srednje vrijeme - GMT ili UTC
  2. Srednjeeuropsko - CET ili UTC+1
  3. Istočneuropsko - EET ili UTC+2
  4. Moskovska vremenska zona - MSK ili UTC+3
- **Datumska granica** - prati  $180^{\circ}$  ist. geo. dužine - izbjegava naseljena područja
- Kretanjem prema zapadu, **oduzimamo** po 1 sat svakih  $15^{\circ}$  geo. dužine, dok kretanjem prema istoku, **dodajemo** po 1 sat svakih  $15^{\circ}$  geo. dužine
- **Mjesno (lokalno) vrijeme** – određuje se na temelju prividnog kretanja Sunca nad horizontom za određenu točku na Zemlji
- Kada se Sunce nalazi u **zenitu**, onda je 12 sati po mjesnom vremenu
- Sunce istodobno obasjava sva mjesta na jednom meridijanu, pa je u svim mjestima na istom meridijanu podne u istom trenutku
- **Zonalno vrijeme** je uvedeno prvi put 1883. g. u SAD-u radi potrebe organizacije željezničkog prometa
- danas postoje 24 vremenske zone

## Kalendar

- **kalendar** je skup pravila o određivanju vremenskih intervala: dana, tjedana, mjeseci i godina
- Budući tropska godina ne završava cijelim brojem dana (365,2422 dana), pojavila se potreba usklađivanja tropske i kalendarske godine
- 46. g.pr.Kr. - aleksandrijski astronom **Sosigen** izrađuje kalendar po kojem kalendarska godina traje 365,25 dana (greška u odnosu na tropsku godinu u 2. decimali) - naziva ga **julijanskim kalendarom** u čast Julija Cezara
- svaka 4. godina je prijestupna
- Radi greške u 2. decimali, svakih 128 godina se izgubi 1 dan
- 1528. g. papa Grgur XIII. daje nalog za sastavljanje novog kalendara napuljskom astronomu **Ghiraldiju** - novi kalendar nazvan je **gregorijanski** i po njemu kalendarska godina traje 365,2425 dana (greška u odnosu na tropsku godinu u 4. decimali) – *danasa je razlika 13 dana između julijanskog i gregorijanskog kalendara*
- svaka 4. godina je prijestupna a od stoljetnih godina prijestupna je svaka ona koja je djeljiva sa 400
- Radi greške u 4. decimali, svakih 3000 godina se izgubi 1 dan
- **prijestupna sekunda** – svake godine – pravi probleme u telekomunikacijama jer se ne usklađuje univerzalno

## 2. ORIJENTACIJA I ODREĐIVANJE POLOŽAJA NA ZEMLJI

### 2.1 Oblik i veličina Zemlje

#### Oblik Zemlje

- 6. st. pr. Kr. - **Pitagora** smatra da Zemlja ima oblik kugle jer je kugla najsavršenije geometrijsko tijelo
- 4. st. pr. Kr. - **Aristotel** – dokazuje sfernost Zemlje na temelju Mjesečevih mijena i visina zvijezde sjevernjače se mijenja s promjenom geo. širine – dokaz zaobljenosti Zemlje u smjeru sjever - jug
- 3. st. pr. Kr. - Aleksandrijska škola - **Eratosten** – izmjerio opseg Zemlje - **39 400 km** - dokaz sfernosti Zemlje na temelju promjene kuta upada sunčevih zraka u Aleksandriju i Asuanu (razlika  $7^{\circ} 12'$  - 1/50 kruga)
- 150. pr. Kr. - **Krates** s otoka Malosa napravio **prvi globus**
- do renesanse spoznaje o obliku Zemlje padaju u zaborav
- 1492. **Kolumbo** plovi prema zapadu - koristio je podatke o opsegu Zemlje od Posejdona sa Rodosa (1. st.pr.Kr) po kojem je ekvator za četvrtinu manjeg opsega
- 1519. - 1522. - **Magellanova ekspedicija** - dokaz o zakrivljenosti Zemlje u smjeru istok - zapad
- 1762. - Jean Richer - dokaz o spljoštenosti Zemlje na polovima i ispučenosti na ekvatoru - na temelju razlike u brzini njihala sata u Francuskoj Gijani ( $5^{\circ}$  s.g.š.) i Pariza ( $44^{\circ}$  s.g.š.) - gravitacija je jača na mjestu gdje je Zemlja spljoštenija
- Isaac **Newton** i Christiaan **Huygens** na temelju Richerova dokaza zaključuju da je Zemlja **rotacijski elipsoid** - tijelo koje nastaje rotacijom elipse oko svoje osi
- Razna mjerena su potvrdila da je gravitacija na pojedinim mjestima na Zemlji različita te da je veća na pučini nego na kopnu
- Johann Benedict **Listing** - prvi upotrijebio pojam **geoid** (onaj koji je nalik na Zemlju) kako bi opisao oblik Zemlje
- **Geoid** - tijelo koje se ne može geometrijski definirati, a čija **površina odgovara srednjoj morskoj razini proširenoj na cijelu Zemljinu površinu** - svaki dio ravnine geoida okomit je na smjer djelovanja gravitacije

#### Veličina Zemlje

- 1792. - francuska ekspedicija izračunala duljinu **meridijanskog luka** - **40 000 km**
- 20. st. - izračunat opseg ekvatora - **40 076 km**
- **Stvarna (točne) dimenzije:**
  - Meridijanski luk - 40 009 114 m
  - Ekvator - 40 076 592 m
  - Debljina Zemlje od jezgre prema polu - 6 356 752 m
  - Debljina Zemlje od jezgre prema ekvatoru - 6 378 137 m
- **Problem limuna i naranče** - Jean Dominique **Cassini** smatrao je (na temelju krivih izračuna) da je Zemlja ispučena na polovima a spljoštena na ekvatoru, dok je Isaac **Newton** 1689. izračunao (točno) da je Zemlja ispučena na ekvatoru a spljoštena na polovima

### 2.2 Određivanje položaja na Zemljji – orijentacija

- **Stajalište** - mjesto na kojem se nalazimo
- **Obzor ili horizont** - prostor oko nas koji vidimo sa stajališta
- **Obzornica** - granica na kojoj se obzor spaja s nebom

#### Orijentacija s pomoću nebeskih tijela

- Orijentacija - lat. *oriens* - istok (jer je u početku orijentacijska strana bila istok - radi Sunca)

- Orientacija po Suncu – nije pouzdana jer Sunce **samo 2 puta godišnje izlazi na istoku** (za vrijeme jesenskog i proljetnog ekvinocija)
- Arapi - orientacija prema istoku
- Europski pomorci - orientacija prema sjeveru
- Orientacija pomoću zvijezde Sjevernača - **cirkumpolarne zvijezde** - one koje se vrte oko sjevernog pola (oko zvijezde Sjevernača) - samo na sjevernoj hemisferi
- Orientacija prema zviježđu **Južni križ** na južnoj hemisferi
- Orientacija pomoću Mjeseca - koriste se mjeseceve tablice

## Kompas

- Kinezi koriste magnetnu iglu još u doba pr. Kr.
- 9. st. Normanji plove pomoću magnetne igle
- 14. st. Talijani stavljaju magnetnu iglu iznad ruže vjetrova - današnji kompas
- **Romanska** (8 strana svijeta) i **germanska** (16 strana svijeta) **vjetrulja**
- Kompass pokazuje magnetski sjeverni pol, koji nije isti kao i geografski - razlika između magnetskog i geografskog sjevera naziva **magnetna deklinacija ili varijacija** - linije koje spajaju mjesta iste deklinacije - **izogone**
- Magnetna deklinacija obilježava se grčkim slovom **delta**. Razlikuje se istočna (pozitivna) i zapadna (negativna) deklinacija
- **Azimut** – kut između sjevera i pravca kretanja (pomorci koriste izraz kurs) - istok = azimut  $90^\circ$ , zapad = azimut  $270^\circ$
- **solarni kompas** – orientacija pomoću sunca – sličan sunčanom satu – koristan u višim geo- širinama gdje obični kompas nije pouzdan

## Suvremena navigacijska sredstva

- **GNSS** - Global Navigation Satellite System
- **Navstar GPS** - 32 satelita na 20 200 km - sastoje se od 2 komponente - svemirska (32 satelita) i zemaljska (korisnička GPS uređaj i upravljačka - kontrolne stanice)
- Ostali sustavi satelitske navigacije - Galileo (EU), GLONASS (SSSR/Rusija), BeiDou (Kina) – *kin. beidou* – „kompass“)
- **Radar – Radio detecting and ranging**
- **Radiogoniometar** - odašilju se radio valovi sa kopna i na temelju njih brodovi određuju svoj položaj
- **Žirokompass** - posebna vrsta kompasa na kojeg ne djeluje promjena magnetnog pola i lJuljanje zbog valova

## Orijentacija na geografskoj (stupanjskoj) mreži

- **Geografska koordinatna mreža** se sastoji od kružnica i kružnih lukova koji se sijeku pod kutom od  $90^\circ$  - polazište u izradi koordinatne mreže su polovi (jer ne sudjeluju u rotaciji Zemlje)
- **Ekvator** (polutnik) – kružnica koja presijeca Zemlju na 2 jednaka dijela i nalazi se na pola puta između polova
- **Paralele** (usporednice) – zamišljene kružnice koje su usporedne s ekvatorom - na polovima su točke - ima ih beskonačno, ali onih po  $1^\circ$  geo. širine ima po 89 sjeverno i 89 južno od ekvatora
- **Meridiani** (podnevnići) – lukovi koji spajaju sjeverni i južni pol (okomiti su na ekvator) i svi su jednake duljine - ima ih beskonačno mnogo, ali onih po  $1^\circ$  geo. dužine ima 360
- 1884. na konferenciji u Washingtonu za početni meridian je odabran onaj koji prolazi zvjezdarnicom Greenwich

## Geografska širina i dužina

- **Geografska širina** je kut kojeg zatvara okomica neke točke na Zemljinoj sferi i ravnina ekvatora
- Sva mjesta sjeverno od ekvatora imaju sjevernu geografsku širinu, a mjesta južno od ekvatora, južnu geo. širinu
- Geo. širina se označava grčkim slovom **fi** ( $\varphi$ )

- Instrumenti kojima se mjerila geo. širina - **sekstant i astrolab** - mjerio se položaj (visina) zvijezde sjevernjače nad horizontom - geo. širina se može mjeriti i preko Sunca (kad je sunce u zenitu)
- **Geografska dužina** je kut između ravnine početnog meridijana i ravnine meridijana neke točke na Zemljinoj sferi
- Sva mjesta istočno od početnog meridijana imaju istočnu geo. dužinu, a zapadno od početnog meridijana, zapadnu geo. dužinu
- Geo. dužina se označava grčkim slovom ***lambda*** ( $\lambda$ )
- Instrumenti kojima se mjerila geo. dužina - kronometar (obični sat) - pokazivao je griničko vrijeme i lokalno vrijeme

## Koordinatna mreža kroz povijest

- Prvi prikaz koordinatne mreže 3. st.pr.Kr. - **Dikearh** - karta ekumene - 1 meridijan (sjekao je otok Rhodos) i 1 paralela (od Heraklovih stupova (Gibraltar) do otoka Rhodos) koja se zvala **diaphragma** („ekvator“)
- **Eratosten** dodaje 7 meridijana i 7 paralela različitih udaljenosti na kartu ekumene
- **Hiparh** – prva podjela koordinatne mreže na  $360^\circ$  s meridijanima na jednakim razmacima
- **Klaudije Ptolemej** (2. st.) – prva **prava geografska mreža** -  $180^\circ$  geo. dužine, do  $70^\circ$  s.g.š. i  $20^\circ$  j.g.š.

## Ortodroma i loksodroma

- **Ortodroma** je najkraća udaljenost između dvije točke na zaobljenoj Zemljinoj površini - po njoj putuju zrakoplovi - siječe meridijane pod različitim kutovima što zahtjeva stalnu izmjenu kursa
- **Loksodroma** je zakrivljena linija koja na globusu siječe sve meridijane pod istim kutom - koristi se u pomorskoj navigaciji - nije potrebna česta izmjena kursa što olakšava plovidbu
- Na globusu **ortodroma** je zakrivljena crta, a na merkatorovoј projekciji ravna crta, sa **loksodromom** je obrnuto

## Ekvatorski koordinatni sustav

- Preslika geografske mreže na nebeski svod - nebeski ekvator i dnevne kružnice
- Kut između nebeskog ekvatora i pojedine dnevne kružnice naziva se **deklinacija** - ima ulogu geo. širine
- Nebeski sjeverni i južni ol - os koja prolazi kroz polove naziva se **svjetska os**
- Zemaljski meridijani se na nebu nazivaju **satne kružnice**
- Ulogu početnog meridijana ima proljetna točka, a mjerjenje nebeske geo. dužine se naziva **rektascenzija** i mjeri se od proljetne točke **isključivo prema istoku**
- **Deklinacija** (nebeska geo. širina) i **rekstacenzija** (nebeska geo. dužina) se ucrtavaju u karte neba

## Horizontski koordinatni sustav

- Nebeski svod iznad nas ima oblik polukugle (tj. kruga) - granica je horizont - koordinatni sustav se sastoji od 6 točaka - 4 strane svijeta, zenit i nadir

### 3. PRIKAZIVANJE ZEMLJINE POVRŠINE

#### 3.1 Prikazivanje Zemlje na globusu i geografskoj karti

- **Geodezija** - znanost koja se bavi različitim metodama mjerena zemljишta (prostora) i konstrukcijom matematičke osnove karte
- **kartografija** - znanost koja se bavi zasnivanjem, izradom, promicanjem i proučavanjem geografskih karata
- Najstariji sačuvani kartografski prikaz - 4. tis. pr. Kr. (3800. pr.Kr) - karta dijela Mezopotamije s rijekom Eufrat
- Najstarija karta svijeta - 500. pr. Kr - Mezopotamija - babilonska ekumena prikazana kao okrugla ploča okružena oceanom
- Aleksandrijska škola - 3. st. pr. Kr.
- Rimsko carstvo - **itinerari** - opisi putova koji su kao priloge imali karte s označenim naseljima i udaljenostima između njih
- Najpoznatiji itinerar - **Tabula Peutingeriana** iz 4. st - duga 7 m a široka 30-ak cm - izdužen prikaz Rimskog carstva radi praktičnosti
- U srednjem vijeku zastoj
- 13. st. - **portulanske karte** - pomorske karte specifične za Sredozemlje
- 16. i 17. st - **Nizozemska kartografska škola** - G. **Mercator** (prvi upotrijebio pojam atlas) i A. **Ortelius** (prvi autor zbirke karata)
- 18. st. - **Francuska kartografska škola** - koriste se geodetskim izmjerama za izradu karata - J. D. **Cassini** i N. **Sanson**

#### Globus

- **Globus** je vjeran umanjeni prikaz Zemlje - sačuvane su vrijednosti udaljenosti, kutova i površina
- prvi globus napravio je 150. pr. Kr. - **Krates** s otoka Malosa

#### Geografska karta

- **Geografska karta** - umanjeni prikaz Zemlje ili dijela njene površine na ravnoj plohi
- karta nije vjerna slika stvarnosti, već uopćeni znakovni prikaz koji omogućuje stvaranje predodžbe o toj stvarnosti
- Karta je praktičnija za korištenje i pruža više informacija od globusa
- Elementi geo. karte - **matematički i geografski, te urednički i dopunski** (ubrajaju se u izvanokvirne elemente karte)
- **Matematički elementi karte**
  - Geografska mreža (ucrtani meridijani i paralele)
  - Okvir karte
  - Kartografska projekcija
  - Mjerilo
- **Geografski elementi karte** - obuhvaćaju prirodnu osnovu i društvene sadržaje
  - Reljef
  - Vode
  - Tlo i vegetacija
  - Naselja i objekti
  - Prometnice i ostale komunikacije
  - Granice
  - Geografska imena (toponimi)

- **Redakcijski elementi karte** - naslov karte, godina tiskanja, izvori, vrsta projekcije, tumač znakova, ime autora i nakladnika
- **Dopunski elementi karte** - grafički prikazi, tablice i tekst
- **Mjerilo** je omjer udaljenosti u prirodi i odgovarajućih udaljenosti na karti
- **Numeričko** (brojčano) i **linearno** (grafičko ili dužinsko) mjerilo
- vrste mjerila: **krupna** (1:100 000), **srednja** (1:100 000 do 1:1 000 000) i **sitna** (više od 1:1 000 000) mjerila

## 3.2 Kartografske projekcije

- Prenošenje zamišljenog sustava geografske koordinatne mreže, a nakon toga i ostalih informacija sa zakriviljene Zemljine površine na ravnu plohu naziva se **projiciranje**, a sliku koja se na taj način dobiva **kartografska projekcija**
- postupak ucrtavanja meridijana i paralela na ravninu
- kartografske projekcije su osnova za izradu geografskih karata
- **Matematička kartografija** - pokušava naći idealno rješenje prilikom prenošenja koordinatne mreže sa globusa na ravninu

### Projekcije prema elementima vjernosti

- **Konformne** projekcije – sačuvana vjernost **kutova** (pomorci i zrakoplovci)
- **Ekvidistantne** – sačuvana vjernost **duljina** (opće geo. karte)
- **Ekvivalentne** – sačuvana vjernost **površina** (tematske karte)
- **Uvjetne** projekcije – **kombinacija** prethodnih triju (opće geo. karte)
- Nemoguće je zadovoljiti sve elemente vjernosti odjednom, pa se zato odabire projekcija s onim obilježjima koja su nam najbitnija

### Projekcije prema obliku geo. mreže

1. **Cilindrične (valjkaste) projekcije** - najpreciznije su oko ekvatora a odstupanja su najveća na polovima - polovi su jednako dugi kao i ekvator - paralele i meridijani su okomiti jedni na druge – valjak dodiruje Zemlju na ekuatoru - rabi se za prikaz karte svijeta
2. **Azimutne (horizontalne) projekcije** - projekcija Zemlje na ravnu plohu koja dodiruje Zemljiju u jednoj točki (središte ili pol) - meridijani su radikalni pravci sa središtem u centru, a paralele su koncentrične kružnice - zadržana vjernost kutova (konformnost) - koriste se za prikaz manjih površina
3. **Konusne (stožaste) projekcije** - ploha projekcije je stožac koji Zemljiju dodiruje uzduž jedne kružnice - paralele su lukovi koncentričnih kružnica - služe za prikaz umjerenih geo. širina

### Ostale vrste projekcija

- Pseudocilindrične (lažne valjkaste) projekcije
- Kružne projekcije
- Pseudokonusne (lažne stožaste) projekcije
- Polikonusne (višestožaste) projekcije

### Projekcije prema načinu prenošenja geo. mreže na projekcijsku plohu

- Dijele se na **obične i konvencionalne** projekcije
- **Obične projekcije** - geografska mreža je konstruirana grafički u obliku geometrijskih linija (pravaca, lukova ili kružnica) - vjernost površina je loše očuvana - koriste se u prikazu velikih površina

- **Konvencionalne projekcije** - kod kojih su točke geografske mreže određene matematičkim postupcima, na osnovi izračunavanja numeričkih vrijednosti i meridijana i paralela - zadržava se vjernost površina

## Projekcije prema smještaju pola i projekcijske plohe

- projekcije prema smještaju pola projekcije:
  1. **uspravne** (polarne),
  2. **poprečne** (ekvatorske) i
  3. **kose** (pol kartografske mreže nalazi se između ekvatora i pola)
- projekcije prema smještaju projekcijske plohe:
  1. **Tangencijalne** (dodirne) projekcije - projekcijska ploha **dodiruje** Zemlju u točki ili kružnici
  2. **Sekantne** (prodorne) projekcije - projekcijska ploha **presijeca** Zemlju
  3. **Perspektivne** projekcije - točku promatranja imaju **odmaknuto od pola projekcije**, odnosno Zemljine površine

## Najučestalije projekcije kojima se koriste geografi

- **Mercatorova projekcija** (uspravna konformna cilindrična) - meridijani su ravne, paralelne i jednakim udaljenim crta, okomite na paralele. Razmak među paralelama se povećava prema polovima. Zadržana je vjernost kutova, ali su zato velike deformacije oblika i površina, pogotovo prema polovima
- **Gauss-Krügerova projekcija** (poprečna konformna cilindrična)
- **Mollweid-Babinetova projekcija** (uspravna ekvivalentna pseudocilindrična)
- **Ptolemejeva projekcija** (obična konusna)
- **Boneova projekcija** (pseudokonusna)
- **Goodeova projekcija** (ekvivalentna konvencionalna)
- **Stereografska projekcija** (perspektivna azimutna)
- **Lambertova projekcija** (obična ekvivalentna azimutna)
- **Van der Grintenova** (kružna uvjetna)

### 3.3 Vrste karata

- Suvremene geografske karte razlikuju se prema **vjernosti** (pouzdanosti) prikaza, **sadržaju** koji priazuju i **načinu upotrebe**

## Podjela geografskih karata prema vjernosti

- Dijelimo ih na **izvorne** (detaljne) i **pregledne** (apstraktne)

### Izvorne karte

- **Izvorne karte** su krupnijeg mjerila i detaljno priazuju dio Zemlje - služe kao temelj za izradu ostalih karata
- Skupine izvornih karata:
  - **Katastarski planovi** - mjerila 1:2 000 (pričak 1200x800 m površine u prirodi), 1:1 000 i 1:500 (za vrijeme Austro-ugarske su se radile u mjerilu 1:2 880)
  - **Hrvatska osnovna karta** - mjerilo 1:5 000 (1 list HOK pričakuje prostor površine 3 000 x 2 000 m, a za područja od manjeg značaja u mjerilu 1:10 000 - detaljno priazuju prostor - vrijednost ekvidistancije je 5 m)
  - **Plan** - najsitnije mjerilo za izradu plana je 1:10 000 - plan ne sadrži kartografsku ili pravokutnu mrežu te nemaju standardizirane dimenzije

- **Topografske karte** - mjerilo 1:25 000 (prikazuje 150x100 km), 1:50 000, 1:100 000 i 1:250 000 (prikazuje 15x10 km) - listovi su standardiziranih dimenzija (60x40 cm)
- **Ortofoto karte** - digitalizirane zračne snimke transformirane u ortogonalnu projekciju - rade se u mjerilu 1:5 000
- **Reambulacija** – dopunjavanje i ispravljanje sadržaja karata (uglavnom društveni sadržaji)
- **Generalizacija** – poopćavanje elemenata iz prirode na karti

## Pregledne karte

- **pregledne karte** su karte sitnih mjerila (u pravilu sitnijih od 1:200 000) koje prikazuju veći prostor
- izrađuju se na temelju izvornih karata
- ne prikazuju stvarni izgled prostora, već generalizirani (poopćeni)

## Podjela geografskih karata prema sadržaju

- prema sadržaju, geografske karte dijelimo na **opće i tematske karte**
- **opće karte (fizičke)** prikazuju cjelovitu geografsku sliku nekog prostora – prirodne i društvene sadržaje
- **tematske karte** sadržavaju osnovne geografske elemente kao podlogu a na njoj se pokazuje prostorni raspored neke pojave ili procesa
- sadržaj tematskih karata prikazuje se raznim znakovima i simbolima (kartografski znakovi)

## Pomorske karte

- posebna vrsta tematskih karata
- ne izrađuju se u listovima kao topografske, već se prikazuju pojedini dijelovi važni za plovidbu (npr. kanali ili dijelovi mora)
- mogu biti **podrobne** (od 1:3000 do 1:20 000) i **pregledne**
- na podrobnim kartama prikazane su dubine, obala i luke – sadržaj na kopnu je zanemaren, osim ako nije potreban za plovidbu (npr. svjetionici, luke i sl, koji služe za orientir)
- sve pomorske karte imaju ružu vjetrova (s detaljnom stupanjskom podjelom), oznaku magnetske deklinacije te stupanjsku mrežu na rubovima
- izrađuju se u Mercatorovoј projekciji

## Zidne i priručne karte (karte prema načinu korištenja)

- prema načinu korištenja, karte se dijele na **zidne i priručne**
- **zidne karte** su jasno čitljive s udaljenosti od 3 m, a uočljive sa 10 m
- nisu preopterećene sadržajem (radi načina upotrebe)
- **priručne karte** imaju kompleksan sadržaj i koristimo ih kao knjigu (atlas)
- mogu imati različite stupnjeve vrijednosti i prikazivati različite sadržaje
- razlikujemo školske, nacionalne, tematske, povjesni, klimatski, hidrološki, demografski, geomorfološki i dr. atlase

## Geografski informacijski sustav (GIS)

- **geografski informacijski sustav (GIS)** je tehnologija prikupljanja prostornih podataka koji omogućava njihovu brzu i efikasnu analizu, obradu i pohranjivanje, radi izrade nove informacije kao izlaznog proizvoda
- **osnovni dijelovi GIS-a su:** oprema, programska podrška, podatci i ljudi (a često se dodaje i računalna mreža – Internet)
- podatci se prikupljaju različitim načinima snimanja i digitaliziranja postojećih karata, a zatim se elektronički (računalno) obrađuju, smještaju u prostor i vrijeme i spremaju u bazu podataka (po slojevima)

- geografski podatci se pri unosu u bazu podataka javljaju u tri osnovna oblika: **linija, točka i poligon**
- **vektorska** (crte, točke i poligoni u bazi podataka) i **rasterska** (skeniranje karata i snimanje zrakoplovom) **metoda prikupljanja podataka**
- **GIS-om se koriste brojne djelatnosti** (geodezija, šumarstvo, turizam, meteorologija, telekomunikacije...)

### 3.4 Sadržaj geografske karte

- da bi se neka točka na Zemlji potpuno odredila, potrebno je znati njenu **geo. širinu, geo. dužinu i nadmorsknu visinu**
- visina može biti **relativna i absolutna (nadmorska)**
- **nadmorska visina** predstavlja visinsku razliku neke točke u odnosu na površinu geoida (u praksi se određuje u odnosu na morskou razinu na temelju višegodišnjeg prosjeka)
- **normalna (geodetska) nula** je srednja morska razina koja se koristi kao početna točka za mjerjenje nadmorske visine – označava se **reperom** na morskoj obali
- **visinski datum** – koristi se uz normalnu nulu u geodeziji i kartografiji – datum mjerjenja normalne nule – u Hrvatskoj je to 1971. g (HVRS71)
- **relativna visina** je razlika u nadmorskoj visini bilo koje dvije točke na Zemlji – odražava energiju reljefa
- Evangelista **Toriccelli** konstruirao prvi **živin barometar** – na 0 m,  $45^\circ$  s.g.š. i na  $0^\circ\text{C}$ , stupac žive je visok 760 mm
- Blaise **Pascal** – predlaže korištenje barometra za mjerjenje visina – svakih 10,5 m stupac žive pada za 1 mm zbog promjene tlaka vezanog uz povećanje nadmorske visine
  - nedostatak – prevelik instrument za mjerjenje
- 1847. izumljen **aneroid** – zrakoprazna kutija sa membranama koje su osjetljive na promjenu tlaka (savijaju se) i kazaljkom koja pokazuje tlak – dodavanjem skale s visinskom podjelom nastaje **visinomjer (aneroid – hipsometar)**

### Geografski i trigonometrijski nivelman

- najpreciznija metoda mjerjenja visine je **geometrijskim nivelmanom** – specijalizirani geodetski dalekozor (**nivelir**) i mjeračka letva s podjelom
- viziraju se dvije točke na dvije susjedne letve i na taj način se izračuna visinska razlika među njima
- precizna ali nepraktična metoda mjerjenja radi sporosti i nemogućnosti mjerjenja na nepristupačnim terenima
- **trigonometrijski nivelman** – mjerjenje se obavlja pomoću **teodolita** – naprava opremljena s dalekozorom za određivanje vertikalnih kutova – mjeri se trigonometrijskom metodom i tako se određuju udaljenosti
- može se koristiti i u nepristupačnim terenima i praktičniji je
- **daljinska snimanja** – metoda snimanja zemljišta iz raznih letjelica (zrakoplov, satelit...) – primjenjuje se od 20. st i danas je to najvažnija metoda

### Kartografski prikaz prirodne osnove

- prirodnu osnovu čine reljef, vode i obalnu crtu (kod fizičkih karata); i klimu, tlo i vegetaciju (kod tematskih karata)
- prikazivanje reljefa:
  - renesansa – prikazuje se metodom **krtičnjaka**
  - 18. st – metoda **šrafiranja** (crtanja) – deblje crte, veći nagib – nepregledna metoda prikaza
- na suvremenim kartama reljef se prikazuje **izohipsama, bojom i sjenčanjem** (u novije vrijeme i računalni 3D prikazi reljefa i ortografske projekcije – Google Maps)
- **izohipse (slojnice)** – linije na geografskoj karti koje spajaju mjesta iste nadmorske visine – (od 1791. g)
- **izobate** – linije koje povezuju mjesta iste dubine u morima, rijekama i jezerima
- **ekvidistanca** – visinska razlika između dvije izohipse – sa smanjenjem ekvidistance raste vjernost prikaza reljefa

- kod prikaza reljefa većeg nagiba, izohipse su gušće, a na ravnim dijelovima rjeđe
- ako je reljef vrlo malog nagiba, između **osnovnih izohipsi** se umeću **pomoćne** – 1/2 ekvidistance (iscrtana linija) i 1/4 ekvidistance (točkasta linija)
- svaka peta izohipsa se naziva **glavna** izohipsa i podebljana je i često je na njoj napisana nadmorska visina
- metodom izohipsi na svakoj točki na karti se može odrediti nadmorska visina i nagib zemljišta
  
- **hipsometrijska metoda** (metoda bojenja) – upotrebljava se na kartama sitnog mjerila gdje se različitim bojama označavaju pojedini visinski slojevi
  - koriste se različiti tonovi plave, zelene, žute, smeđe i ljubičaste boje, a područja sa stalnim snježnim pokrivačem i najviši vrhovi prikazani su bijelom bojom – boje su objašnjene tumačem
  - na ovaj način reljef je prikazan plastično i reljefne cjeline su lako uočljive
  
- **sjenčanje** – reljef je prikazan kao da je izložen jakom svjetlu sa jedne strane pod kutom od  $45^\circ$ 
  - ne pruža podatke o visini i nagibu terena
  - sjenčanje se kombinira sa izohipsama (na topografskim kartama) i na preglednim se kombinira sa hipsometrijskom metodom
  
- **snimka reljefnog modela** – nastaje fotografiranjem reljefnog modela pod određenim kutom iz smjera sjeverozapada
  - rade se modeli od plastike
  
- **trodimenzionalni modeli reljefa (perspektivne skice)** – računalnom metodom se prikazuje reljef (orto prikaz)

## Kartografski znakovi

- **kote** – točke na karti kojima je izmjerena nadmorska visina
  - prikazane su točkom ili trokutom sa crnom točkom u sebi, a sa strane imaju upisanu visinu
- ostali prirodni i društveni elementi na karama prikazani su **kartografskim znakovima**
- **topografski znakovi** – posebni znakovi koji se koriste na topografskim kartama – za njih se izrađuje **kartografski ključ** – knjižica sa objašnjenjima topografskih znakova
- **prema sadržaju** – znakovi prikazuju vode, vegetaciju, prometnice, reljef, naselja, objekte i sl.
- **prema obliku** – **točkasti** (naselja, kuće i dr.), **linijski** (granice, prometnice...) i **površinski** (vegetacija, visina...)

## Toponimi

- toponimi su geografska imena
- teži se korištenju izvornih naziva, a kad nije moguće (radi različito pisma), onda se **transkribira** na latinicu

## 3.5 Nastanak, obilježja i uporaba osnovnih (izvornih) karata

### Aerofotogrametrija

- daljinsko istraživanje - prikupljanje podataka o Zemljinoj površini putem zrakoplova, satelita i bespilotnih letjelica, bez izravnog kontakta s objektom istraživanja
- aerofotogrametrija – korištenje zračnih snimaka za izradu izvornih karata
- multispektralno snimanje satelitima – snima se u više spektara svjetlosti (infracrveni, crveni i zeleni spektar)
  - vegetacija je crvene boje, suha vegetacija žute ili smeđe, naselja plave ili sive
- prva geodetska izmjera neke zemlje – 18. st Francuska

## Izvorne karte u Hrvatskoj

- topografija se bavi prikupljanjem prostornih podataka i prikazivanja istih na topografskim kartama (što obuhvaća izradu i izradu izvornih karata)
- topografski informacijski sustav – sustavi baza podataka topografskih snimki
- CROTIS – Hrvatski topografski informacijski sustav – operativan od 2000. g
- suvremena topografska mjerena provode se metodom aerofotogrametrije, daljinskog istraživanja (snimanje satelitom) i primjenom globalnih satelitskih sustava za navigaciju (GNSS) – trigonometrijska metoda se sve manje primjenjuje
- **triangulacijom** se određuju točke u prostoru – **stalne točke geodetske osnove** koje čine **osnovnu triangulacijsku (geodetsku) mrežu**
  - na osnovi triju izmjerjenih kutova i jedne izmjerene stranice trokuta, formiraju se trokuti čiji vrhovi su trigonometrijske točke – na terenu se označavaju kamenom ili željeznim klinom
  - postoje mreže (trokuta) 1. reda (20 – 50 km), 2., 3. i 4. reda

## Izvorne karte u Hrvatskoj

- **topografske karte** – opće izvorne geografske karte u krupnom mjerilu koje detaljno, vjerno i potpuno prikazuju manji dio Zemljine površine
- maksimalno dopušteno odstupanje na karti je +/- 0,2 mm
- službene topografske karte RH izrađuje Državna geodetska uprava (DGU) na osnovi CROTIS-a
- topografske karte (TK) se rade u mjerilu: **1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 i 1:250 000**, te pregledne topografske karte (PTK) u mjerilu **1:300 000 i 1:500 000**
- topografske karte za vojne potrebe (VTK) izrađuje MORH u mjerilu 1:50 000 i 1:250 000 (JOG) a rade se na temelju baze podataka VoGIS i razlikuju se malo od ostalih TK jer se primjenjuje NATO-v standard
- topografske karte u Hrvatskoj koriste **elipsoid GRS80 i poprečnu Mercatorovu (Gauss-Krügerovu) projekciju** skraćenog naziva HTRS96/TM
  - Pojednostavnjeno to znači da se mreža točaka geodetske osnove (određenih na geoidu) najprije prenosi na referentan rotacijski elipsoid (u slučaju Hrvatske odabran je GRS80), a zatim se zakrivljena površina s pomoću kartografskih projekcija matematički m postupcima prenosi na ravnu plohu (poprečna Mercatorova projekcija)
- središnji meridijan kod izrade Hrvatskih TK je  $16^{\circ}30'$  i.g.š.
- **Hrvatska osnovna karta** radi se u mjerilu 1:10 000 (HOK10) i 1:5 000 (HOK5)

## Topografske karte u Hrvatskoj

- topografske karte se izrađuju u listovima dimenzija 60 x 40 cm (polegnuti pravokutnik)
- list TK 250 pokazuje prostor 150 x 100 km – dijeli se na 6 redova i 4 stupca
- list TK 100 dijeli se na 15 redova i 10 stupaca
- list TK 50 dijeli se na 30 redova i 20 stupaca
- list TK 25 nastaje podjelom TK 50 na 4 jednakih dijela
- na topografskim kartama upisana je pravokutna mreža, a sa strane osi N (sjever) upisana je udaljenost u metrima od ekvatora, a na osi E (istok) upisana je udaljenost od središnjeg meridijana zone ( $15^{\circ}$ i.g.š. za RH) uvećan za 500 000 m
- reljef je prikazan izohipsama i sjenčanjem a ostali prirodni i društveni elementi označeni su topografskim znakovima

## Uporaba topografske karte (orientacija uz pomoć karte)

- nekoliko je koraka prilikom orientacije u prostoru pomoću karte:
  1. **usmjeravanje karte prema sjeveru** – uz pomoć kompasa okrenemo kartu prema sjeveru
  2. **pronalaženje stajališta na karti** – s pomoću barem 2 prepoznatljiva objekta u okolini – izmjerimo azimute tih objekata u odnosu na naše stajalište i onda ih nađemo na karti i povučemo crte **kontraazimuta** oba objekta – sjedište tih crta je naš položaj – rijetko se sijeku u jednoj točki, već njihovo sjedišta ima oblik trokuta – tzv. **trokut pogreške**
  3. **kretanje po karti** – nakon što smo odredili položaj, služimo se kartom za daljnje kretanje u prostoru vodeći računa o prepoznatljivim objektima oko sebe i istih na karti
- dostupni (mjerljivi) podaci na topografskoj karti:
  1. **položaj na karti** – koristimo se **koordinatomjerom** koji se nalazi na donjem desnom kutu karte, pa ga je moguće i izrezati- služi računanju metarske udaljenosti u odnosu na vodoravnu i horizontalnu os u kojoj se nalazi točka na karti
  2. **mjerjenje udaljenosti** – mogu se mjeriti zračne udaljenosti i zakrivljene udaljenosti – pomoću **kurvimetra**
  3. **mjerjenje površina** – jednostavno određivanje površina preko površina kvadrata na karti, a zaobljene površine pomoću **planimetra**
  4. **mjerjenje nagiba** – mjeri se uz pomoć nagibnog mjerila u donjem dijelu karte

## 4. GEOLOŠKA OBILJEŽJA I RELJEF ZEMLJE

### 4.1 Oblici i elementi reljefa

- **reljef** – zajednički naziv za sve ravnine i neravnine na Zemljinoj površini
- na izgled i stvaranje reljefa utječe uzajamno djelovanje endogenih (unutrašnjih) sila i egzogenih (vanjskih) procesa
- **endogene (unutrašnje) sile** – grade i oblikuju najveće reljefne oblike na Zemljinoj površini
  - **pokretači** endogenih sila su toplina Zemlje, visoki tlak i gravitacija
  - **rezultat djelovanja** endogenih sila su pokretanje litosfernih ploča popraćeno vulkanizmom i seizmizmom
- **egzogeni (vanjski) procesi** – oblikuju, razgrađuju i mijenjaju te stvaraju manje oblike
  - **pokretači** egzogenih procesa su Sunčeva energija i privlačna sila Sunca i Mjeseca
  - **rezultat djelovanja** egzogenih procesa su razni reljefni oblici na Zemlji
- **geomorfologija** (grč. *geo* – Zemlja; *morphe* – oblik; *logos* – znanost) – znanost o reljefu koja proučava njegov postanak i razvoj te oblike koji nastaju različitim procesima

#### Oblici reljefa

- reljef Zemlje sastoji se od **uzvisina** (pozitivni oblici), **udubina** (negativni oblici) i **zatravnjenih prostora**

##### Uzvisine

- uzvisine su: **brijeg, brdo, gora i planina**
- **brjegovi i brda** su uzvišenja do nekoliko stotina metara, razlika je što brda imaju veću energiju reljefa i izdvojeni su u krajoliku
- **brežuljci** – uzvisine niže od 200 m
- **gore i planine** su uzvisine većih visina i dimenzija – gore su niže od planina
- gore mogu biti u obliku **masiva** (bez jasnog smjera pružanja) i obliku **hrpta** (s jasno izraženim smjerom pružanja)

##### Udubljenja

- udubljenja su: **ponikve, uvale, kotline, zavale i bazeni**
  - **ponikve** – male krške udubine širine do nekoliko stotina metara
  - **uvale** – nešto veća udubljenja dimenzija do nekoliko kilometara
  - **kotline** – udubine sa svih strana omeđene planinama
  - **zavale** – udubine velikih dimenzija koje okružuju gorski sustavi
  - **bazeni** – najveće udubine
- 
- oblici reljefa s obzirom na veličinu:
    1. planetarni – kontinenti, oceanski bazeni, srednjoceanski hrptovi
    2. mikrooblici – ponikve, dine...
    3. nanoforme – kamenice, škrape...

##### Dimenziije Zemlje

- površina Zemlje: 510 mil. km<sup>2</sup>
- more: 361 mil. km<sup>2</sup> (71%) – svjetsko more (zajednički naziv za sve mora i oceane na Zemlji)
- kopno: 149 mil. km<sup>2</sup> (29%)
- površina kontinentske ploče je veća od površine kopnene mase – Würmska ili Wisconsinска oledba – posljednje ledeno doba – razina mora se podigla za 120 m

## Hipsografska krivulja i energija reljefa

- **hipsografskom** (grč. *hypnos* – visina; *metron* – mjera) krivuljom se predočava odnos visina kopna i dubina mora
- na krivulji je prikazana visina (i omjer u postotcima) od Mt. Everesta (8 848 m) do dubine Challanger u Mrijanskoj brazdi (11 034 m)
- srednja kopnena visina je **825 m** nad srednjom razinom mora, a srednja dubina svjetskog mora je **3 804 m**
- **energija reljefa** (vertikalna raščlanjenost reljefa) pokazuje relativnu visinsku razliku između najviše i najniže nadmorske visine na  $\text{km}^2$ 
  - podjela uzvisina s obzirom na **energiju reljefa**:
    1. nizine ( $0 - 5 \text{ m/km}^2$ )
    2. raščlanjene ravnice ( $5 - 30 \text{ m/km}^2$ )
    3. slabo raščlanjen reljef ( $30 - 100 \text{ m/km}^2$ )
    4. umjereno raščlanjen reljef ( $100 - 300 \text{ m/km}^2$ )
    5. izrazito raščlanjen reljef ( $300 - 800 \text{ m/km}^2$ )
    6. veoma izrazito raščlanjen reljef (više od  $800 \text{ m/km}^2$ )
  - **batimetrijska** podjela svjetskog mora:
    1. neritska zona (šelf) –  $0 - 200 \text{ m}$
    2. batijalna zona –  $200 - 3 000 \text{ m}$
    3. abisalna zona –  $3 000 \text{ do } 6 000 \text{ m}$
    4. hadalna zona – ispod  $6 000 \text{ m}$
- **nagibi padina** – bitno obilježje reljefa – ravnice, blago nagnut teren, nagnuti teren, znatno nagnuti teren, veoma strm teren i strmce ili litice

## Geološka građa Zemlje

- jezgru Zemlje čine teži elementi – željezo i nikal, dok plašt i koru čine lakši elementi – silicij i aluminij
- **Zemlja je građena ljudskavo ili zonalno** – sastoji se od jezgre, plašta i kore
  - gustoća Zemlje se povećava s dubinom – na površini  $2,7 \text{ g/cm}^3$ ; jezgra  $11 \text{ g/cm}^3$
  - temperatura raste od površine prema unutrašnjosti –  $1 \text{ }^\circ\text{C}$  svakih  $33 \text{ m}$  – **geotermijski stupanj**
- temperatura u Zemljinoj jezgri iznosi  $5 000 \text{ do } 5 500 \text{ }^\circ\text{C}$
- **plohe (zone) diskontinuiteta** – zone u unutrašnjosti Zemlje gdje potresni valovi skreću – dokaz su zonalne građe zemlje
  - postoji nekoliko zona diskontinuiteta: *Conradova, Mohorovičićeva i Wiechert-Oldham-Gutenbergova*
- **Andrija Mohorovičić** – 1909. otkrio je zonu diskontinuiteta između plašta i kore – **moho sloj** – na dubini 30 do 55 km
  - zakon o porastu brzine potresnih valova zove se Mohorovičićev zakon, a mjerna jedinica MOHO
- **Zone diskontinuiteta**
  1. Conordova zona diskontinuiteta – između gornjeg i donjeg dijela Zemljine kore – do 20 km
  2. Mohorovičićeva zona – između kore i plašta –  $30 - 55 \text{ km} - 70 \text{ km}$  ispod Himalaje (moho sloj)
  3. Wiechert-Oldham-Gutenbergova zona – između donjeg plašta i vanjske jezgre –  $2 900 \text{ km}$

## Jezgra, plašt i kora

- Zemljina kora se dijeli na **jezgru**, **plašt** (omotač) i **koru – zonalna građa Zemlje**

### Jezgra

- polumjer jezgre 3 500 km; oko 1/3 Zemljine mase
- građena je od težih elemenata – nikla i željeza – **nife jezgra**
- zbog izrazito visokog tlaka, taj dio se naziva **barisfera**
- sastoji se od **unutrašnjeg** (čvrsta; građena od željeza; od 6 371 do 5 080 km) i **vanjskog** (žitka; konvekcijska gibanja važna za geomagnetizam; od 2 900 do 5 080 km) dijela

### Plašt

- temperatura oko 3 700 °C; tlak 137 gigapaskala
- sastoji se od tri djela:
  1. donji plašt (*mezosfera*) – građen od magnezija, silicija i željeza (između 2 900 i 670 km)
  2. srednji plašt (*astenosfera*) – prijelazna zona; dolazi do konvekcijskog gibanja magme
  3. gornji plašt – stjenoviti dio plašta (ultrabazične stijene – silicij i aluminij – bazaltne i granitne stijene) – zajedno sa korom čini **litosferu** (*tektonosferu*)

### Kora

- površinski, najtanji i najviši dio Zemlje (samo 0,5% polumjera Zemlje)
- tipovi Zemljine kore:
  1. **oceanski tip** – zauzima 60% Zemljine kore; 5 – 10 km debljine; građena od bazaltnih i vulkanskih stijena – naziva se i **bazaltna kora – sima** (Silicij i Magnezij)
  2. **kontinentski tip** – zauzima oko 35% Zemljine kore; prosječno 40 km debljine; većinom građena od granita – granitna kora (**SiAl**); najtanja iznad starih platformi i štitova, a najdeblja iznad mladih ulančanih planina
  3. **prijelazni tip** – zauzima oko 5% Zemljine kore; na prostorima dodira kontinentske i oceanske kore – zone subdukcije

## 4.2 Geološka prošlost Zemlje

- **fosili** (okamine) – ostaci ili otisci biljaka i životinja koje su ugibale u doba nastanka određenih sedimentnih stijena pa su se na njima uspijevale sačuvati
- **određivanje relativne starosti slojeva Zemlje**
  - oni slojevi koji su niže su stariji, jer su se na njih nataložili mlađi slojevi – *načelo superpozicije*
  - slojevi u prirodi mogu biti poremećeni – stariji iznad, a mlađi ispod
  - sigurna procjena starosti slojeva dokazuje se pomoću fosila
  - pri određivanju starosti nekog sloja koriste se **provodni fosili** – fosili koji su karakteristični za manja geološka razdoblja (epohe) te je uz njihovu pojavu u stijenama moguće odrediti redoslijed i starost slojeva te moguće poremećaje prilikom taloženja
- **određivanje absolutne starosti slojeva Zemlje**
  - ova metoda se zasniva na brzini raspada radioaktivnih elemenata – izotopi uranija, rubidija i ugljika
  - **metoda ugljik C14** – za određivanje starosti mlađih sedimentnih stijena starosti do 70 000 godina i za arheološka istraživanja (vrijeme poluraspada 5 730 godina)

## Geološka razdoblja

- geološka prošlost Zemlje podijeljena je na velika geološka razdoblja **eon** (hadij, arhaik, proterozoik i fanerozoik) i **ere** koje se sastoje od **perioda, epoha i doba**
- svako razdoblje karakteriziraju određene posebnosti u formiranju Zemljine kore i razvoju života na njoj

### Hadij (had)

- najstariji eon u Zemljinoj prošlosti
- od nastanka Zemlje (4,567 mlrd. god.) do 4,3 mlrd. god.
- Zemlja je užarena vulkanska masa – odvija se proces diferencijacije – teži elementi tonu prema središtu a lakši se uzdižu na površinu
- nakon hlađenja površine, nastaju prve stijene – bazaltne – bazaltna kora

### Arhaik

- od 4,3 do 2,5 mlrd. godina
- sastoji se od 4 ere: **eoarhaik, paleoarhaik, mezoarhaik i neoarhaik**
- formira se kora, tj. kruti dijelovi kore
- u ovom razdoblju se formiraju platforme i štitovi koji tvore **kratone** – stare i stabilne dijelove središta litosfernih ploča – Kanada (Kanadski štit), Skandinavija (Baltički štit), zapadna Australija i istok Antarktike
- javljaju se prvi tragovi života – **cijanobakterije** (stare 3,8 mlrd. god.) – zapadna Australija i južna Afrika

### Proterozoik

- od 2,5 do 0,5 mlrd. godina
- sastoji se od 3 ere: **paleoproterozoik, mezoproterozoik i neoproterozoik**
- formira se reljef u nekoliko orogeneza (abajkska, katanška i avalonska)
- počinje se stvarati atmosfera i povećavanja količine kisika – ugibaju anaerobni organizmi i javljaju se prvi višestanični
- na kraju proterozoika nastupa veliko ledeno doba koje traje 400 mil. godina

### Fanerozoik

- nastavlja se na proterozoik (prije 541 mil. godina) i traje do danas
- dijeli se na 3 ere: **paleozoik, mezozoik i kenozoik**

### Paleozoik (era fanerozoika)

- započinje prije 541 mil. god. i traje do prije 252 mil. god.
- sastoji se od 6 perioda: **kambrij, ordovicij, silur, devon, karbon i perm**
- događaju se mnoge promjene – klimatološke, geomorfološke i biološke
- **dvije orogeneze** – Hercinska (*današnja gorja bogata ugljenom – francuski Središnji masiv, Vogezi, Njemačko-češko sredogorje, dijeovi Rodopa, Ukrajine, Urala, Altaja te južni dijelovi Apalačkog gorja*)
- klima je bila vlažna što je pogodovalo rastu velikih biljaka – **papratnjača** – od njih je nastao današnji ugljen
- u ovoj eri **buja život u moru**, javljaju se **kralježnaci, vodozemci i gmazovi, te prve kopnene biljke (papratnjače i golosjemenjače)**

## Mezozoik (era fanerozoika)

- traje od prije 252 mil. god. do prije 66 mil. god.
- postojao je zajednički prakontinent **Pangea** i počinje se razdvajati na manje dijelove – današnje kontinente
- tri velika perioda: **trijas**, jura i kreda
- **alpska orogeneza**
- razvijaju se **golosjemenjače** i **kritosjemenjače**
- ovom erom dominiraju **dinosauri** i javljaju se **sisavci**

## Kenozoik (era fanerozoika)

- od prije 66 mil. god. do danas
- sastoji se od 3 razdoblja: **paleogen**, **neogen** i **kvarter** i 7 epoha: **paleocen**, **eocen**, **oligocen**, **miocen**, **pliocen**, **pleistocen** i **holocen**
- karakterizira ju daljnji razvoj sisavaca (paleogen), pojava prvih humanoida (neogen) i razvoj ljudskog roda (kvarter)
- **alpska orogeneza** – u razdoblju paleogena – nastaju Alpe, Dinaridi, Himalaja, Kordiljeri i dr.
- **miocen** – kopnom se šire travnjaci a u moru bujaju crvene alge
- **pliocen** – zahlađenje klime i razvoj sisavaca – javlja se prvi čovjekov predak - **Australopithecus**
- **kvarter** (prije 2.5 mil. god.) – u pleistocenu smjenjuju se ledena doba i interglacijali
- **holocen** (prije 11 700 god.) – klima postaje slična današnjoj – Würmska glacijacija – razina mora se diže za 120 m – formiraju se današnje obalne crte kontinenata
- **antropocen** – nova epoha u kojoj dominira ljudski utjecaj (još nije službeno prihvaćena)

## 4.3 Globalna tektonika ploča i reljef Zemlje

- 1915. **Alfred Wegener** – iznosi teoriju o tektonici ploča (kontinenti plutaju)
- SIAle (ploča) pluta po SiMei (plašt) pod utjecajem centrifugalne sile i privlačne sile Sunca i Mjeseca
- prepostavio je postojanje prakontinenta – Pangee
- teorija je bila zaboravljena sve do 1960-ih, kad se dokazala razvojem tehnologije i istraživanjem oceanskih bazena – nastaje **teorija tektonike ploča**
- **teorija tektonike ploča** zasniva se na kretanju litosferskih ploča koje se kreću po plaštu pod utjecajem konvekcijskog (kružnog) strujanja magme u plaštu
- **litosferne ploče** su osnovne strukturne jedinice Zemljine površine – ima ih oko 20, različitih veličina
- **velike tektonske ploče**: Euroazijska, Pacifička, Afrička, Južnoamerička, Australiska, Indijska, Antarktička, Sjevernoamerička
- **manje litosferne ploče**: Nazca, Cocos, Karipska i Arapska te Jadranska (važna za nas)
- veće ploče građene su od kontinentske i oceanske ploče, osim Pacifičke koja je u potpunosti građena od oceanske – ploče su veće od kontinenata koji se na njima nalaze
- na dodiru ploča nastaju oceanske brazde i visoke planine, a na mjestu razmicanja srednjooceanski hrptovi
- litosferne ploče se godišnje kreću od 1 do 17 cm, neovisno jedna o drugoj
- na dodiru litosferskih ploča nalaze se vulkanske zone

## Granice litosferskih ploča

- razlikuju se tri tipa granica litosferskih ploča:
  1. konstruktivne
  2. destruktivne
  3. konzervativne granice

### Konstruktivne granice litosfernih ploča

- područja gdje se litosferne ploče međusobno udaljavaju – proces **razmicanja** (eng. spreading)
- do udaljavanja ploča dolazi zbog hlađenja i natiskivanja rastaljene tvari iz plašta čime nastaje dio kore (nove) koji razmiči ploče
- na mjestu razmicanja nastaje nova kora u obliku **srednjooceanskih hrptova** – nastaju na dnu oceana osim iznimke Islanda i Kanarski otoci – velikih su dimenzija (širina 2 000 km; dužina 60 000 km i visina do 6 km) – 8% površine Zemlje zauzimaju srednjoceanski hrptovi
- rjeđe se ploče razmiču na kopnu, tamo nastaju duboki lomovi – Istočnoafrički tektonski jarak

### Destruktivne granice litosfernih ploča

- na destruktivnim granicama dolazi do „sudaranja“ litosfernih ploča i podvlačenja jedne pod drugu – proces **podvlačenja** (subdukcija) – dolazi do razaranja Zemljine kore i uništavanja litosfernih ploča
- podvlačenje se najčešće događa na rubovima oceanskog područja, tzv. destruktivne granice gdje nastaju dubokomorski jarni – oceanska (lakša) i prijelazna kora podvlači se pod kontinentsku (težu) koru – ploča koja se podvlači lomi se i izaziva potrese
- povijanje ploče odvija se pod kutom od  $45^\circ$  - **Benioff zona** – mjesto nastanka potresa (hipocentar)
- ploča se na dubini od 700 km tali i dolazi do oslobađanja vodene pare koja sa magmom izvire na površinu u obliku lave – nastaju vulkani i ulančane planine (npr. Kordiljeri) te nastaju zatvorena mora
- subdukcija može nastati i kad se sudare dvije kontinentske ploče – dolazi do natiskivanja, rasjedanja i izdizanja i izdizanja dijelova ploče te nastaju planinski lanci (npr. Himalaja, Alpe, Apalačko gorje, Dinaridi...) – **organogeneza** (proces nastanka planina)

### Konzervativne granice litosfernih ploča

- ne mijenja se opseg litosfernih ploča, već dolazi do pomicanja jedne ploče uz drugu – dolazi do dodirivanja i **smicanja** ploča – može uzrokovati česte i razorne potrese
- rasjed San Andreas – Kalifornija – 1000 km duljine – pacifička ploča se pomiče prema sjeverozapadu a sjevernoamerička u smjeru sjeveroistoka

## 4.4 Minerali i stijene u Zemlji

- Zemljina kora građena je od **minerala i stijena**
- mineralogija – proučava minerale; petrologija – proučava stijene; obe su grane geologije
- najzastupljeniji elementi u Zemljinoj kori su **kisik** (46,6%) i **silicij** (27,7%), a od onih sa udjelom većim od 1% su aluminij, željezo, kalcij, natrij, kalij i magnezij

### Minerali

- minerali izgrađuju stijene i sastavni su dijelovi litosfere
- mogu biti zemaljskog i svemirskog podrijetla (meteori i svemirska prašina te na drugim planetima)
- minerali su homogene tvari određene kemijske građe koje se mogu izraziti kemijskom formulom
- tvore ih ioni, atomi i molekule – pravilne su građe raspoređeni u **kristalnu rešetku**
- **kristali** – minerali sa pravilnom kristalnom rešetkom
- **amorfni** – minerali sa nepravilnim rasporedom iona i atom – staklaste građe
- minerali nastaju kristalizacijom magme koja se hlađi na putu prema površini
- **fizičko-kemijska svojstva minerala** – boja, oblik, sjaj i kalavost (sposobnost cijepanja), tvrdoća, specifična težina, elastičnost i indeks loma
- danas je poznato oko 4 700 minerala, a samo se 10% gospodarski iskorištava
- minerali su podijeljeni u 13 razreda, a najvažniji su:

- **silikati** – kisik i silicij – 75% Zemljine kore – spojevi kisika i silicija – glinenci i tinjci
- **okside i hidroksidi** - 17% kore – spojevi kisika i vodika s metalima – kremen (kvarc) – 12%, željezni oksidi magnetit i hematit, aluminijev hidroksid (prisutan u crvenici)
- **karbonati** – kalcit i dolomit – 1,7% kore- najzastupljeniji u građi vapnaca
- **samorodni elementi** – minerali koji se sastoje od samo jednog kem. elementa (rijetki su) – zlato, bakar, živa, sumpor, čisti ugljen (dijamant, grafit)
- **ostali važni minerali** – halit (kuhinska sol – skupina halogenida) i gips (skupina sulfata)

## Stijene

- stijene su nakupine jednog ili više minerala u različitim omjerima i odnosima
- tri osnovne **skupine stijena prema postanku**:
  1. **magmatske** (eruptivne) stijene
  2. **sedimentne** (taložne)
  3. **metamorfne** (preobražene)

## Magmatske (eruptivne) stijene

- nastaju kristalizacijom (hlađenje i stvrdnjavanje) magme
- magmatske stijene **prema nastanku**:
  1. **intruzivne (unutrašnje) magmatske stijene** – kada se magma kristalizira u dubljim dijelovima litosfere – minerali su zrnasti
  2. **efuzivne (površinske) magmatske stijene** – kada se lava izlije na površinu kopna ili mora, naglo se hlađi i stvrdnjava – minerali su krupni i amorfni
    - naglim hlađenjem nastaje **opsidijan** – vulkansko staklo
    - ako je lava obilovala kisikom, nastaje šupljikava stijena – **plovučac**
- magmatske stijene razlikujemo i **prema kiselosti**:
  - kisele
  - neutralne
  - bazične
  - ultrabazične

## Sedimentne (taložen) stijene

- prekrivaju 75% Zemljine površine, no dio u volumenu kore je tek 5%
- nastaju razgradnjom drugih stijena čiji se ostatak taloži i stvara se naslaga (sediment) koja u određenim uvjetima pretvara u stijenu – taj proces se naziva **dijageneza** (stvrdnjavanje)
- vrste dijageneze:
  - **kompakcija** – smanjuje se debljina (obujam) nataloženog sloja pod utjecajem tlaka i istiskivanjem vode (glinenen naslage)
  - **cementacija** – ispunjavaju se prazni prostori i pore u naslagi
- sedimentne stijene odlikuje **slojevita struktura** – mlađi slojevi su iznad
- u sedimentnim stijenama često se nalaze **fosili**
- po **načinu nastanka** razlikujemo: **morske, riječne, jezerske, eolske** (nastale radom vjetra) i **padinske** (nastale djelovanjem gravitacije) sedimentne stijene
- na osnovi procesa koji su oblikovali sedimentne stijene, razlikujemo: **klastične, kemijske i biogene** sedimentne stijene

## Klastične sedimentne stijene

- sastoje se od ulomaka drugih stijena nastalih djelovanjem nekog egzogenog procesa – zagrijavanje, hlađenje, vjetar...
- razlikuju se na temelju veličine ulomaka koji ih grade:
  - **konglomerat** – zaobljeni ulomci šljunka vezani cementacijom
  - **breča** – uglati komadi cementirani bez prethodnog nanošenja
  - **lapor** – nastali mehaničkim i kemijskim djelovanjem – mješavina gline i vapnenca
  - **prapor (les)** – eolski sediment sastavljen od sitnih čestica
  - **šejl** – nastaje starenjem i gubitkom vode pod težinom gornjih slojeva – 50% volumena svih taložnih stijena

## Kemijske (homogene) sedimentne stijene

- nastaju kristalizacijom i izlučivanjem iz zasićene otopine
- nastaju u plitkim rubnim dijelovima voda gdje je isparavanje veće od pritjecanja
- to su **gips** i **halit** (kuhinjska sol) te stijene koje se talože u špiljama i krškim jezerima
- **sige** – nastaju kad se iz vode bogate kalcijevim hidrogenkarbonatom istaloži kalcijev karbonat
- **sedra** – stijena koja oblikuje pregrade na rijekama pri čemu se kalcijev karbonat taloži na mahovinama – slapovi Krke i Plitvička jezera

## Biogene (organogene) sedimentne stijene

- nastale su od živih organizama
- razlikujemo **fitogene** (prevladava utjecaj biljaka) i **zoogeni** (prevladava utjecaj životinja) **sedimenti**
- najvažniji predstavnici ove skupine su **vapnenac** i **dolomit**
- **vapnenac** – nastao taloženjem skeletnih ostataka raznih organizama – uglavnom od minerala kalcita - rahli, bijeli vapnenac se naziva **kreda**
- **dolomit** – nastaje neposredno od vapnenca pod utjecajem magnezijevih soli u morskoj vodi
- biogene stijene građene od ugljika i ugljikovodika mogu izgarati – **fosilna goriva** (nafta i ugljen)
  - **ugljen** nastaje karbonizacijom biljnih ostataka – najprije nastaje **treset** (vidljivi ostatci biljaka), a zatim **lignite**, zatim **smeđi ugljen** i na kraju **kameni ugljen** (antracit)
  - nafta – navodno nastaje od biljnih ostataka pod utjecajem anaerobnih bakterija na dnu mora

## Metamorfne (preobražene) stijene

- nastaju preobrazbom magmatskih sedimentnih ili starijih metamorfnih stijena
- u doticaju s magmom i s porastom temperature i tlaka
- metamorfozom vapnenca nastaje mramor
- **škriljavost** – pod utjecajem visokog tlaka, dolazi do prekristalizacije minerala koji poprima oblik štapića ili listića okomitih na smjer tlaka – *zeleni, tinčavi i kristalasti škriljavci*
- **gnajs** – nastao od granita i metamorfoziranih tinčevih škriljavaca
- **kvarcit** – nastao od pješčenjaka

## 4.5 Endogeni pokreti i oblici

- pokretačka snaga endogenih sila je toplinska energija Zemljinog plašta koji se oslobađa radi gravitacijskog kretanja materije
- teži metali padaju prema jezgri, a lakši se podižu prema površini

## Slojevi

- **sloj** je nakupina minerala koja je obrubljena s dvije plohe
- većinom je građen od sedimentnih stijena i osnovni je oblik u litosferi – mogu biti debeli od nekoliko milimetara do stotinjak metara, ovisno o vremenu taloženja
- većina slojeva ima oblik leče – prema rubovima su tanji
- prilikom nastanka uglavnom imaju horizontalan položaj (mlađi nad starijima), a naknadnim poremećajima i pokretima u litosferi dolazi do njihove promjene
- **dijastroma** – pukotina između dva sloja
- **dijaklaza** – pukotina koja prolazi kroz više slojeva
- **stratigrafija** – dio geologije koji se bavi geološkom prošlošću Zemlje proučavajući slojeve i okamine u njima

## Bore

- **bore** su deformacije slojeva čije valovito savijanje nastaje djelovanjem subdukcije, bočnih pritisaka, kompresije i izdizanja i spuštanja dijelova kontinenta
- bora se sastoji od izdignutog dijela (konveksnog) – **antiklinale** i udubljenog dijela (konkavnog) – **sinklinale**
- bore se dijele s obzirom na položaj osne plohe prema vodoravnoj podlozi na: **uspravne, kose, prebačene, polegnute i utorne bore**
- više bora tvori **antiklinorij i sinklinorij**

## Rasjedi

- rasjedi su pukotine duž kojih dolazi do većih ili manjih pomaka stijena
- nastaju razvlačenjem (spredingom), podvlačenjem (subdukcijom) i vodoravnim pomicanjem litosferskih ploča ili su posljedica lokalne tektonike nekog područja
- **paraklaza** – pukotina duž koje dolazi do pucanja – može biti kosa ili okomita
- krila koja se nalaze iznad paraklaze su krovinska, a ona ispod su podinska
- rasjedi se dijele na: normalne, reverzne i horizontalne
- **normalni** rasjed – krovinsko krilo se spušta u odnosu na podinsko
- **reverzni** rasjed – krovinsko krilo se podiže u odnosu na podinsko ili se podinsko spustilo u odnosu na krovinsko
- **horizontalni** rasjed – krila se pomiču u smjeru rasjedne pukotine
- **timor ili horst** – rasjed kod kojeg središnji dio ostaje stršiti, a krila su spuštena (Schwartzwald, Moslovačka gora...)
- **tektonska graba** ili potolina – nastaje spuštanjem dijelova Zemljine kore duž jednog ili više normalnih rasjeda (dolina Rajne, istočnoafrički rasjedni jarak, Mrtvo more)
- **navlake** – strukturne jedinice Zemljine kore kod kojih se starije naslage prebacuju i navlače preko mlađih
- **epirogeni pokreti** – dugotrajna pomicanja Zemljine kore pri čemu dolazi do boranja, rasjedanja i navlačenja
- zbog spuštanja nastaju mora i oceani, a zbog podizanja se formira kopno
- povlačenje mora – **regresija**, a prodiranje mora na kopno - **transgresija**

## 4.6 Vulkani

- **vulkanizam** ili **magmatizam** su pojave i procesi vezani uz izbijanje užarene mase na Zemljinoj površini
- **vulkanolozi** – znanstvenici koji proučavaju vulkane te uzorke stijena, pepela i plinova
- uz vulkane je plodno tlo
- **vulkani** su oblici koji su stvoreni akumuliranjem materijala koji je izbio kroz jedan ili više otvora na Zemljinoj površini
- **magma** – užarena i rastaljena masa stijena koja se giba prema površini – kada izbije na površinu onda je to **lava**
- iz vulkana uz lavu mogu izlaziti **vulkanske bombe** (veći komadi lave), **vulkanski blokovi** (zdrobljeni piroklastični materijal), **lapili** (komadići skrućene lave veličine oraha) i **tuf** (vulkanski pepeo pomiješan s vodim)
- magma na površinu može izbiti **erupcijom** (eksplozivno izbijanje lave i užarene pare i plinova na površinu) ili **izljevom** (mirno i jednolično izbijanje lave na površinu duž pukotine)
- vrsta izljeva ovisi o tipu lave – ako je veliki udio vodene pare (**preko 60%**), onda će izljev biti eksplozivan, a ako je manje od 60%, onda je izljev miran
- izljevanjem vulkana nastaju ploče – plato Columbia, Meksička visoravan, Parana, Dekan...
- izbačeni vulkanski materijal oko vulkana radi stožasti oblik – **kupa**, a na njegovom vrhu nastaje ljevkasta udubina – **krater**

### Oblik vulkana

- prema obliku vulkani se dijele na **štitaste, cinderske i stratovulkane**
- **štitasti vulkani** nastaju mirnim izljevom rijetke lave koja žitko curi i širi se u ploče – padine su blage (nagib manji od 15°) – Havajsko otočje – vulkani Mauna Lua i Mauna Kea
- **ciderski vulkani** imaju kupe pravilnog, stožastog oblika – građeni su od slojeva vulkanske prašine i stijena – nastaju taloženjem lave i piroklastičnog materijala – najopasniji vulkani (eruptivni) – 75% svih erupcija vulkana imaju ovakvi vulkani – Fuji (Japan), Pinatubo (Filipini), Mt. Rainier (SAD), Mt. St. Helens (planina Sv. Helena – SAD)

### Aktivni i ugasli vulkani

- prema aktivnosti vulkani se dijele na **aktivne i ugasle**
- aktivni su oni koji su danas aktivni ili za koje postoje pisani povijesni dokazi da je bio aktivan u prošlosti
- ugasli vulkani su oni koji danas nisu aktivni ili za koje ne postoji pisani povijesni dokaz da je bio aktivan
- na Zemlji postoji oko 500 aktivnih vulkana te nekoliko tisuća ugaslih
- aktivni vulkani najviše su raspoređeni uz zone subdukcije i spredinga

### Pacifički vatreni prsten

- **pacifički vatreni prsten** je naziv za prostor uz rub Pacifičke ploče koji je vulkanski i seizmički najaktivniji
- uz ovo područje, česti su vulkani u zonama spredinga – npr. Island i na mjestima gdje se javljaju vruće točke (hot spots) i nastaju otoci – npr. Havajsko otočje
- manji broj vulkana nastaje i u Sredozemlju – dodir Afričke i Euroazijske ploče – vulkani Etna, Vezuv, Stromboli, Vulcano
- Istočnoafrički jarak – također vulkanska zona – Kilimanjaro, najveća planina Afrike vulkanskog je postanka
- Hrvatska nema vulkana, samo tragove vulkanskih izljeva – otočići Jabuka i Brusnik i u nekim starim gromadnim gorjima – Papuk i Ravna gora (Hrv. zagorje)

## Popratne vulkanske pojave

- **fumarole** – otvori kroz koje izbijaju plinovi i vruća para
- **mofete** – otvori kroz koje izbija ugljikov dioksid
- **solfatare** – otvori kroz koje izbija sumporovodik - označavaju kasnu fazu vulkanske aktivnosti
- uz vulkane često se javljaju mineralni i termalni izvori
- **mineralni izvori** – izvori vode obogaćene velikim brojem minerala
- **termalni izvori** – mjesto gdje izbija voda koja je veće temperature od temp. zraka na tom području
- **gejziri** – poseban tip termalnih izvora gdje topla voda izbija na površinu radi velikog tlaka
  - gejziri izbacuju vodu ritmički i u obliku vodoskoka
  - najpoznatiji *Old Faithfull* u Yellowstoneu – svakih 75 min izbacuje 50 m visok mlaz vode (oko 40 000 l)
  - osim u SAD-u, gejzira ima na Islandu i Novom Zelandu
- područja uz vulkane su naseljena radi plodnog vulkanskog tla – otok Java (Indonezija) – oko 6000 st/km<sup>2</sup>

## 4.7 Potresi

- **potresi** su iznenadna i kratkotrajna podrhtavanja tla koja nastaju zbog naglog oslobođanja energije u litosferi
- **karakterizira ih** brz nastanak, stalno se događaju i nastaju bez prethodnog upozorenja
- godišnje Zemlju zatrese više od milijun potresa od kojih je većina preslabaa da bi izazvala štetu
- podrhtavanje tla nastaje širenjem potresnih valova koji oslobođaju energiju iz središta potresa u svim smjerovima
- **hipocentar ili žarište** – mjesto (u Zemlji) iz kojeg se potresni valovi šire u obliku koncentričnih krugova
- **epicentar** – mjesto na površini Zemlje gdje se potres najjače osjeti
- **epicentar** se nalazi iznad **hipocentra** i tu je najintenzivniji potres
- snaga potresnih valova slabii udaljavanjem od hipocentra
- potresni valovi mogu biti **longitudinalni** (P-valovi – brži su i vibriraju u smjeru svoga širenja) i **transverzalni** (S-valovi – sporiji su i vibriraju u okomito na smjer širenja)

## Podjela potresa

- prema postanku, potrese dijelimo na:
  1. **tektonske** – 90% - najsnažniji potresi, nastaju pomicanjem litosfernih ploča
  2. **vulkanske** – 7% - potresi srednje jačine, nastaju kao posljedica gibanja magme iz unutrašnjosti prema površini
  3. **urušne** – 3% - najslabiji potresi – nastaju urušavanjem podzemnih šupljina ili posljedica odronjavanja i klizanja terena
- potresi mogu nastati i udarom meteora ili ljudskom aktivnošću (atomska bomba, miniranje rudnika...)

## Seizmologija, seismograf i seismogram

- **seizmologija** (grč. *seizmos* – drhtanje) – znanost koja proučava potrese i pojave vezane uz njih (otkrivanje uzroka nastanka potresa, prostornog rasporeda potresa i vremena pojavljivanja te utvrđivanje štete nastale potresom)
- zadatak suvremene seizmologije je predvidjeti mjesto i vrijeme sljedećeg potresa
- **seismogram** – instrument za mjerjenje magnitude potresa
- **seismograf** – instrument koji registrira podrhtavanje tla (mjeri brzinu i energiju potresa)
- hipocentri se dijele na **duboke** (300 – 700 km), **srednje duboke** (70 – 300 km) i **plitke** (do 70 km)
- duboki i srednje duboki nastaju na zoni subdukcije, dok plitki na zoni spredinga i rasjeda

## Ljestvice za mjerjenje snage potresa

- za opisivanje snage potresa postoji nekoliko ljestvica, od koji se najčešće koriste **Richterova i Mercalli-Cancani-Siebergova (MCS) ljestvica**
- **Richterova ljestvica** je logaritamska ljestvica koja računa količinu oslobođene energije (magnitudu) u hipocentru potresa – vrijednosti su od 1 do 10 (potresi 10 ili više su epski i nisu dosada zabilježeni)
- magnituda se mjeri posebnim seismografom – Wood – Andersonov seismograf
- **MCS ljestvica** – bilježi jačinu potresa na površini zemlje ili intenzitet potresa – bilježi se na temelju ljudskih opažanja – od 1 do 12 stupnjeva
- **2 glavna područja gdje se događaju potresi**
  - cirkumpacifički ili pacifički vatreni prsten – 80% potresne energije na Zemlji
  - Mediteransko-transazijski pojas – 15% potresne energije na Zemlji

## Tsunami

- ako je potres snage veće od 7,5 po Richteru i ako mu je epicentar na morskom dnu (tj. dnu oceana), onda može nastati potresni val zvan **tsunami** (*jap. veliki lučki val*)
- šire se brzinom od oko 700 km/h
- približavajući se obali, visina vala raste pa mogu biti veći od 35 m

## Povijesni pregled najsnažnijih potresa

- 18. 4. 1906. – potres u San Franciscu – više od 3000 poginulih i preko 30 000 zgrada uništeno
- 2004. – otok Sumatra – oko 230 000 do 310 000 poginulih (tsunami)
- 16. st. – Kina – 830 000 poginulih
- 1976. – Kina – 242 000 do 779 000 poginulih
- 2010. – Haiti – 220 000 do 316 000 poginulih
- 1920. – Kina – 235 000 poginulih
- u Hrvatskoj – 17. st potres u Dubrovniku, 1909. potres u pokuplju na temelju kojeg je Andrija Mohorovičić utvrdio zonu diskontinuiteta između kore i plašta – **moho sloj** ili mohorovičićeva zona diskontinuiteta