

## 1. NASTANEK ZEMLJE:

Sončni sistem se je verjetno izoblikoval (pred 4,6 milijardami let) iz velike plinske in prašne meglice. Z gravitacijskim večanjem gostote se je zviševala tudi temperatura. Izoblikoval se je vrteč kolobar manjših delov snovi okoli nekaj središč, ki povzročijo nastanek planetov, ki obkrožajo Sonce. Nastanek planetov je po akrecijski teoriji povezan s planetezimali. Planetezimali so kondenzanti snovi nastali iz medzvezdnega prahu in plinov ( $2R = 1\text{mm} - 100\text{km}$ , kamninske ali kovinske sestave).

### 1.1. ZGRADBA ZEMLJINE NOTRANJOSTI:

- JEDRO (BARISFERA) - NiFe (gradita ga v glavnem Nikelj in Železo, visoki tlaki, trdno stanje)
- OVOJ ALI LUPINA JEDRA: Mejo med jedrom in ovojem jedra označuje Lehmanova diskontinuiteta. To je cona barvnih kovin oz. KROMOSFERA ( C, Cu ,Sn), kjer kroži raztopljena snov v obliki konvekcijskih tokov (tekoče stanje).
- PLAŠČ: Sestoji iz ultramafičnih kamnin. Zgornji del plašča je litosfera. Med plaščem in ovojem jedra je Gutebergova diskontinuiteta (ločnica med plaščem in ovojem jedra). Zgornji del plašča predstavlja astenosfera (deloma tekoče deloma plastično stanje). Plašč je sestavljen iz magme (staljena kamninska masa, ki vsebuje še vodo in pline).
- LITOSFERA: Sestoji iz zemljine skorje (oceanska in kontinentalna skorja) in zgornjega dela plašča. Skorja se deli na:

*Oceanska skorja* = SiMa → leži pod kontinentalno sestavljena z vodo prepojenimi magmatskimi kamninami (bazaltna lava).

*Kontinentalna skorja* = SiAl → je granitna plast, najdebelejša je pod Himalajo in Andi, najtanjša pa na robovih Atlantika.

Večina litosfere je iz magmatskih kamnin (80%), manj je metamorfnih (15%) in sedimentnih. Med plaščem in litosfero je Mohoričičeva diskontinuiteta.

*Izostazija* je ravnotežje, ki nastane zaradi različne teže blokov v Zemljini skorji, ki so delno potopljeni v zgornji del plašča. Izostatsko ravnotežje se ob izbruhih večje količine bazaltne lave lahko poruši in se nato poskuša zopet vzpostaviti.

### 1.2. TOPLOTA ZEMLJE:

Slabo prevajanje toplote z notranjosti. Toplotni gradient ali geotermična stopnja je manjša: - v bližini ugaslih vulkanov,

- pod visokimi gorovji,
- pod ravnimi stabilnimi grudami,
- pod strmo stoječimi skladi.

*Geoizoterme* so črte na zemljevidu, ki vežejo kraje z isto temperaturo.

### 1.3. SILA TEŽNOSTI ALI GRAVITACIJA:

Zemlja ima zaradi svoje mase svoje gravitacijsko polje. Nasproti gravitaciji deluje na Zemlji centrifugalna sila.

Težnostni pospešek  $g$  je največji na polih ( $9,83216\text{m/s}^2$ ), najmanjši pa na ekvatorju ( $9,78030\text{m/s}^2$ ).

Gravimetrija je geofizikalna metoda za iskanje nepravilnosti v Zemljinem težnostnem polju (z njo iščemo minerale, surovine, nafto). *Antiforme* (izbokline) v litosferi dajejo pozitivne anomalije. *Sinforme* (vbokline) dajejo negativne anomalije. *Izogame* so točke, ki spajajo točke enakih anomalij.

### 1.4. ZEMLJIN MAGNETIZEM:

Magnetno polje na površini Zemlje deluje kot dipol. *Deklinacija* je razlika, odklon od prave geografske smeri. *Izogone* so črte iste deklinacije. *Inklinacija* je odklon magnetne igle. *Izokline* so črte iste inklinacije. *Izodiname* so črte, ki povezujejo točke iste intenzitete. Magnetometrija je geofizikalna metoda za merjenje Zemljinega magnetnega polja.

Večje magnetne anomalije povzročajo:

- močne tektonske porušitve (prelomi, tektonski jarki, horsti),
- obsežne anklinale ali sinklinale,
- koncentracije večjih količin kamnin (bazične magme z večjo količino Fe)

### 1.5. ZUNANJI ZEMLJINI OVOJI:

1. **HIDROSFERA** je vodni sloj, ki združuje oceane, jezera, vodotoke, podtalnico, sneg in led, vključno z ledeniki.

Ločimo juvelilne vode, ki prihajajo iz magme in vadozne vode, ki je vključena v vodni krog. Voda je univerzalno topilo (slab prevodnik toplote).

2. **ATMOSFERA** sestoji iz mešanice plinov, ki jih imenujemo skupaj zrak. Atmosfera se neprestano giblje = veter (premikajoči se zrak).

Plinski ovoj Zemlje je zrak, ki je zmes plinov z naslednjo sestavo: 78% dušika, 21% kisika, drugi plini. Prvotna atmosfera je bila iz H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, vodne pare in amoniaka.

V zračnem ovoju je več plasti:

- Troposfera, ki je najnižja plast ozračja in obsega območje neviht in ciklonov (do 8km)
- Tropopavza je plast ozračja s temperaturnim obratom (8-16km)
- Stratosfera je plast ozračja, v katerem je temperatura konstantna ali narašča (16-50km) - ozonska plast na 25 km
- Stratopavza je plast ozračja na višini okrog 50km, kjer nastane drugi toplotni obrat.
- Mezosfera je plast ozračja, ki ima spremenljivo sestavo molekul, atomov in ionov (50-100km).
- Mezopavza je plast ozračja na višini okrog 85km, kjer nastane temperaturni obrat
- Termosfera je plast ozračja, ki se razteza na višini od 85-700km.
- Eksosfera je plast ozračja nad 700km višine.

3. **PREPERINA** se nahaja na stiku hidrosfere in atmosfere, med njima nastane reakcija. Zaradi zračnega in vodnega vpliva nastane ovoj nad trdnimi kamninami, ki je posledica drobljenja matične kamnine.

4. **BIOSFERA** predstavlja svet organizmov na Zemlji in vključuje številna živa bitja, sestoji pa iz ogljika, vodika, kisika in drugih kemičnih elementov. Najpogosteje je zastopan pas optimalnih pogojev (800m na kopnem in 200m v globino morja).

### 1.6. IZVORI ENERGIJE:

- Energija sevanja, ki prihaja od sonca
- Kinetična energija, ki ima svoj izvor v delovanju Zemlje, Sonca in Lune in se odraža na Zemlji kot plimovanje
- Energija, ki prihaja iz Zemljine notranjosti.

**SONČEVA ENERGIJA** ko doseže Zemljo, se jo 40% reflektira nazaj v vesolje brez pretvorbe, 60% pa se je absorbira v atmosfero deloma pa v koprino in morja ter fotosintezo. Glavni tvorci erozije, ki deluje na Zemljino površje (dež, led, morski valovi, veter, valovi, ledeniki) so povzročeni s Sončevo energijo.

**ENERGIJA PLIMOVANJA** izhaja iz medsebojnega vpliva Lune, Sonca in Zemlje. Plimovanje pa je posledica privlačne sile Lune in Sonca. Privlačnost Lune deluje na morsko površino in povzroča izbočenost morske vode (menjavanje visoke in nizke vode = plime in oseke)

**ENERGIJA ZEMLJINE NOTRANJOSTI** ali **GEOTERMALNA ENERGIJA** temperatura narašča po toplotni ali geotermični stopnji.

### 1.7. TEKTONIKA:

Njeni procesi povzročajo razne premike Zemljine skorje in omogočajo deovanje notranjih ter zunanjih geoloških sil, ki oblikujejo relief. Diastrofizem so deformacije, ki nastanejo, ko sile povzročajo premike v skorji.

- 1.7.1. Tektonske procese delimo: a) Epirogenetske (kopno, celina)  
b) Orogenetske (gora, gorovje)

#### EPIROGENETSKI PROCESI:

Se navadno odvijajo zelo počasi in povzročajo na eni strani dvigovanje, na drugi strani pa spuščanje, zajamejo pa velike površine Zemljine skorje. Dvigovanje in spuščanje obale povzroča na eni strani transgresije (prodiranje vode na kopno) in na drugi strani regresije (umikanje vode s kopnega).

Pri transgresiji ločimo štiri faze:

1. Transgresija (odlaga se debelozrnat material)
2. Inudacija (faza poplavljanja, ko se debelozrnat material odlaga + faza mirovanja)
3. Regresija (faza umikanja vode, usedanje apnencev in drugih materjalov)
4. Emerzija (kopenska faza, v kateri se voda popolnoma umakne in je usedlina ali kamnina izpostavljena preperevanju in eroziji)

#### OROGENETSKI PROCESI (OROGENEZA):

Dogajanje na geoklinalnih območjih po odložitvi sedimentov, gubanje, nastanek gorovij. Inicialni magnetizem je vrivanje magme v sediment v globljih delih geoklin (magmatski pojavi, ki spremljajo nastajanje gorovij in razvoj geoklinalnih prostorov). Geokline so aktivni geotektonski deli, stabilni tektonski deli so plošče (kratoni oz. platforme).

Geokline so zapolnjene s peščenimi usedlinami in sedimentnimi kamninami, ponekod so glinavci in posamezni grebeni (miogeokline). Zunanji deli geoklin so zgrajeni iz grobozrnatih peskov in globokomorskega blata, v katere se izliva magma (evgeokline).

#### 1.7.2. TANGENCIALNI IN HORIZONTALNI PREMIDI IN GUBANJA:

Tangencialni in horizontalni premiki so tisti premiki, ki delujejo v smeri horizontalne ravnine ali tangente na Zemljino površje. Pri gubanju nastane izbočeni del ali *antiklinala* in ubočeni del ali *sinklinala*. *Aksialna ravnina* je ravnina antiklinale ali sinklinale, ki seka gubo v njenem temenu.

Vrste gub: Simetrične, izokline gube, pahljačaste gube, škarjaste gube, pokončne, poševne, poleggle gube in potonjene gube.

#### 1.7.3. NARIVI:

Na tektonsko aktivnih območjih se pojavijo gube večjih dimenzij in zaradi napredovanja tangencialnih sil se vse bolj polegajo ter narivajo preko mlajših plasti. Nariv ima lahko še stik z matično kamnino; če se ta stik izgubi, govorimo o tektonskem pokrovu. Ob narivni ploskvi nastaja milonit (drobnozrnata do brečasta zlomljena kamnina nastala ob prelomih), ki potrjuje nariv in ločuje narivno ploskev od podlage.

V naravnih conah ločimo nariv ali *alohton* (kamninska ali sedimentna gmota premaknjena na drugotno mesto) od podlage ali *avtohtona* (sedimentna ali kamninska gmota, ki je ostala na mestu nastanka).

Vrste narivov: - narivi, ki so nastali iz poleglih gub večjih dimenzij,  
- prekinjene poleggle gube,  
- del terena zdrsi preko avtohtona

*Tektonsko okno* - v tektonskem pokrovu pride do delne erozije in podlaga pogleda na dan = izolirni del podlage, ki je zaradi erozije dostopen skozi alohton (nariv). Luske so skupina izoklinalnih gub ob več vzporednih prelomih.

#### 1.7.4. RADIALNE DEFORMACIJE IN PRELOMI V ZEMLJINI SKORJI = RADIALNI PREMİK:

V Zemljini skorji pride največkrat do razlamljanja v vertikalni smeri (radialna tektonika). Osnovni element je prelom. Površina ob kateri se premikata dva sosednja bloka je prelomna ploskev. *Klivaža* je sistem vzporednih razpok orientiranih v določeno smer.

**Elementi preloma:** Tektonsko zrcalo nastane, ko prelomna ploskev med dvema premikajočima se blokoma ni vedno ravna, lahko pa je ravna in močno zglajena. Krila preloma so razdeljeni bloki, skok preloma pa je vertikalni premik kril ob prelomu. Hod preloma je bočni premik (horizontalni premik med dvema blokoma).

**Vrste prelomov:**

- normalni prelom (navpična ali poševna prelomna ploskev),
- reverzni prelom (eno krilo se dvigne nad drugo),
- horizontalni ali transkurentni prelom (bloki se gibljejo levo in desno, glavni premiki so horizontalni),
- rotacijski,
- škarjasti,
- valjasti,
- poševni,
- težnostni,
- horst

**Združevanje prelomov:** Prelomi se največkrat pojavljajo v skupinah.

Tako ločimo:

- stopničasto prelamljanje,
- tektonski jarek nastane takrat, ko se kamninski blok spusti od dveh vertikalnih ali subvertikalnih prelomih,
- kotlina je eliptična ali okrogla depresija ob številnih (sub)vertikalnih prelomih,
- horst je tektonska struktura nasprotna tektonskemu jarku, kjer se ob dveh vzporednih prelomih dvigne osrednji del

**Določevanje starosti prelomov:** Najstarejši prelom je vedno tisti, ki so ga zajeli vsi kasnejši premiki. Najmlajši pa je tisti, ki ni prizadet od drugih premikov. Starost preloma se določi, če poznamo starost plasti, v kateri se prelom nahaja.

**Prelomi v rudarstvu in gradbeništvu:** Skozi prelome krožijo tople vode, plini, pare. Ob prelomih pridejo na dan termalne in mineralne vode. Lahko pa so prelomi neugodni za razvoj podzemeljskih del. Po prelomih lahko poleg vode potujejo tudi škodljivi plini.

#### 1.7.5. TEKTONIKA PLOŠČ LITOSFERE:

Tektonski procesi so mehanični premiki in preoblikovanja v litosferi. Povzročajo jih fizikalno-kemični dejavniki kot npr. toplota, radioaktivnost, gravitacijska energija, konvekcijski tokovi.

Danes je v veljavi geotektonska teorija, ki jo imenujemo tektonika litosferskih plošč ali premikanje kontinentov, ki se je razvila iz predhodnih teorij. Napomembnejša in najbolj utemeljena od vseh predhodnjih teorij je bila Wegenerjeva teorija o premikanju kontinentov (osnova današnji moderni teoriji tektonike plošč).

**Wegenerjeva teorija o premikanju kontinentov:** Teorija sloni na predpostavki o vodoravnem premikanju lažjih kontinentalnih plošč nad težjo spodnjo ploščo (SiMa). Po tej teoriji je bil prvotno enoten kontinent Pangea, ki se je kasneje razkosal v posamezne kontinente, ki so potovali narazen. Dokazi tej teoriji:

- podobnost geoloških struktur na teh kontinentih,
- podobna flora in favna,
- paleogeografska podobnost,
- podatki o permski poledenitvi,
- neprestano premikanje Amerike glede na Evropo.

Gutenbergova modifikacija Wegenerjeve teorije je, da bi se osrednji del prakontinenta razširil in skrajšal ter da bi na tem mestu nastala Atlantski in Indijski ocean.

**Teorija o tektoniki litosferskih plošč:** Obravnava litosfero kot sistem njenih razkosanih delov, podobno mozaiku, ki plavajo na astenosferi. Te litosferske plošče se pomikajo od con raztezanja proti conam stiskanja, kjer se narivajo na zgornjo litosfersko ploščo ali podrivajo pod kontinentalno skorjo. Plošče sestojijo iz zgornjega dela Zemljinega plašča, oceanske in kontinentalne skorje.

Kontinentalna skorja vključuje v svojo sestavo tudi kratone (dele predkambrijskih orogenov). Kadar so kratoni prekriti s sedimentom jih imenujemo *platforma*, kadar pa so brez sedimenta pa *ščit*.

Teorija sloni na naslednjih predpostavkah:

- litosfera, ki sestoji iz različnih litosferskih plošč, plava na plastični astenosferi
- tektonska aktivnost je opazna na robovih litosferskih plošč
- premikanje litosferskih plošč so troje vrste: 1. Akrecija je širjenje oceanske skorje; stiskanje plošč v območjih 2. Kolizije privedejo do trka in stiskanja ter subdukcije ali podiranja in 3. Horizontalni premiki med litosferskima ploščama
- subdukcijske cone (seizmična in vulkanska aktivnost)
- kolizijske cone (lomljene in gubane)
- izlivi bazične bazaltne lave v grebenih sredi oceanov
- premikanje plošč

**Dokazi:** -oceansko dno je mlajše kot kontinenti,

- debelina sedimentov narašča od grebena proti robovom oceanov,
- starost bazalta narašča od grebena navzven,
- novi dokazi o potovanju kontinentov (magnetne anomalije),
- oblike obalnih črt kontinentov so skladne,
- prvotni kontinent Pangea se je razkosal na Evrazijo in Gondwano,
- ostanki fosilov se nadaljujejo na kontinentih

#### 1.7.6. SEIZMOLOGIJA – POTRESI:

Navadni premiki v Zemljini skorji se odražajo kot vibracije skorje = potresi. Dinamiko teh potresov preučuje seizmologija, ki je veja geofizike o potresnih pojavih, vzrokih njihovega pojavljanja, načinih in posledicah. Potresno delovanje delimo na:

- makroseizmično valovanje, ki ga lahko zaznamo brez občutljivih naprav
- mikroseizmično valovanje, ki ga zaznajo le posebni inštrumenti

**Vzroki in načini pojavljanja potresov:** Nastajajo zaradi premikov oz. sprememb v Zemljini skorji.

Glede na vzroke in načine pojavljanja delimo potrese na:

- tektonske,
- vulkanske,
- podorne,
- umetne.

#### **Vrste potresov:**

1. Tektonski potresi (več kot 90%) nastajajo v labilnih območjih, kjer je živahna tektonika s številnimi prelomi.
2. Vulkanski potresi so omejeni le na vulkanska območja (7%). Zaradi velikega pritiska v kanalu in eksplozije pride do vibracij sosednjega terena.
3. Podorni potresi (2%) nastanejo tam, kjer so v litosferi večji prazni prostori. Ob poružitvi stropov prostorov pride do lokalnih potresov.
4. Umetni potresi nastajajo s posredovanjem človeka (miniranje v kamnolomih in rudnikih, podzemne eksplozije atomskih bomb in druge človekove dejavnosti)

#### **Potresi in globina njihovih žarišč:**

1. Plitvi potresi: kjer je žarišče potresa v globini do 70km (70-75%)
2. Srednjegloboki potresi: kjer je žarišče potresa na globini od 70-300km(20%)
3. Globoki potresi: kjer je žarišče potresa v velikih globinah od 300-700km (3%)

#### **Elementi potresa:**

*Hipocenter* ali žarišče potresa je mesto v litosferi, kjer zaradi tektonskih premikov, vulkanskega delovanja, podorov ali umetno povzročenih sunkov nastajajo vibracije. *Epicenter* ali nadžarišče potresa je pravokotna projekcija hipocentra na Zemljino površje. Od hipocentra se valovanje širi v obliki koncentričnih krogov zgoščenih valov in ločimo:

-*longitudinalno potresno valovanje*, ki je prostorsko valovanje, pri katerem nihajo delci kamnin in tekočin okoli stalne točke v smeri širjenja potresnih valov (označba P - primarni valovi)

*-transverzalno potresno valovanje* je prostorsko valovanje, pri katerem nihajo delci kamnin okoli stalne točke v ravnini, pravokotno na smer širjenja potresnega valovanja (S-sekundarni valovi)

*-površinsko potresno valovanje* je valovanje, ki se širi tik po Zemljinem površju. Površinski valovi so dveh vrst: Reyleighjevi in Lovejevi valovi (L valovi).

*Izoseiste* so črte na zemljevidih, ki vežejo kraje z isto jakostjo potresa.

### **Moč in intenziteta potresa ter potresne lestvice:**

Potres lahko označimo z magnitudo ali močjo potresa in z intenziteto ali učinkom potresa.

Magnituda potresa ali moč potresa: Magnituda je mera za sproščeno energijo v žarišču potresa. Magnitudo potresa ocenjujemo na podlogi podrobnega merjenja amplitude telesnih in površinskih seizmičnih valov na seizmografu pri znani razdalji od epicentra.

Intenziteta ali učinki potresa: Intenziteta potresa se kaže kot njegovi učinki na Zemljinem površju, ki se odraža v naravi ali na gradbenih objektih. Nanjo vplivajo magnituda potresa, oddaljenost od žarišča potresa, kamninska zgradba terena. MCS-potresna lestvica ima 12 stopenj.

Opazovanje potresov: Zaznavanje in instrumentalno spremljanje potresov in drugih geodinamičnih pojavov imenujemo seizmometrija. Seizmograf je naprava za registriranje potresnega valovanja, ki beleži vsako vibracijo Zemljine skorje. Zazna moč potresa in njegovo trajanje.

Seizmogram in njegova interpretacija: Na seizmogramu registriramo potresne valove kot P, S in L valove. Iz razlik med prihodom P in S valov izračunamo oddaljenost potresa. Smer dobimo s pomočjo vertikalnega in dveh pravokotno usmerjenih horizontalnih seizmografov.

Uporaba seizmologije v ekološki praksi: Ugotavljamo lahko rudna ležišča in geološko zgradbo Zemljine skorje.

Potresne opazovalnice ali seizmološke postaje so med seboj povezane in razporejene v različnih smereh.

Napovedovanje potresov z metodami: -mikroseizmične meritve,

-statistični podatki,

-merjenje magnetnih anomalij v samem prelomu,

-možna serija mikroseizmičnih nihanj,

-gravimetrične spremembe,

-merjenje električnega potenciala,

-merjenje koncentracij Rn (radona) v podtalnici,

-opazovanje dviga nivoja podtalnice,

-prevodnost mineralov za P valove se lahko zmanjša za 20%,

-reagiranje domačih in divjih živali.

Potresi v Sloveniji: Ležimo v mediteransko-transazijskem seizmičnem pasu.

## **2. INŽINIRSKO GEOLOŠKE ZNAČILNOSTI KAMNIN**

Značilnost, ki se pojavljajo v kamninski gmoti na terenu: -načini pojavljanja kamnine,  
-krojitev kamnine,  
-heterogenost in anizotropija kamnin,  
-razpokanost kamnine.

### **2.1. NAČINI POJAVLJANJA KAMNINE:**

Kamnine se lahko pojavljajo kot masivna kamninska gmota (kamnina je nerazdeljena). Masivnost najdemo najpogosteje pri magmatskih kamninah, pri metamorfni pa najdemo skrilavost (marmorji in serpentiniti).

Masivnost: Prednost je v tem, da iz take gmote lahko pridobivamo velike bloke kamnin, slaba stran masivnosti je v tem, da gradbena dela v masivnih kamninah potekajo počasneje in so dražja.

Plastnost: Je lastnost kamnine, da se na terenu pojavljajo v ločenih enotah (to je v ploščah, ki so posledica nastanka kamnine. Plastnost je značilnost sedimentnih kamnin. Pozitivna stran: olajša gradnjo usekov in zasekov, izkoriščanje in uporabnost kamnin. Negativna stran: ko se pojavljajo skladi na gradbenem terenu v neugodni nagibni strmini.

Skrilavost: Je tipična lastnost metamorfnih kamnin. V tehničnem pogledu je to neugoden dejavnik (pospešuje preperevanje terena); pozitivno pa je zelo lahko odstranjevanje skrilavih kamnin.

## 2.2. KROJITEV KAMNIN:

Krojitev kamnin je lastnost kamnin, da se lomijo v različno oblikovane kose, kar je posledica procesov v času grupacije zrn pri sedimentaciji, preperevanju, ...

Poznamo ploščasto krojitev, stebričasto krojitev, paralelopipedno krojitev, kroglasto krojitev in nepravilno krojitev.

## 2.3. HETEROGENOST IN ANTIZOTROPNOST KAMNIN:

Heterogenost pomeni, da kamnina v svoji celotni gmoti nima istih lastnosti. Antizotropnost pomeni, da ima mineral ali kamnina različne lastnosti v različnih smereh od izhodišča.

## 2.4. RAZPOKANOST KAMNINE:

Do razpokanosti pride, kadar je kamnina izpostavljena tlakom, ki presegajo mejo trdnosti kamnine. Nastane zaradi nevarnih vzrokov ali zaradi človekovega delovanja. Razpoke ustvarjajo *skupine, družine in sistem razpok*. Družine razpok ustvarjajo skupine razpok z istimi značilnostmi. Sistem razpok predstavljajo vse razpoke v določenem bloku ali območju (sestavljajo ga skupine družin). Na ta način je kamninska gmota razdeljena na več blokov, ki ne nosijo razpok, ki jih imenujemo *monolite*.

Glede na delovanje pritiskov ločimo:

- napetostne razpoke,
- zmične razpoke,
- sprostitutvene razpoke,
- natezne razpoke.

Glede na nastanek je lahko razpokanost:

- primarna,
- tektonska,
- razpokanost zaradi mehanskega razpadanja,
- gravitacijska razpokanost
- tehnogena razpokanost.

Določanje stopnje razpokanosti:  $Sr = \frac{r}{p} \cdot 100$

Sr...stopnja razpokanosti kamnine  
r...vsota površin razpok m<sup>2</sup>  
p...skupna pregledana površina v m<sup>2</sup>;

Pomen kamninske razpokanosti:

- določa obliko in velikost monolitov
- vpliva na oceno ekonomičnosti pridobivanja naravnega kamna (olajša pridobivanje in zmanjšuje uporabo razstreliva)
- omogoča lažje useke in kopanje podzemnih objektov
- zmanjšuje stabilnost pobočij in ustvarja nestabilne zaseke
- v podzemnih prostorih lahko predvidimo podzemne pritiske
- vpliva na prodiranje vode v podzemne prostore
- opozarja nas na hitrejše razpadanje kamnin
- vpliva na prevodnost plinov in zvoka

## 3. STRATIGRAFIJA

Stratigrafija je področje geologije o zaporedju plasti v Zemljini skorji, njihovi starosti in medsebojnih odnosih.

### 3.1. RAZDELITEV ZEMLJINE ZGODOVINE:

1. Kozmična era = čas od oblikovanja planeta Zemlje do prve litosfere (doba 100 milijonov let)
  2. Arhaik = starejši del Zemljine zgodovine (doba 2500 – 4000 milijonov let)
  3. Proterozoik = mlajši del starejše Zemljine zgodovine (doba 2000 milijonov let)
  4. Oba eonotema (arhaik in proterozoik) skupaj imenujemo Predkambrij. Eonotem je največja enota v razdelitvi Zemljine zgodovine.
  5. Paleozoik = stari Zemljin vek (doba 350 milijonov let – kambrij, ordovicij, silur, devon, karbon, perm)
  6. Mezozoik = srednji Zemljin vek (170 milijonov let – trias, jura, kreda)
  7. Kenozoik = novi Zemljin vek (70 milijonov let terciar, kvartar)
- Fanerozoik je eonotem, ki združuje vse 3 erateme (paleozoik, mezozoik, kenozoik). Osnovna litološka enota je sklad ali plast ali pola. Več skladov združujemo v člen, naslednja stopnja je formacija, ki označuje skupek različnih pojmov kamnin, odloženi v eni skladovnici. Formacije se združujejo v grupe, ki so največje litološke enote.

### 3.2. DOLOČANJE RELATIVNE STAROSTI KAMNIN:

Poslužujemo se fosilnih ostankov, proučujejo jih paleontologi.

#### **Fosili in njihov pomen za stratigrafijo:**

Fosili = okamenine. Običajno po odmrtnosti organizma njegove organske dele nadomestijo mineralne raztopine, ki zapolnijo vse najdrobnejše strukture v skeletnih delih rastline ali živali (skeleti so zgrajeni iz kalcita). Kalcit se je potem nadomestil z drugimi minerali (kremen, dolomit,...). Tak način fosilizacije se imenuje *petrifikacija*. Voda lahko kasneje odstrani okamenele ostanke organizmov in v kamnini ostane samo odtis = *kameno jedro*.

Na površini fosila lahko iz vode nasičene z minerali nastane tanka plast, ki ščiti fosile pred razpadanjem. Prevlake so lahko iz kalcita in kremenca. Način imenujemo *prekrivanje = inkrustacija*. *Karbonizacija ali pooglenitev*, ki nastane v okolju brez prisotnosti zraka, je značilna za rastlinske fosile. *Mumifikacija* nastane, ko se organski ostanki posušijo in v takem stanju preidejo v sediment. Znani so primeri *konzervacije* v naravnem vosku ali olju. Poznamo še *lažne fosile* ali *pseudofosile*, ki so vselej anorganskega izvora in so podobni današnjim mahovom.

Ločimo: - vodilne fosile (določajo kratek čas geološke zgodovine)

- trajne ali perzistentne fosile
- facialne fosile (za ugotavljanje nekdanjih okolij)

Za določanje relativne starosti sedimentov in kamnin so pomembni naslednji elementi:

- vertikalni stratigrafski položaj in odnos sedimentov in kamnin
- tektonski položaj plasti in njihov naklonski kot
- sestava in izgled sedimentov in kamnin
- fosili

Za določanje relativne starosti sedimentov in kamnin se poslužujemo dveh metod:

**1. Paleontološke metode:** Metode slonijo na fosilnih ostankih organizmov rastlinskega ali živalskega izvora. Sama metoda sloni na razvoju, vsaka stopnja se razvija.

- METODA VODILNIH FOSILOV (najstarejša metoda): Da je lahko neki fosil vodilen mora zadostovati pogojem: pojavljati se mora v točno določenih plasteh; poleg kratke življenjske dobe mora imeti široko horizontalno razširjenost; v plasteh jih je dovolj veliko; dobro ohranjeni in dobro določljivi. *Makrofosili* so tisti, ki jih lahko vidimo in proučujemo s prostim očesom (školjke, amoniti). *Mikrofosili* so tisti, ki jih proučujemo pod optičnimi in elektronskimi pripravami (diatomeje, foraminifere).

- METODA ANALIZE FOSILNE ZDRUŽBE

- METODA FILOGENETSKE POVEZAVE: Filogenetski niz kake vrste je časovno zaporedje razvojnih stopenj nekega organizma.

- MIKROPALEONTOLOŠKE STOPNJE: Opravka imamo s rastlinskimi in živalskimi mikrofosili.

- METODA ANALIZE SPOR IN PELODOV: Sloni na fosilnih ostankih dela razmnoževalnih organov pri rastlinah.



- STATISTIČNA METODA : Sloni na pogostnosti pojavljanja kake fosilne vrste v plasteh.
- 2. Geološko – stratigrafske metode:** Metode slonijo na kemičnih in fizikalnih lastnostih mineralov in kamnin.
- LITOLOŠKA METODA: Tu primerjamo litološko sestavo plasti.
- METODA SUPERPOZICIJE: Mlajše kamnine so vedno nad starejšimi.
- STRUKTURNO – TEKTONSKA METODA: Tu primerjamo istočasnost tektonskih dogajanj in njihovih posledic.
- RITMOSTRATIGRAFSKA METODA: Med seboj primerjamo debelino in zaporedje posameznih sedimentacijskih intervalov.
- METODA ELEKTROKAROTAŽE : Raba v vrtninah pri določevanju globljih pokritih delov plasti.
- METODA GAMAKAROTAŽE : Primerjamo radioaktivnost plasti v vrtnini.
- METODA SPREMLJANJA PALEOMAGNETIZMA ALI REMANENTNEGA NAMAGNETENJA

### 3.3. METODE DOLOČANJA ABSOLUTNE STAROSTI KAMNIN:

Metoda proučevanja debelin plasti glede na povprečno hitrost sedimentacije. Druge metode: na osnovi % soli v sedimentih, CO<sub>2</sub> v karbonatnih plasteh, klimatskih spremembah,...

### 3.4. METODE DOLOČANJA RADIOMETRIČNE STAROSTI KAMNIN:

Razpolovna doba je čas, ki je potreben, da se zmanjša intenziteta sevanja na polovico.

### 3.5. PREGLED NAJPOMEMBNEJŠIH GEOLOŠKIH FORMACIJ

#### **Predkambrij:**

Je obdobje Zemljine zgodovine od začetka oblikovanja Zemlje do začetka paleozoika pred okrog 570 milijoni let. Delimo ga v dva dela: starejši je arhaik, ki traja od 4,5 milijarde let do 2,5 milijarde let in proterzoik, ki traja do konca arhaika do začetka paleozoika. Prevladujejo magmatske in metamorfne kamnine (sedimentne so redke) in zato je tudi malo fosilov (preproste enocelične oblike organizmov). Kasneje najdemo *prokariote* = enocelični organizmi, ki v celici še nimajo izoblikovanega jedra in *evkariote*, ki imajo v celice izoblikovano jedro.

#### **Paleozoik:**

570-250 milijoni let nazaj! Nastane starejše kaledonsko in mlajše varistično gorovje. Rastline preidejo na kopno, nastanejo ležišča črnega premoga. Živali razvijejo oklepe, skelete, razvite so večje (ne)vretenčarske vrste razen sesalcev in ptičev.

Kambrij, ordovicij, silur: 570-400 milijonov let nazaj! Metamorfne kamnine v Sloveniji: gnajs, blestnik, amfiboli, marmor, filit, eklogit, kvarcit, skrilavi glinavec, serpentinit.

Devon: 400-350 milijonov let nazaj! Devonske plasti polne črnega apnenca.

Karbon: 350-280 milijonov let nazaj! V zgodnje karbonskih plasteh prevladujejo skrilavi glinenci, kremenovi peščenjaki in konglomerati.

Perm: 280-230 milijonov let nazaj!

#### **Mezozoik:**

Mezozoik se je začel pred 250 milijoni leti in se končal pred 65 milijoni let. V tem obdobju se je začelo alpidsko gubanje, ki se je začelo v terciarju. To je bila doba reptilov, ko so predvsem v triasu in juri prevladovali dinosavri in golosemenke. V kredi se pojavijo še kritosemenke, prvi sesalci in ptiči ter izumrejo amoniti in dinosavri.

Trias: 230-200 milijonov let nazaj! Značilne so dolomitne kamnine, za katere je značilna sljuda, skrilavi laporovci, apnenci, peščenjaki in skrilavci.

Jura: 200-140 milijonov let nazaj! Apnenci, peščenjaki, glinavci, dolomiti.

Kreda: 140-65 milijonov let nazaj! Kreda se začne z gostim apnencem, nad katerim sledi formacija spodnjega fliša s peščenjaki, laporovci in skrilavimi glinavci.

**FLIŠ** = menjavanje peščenjakov, konglomeratov in laporovcev. Nastal je z usipavanjem materiala iz podmorskega praga v obliki plazov ali kalnih tokov, ki so se potem usedali na dnu bazena v točno določenem zaporedju: najprej grobi sedimenti, nato pa vse drobnejši.

#### **Kenozoik:**

**Terciar:** 60-2 milijona let nazaj! V Terciarju se je zaključilo alpidsko gubanje. V mlajših delih je razpadel obsežen morski prostor Tetide na več manjših bazenov z zelo pestro sedimentacijo. Oligocen se začneja s konglomeratom in nadaljuje s peščenimi apnenci. Iz *neogena*, mlajšega dela terciarja, so laporovci, peščenjaki, gline, prodovi, peski, konglomerati, apnenci. Flišne peščenjake so uporabljali za gradnjo hiš, lapor pa za izdelavo cementa.

**Kvartar:** 2 milijona let nazaj do danes! Za kvartar so značilne obsežne poledenitve. Iz kvartarja so rečni in hudourniški prodni zasipi, glineni sedimenti, morenski zasipi, jezerska kreda.

## **4. GEOLOŠKA KARTA:**

Geološka karta je grafični prikaz geološke zgradbe, starosti, litološke sestave in drugih pomembnih pojavov na topografski osnovi. Do geološke zgradbe pridemo z *geološkim kartiranjem*, ki predstavlja reševanje regionalnih problemov starosti, sestave, tektonike,...

Kartiramo lahko na 2 načina: - neposredno na terenu,

- s pomočjo letalskih in satelitskih posnetkov terena (fotogeologija);

### **4.1. VRSTE GEOLOŠKIH KART:**

Za delitev geoloških kart sta osnovna 2 kriterija:

**1. Vsebina:** Po vsebini geološke karte delimo na:

- *Splošne geološke karte* (pregledne), ki vsebujejo podatke o starosti in sestavi geoloških tvorb.
- *Specialne geološke karte*, ki prikazujejo teren za potrebe enega geološkega področja (specialke), npr. hidrogeološka, inženirsko geološka, geokemična, geotektonska,...

**2. Merilo:** Po merilu geološke karte delimo na:

- *Majhnega* merila (1:100 000 in manj)
- *Srednjega* merila (večje od 1:100 000 do 1:10 000)
- *Velikega* merila (od 1:10 000 do 1:100) = specialke

### **4.2. METODE GEOLOŠKEGA KARTIRANJA:**

Večina geoloških kart je površinskih geoloških kart. Rišemo tudi *rudniške* geološke karte, to je vodoravne prereze v višini jamskih del. Geološko karto dopolnimo z značilnimi prerezi (profili, ki predstavljajo npr. gube, vertikalne prelome).

### **4.3. VSEBINE GEOLOŠKE KARTE:**

Kamninska sestava se na karti naenkrat spremeni ob ostri liniji = *geološka meja*. S polno črto označujemo na površju *geološko mejo*, medtem ko s črtkano črto označujemo *s preperino pokrito mejo*. Polja znotraj teh linij so označena z enotno šrafuro ali barvo in s simbolom za starost. Barve označujejo *starost* kamnine, lahko pa tudi *petrografsko pripadnost* (ali na hidrogeoloških kartah (ne)prepustnost kamenin). Sedimentne kamnine narišemo v vertikalnem zaporedju in označimo menjavanje debeline plasti in petrografsko spreminjanje = tek prikaza se imenuje *stratigrafski stolpec ali stratigrafska lestvica*. *Lokalna stratigrafska korelacija* je pogoj za pravilno konstrukcijo geoloških profilov.

## **5. PREPEREVANJE**

Preperavanje je prilagajanje kamnin na fizikalno - kemične pogoje na Zemljini površini, ki se močno razlikujejo od tistih v Zemljini notranjosti, pri kateri so kamnine nastale. Pri preperavanju se oblikuje podlaga ali substrat za rastline. Glede na mehanizem sprememb ločimo več načinov preperavanja:

### **5.1. NAČINI PREPEREVANJA:**

#### ➤ **Mehansko ali fizikalno preperavanje:**

Pri fizikalno kemičnih spremembah, ki jih povzročijo drugačni pogoji, se spreminjajo tudi fizikalne lastnosti kamnin. Predvsem nas zanima trdnost (kamnine lahko celo razpadejo). Takemu razpadanju pravimo *mehansko preperavanje*, katerega lahko drugi procesi pospešijo. Razpadanje pod vplivom menjajočega se sušenja in vlaženja je eden od najpomembnejših in hitrih procesov preperavanja.

*Primer:* Pri izkopu za pogreznjeno strojnico *HE Moste*, ki je vsa v oligocenski *morski glini (sivici)*, so pričeli delo celo s podzemnim izkopom (kar seveda gradnjo močno podraži), samo zato, da padavine ne bi mogle povzročiti razpadanje te *laporaste gline*. Kasneje so zaradi poenostavitve dela odprli gradbeno jamo, vendar vse zaščitili s streho, tako da padavine niso mogle povzročiti neposredne škode.

#### **a) Zmrzovanje:**

Zmrzovanje povzroča poškodbe na kamninah na 2 načina:

- *Solidifikacija* → tik pod ohlajeno površino začne voda kristalizirati v porah kamnine. Voda zmrzuje na spodnji strani že ustvarjenih ledenih kristalov. Na ta način se oblikujejo ledene leče, ki ležijo pravokotno na površino. Spomladi se pri nenadni odjugi napoji z veliko količino vode, ki povzroči plastičnost ali tekočnost kamnine.

- *Povečevanje specifičnega volumna vode* pri prehodu iz tekočega v trdno agregatno stanje. Voda v porah zamrzne in s tem se poveča volumen. Najprej kristalizira le del vode; ker naraste tlak, se kristalizacija ustavi; požene jo šele nižja temperatura.

#### **b) Kristalizacija lahko topnih mineralov:**

Mehansko razpadanje lahko povzroča tudi kristalizacija nekaterih lahko topnih soli, ki nastanejo pri preperavanju, ali pa te pridejo v kamnino s talno vodo, ki se zaradi kapilarnosti dviga precej visoko po zgradbah.

#### **c) Nastajanje novih mineralov:**

Najobčutljivejši so mehki apnenci. Problem je razpadanje naravnega kamna. Zaradi kurjenja premoga v mestu žveplo v premogu zgori v  $\text{SO}_2$ , ki daje nato z vodo žvepleno kislino ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), pod katerim vplivom nastaja sadra ( $\text{CaSO}_4$ ).

#### ➤ **Kemično preperavanje:**

##### **a) Oksidacija:**

Kemično preperavanje ima pomembno vlogo pri tistih kamninah, ki so nastale pod anaerobnimi pogoji in imajo minerale z nizko stopnjo oksidacije. Pri takih kamninah je eden glavnih procesov preperavanja oksidacija. Opazna sprememba je sprememba barve.

**b) Oksidacija železovih spojin:** Kaže se na izraziti spremembi barve, ker se železo (Fe) spremeni v železov hidroksid.

**c) Rastapljanje:** V vodi se topijo minerali (nastali iz sedimentacije iz vodnih raztopin).

**d) Hidratacija:**  $\text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

#### ➤ **Biokemično ali biološko preperavanje:**

Pri biološkem preperavanju sodelujejo tako rastlinski kot tudi živalski organizmi. Kot posredniki pri tem procesu sodelujejo  $\text{CO}_2$ , nekoliko manj kisikove spojine in spojine z žveplom. Neposredni dejavniki pri tem so organske kisline. Na Zemlji delujejo bakterije, lišaji in mahovi kot razgrajevalci kamnin. V razpokah delujejo lišaji, bakterije, alge in ustvarjajo podlago za višje rastline. Zaradi delovanja mikroorganizmov nastaja humus, kjer  $\text{CO}_2$  in organske kisline delujejo pri biokemičnem procesu razpadanja kamnin.

## 5.2. GLOBINA PREPEREVANJA:

Nanjo vpliva čas, hitrost, vrste kamnin, voda, okolje. Bolj grobozrnate kamnine prepevajo hitreje kot drobnozrnate pri enaki mineralni osnovi.

## 5.3. ELEKTROPREVODNOST KAMNIN:

Pri prepevanju elektroprevodnost kamnin močno naraste, ker vsebuje kamnina v takem stanju vedno več vode kot sveža.

## 5.4. EROZIJA ALI DENUDACIJA:

Celoten proces razpadanja kamnin in njihov transport iz višjih delov navzdol se imenuje erozija ali denudacija.:

### ➤ Veter kot geološki dejavnik:

Veter je pomemben dejavnik erozije. Kroženje zraka nastane zaradi konvekcije. V toplih ekvatorialnih predelih se zrak segreva in dviguje, na polih se ohlaja in spušča. Najbolj znani vetrovi so *pasati*, ki pihajo iz S proti J strani Zemljine poloble v smeri ekvatorja. *Monsoni* pihajo poleti na kopno in pozimi iz kopnega na morje. Lokalni vetrovi so: *košava*, *maestral*, *široko*, *burja*. Močni vetrovi imajo različne nazive po svetu: *uragan*, *taifun*, *tornado*, *orkan*.

**Eolska erozija:** To je delovanje vetra, katerega učinek se odraža v njegovi eroziji, koraziji, transportu in akumulaciji. Nastopi takrat, ko moč vetra dvigne od tal delce in jih nosi s seboj. *Eolska korazija* se pojavi takrat, ko veter s svojimi delci, ki jih nosi s seboj, brusi kamnino. Izoblikujejo se različne eolske oblike: *gobe*, *previsi*, *stebri*, *jarki*,... Celotno delo vetra pa se imenuje *eolska deflacija*; to je dvigovanje kamninskega gradiva, nošenje in razpadanje. Zaradi kopičenja peska, ki ga je pustil veter, ko izgubi svojo moč, nastanejo *dune* = kupi peska, pri katerih je vetrna stran položna, druga pa strmo odrezana. *Živi pesek* se imenuje material v sipini, ki se neprestano spreminja.

**PUHLICA:** Je pretežno meljast sediment, ki ima precej svojevrstne lastnosti. Skoraj vedno je plastovita, zelo porozna in vsebuje nepravilne konkrecije. Puhlica ima zrna velika od 0,020 do 2 mm z značilno sestavo: 60 – 70 % SiO<sub>2</sub>, 10 – 30 % CaCO<sub>3</sub>, 10 – 20 % glincev.

### ➤ Delovanje tekočih voda:

Erozija tekoče vode je važen erozijski dejavnik, katerega delo so današnje topografske oblike. Erodiranje tekočih voda zmanjšuje vegetacijski (rastlinski) pokrov. Material, ki ga reka erodira lahko odnese do morja ali pa ga odloži ob svojem toku; predvsem v nižinah, kjer lahko zavzamejo take rečne naplavine veliko širino, pri včasih majhni debelini.

### **Reke:**

Glede na geološki proces erozije razlikujemo dva tipa rečne struge:

- *Struge, vezane v skalno (kamninsko) podlago* (tu je erozija počasna, spremembe so manjše)
- *Struge v lastnih naplavinah* (velike spremembe ob eni sami vodi)

Pretok vsakega naravnega toka je spremenljiv. Glede na to ločimo 2 osnovna tipa vodnih režimov:

- *Rečni režim* (režim mirne reke)
- *Hudourniški režim* vodnega toka

Režim reke je odvisen predvsem od podnebja, nadaljuje pa se od topografije ozemlja, od vegetacijskega pokrova in od prepustnosti ali nepropustnosti podlage. Na nekaterih važnih vodotokih so postavljeni instrumenti, ki registrirajo višino vodne gladine. Vendar se *pretočnica* ali *konsumcijska krivulja znanega profila* za vsak profil razlikuje in jo je treba določiti za vsak profil na ta način, da pri različnih vodostajih izmerimo pretok vode. Pretok, ki ga vodni tok doseže ali prekorači povprečno enkrat letno imenujemo *normalno visoke vode*. *Katastrofalno visoke vode* pa so lahko še znatno višje. *Desetletne visoke vode* so pretoki, ki jih doseže ali prekorači vodni tok povprečno enkrat vsakih 10 let.

### **Hudornik:**

Hudourniki so vodni tokovi z velikim strmcmem, ki imajo normalno le malo vode ali pa presahnejo, pri močnejšem deževju pa v kratkem času močno narastejo. Zaradi velikega strmca je njihova hitrost velika, zato imajo veliko erozijsko moč. *Mure* so blatni hudourniki, ki transportirajo bloke. Za

preprečitev intenzivne erozije hudournikov se gradijo vzdolž njihovih tokov *prodne pregrade*, katerih naloga je, da delno ustavijo prod, ki ga hudournik odnaša. Ko pade strmec, začne odlagati material – nastane vršaj.

*Prečni profil doline*: Če je strmec znatno večji od uravnovešenega strmca, potem reka erodira v tla, v nasprotnem primeru pa ob robu (bočna erozija). Nastane trapezast rečni profil.

*Debelina rečnih naplavin*: Ob zavojih lahko reka bočno erodira samo na zunanji ali konveksni strani zavoja, medtem ko istočasno na konkavni ali notranji strani zavoja odlaga prod. Zavoji se večajo. Pri premikanju rečne struge se to sproti zasipava. Debelina naplavin ni večja od 20 m (če ne so drugi vzroki). Pri izkopu temeljev za nekatere dolinske pregrade se je pokazalo, da imamo včasih tudi pod dnom zelo ozkih strugah tesni globok *erozijski žleb*.

*Epirogenetske doline*: Do njihovega nastanka pride zaradi menjavanja zasipavanja in erozije v alpskih dolinah. Epirogenetski dolinski zaseki so večkrat edina mesta, na katerih je razgaljena skala v dnu struge in so zato vabljava za gradnjo dolinskih pregrad.

### **Delovanje ledenikov:**

Alpska poledenitev – led se je pomikal iz predelov nad snežno mejo v dolino po ozkih nekdanjih rečnih dolinah. To so lokalne poledenitve v Srednji Evropi, ki so pokrivalo rečni relief v visokih gorah.

Celinska poledenitev – v času pleistocena je bil velik del S poloble pokrit z ledom. Okrog pola so površje pokrivali celinski ledeniki. Led nastaja iz stisnjene snega v hladilnih območjih in na večjih višinah. Vmesno zrnavo sestavo med snegom in ledom imenujemo *srež*. Ko led doseže določeno debelino, se zaradi naklona terena začne primikati. Premikajočo ledeno maso imenujemo *ledenik*. Glede na obliko ledenika ločimo *celinski ledenik*, ki je v obliki obsežne ledene plošče in *dolinski ledenik*, ki zapolnjuje nekdanjo rečno dolino in jo značilno preoblikuje. Dele ledu, ki se odtrgajo od celinskega ledenika in plavajo po morju, imenujemo *ledene gore*.

Ledenik: Ledenik nabira svoj led v snežnem *redišču* ali Alpah v *krnici*, kjer iz kopičenja snega nastaja led. Spodnji deli ledenika se plastično premikajo preko ledeniških grbin na dnu in se dvigujejo in spuščajo nazaj na ledeniško dno. Ledenik nosi s seboj v dolino kamninsko gradivo, ki ga pobere na svoji poti. Kamninsko gradivo v ledeniku imenujemo *morena*. Ledenik erodira podlago glede na njeno kamninsko sestavo. Ledenik s svojo erozijo ustvarja značilni U - ledeniški profil, ki se loči od rečnega V - profila.

Ledeniški sedimenti: Ko se ledenik umakne iz določenega ozemlja (npr. zaradi povišane temperature), za seboj pusti ledeniške sedimente = umik ledenika. Ledeniški drobir, ki pride direktno iz ledenika imenujemo *til*. Til imenujemo ledeniški sediment, ki ostane po umiku ledenika, oblika, ki jo ima ta sediment, imenujemo *morena*. Kamninski vnosi v tilu so slabše zaobljeni, med seboj neurejeni, so pomešani veliki in drobni delci. Izpod ledenika teče skozi *ledeniška vrata ledeniški potok*. Za morenskim lokom lahko nastanejo v kotanjah *ledeniška jezera*. V talni moreni najdemo kose, ki imajo na svoji površini zareze in jih imenujemo *oraženci*, ki so nastali zaradi brušenja ob ledeniško dno.

Zgradba dolinskih nasipov: Večinoma je dolinski zasip sestavljen iz *proda* in *konglomerata*. Najnižja prodnata terasa je tista, ki jo reka ob visokih vodah vedno poplavlja in je na površini pokrita z več ali manj debelo plastjo peska ali gline.

Nanos v alpskih dolinah: Normalni vrstni red v profilu blizu za čelnim morenskim zasipom je od spodaj navzgor tak: prod → talna morena → jezerska kreda v večji oddaljenosti od morenskega zasipa → prod

### **Preperine:**

V glavnem so vse mehanske kamnine plod preperevanja. Mehanske usedline glede na velikost zrn delimo v 3 skupine: - *Psefiti* (grušč, prod) > 2mm;  
- *Psalmi* (pesek) od 0,06 do 2mm;  
- *Peliti* (glina) < 0,06mm;

**PSEFITI**: Kamnine te skupine so vse mehanske usedline, katerih zrna so po večini večja od 2mm. Najvažnejša lastnost, po kateri ločimo posamezne vrste sedimentov so *zaobljenost drobcev* in *cementacija kamnin*. Vsa nakopičenja ostrorobnih drobcev ne oziraje se na sestavo drobcev,

imenujemo *grušč*, če drobci niso cementirani, oziroma *breča*, če so drobci vezani z mineralnim cementom v bolj ali manj trdno kamnino. Velika nakopičenja grušč pod visokimi stenami v planinah imajo površino pod zelo stalnim naklonskim kotom 30 do 33° stopinj = *melišča*. Nakopičenja grušč določene oblike, ki so ga nanesti ledeniki imenujemo morena (nastanejo zaradi premikanja ledenika in drobljenja grušč, velike množine drobnih delcev - *melj*).

Prod in konglomerat: pri drobcih *grušča* se robovi že po sorazmernem kratkem prenosu v vodi zaobljijo. Čim so robovi bolj ali manj zaobljeni, bomo tak sediment imenovali *prod*. Pri nadaljnjem transportu postanejo taki prodniki čedalje lepše zaobljeni in končno imajo pridniki elipsoidno obliko. Če se prodniki zlepijo s tem, da se v porah izloči mineralni cement, najpogosteje se začne izločati med stičnimi točkami med zrni, imenujemo kamnino *konglomerat*. (Slika: debelozrnati sedimenti in kamnine)

PSAMITI: Vse sedimente, pri katerih prevladujejo zrna v velikosti med 0.2 in 0.063mm imenujemo *pesek* oziroma, če so zrna zlepljena *peščenjak*. Zrna peščenjaka so sorazmerno redko drobci drobozrnatih kamnin, ampak povečini so to drobci posameznih kristalov, kremenca, glinenca, itd. Kot zelo obstojen mineral se je izkazal *muskovit*, ki je kemično obstojen, pri transportu v vodo pa se zaradi svoje luskaste oblike transportira v suspenziji.

PELITI: V to skupino sodijo sedimenti, ki imajo zrna manjša od 0,063mm, torej vsebujejo *meljino* in glinasto frakcijo. S prostim očesom le težko ločimo drobce po velikosti med *meljem* (ki ima drobce velike od 0,063 – 0,002mm) in *glino* (kjer so drobci veliki manj od 0,002mm). Melj razlikujemo od glinice predvsem po *plastičnosti*. Gline imenujemo kar nevezane sedimente te skupine. Poleg mineralov vsebujejo še druge minerale v veliki množini (drobna zrnca kremenca, kalcita,...).

Minerali glin: *kaolinit* (je čisti aluminijev hidrosilikat, porcelan), *illit* (po sestavi je podoben muskovitu), *montmorillonit* (je svetel Al, Mg mineral glin), *klorit* (je mineral iz skupine zelenih monoklinskih železovih aluminosilikatov), *glavkonit* (zaobljen z Fe in Mg bogat mineral).

Pri *kompakciji* ali *konsolidaciji* sedimenta se manjšajo medzrnski prostori in iz njih se izriva voda, ko zrna poveže vezivo, nastane iz sedimenta kamnina = pri glinah proces izrivanja vode. Glina, ki vsebuje večjo količino kalcita ali dolomita, je *laporna glina*, če je cementirana, dobimo kamnine, ki jih imenujemo *laporovci* ali *skrilavi laporovci*.

### **Zemeljski plazovi:**

Kopna površina kontinentov je sestavljena iz ravninskih in hribovitih območij. Ravninska območja so zgrajena iz preperin, to je glinastih, peščenih ali prodnatih sedimentov (*zemljine*) in le redkokdaj iz trdnih kamnin (*hribine*). Pojave, ko preperina ali celo podlaga (zaradi svoje teže) hitreje polzi po pobočju ali pa se valijo skale z veliko hitrostjo, imenujemo **plazove**.

Vzroki pojavljanja plazov:

- Zmanjšanje trdnosti kamnin, posebno zaradi razpadanja kamnin, vlaženja, izpiranja kamnin
- Povečanje hidravličnega pritiska in hitrosti filtracije podtalnice
- Spodkopavanje nagibov, brežin in delovanja vode pri vodotokih in grapah
- Hidrostatski tlak, ki ga povzroča voda v plazu in sama gmota plazu.

(Slika: zemeljski plaz z značilnimi elementi plazu)

Elementi plazu:

Pri plazu je najvažnejša spodnja stran plazu, po kateri plaz drsi in se imenuje drsna ploskev ali drsina. Na njej se kažejo vse lastnosti drsenja. Na površini vidimo raze, ki kažejo smer plazu. Pri vsakem plazu ločimo: *telo plazu*, *površino plazu*, *površino plazenja*, *depresijo*, *trebuh plazu*, *nogo* ali *peto plazu* in *sekundarne razpoke*.

Površina plazu je zunanja površina, ki je pri navadnem plazu valovita, stopničasta,...Odlomni rob je najvišja razpoka, ob kateri je prišlo do odtrganja gmote plazu. Noga plazu ali peta plazu je izbočeni del na koncu plazu, vbočeni del plazu pa je depresija ali dolina plazu. Površina, po kateri se gmota premika, je drsna ploskev ali drsina. Najnižji del plazu se imenuje peta plazu, a najvišji del, ki sega preko podlage, se imenuje dno plazu.

### Počasno plazenje preperine:

Preperina se ob deževnem vremenu namoči in nabrekne, ob suhem vremenu pa suši in krči. Ob zmrzovanju se širi, ob tajanju ledu pa ponovno krči. Zaradi tega se delci v preperini pogosto malenkostno med seboj premikajo, kar pa ima za posledico, da celotna zgornja plast preperine, kjer se ti procesi odigravajo, počasi leze navzdol.

### Plazovi v ožjem pomenu:

O nestabilnih področjih govorimo, če je zaradi prekoračenja trdnosti prišlo vzdolž določenih ploskev do drsenja, valjenja, tečenja površinskega deka preperine ali kamnine.

Na osnovi globin ločimo:

- površinske plazove (do 1m globine)
- plitve plazove (1-5m globine)
- globoke plazove (5-20m globine)
- zelo globoke plazove (nad 20m globine)

### Geološka zgradba plazišč:

V večini primerov drsi le vrhnja preperela plast kamnin, redko pa tudi podlaga preperine. Zato ločimo:

1. Preperinske plazove:
  - plazovi v enotni glinasti preperini,
  - blatni tokovi,
  - gruščasti plazovi
2. Plazovi v kamninski podlagi:
  - asekventni plazovi,
  - insekventni plazovi,
  - konsekventni plazovi;

#### 3. Podori

1a) *Plazovi v enotni preperini:* so najbolj pogosti plazovi, ki se pojavljajo na kamninah, ki hitro preperevajo in dajejo pri tem glinasto preperino. Kamnine na katerih dobimo take plazove, so povsem trdne gline, skrilavi glinenci, skrilave metamorfne kamnine in laporovci.

*Ploskovni plazovi* zajemajo vso preperino na širših območjih, so pa tanki (debeli le nekaj metrov). Tak plaz se pomika kot sklenjen pokrov po celotni površini.

1b) *Blatni tokovi:* Če je na območju, kjer se sproži plaz, dovolj vode bodisi iz izvira pod plazom ali iz potočka, ki teče preko plazu, se po začetnem premikanju glinasta preperina tako prepoji z vodo, da postane tekoča. Hitrost blatnih tokov je sorazmerno majhna. Blatne tokove poznamo na nekaterih območjih, ki so iz zdrizaste gline. Pogosti so tudi ob vznožju ognjenikov, kjer se vulkanski pepel pomeša z vodo, ki nastane ob izbruhu ognjenika, ko ta raztopi sneg na pobočju. V sebi lahko nosi tudi večje bloke kamnin.

1c) *Gruščasti plazovi:* Ob vznožju strmih pobočij se pogosto nabere večja množina grušča, to je drobcev trdne kamnine, ki se krušijo z golih pobočij = *melišča*. Če je podlaga iz mehkih, malo odpornih kamnin bodo melišča nestabilna in bodo tam, kjer njihova teža prekorači trdnost podlage, pričela polzeti navzdol = plaz. Gruščnati plazovi nastanejo pod strmimi stenami.

2a) *Asekventni plazovi:* Nastajajo v debelih plasteh mehkih glin. Glina vsebuje več kot 50% vode. Drsina v asekventnem plazu lahko nastane v slabo konsolidirani kamnini. Mineralna zrna tvorijo luskasto strukturo, ki se ob pritisku stisne, zato voda počasneje odteka, zato tudi najdemo globlje v zemlji majhne in vlažne gline.

2b) *Insekventni plazovi v trdnih kamninah:* Če so kamnine povečini močno zdrobljeni skrilavi glinavci, pri katerih je del glinavca ponovno spremenjen v glinasto maso. Postopno se lahko izoblikuje globoka drsina; taki plazovi so redki, a globoki.

2c) *Konsekventni plazovi:* Nastanejo že po obstoječih geoloških ploskvah. To so plasti, ki vpadajo navzven proti dolini. Pri konsekventnem plazu nastane drsina največkrat na meji med dvema plastema. Kadar se nahaja med plastmi še voda, se stabilnost poslabša. Pri stabilnih plasteh so plasti zapolnjene s kakšnim mineralnim vezivom (kalcitom, kremenom). Ploskve med plastmi so hrapave in s tem preprečujejo drsenje. V naravi so konsekventni plazovi razmeroma redki, ker so se vsa pobočja, na katerih so kamnine nestabilne zaradi naklona plasti, največkrat že zdavnaj zrušila.

3) *Podori*: So manjše ali večje skale ali nakopičenje skal, ki se z veliko hitrostjo valijo po pobočju navzdol. Najbolj pogosti so takrat, ko se led stali. Pri podoru se lomijo kamnine iz strmih sten navadno spomladi zaradi mehanskega preprevanja.

#### Sprememba v obremenitvi pobočja:

Pri nasipavanju ali odkopavanju pobočja se lahko stabilnost pobočja poslabša do take mere, da prične pobočje drseti. V vsakem delu plazju lahko razdelimo sile v komponento, ki je vzporedna z drsino = *aktivna komponenta*, in komponento, ki je pravokotna na drsino = *pasivna komponenta*. Na plaz delujejo trije glavni dejavniki: - obtežba,  
- voda,  
- vibracija

*Obtežba*: Odlaganje večjih količin jalovine, to je tistih delov kamnine, ki ne vsebuje rude, ali drugega neuporabnega materiala na pobočja, povzroči sprožitev plazju. Pogost vzrok plazov je tudi gradnja cest in železnic.

*Voda*: Vpliva na zmanjšanje stabilnosti pobočja.

*Vibracije*: Tresenje je pospešeno gibanje, zato delujejo na vsak delec plazju poleg sile teže še sila, ki je vzporedna z vektorjem pospeška.

#### Morfologija plazovitih pobočij:

Plazovi lahko območje močno spremenijo. Na plazovitem območju se navadno drevesa premaknejo iz svojega naravnega položaja.

#### Saniranje plazišč:

Če hočemo plaz sanirati ali izboljšati pobočje, katerega trdnost ni dovolj velika, da bi nosila neko zgradbo, moramo izboljšati vsaj enega izmed dejavnikov, ki so povzročili gibanje plazju. Ker je povsod **glavni dejavnik voda**, moramo vse plazove sanirati s tem, da jih dreniramo in po možnosti vodo odpeljemo še predno pride v plaz. V ta namen moramo nad plazom zgraditi zaščitne jarke, ki ob deževju zbirajo površinsko vodo, ki jo moramo odvajati poševno na pobočje zunaj plazju.

- Oporni zidovi:

Če plaz ni preglobok, potem lahko tak plaz ustavimo z gradnjo opornih zidov na njegovem spodnjem delu. Morajo pa biti dovolj močni (podražitev gradnje).

- Preiskava plazju:

Preiskava plazju obsega najprej podroben pregled površine in zaznavanje vseh znakov premikanj, razpok v zemljišču, zgradbah, zakrivljenja dreves. Registrirati je treba vse izvire in površinske vodotoke

#### HE Moste:

Plaz nad levim bregom umirjevalnega tolmana HE Moste! Plaz je bil tik ob savskem prelomu v oligocenski morski glini. Tu je bila na pobočju že pred gradnjo nad glino večja masa proda in konglomeratnih blokov, ki so izvirali iz višje ležečega pobočja, ki je tu strmo in se stalno ruši. Gline pred gradnjo na površini sploh ni bilo videti, vendar se je dalo sklepati po konfiguraciji pobočja, da je v spodnjem delu pobočja pod površinskim prodnatim gruščem. Takoj po pričetku izkopa jame za umirjevalni tolmun, se je celotno pobočje začelo premikati. Pobočja tu niso mogli sanirati, temveč so vso plazino odkopali.

## **6. HIDROGEOLOGIJA**

### **6.1. PODZEMNA VODA – PODTALNICA:**

Vodo lahko dobimo iz odprtih virov, kot so vodotoki ali sotječe vode. Največ vode je shranjene v oceanih (97,6% vse vode). Drugi največji rezervoar vode je polarni led.

GLOBINA: Več kot polovico vode je v globini do 750m. Mejna globina podtalne vode je 12km.



## GIBANJE VODE V NARAVI:

Kondenzirana voda pade na Zemljo v obliki dežja, rose, toče, snega. Pri tem del vode takoj izpari in se ponovno vrne v atmosfero, en del steče po površini do jezer, rek in morij, del pa pronica v zemljo, kjer se pretaka in zbira ter tako ustvarja pomembne zaloge vode. Voda v zemlji se pretaka in pride na dan v obliki izvirov, nato se priključi površinskim vodotokom, stoječim vodam ali pa izhlapi v atmosfero. Del vode, ki so jo absorbirale, oddajo rastline s transpiracijo v atmosfero.

Tako kroženje vode imenujemo *veliki hidrološki cikel*, za razliko od *malega hidrološkega ciklusa*, ki poteka samo med površinskimi vodami in atmosfero in med podzemnimi vodami in površinskimi vodami.

Kroženje vode obsegata *notranji vodni obtok* (zajema le kopnine, notranjosti kontinentov), in *mali vodni obtok* (zajema oceane, morja), ki skupaj tvorita **VELIK VODNI OBTOK**.

$P$  (skupne padavine) =  $E$  (evaporacija) +  $T$  (transpiracija) +  $S$  (voda, ki površinsko odteče) +  $V$  (voda, ki se infiltrira v tla)

## 6.2. PODZEMNE VODE – PODTALNICA:

**Podtalnica lahko nastane:** - S preobrazbo površinskih vod, s pronicanjem deževnice, topljenjem snega ali drugih padavin ali s pronicanjem vode iz vodotokov, jezer, morij.  
- S kondenzacijo z vodo nasičenih par.  
- S kondenzacijo vodnih par magmatskega porekla, kakor tudi s sintezo vidika in kisika v magmi.  
- Z osvobajanjem kemično vezane vode v mineralih.

**Stanja podtalnic:** - V plinastem stanju  
- V tekočem stanju: -higroskopne,  
-vezane membranske,  
-kapilarne,  
-proste,  
-tekoče,  
-stoječe  
- V trdnem stanju: -vode v obliki vodnih hlapov  
-voda v tekočem stanju

1. Vode v obliki vodnih hlapov: vodni hlapci so običajno v prostorih med kamnino skupaj z zrakom.

2. Voda v tekočem stanju:

a) Fizikalno vezana voda ima velik pomen v agronomiji (dostopna rastlinam). Lahko so to higroskopne vode in membranske vode. Prve so tiste, ki se zberejo na zrnu v obliki vodnih kapljic, ki deloma ali v celoti prekrivajo površino zrna. Membranske vode predstavljajo tanke obloge na delcih v debelini 0.0002mm.

b) Prosta voda se pretaka skozi kamnine in se v njih akumulira. Lahko so to kapilarne vode ali pa vode, ki se pretakajo skozi kamnine. Kapilarne vode zapolnjujejo pore in so pod vplivom gravitacije in prenašajo hidravlični pritisk.

### Proste podzemne vode:

To so vode, ki se v tleh gibljejo zaradi gravitacije ali kot drobne kapljice ali pa se prelivajo v curkih. Nastanejo iz dežja, snega in drugih padavin, pronicajo v tla vse do neprepustnih plasti, kjer se zbirajo in ustvarjajo akumulacije. Gibanje takih vod je odvisno samo od težnosti, hitrost sama pa od količine in oblike vodne mase.

*Vodonosniki - vodni horizonti:* Vodonosniki predstavljajo najpomembnejše akumulacije prostih podtalnih vod.

### Fizikalne lastnosti podtalnice:

So odvisne od geoloških razmer okolice. Osnovne fizikalne lastnosti podtalnice so:

1. Okus (odvisen od raztopljenih soli in plinov v vodi (kisli, slani, sladki, grenki, lužnati, omladni okusi)), 2. Vonj (odvisen od količine lahko hlapljivih snovi v vodi), 3. Barva (čista podtalnica je

brezbarvna, lahko pa je obarvana z različnimi (an)organskimi snovmi), 4. Bistrost (zaradi prisotnosti koloidnih delcev (an)organskega porekla so vode lahko slabo prosojne. Motne vode so navadno tiste, ki se nefiltrirajo skozi dovolj gost sediment, sicer so vode bistre), 5. Temperatura (vode toplejše od 20°C so tople - termalne, vode pod 20°C pa so hladne vode), 6. Elektroprevodnost (odvisna od koncentracije soli v vodi (količina elektrolitov))

### **Kemične lastnosti podtalnice:**

- *Plini*: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>2</sub>, dušik, žveplovodik. Poznati je treba koncentracijo vodikovih ionov - pH vode.
- *Trdota*: V podtalnici, ki služi za pitje, so najpogosteje raztopljene soli Ca, Mg in Na, oz. njihovi hidrokarbonati in sulfati. Glede na količino raztopljenih soli v vodi ločimo trde in mehke vode. Za pitje so najboljše vode s trdoto okrog 8 - 12 stopinj.
- *Agresivnost podtalnice*: Agresivnost podtalnice na beton, Fe in druge gradbene materiale se določa glede na količine raztopljenih sulfatov in ogljikovega dioksida.
- *Čistost vode*: Je odvisna od dejavnikov:
  - kemične sestave površinskih vod iz katerih so podtalnice nastale
  - topnosti porozne kamninske mase,
  - velikosti stičišč z vodo,
  - dolžine stika s kamninsko maso,
  - temperaturo kamnine in vode,
  - hidravličnega pritiska,
  - hitrosti podzemne vode

### **Hidrološke funkcije kamnin:**

Najpomembnejša fizikalna lastnost kamnin za hidrogeologijo je poroznost in za vodo propustnost. Po hidrogeološki funkciji kamnine razdelimo na:

- a) *Hidrogeološki kolektorji* so tiste kamnine, ki omogočajo, da se v medzrnskih prostorih akumulira prosta podtalnica. Tipični vodonosni sedimenti so prod, pesek, peščenjak, dolomit, apnenec.
- b) *Hidrogeološki izolatorji* so neprepustne ali drobnoprepustne kamnine, ki ne prepuščajo ali slabo prepuščajo vodo. Poznamo več izolatorjev: Talninski, krovninski in pregradni ali barierni izolator.

### **Podtalnica - vodni horizonti - vodonosnik:**

Z imenom vodonosnik označujemo vse geološko pomembne akumulacije prostih podzemnih vod, neglede na njihovo poreklo ali geološke pogoje v katerih so nastale. Ustvari se povsod tam, kjer pride do akumulacije ali zmanjšanja pretoka podtalnice.

#### ➤ Oblike, strukture in meje vodonosnikov:

Oblike vodonosnikov vedno ustrezajo obliki poroznega agregata v katerem so vode akumulirane. Poznamo:

1. *Enotne vodonosnike*, ki se največkrat oblikujejo s superkapilarnimi porami. Vse pore so zapolnjene z vodo od talnega izolatorja do zgornje površine vodonosnika. Meje enotnih vodonosnikov so ostre in jih zato dobro označimo na hidrogeoloških kartah.

Slika: Enotni vodonosnik v prodnem nanosu, v katerem je vodna masa v celoti povezana.

2. *Razcepljeni vodonosnik*, ki ima enotno vodno maso, čeprav je ta razvejana na številne rokave. Tak vodonosnik predstavljajo spleti vodnih žil, leč in vodnih plasti, ki se v celoti ne stikajo, pač pa so povezani le na določenih delih. Meje med posameznimi žilami so navadno manj jasne, zato se na kartah označujejo precej splošno.

Slika: Razcepljeni vodonosnik nastane zaradi glinenih leč in plasti, ki ločujejo posamezne vodne horizonte v sicer enotnem vodonosniku.

3. *Sestavljeni vodonosniki*, ki so kombinacija prejšnjih dveh (enotnega in razcepljenega). To so vodonosniki, ki se oblikujejo na različnih tipih kamnin (npr. v prod in dolomitu).

Slika: Vodonosnik v prodnih in dolomitnih plasteh

➤ Meje vodonosnikov:

*Geološke meje* vodonosnikov so v glavnem jasne in predstavljajo mejo med prepustnimi in neprepustnimi plastmi in so stalne. Geološke meje se vedno ne ujemajo s hidrološkimi.

*Hidrološke meje* vodonosnika so običajno manj jasne (posebej kjer prehajajo porne vode v kapilarne).

Površina vodonosnika se riše v obliki *hidroizohips* = povezujejo točke istih globin podtalnice.

➤ Hidravlični gradient i:

Je nagib podtalnice in je odvisen od stopnje prepustnosti kamnine oz. od hitrosti vode skozi pore v

kamnini.  $I = \frac{(h_2 - h_1)}{L}$

➤ Vodonosna in nadvodonosna cona:

*Vodonosna cona:* Je neposredno nad hidroizolatorjem = neprepustno plastjo. Sem prištevamo vodonosnik, ki je v celoti zapolnjen z vodo. Meja med podtalnico in kolektorsko cono (nadvodonosno cono) sezonsko močno niha in ima dva letna minimuma in maksimuma (minimum poleti in pozimi, maksimum spomladi in jeseni)

*Kolektorska cona:* Kapilarni pas se oblikuje tik nad podtalnico, ko se del vode vsrka v višje ležečo plast.

*Prehodni pas:* Je običajno najdebelejši pas kolektorske cone in se nahaja med kolektorsko in kapilarno cono ter najvišje ležečim preperinskim pokrovom.

*Preperinski pas:* Predstavlja najvišji del profila. V tem delu nastopajo kapilarna voda in voda v obliki vodnih kapljic.

➤ Hidravlični mehanizem podtalnice:

Je mehanizem, ki uravnava zapletene pojave v podtalnici glede pretoka in ravnotežja. Gibanje podtalnice, ravnotežje vode v podtalnici in drugi hidravlični pojavi se razlikujejo od pojavov v površinski vodi.

### 6.3. PODZEMNE VODE - VODONOSNIKI:

#### Hidravlične vrste vodonosnikov:

➤ Zaprta ali stacionarni vodonosniki:

Značilen je konstanten hidravlični mehanizem. Voda v njih miruje. Tak vodonosnik je z vseh strani zaprt s hidroizolacijsko plastjo. Voda v njem ne kroži in se ne giblje. To lahko stori šele človek.

➤ Odpri ali nestacionarni vodonosniki:

Oblikujejo se v poroznih kamninah hidrogeoloških kolektorjev in imajo stalen stik s hidrološkim ciklusom. So najpomembnejši rezervoarji pitne vode. Poznamo polzaprti in polodprti vodonosnik, kjer nastopa nad vodonosnikom slabo prepustna plast.

Glede na hidravliko odprtega vodonosnika ločimo:

- *Proste vodonosnike*, ki imajo v talnini neprepustne plasti, ki jih omejujejo navzdol, medtem ko je zgornja površina podtalnice prosta in se lahko včasih preliva v obliki izvira.

Slika: Prosti vodonosniki imajo zgornjo površino vodonosnika prosto. Vodonosnike se lahko prazni s prelivnimi izviri.

- *Kraški vodonosniki:* Čepprav so lahko zelo razvejani, so med seboj povezani. Zgornja meja podtalnice je navadno nepravilna in nagnjena proti mestu izlivanja.

- *Arteški vodonosniki:* Arteeska podtalnica je tista, ki ima poleg neprepustne podlage tudi neprepustno krovino, ki preprečuje prosto oblikovanje površine, niti ne dovoli hidravličnega ravnotežja. Za oblikovanje arteške podtalnice morajo biti izpolnjeni pogoji: -hidrogeološki kolektor mora biti med

- krovninskim in talninskim izolatorjem,
- ležati mora pod nekim kotom,
- s svojim višjim delom mora biti nekje na površini, da se lahko napaja,
- za arteške studence velja, da so na dnu neke depresije, ki je nižje od prostega nivoja podtalnice.

### **Napajanje in praznjenje vodonosnika:**

Napajanje vodonosnika je običajno naraven proces, na katerega lahko vpliva tudi človek. Napaja se na naslednje načine: - iz površinskih vodnih tokov (potokov, rek, jezer...),

- iz atmosferskih vod (dež, sneg...),
- iz višjih vodonosnikov,
- iz juvenilnih vod.

Površina iz katere se vodonosnik napaja, se imenuje *zbiralna površina vodonosnika*. Ena zbiralna površina lahko napaja več vodonosnikov in obratno. *Razvodnice* ločujejo napajalna območja dveh vodonosnikov. Tako kot polnjenje poznamo tudi naravno in umetno praznjenje. Pri naravnem praznjenju izhaja voda iz vodonosnika v obliki izvirov ali oken ali s prelivanjem v nižji vodonosnik. Umetno praznimo vodonosnik z vodnjaki in drenažnimi vrtnami, arteškimi vodnjaki...

Pri črpanju vode pride do sprememb nivoja vodonosnika, nastanejo depresije.

### **Onesnaževanje podtalnice:**

Podtalnica se lahko onesnaži z anorganskimi in organskimi snovmi, radioaktivnimi snovmi, ki pridejo vanjo kot razpadni produkti, ionizirajočim sevanjem, s kovinskimi prvinami, ki imajo svoj izvor v rudarjenju, industrijskih odpadnih vodah, v komunalnih in kmetijskih odplakah, fosilnih gorivih, prometu. Možno je tudi onesnaževanje z ioni, ki vsebujejo dušik ali fosfor in so tudi v organskih spojinah. Poznamo še anorgansko onesnaženje s kovinskimi elementi v majhnih količinah kot npr. Ca, Mg, Na in ioni. Organske snovi, ki lahko onesnažujejo vodo, so povsod na površini. To so razni rastlinski in živalski ostanki gnitij, organski ostanki v odpadnih jamah, gnojišča...

Med biološke dejavnike onesnaževanja podtalnice lahko prištevamo delovanje patogenih bakterij, virusov in parazitov. Glavni vir biološkega onesnaževanja so človeški in živalski iztrebki, odpadna voda.

Onesnažene vode z mehanskimi delci in delno biološko onesnaženje se naravno čistijo skozi fino porozne kamnine. Čim drobnejše so pore in čim daljša je pot pretoka skozi take kamnine, tem učinkovitejše je čiščenje. Najboljši filtri so čiste mastne gline.

### **6.4. PODTALNICA - IZVIRI:**

Najpogosteje prihaja podtalnica na dan v obliki izvirov. Izvir je lahko enoten ali razvejan. Glede na mehanizem izvira ločimo:

- *Gravitacijski ali sladkovodni izviri* pri katerih se voda giblje proti izviru s pomočjo gravitacije. Imajo plitve vodonosnike.
- *Arteški izviri*: Voda pride na dan pod določenim arteškim pritiskom, so pogosto mineralizirani., temperatura in količina vode sta konstantni. Zbiralke imajo daleč od izvirov.
- *Hidropnevmatski izviri* so izviri, kjer se voda vzpenja pod pritiskom plinov vzdolž prelomov iz večjih globlin.
- *Kraški izviri* so specifični gravitacijski izviri, redko arteškega značaja, ki se pojavljajo na dnu dolin, polj, kotlin. Značilnost je velika količina vode.

### **Izdatnost izvirov:**

Pri kapilarnih izviroh merimo izdatnost na način, da lovimo celotno količino vode v posodo v določenem času in nato izmerimo količino vode. Pri nekapilarnih izviroh določamo izdatnost izvirov s pomočjo prelivnih profilov, različnih odprtín.

### **Dinamika podtalnice:**

Na hitrost in način gibanja podtalnice najbolj vpliva struktura poroznosti, količina vode, nagib talnine in velikost hidravličnega pritiska. Podtalnica se lahko giblje:

- Laminarno gibanje ali filtracija* je počasno, enakomerno gibanje vode predvsem v poroznih in drobno razpokanih kamninah
- Turbolentno gibanje* je razmeroma hitro gibanje; tok opazimo pri vodi, ki pronica in pri tekoči podtalnici.

### **Smer gibanja podtalnice:**

Najenostavneje jo določimo grafično po podatkih iz treh bližnjih vrtin, za katere medsebojno poznamo razdaljo in globino, na kateri se pojavi podtalnica. Na karto vrišemo vse tri točke, jih zvežemo v trikotnik in dobimo hidroizohipse; smer toka je pravokotna na hidroizohipse.

### **Hitrost podtalnice:**

To določimo z mešanjem vode s kuhinjsko soljo v določeni vrtini. Ugotavljamo koncentracijo. Določimo hitrost toka z merjenjem časa potovanja koncentracije od točke spuščanja soli do točke

zaznamovanja koncentracije.  $V = \frac{l}{t}$ ;

$l$  = razdalja od mesta koncentracije do opazovalnega mesta

**Izdatnost vodonosnika** se razume kot količina vode, ki v enoti časa steče skozi določen odsek hidrokolektorja, v katerem je prosta podtalnica.

### **Pritok vode v vodnjake:**

Skopani ali navrtani vodnjaki. Po načinu pritoka vode so lahko navadni ali pa arteški.

---

## **7. OSNOVNI POJMI**

Preperevanje - fizikalno, mehansko in biološko razpadanje kamnin, ki ga povzročajo temperaturne razlike, voda in organizmi.

Denudacija - premikanje preperlega gradiva s kraja nastanka pod vplivom vetra, težnosti, padavin.

Usad - pojav, ko se zaradi porušenega ravnotežja v zgornjih plasteh ali v preperini utrga del materiala in zdrsi po pobočju le za nekaj metrov (vzrok je voda).

Plaz - preperlina se premika hitro in dalj časa ter zajame večje območje.

Deflukcija - počasno, stalno gibanje - polzenje preperline po pobočju. Posledice: deformirana debla, ki so bolj ali manj nagnjena v smeri nagiba pobočja (»pijana drevesa«), a tudi malo valovita izbočena tla.

Soliflukcija - počasno polzenje vrhnje plasti preperlinske odeje, ki ga pospešuje dolgotrajnejša zamrznjenost podlage.

Rečna erozija - globinsko in na ozek pas omejeno mehanično delovanje tekočih voda. Rečna erozija deluje mehanično s trganjem kamninskih delcev v rečnem koritu, s premikanjem in prenašanjem delcev, ki zadevajo ob trdno dno in ga s tem poglobljajo

Rečna akumulacija - odlaganje gradiva, ki ga tekoča voda nosi s seboj; ko reki oz. potoku že zmanjka moči za erozijo, začne z nasipavanjem ali akumulacijo.

Vršaj - položni stožčasti nanos, ki ga odloži pritok ob ustju stranske doline.