

# 1 GEOLOGIJA I GRAĐEVINARSTVO

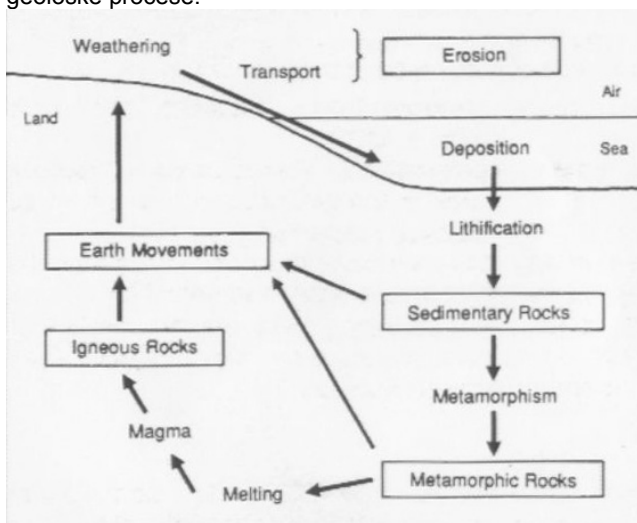
## GEOLOŠKI OKOLIŠ

Zemlja je aktivan planet u stanju konstantne promjene. **Geološki procesi** kontinuirano mijenjaju zemljinu površinu, razaraju stijene, stvaraju nove stijene i doprinose složenosti uvjeta u podzemlju.

Geološki kružni tok obuhvaća sve glavne procese koji se ciklički izmjenjuju, pri čemu nastaju različite vrste stijena.

Na **kopnu** dominiraju procesi erozije i razaranja stijena. U **morima i oceanima** dominiraju procesi taloženja i postanka novih sedimenata. U **podzemlju** se deformiraju postojeće stijene i nastaju nove stijene.

**Tektonski pokreti** su vrlo značajani u geološkom ciklusu jer bi bez njih površina zemlje bila u potpunosti izerodirana do razine mora. Tektonika ploča predstavlja osnovni mehanizam za gotovo sve pokrete zemljine kore. Vruća zemljina unutrašnjost je izvor neiscrpane energije za sve geološke procese.



## INŽENJERSKO ZNAČENJE

**Građevinski radovi** se odvijaju na zemljinoj površini ili u podzemlju. Za građevinske radove relevantna su svojstva stijena i tala, kao što je njihova čvrstoća; ali i geološki procesi (**endogeni i egzogeni procesi**) jer oni kontinuirano mijenjaju ta svojstva. Zajednički naziv za endogene i egzogene procese je **geodinamički procesi**.

**Geotehnička istraživanja** su istraživanja geoloških značajki koja se provode u građevinske svrhe. Ona uključuju interpretaciju prirodnih (inženjersko-geoloških) uvjeta, trodimenzionalne slike podzemlja i identifikaciju područja s posebno zahtjevnim geotehničkim uvjetima ili potencijalne geohazarde.

**Nepredviđeni geotehnički uvjeti** mogu se dogoditi zbog toga što podzemlje može biti jako heterogeno, ali najčešće su posljedica neodgovarajućih istraživanja.

**Geotehničko projektiranje** može se prilagoditi gotovo svim uvjetima u podzemlju, koji su ispravno prognozirani i interpretirani.

### NEKI OD INŽENJERSKIH ZAHVATA ZA OMOGUĆAVANJE GRAĐENJA U SPECIFIČNIM UVJETIMA

GEOLOŠKI UVJETI	INŽENJERSKI ZAHVAT
Meko tlo i slijeganje	Projektiranje temeljenja na način da se smanji ili drugačije rasporedi opterećenje
Slabo tlo i potencijalni slom	Poboljšanje tla ili ispunjavanje šupljina; ili identifikacija i izbjegavanje opasnih zona
Nestabilna padina i potencijalno klizanje	Stabilizacija ili podupiranje kosina; ili izbjegavanje zona hazarda
Bujica ili erozija obale	Usporavanje procesa pomoću zaštite obala građevinama od stijena ili betona
Potencijalni seizmički hazard	Seizmičko projektiranje otporno na vibracije; izbjegavanje nestabilnog tla
Potencijalni vulkanski hazard	Identifikacija i izbjegavanje zona hazarda; pokušaji predviđanja erupcija
Stijena potrebna kao materijal za aggregate	Procjena rezervi i ispitivanje stijena

**Geološko vrijeme** je vrlo važan pojam. Zemlja je stara približno 4,5 milijarde godina, a njezina recentna građa je posljedica kontinuiranog razvoja i promjena. Većina stijena u kojima se odvijaju građevinski radovi stara je 10-500 milijuna godina; u stijenama koje su transportirane i deformirane tijekom geološkog vremena, a neke su od njih izložene na površini kao posljedica odnošenja (npr. erozijom) stijena koje su primarno bile iznad njih. Većina geomorfoloških oblika koji se danas nalaze na površini Zemlje također su otkriveni erozijom u posljednjih nekoliko milijuna godina, dok su stariji oblici uništeni. Poimanje geološkog vremena je važno jer većina stijena na površini Zemlje nije nastala u okolišu u kojemu se danas nalazi.

U geologiji je značajan pojam mjerila: Rasprostiranje slojeva u stijenama može biti stotinama kilometara. Izdizanje stijena je reda veličine nekoliko tisuća metara. Geološke strukture dosežu dubine 1000 m ispod površine. Čvrsti vapnenac ponaša se plastično u procesima vezanim za tektoniku ploča. Klizati mogu mase stijena teške i preko 100 milijuna tona. Potresi su milijun puta jači od atomske bombe. Geološko vrijeme mjeri se u milijunima godina.

### THE STRATIGRAPHIC COLUMN

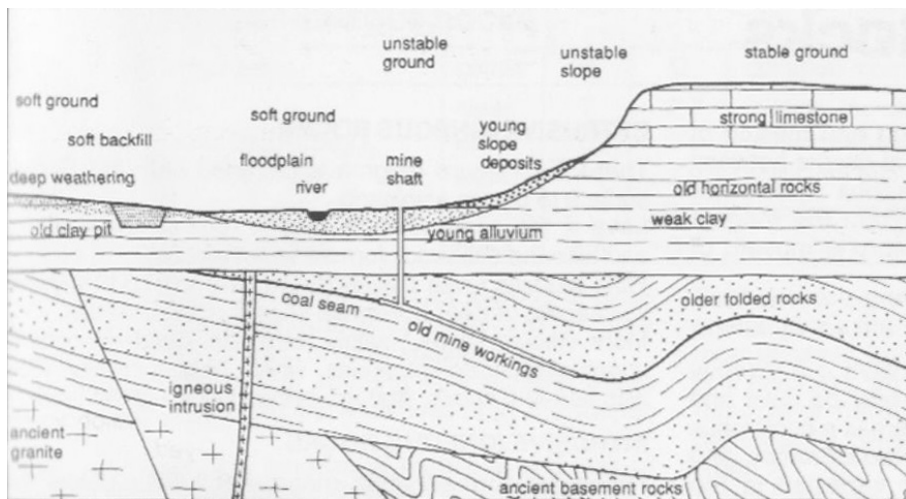
period/system	era	age M.y.
Holocene = Recent Pleistocene	Quaternary	1-8
Pliocene } Miocene } Neogene Oligocene } Eocene } Paleocene } Paleogene	Tertiary	
Cretaceous Jurassic Triassic	Mesozoic	65
Permian } Carboniferous } Pennsylvanian Devonian } Mississippian Silurian } Ordovician } Cambrian }	Paleozoic	245
Proterozoic Archean (origin of the earth)	Precambrian	545 4600

### Komponente inženjerske geologije

Područje istraživanja	Broj poglavlja
Mehanika tla	2-3
Značajke prirodnih materijala	4-10
Podzemna voda	11-13
Površinski procesi i materijali	14-18
Geotehničko istraživanje	19-25
Primjena inženjerskogeloloških istraživanja	26-30

Ostali geološki pojmovi, kao što su fosili i historijska geologija, mineralna ležišta i dugotrajni geološki procesi, nemaju izravno značenje za inženjere, pa stoga neće biti obuhvaćeni ovom skriptom.

Opis **geološkog profila** u Midland-u (Engleska): Većina stijena nastala je prije 200-300 milijuna godina, kada se to područje nalazilo blizu ekvatora u okolišu močvare u delti, nakon čega je tektonskim pokretima dospjelo u plitkomorski okoliš. Površina zemlje oblikovana je erozijom tijekom posljednjih nekoliko milijuna godina, kada su aluvij i padinski nanosi djelomično ispunili rijekom usječenu dolinu. Složenosti geoloških uvjeta doprinijele su naslage poplavne ravnice, meki sedimenti, duboko položena osnovna stijena, nestabilne padine, stari rudnik i zatrpani površinski kop.



## ČVRSTOĆA STIJENE/TLA

Čvrstoća prirodnih materijala, koji izgrađuju podzemlje, stijena i tala, varira u širokom rasponu: granit je 4000 puta čvršći od tresetnog tla. Neke od varijacija u čvrstoći stijena sažeto su prikazane u tablici, pri čemu se razlikuju čvrste i slabe stijene.

ČVRSTE STIJENE	SLABE STIJENE
UCS > 100 MPa	UCS < 10 MPa
slabo raspucane	raspucane i uslojene
minimalno trošne	duboko trošenje
stabilni temelji	problemi usijedanja
stabilne strme kosine	slom već pri malim nagibima kosina
izvor agregata	iziskuju inženjerski tretman

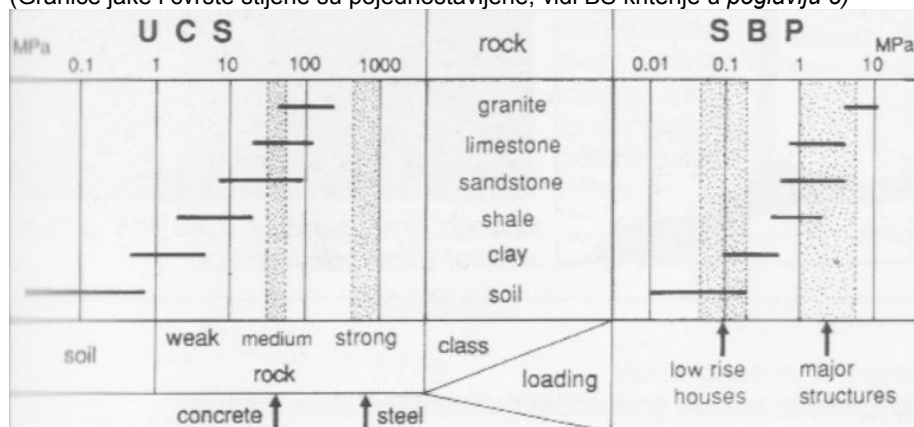
**UCS (eng. uniaxial compressive strength):** Neograničena (ili jednoosna) tlačna čvrstoća: opterećenje koje uzrokuje slom uzorka materijala između dviju ravnih ploča, a bez sile koja predstavlja bočni otpor.

Prilikom **procjene** inženjerskogeoloških uvjeta potrebno je razlikovati.

- intaktnu stijenu – čvrstoća neraspucanog malog bloka stijene; izražava se pomoću UCS-a.
- stijenska masa – svojstva velike mase raspucane stijene; izražava se pomoću kategorija stijenske mase (poglavlje 9 *Stijenska masa*).

Opaska: jaka stijena može biti na površini kosine toliko raspucana da je njezina stijenska masa slaba i nestabilna. Inženjerskogeološki uvjeti također značajno variraju uslijed lokalnih pojava koje ih oslabljuju, kao što su podzemne šupljine, nagnute plohe smicanja i ljudski zahvati.

(Granice jake i čvrste stijene su pojednostavljene; vidi BS kriterije u *poglavlju 8*)



**SBP:** Sigurna (ili prihvatljiva) nosivost: opterećenje kojemu stijena može biti izložena u podzemlju, a da su građevine na njoj pri tome sigurne; procijenjeno (ili izmjereno) granično stanje pri kojem se stijena slama (pri čemu nastaju frakture i zone lokalnog oslabljenja) podijeljen s faktorom sigurnosti 3 i 5.

## STIJENE I MINERALI

**Stijene:** agregat minerala: varijabilna svojstva.  
**Minerali:** sastavljeni od elemenata: nepromjenjiva svojstva.  
**Svojstva stijena** uveliko ovise o:  
 ♦ čvrstoći i stabilnosti minerala od kojih se sastoje;  
 ♦ povezanosti ili oslabljenostima u mineralnoj strukturi;  
 ♦ pukotinama, slojevitostima i velikim geološkim strukturama u stijenama.  
 Sve stijene svrstane su u jednu od tri osnovna tipa, definiranih na temelju porijekla i svojstava.

Većina petrogenih minerala su silikati – koji se sastoje od kisika, silicija i ostalih elemenata. Svojstva stijena mogu iskazivati ekstremne varijacije. Radi lakšeg razumijevanja geologije korisno je generalizirati, kao što je to učinjeno u tablici ispod; ali pri tome treba imati na umu da stijene nisu inženjerski materijali (npr. beton), tako da njihova svojstva mogu varirati od lokacije do lokacije. Na primjer: većina sedimentnih stijena je prilično slaba, a vapnenac, kao sedimentna stijena, može biti i vrlo jak.

Vrsta stijene	Magmatska	Sedimentna	Metamorfna
porijeklo materijala	kristalizacija iz rastaljene magme	debris nastao erozijom na površini zemlje	alteracije temperaturom i/ili pritiskom
okoliš	podzemlje; i tokovi lave	taložni bazeni; uglavnom more	uglavnom duboko ispod planinskih lanaca
tekstura	mozaična od međusobno uklještenih kristala	većinom zrnata i cementirana	mozaična od međusobno uklještenih kristala
struktura	masivna (bez strukture)	slojevita	orijentacija kristala pod utjecajem pritiska
čvrstoća	jednoliko visoka čvrstoća	promjenjiva, ali niska; planarne oslabljenosti	varijabilna, ali visoka; planarna oslabljenja
predstavnici	granit, bazalt	pješčenjak, vapnenac, glina	škriljavac, slejt