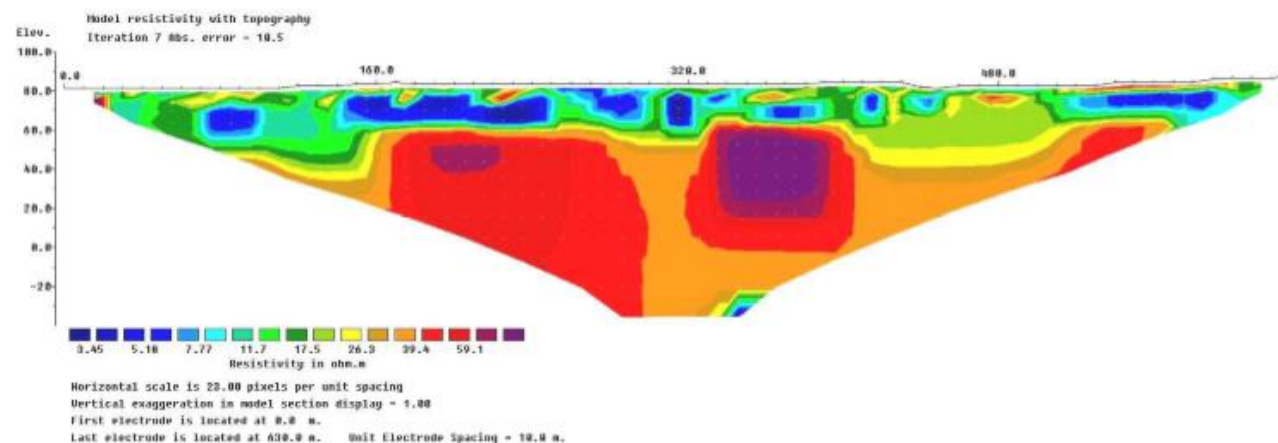


METODE ISTRAŽIVANJA I PRIMJENA REZULTATA U GRADITELJSTVU



METODE ISTRAŽIVANJA I PRIMJENA REZULTATA U GRADITELJSTVU

- ▶ **inženjerskogeološka istraživanja** - provode se u okviru inženjerskih projekata - najčešće građevinskih (geotehničkih) i rudarskih

- ▶ **Uloga inženjerske geologije u okviru građevinskih, rudarskih i geotehničkih istraživanja je:**
 - definiranje geoloških formacija: litoloških, stratigrafskih, strukturnih, geomorfoloških i hidrogeoloških
 - određivanje mineraloških, petroloških, fizičko-mehaničkih, kemijskih i hidrauličkih značajki svih prirodnih materijala (stijena) koji se susreću u gradnji i prilikom eksploatacije mineralnih sirovina
 - procjena mehaničkog ponašanja stijena i tla
 - predviđanje promjena svih gore navedenih svojstava s vremenom
 - određivanje parametara za analize stabilnosti
 - poboljšanje i održavanje uvjeta geološkog okoliša i njegovih svojstava

GEOLOŠKO INŽENJERSTVO

- Inženjerska geologija **sjedinjuje i interpretira rezultate** istraživanja iz drugih znanstvenih disciplina:
 - geodetska mjerenja
 - hidrogeološka istraživanja
 - geofizika
 - mehanika stijena
 - mehanika tla
 - laboratorijska istraživanja

METODE ISTRAŽIVANJA I PRIMJENA REZULTATA U GRADITELJSTVU

- **Predmeti istraživanja inženjerske geologije:**

- 1. značajke stijena i tala**

- fizička i mehanička svojstva

- 2. geodinamički procesi i pojave**

- fizičko-geološki procesi

- 3. hidrogeološki uvjeti**

- 4. geomorfolški uvjeti**

1. Značajke stijena i tala - fizička i mehanička svojstva

- Inženjerska geologija razlikuje:
 - **litološko tijelo** – jasno ograničena masa (jedna vrsta stijena)
 - **litogenetski kompleks** – genezom uvjetovana asocijacija dviju ili više vrsta stijena nastalih u istom geološkom ciklusu (npr. Fliš)
 - **građevinsko tlo** – plitki površinski dio Zemljine kore koji dolazi u zahvat graditeljstva, a dopire do dubine utjecaja objekta
 - **teren** – dio Zemljine kore koji je predmet neposrednog inženjersko-geološkog proučavanja

1. Značajke stijena i tala - fizička i mehanička svojstva

- **STIJENE**

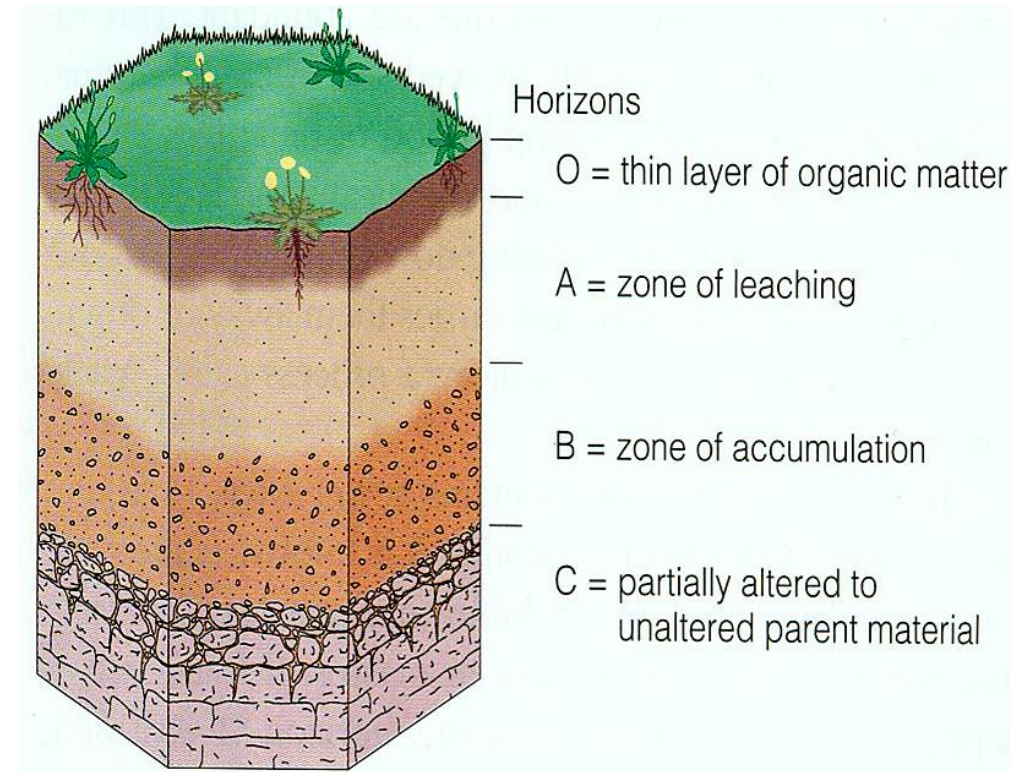
- kao sredina na kojoj se gradi
- kao sredina u kojoj se gradi
- stijena kao građevinski materijal

- **TLO**

- samostalno prirodno tijelo nastalo postupnim razvojem iz rastresitih stijena ili taloženjem čvrstih stijena, ili trošenjem čvrstih stijena pod utjecajem pedogenetskih procesa
- mineralogene i biogene komponente

1. Značajke stijena i tala - fizička i mehanička svojstva

- **TLO**
 - potrebno vrijeme da se oblikuje
 - postanak kontroliran - padalinama, temperaturom, tipom stijena
- **2 horizonta** na površini Zemlje:
TLO (MEKOTA)
ČVRSTA STIJENA ("ZDRAVI" SLOJ)
- B + C – kora trošenja

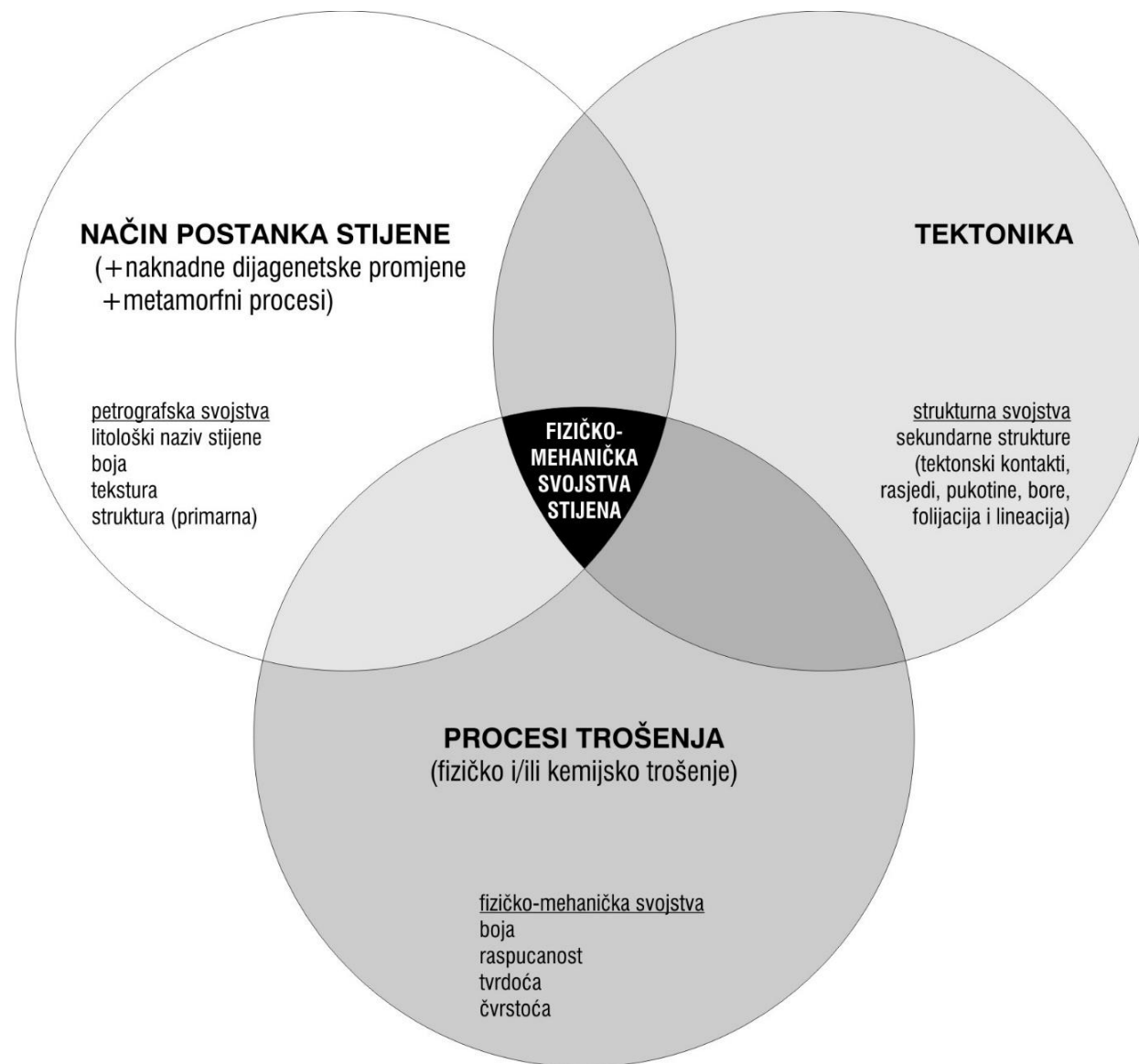


preuzeto iz: Wicander, R. & Monroe, J.S. (1999): Essentials of Geology

PREDMETI ISTRAŽIVANJA INŽENJERSKE GEOLOGIJE

1. značajke stijena i tala - fizička i mehanička svojstva

- utvrđivanjem svojstava stijena inženjerskogeološkim istraživanjima dobivaju se:
 - potrebni inženjerski parametri
 - predodžba o geološkom okolišu i razlozima postojanja određenih litoloških i fiz.-mehaničkih značajki stijena/tala + prostorni raspored



2. Geodinamički procesi i pojave (fizičko-geološki procesi)

- **svrha je ocjena opasnosti za neki objekt i utjecaj na izvođenje radova**

- događaji u Zemljinoj kori i na njezinoj površini koji se odražavaju na terenu
- endogeni procesi i egzogene procese
 - erozija i akumulacija
 - klizanje
 - krški fenomeni
 - sufozija
 - volumne promjene tla
 - seizmički procesi
 - eolski procesi
 - permafrost
 - vulkanske aktivnosti

2. Geodinamički procesi i pojave (fizičko-geološki procesi)

Inženjerskogeološke pojave:

- promjene prirodnog stanja **izazvane radom čovjeka tj. inženjerskim radovima i eksploatacijom nekih objekata**
 1. zbijanje rastresitih stijena (umjetnim snižavanjem razine podzemne vode - dugotrajna crpljenja)
 2. slijeganje terena zbog težine objekta
 3. uzgon podzemnih voda (u bokovima akumulacija i time izazvane pojave nestabilnosti)
 4. postanak klizišta (zasijecanjem padine ili pod objektima na padini)
 5. pojačana erozija (zbog devastacije - skidanja šumskog pokrivača)
 6. deformacije u stijenskim masama - utjecaj rudarskih radova - (npr. Labin, Tuzla)
- **redoslijed inženjerskogeoloških istraživanja:**
 - teren - laboratorij – kabinet**

3. Hidrogeološki uvjeti

4. Geomorfolški uvjeti

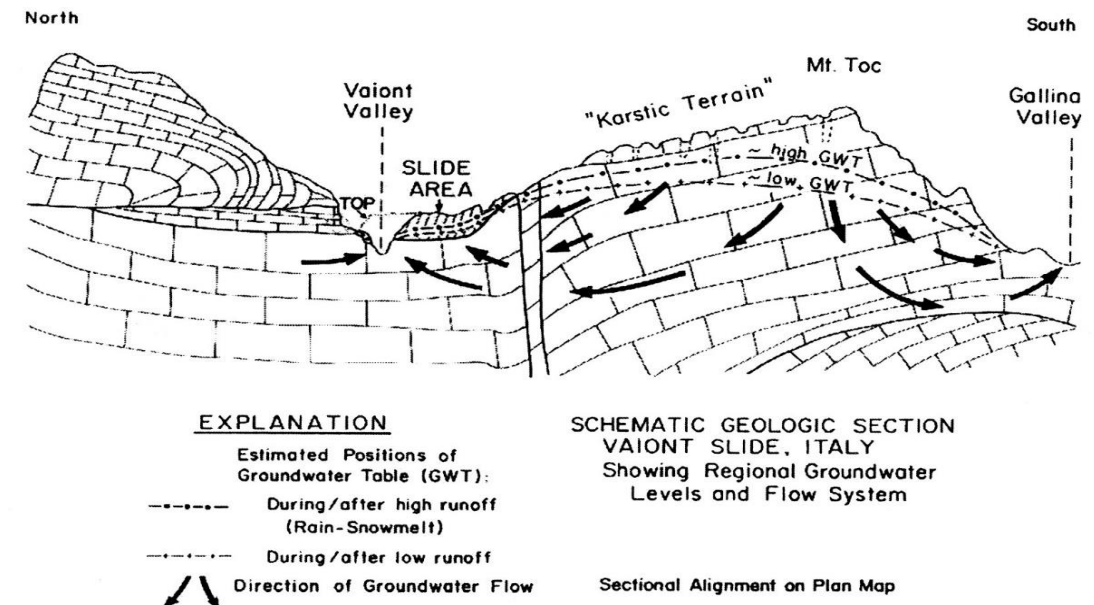
- **Hidrogeološki uvjeti**
- utječu na korištenje zemljišta, planiranje, odabir lokacije, cijenu trajnost i sigurnost građevine
- svrha im je i **predviđanje nepoželjnih promjena u hidrogeološkom režimu**
 - **hidrogeološki uvjeti**
 - **podzemne i površinske vode**
 - **podaci iz postojećih hidrogeoloških karata**
- **geomorfolški uvjeti**
 - **pojašnjavanje recentne povijesti razvoja reljefa**
 - **proučavanje površinske topografije**
 - odnosi oblika reljefa i geološke građe (porijeklo, razvoj i starost)
 - utjecaj na hidrološke i geodinamičke procese

Utjecaj **značajki stijena i tala, geodinamički procesi i pojave (fizičko-geološki procesi), hidrogeoloških i geomorfoloških uvjeta** na geodinamičku pojavu klizanja

- primjer katastrofalnog klizišta u boku akumulacije brane Vaiont u Italiji (1963)
- istraživačkim radovima nakon katastrofe utvrđena je geološka građa padine i uzroci klizanja



www.geocities.com/geogsoc2000/Vaiont1.htm



METODE ISTRAŽIVANJA I PRIMJENA REZULTATA U GRADITELJSTVU

- Projekt nije moguć bez:
- **Naručitelja (investitor)** - program geotehničkih radova i projekta (vrstu, pozicija i opseg)
- **Projektanta** – projektira prema programu geotehničkih istražnih radova
- **Revidenta** – kontrola glavnog geotehničkog projekta trase s obzirom na mehaničku otpornost i stabilnost temeljenih konstrukcija,
- **Izvođača** – inženjersko – geološko kartiranje, tehnologija iskopa prema kategoriji stijenske mase odnosno kategoriji iskopa
- **Nadzorne službe** – inženjersko – geološko kartiranje i kategorizacija stijenske mase



FAZE PROJEKTIRANJA

- Projektni zadatak
- Studija mogućnosti/izvedivosti (*feasibility study*)
- procjena utjecaja zahvata na okoliš
- idejno rješenje
- Idejni projekt
- glavni projekt
- Izvedbeni projekt
- gradnja/izvođenje
- održavanje

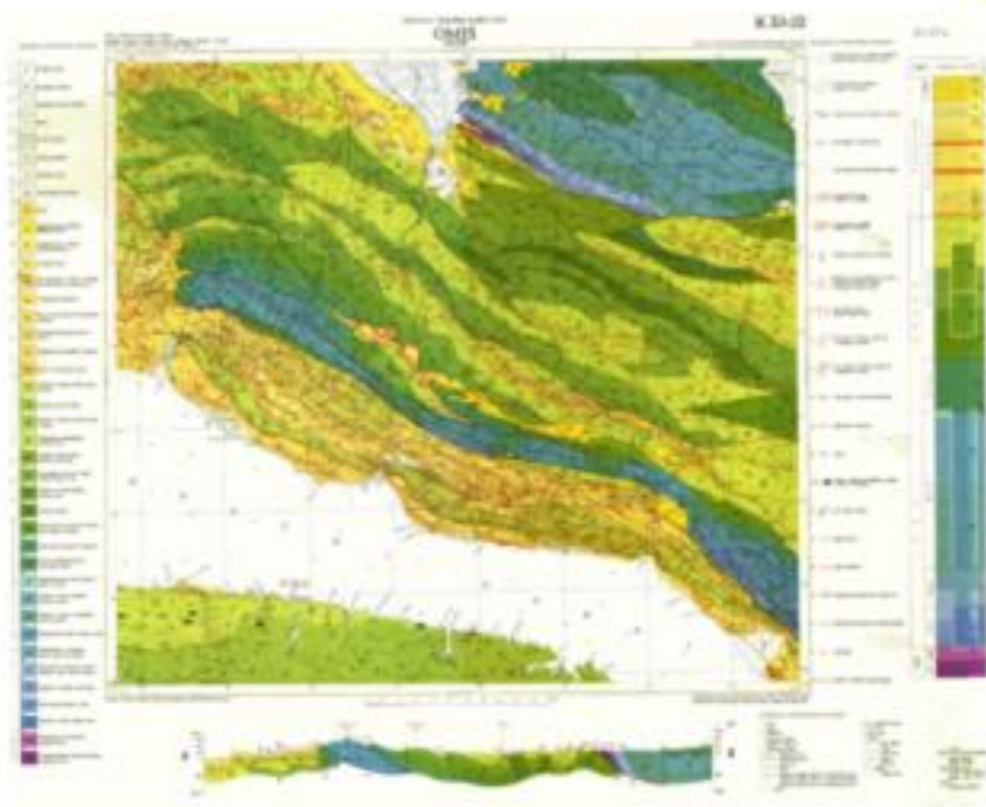
Projektni zadatak

- prva i jedna od osnovnih radnih faza projektiranja
- Izrađuje ga naručitelj projekta (investitor) ili za njegove potrebe ovlaštena projektantska organizacija ili pojedinac - **ovlašteni projektant**.
- Projektni zadatak ima oblik manjeg elaborata iz kojeg mora biti jasno:
 - što se želi projektom postići,
 - u kojim okolnostima se to želi postići,
 - kojim tehničkim sredstvima se to želi postići,
 - kroz koje vrijeme,
 - s kakvim konačnim ciljem.
- Projektni zadatak treba projektanta upoznati s već izvršenim radovima, rezultatima eventualno već provedenih istraživanja te svim poznatim prirodnim, tehničkim i gospodarskim uvjetima realizacije projekta

Studija mogućnosti/izvedivosti (*feasibility study*)

- radi se za složene i velike objekte ili zahvate koji se obično planiraju na širem području
- radi se na temelju postojećih podataka
- cilj joj je utvrditi mogućnost realizacije zamišljenog projekta u danim, prvenstveno prirodnim uvjetima
- koriste se postojeći podaci uz minimalna najnužnija istraživanja
- razmatraju se sva moguća rješenja postavljenog zadatka
- loša rješenja se odbacuju, a investitoru se obično predlažu dvije do tri prihvatljive varijante.

STUDIJA UTJECAJA NA OKOLIŠ



Buduća trasa preklapljena preko Osnovne Geološke Karte (OGK)



Osnovna geološka karta (M 1:100 000)

Idejno rješenje

- predstavlja osnovnu ideju budućeg pothvata u bilo kojoj tehničkoj ili privrednoj grani
- radi se kao prva faza projektiranja (nakon prihvaćenog projektnog zadatka) za jednostavnije objekte za koje nije potrebna Procjena utjecaja na okoliš ili za prihvaćeno varijantno rješenje proisteklo iz studije izvedivosti.
- Obično obuhvaća kompletan objekt ili zahvat u širem kontekstu prirodnog i društvenog okoliša, tj. uklapa budući objekt u postojeću geografsku, ekonomsku, industrijsku i društvenu strukturu i dokazuje tehničko-ekonomsku opravdanost izvedbe projektiranog objekta ili pothvata.
- Izrađuje se na temelju orijentacijskih i prosječnih pokazatelja i sadrži osnovno tehničko rješenje, približnu cijenu izvedbe te cijenu rada i održavanja.



Idejni projekt

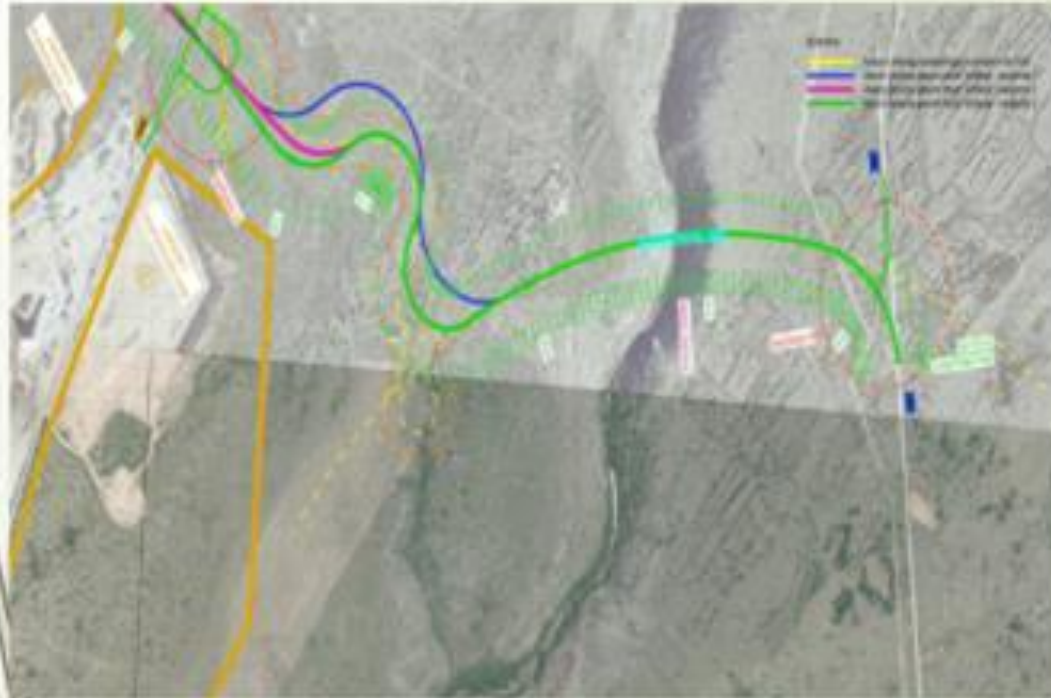
- po sadržaju je jednak idejnom rješenju, ali sadrži detaljne tehničke podatke i točnije ekonomske pokazatelje
- S obzirom na to, sadrži nacрте objekta/objekata ili dijelova objekta, tehnički opis i cijenu koštanja izvedbe pojedinih bitnih dijelova/faza objekta ili pothvata
- Predviđena cijena realizacije projekta može se razlikovati do 20% od konačne cijene
- prilaže se uz zahtjev za izdavanje lokacijske dozvole

Faza idejnog rješenje i projekta

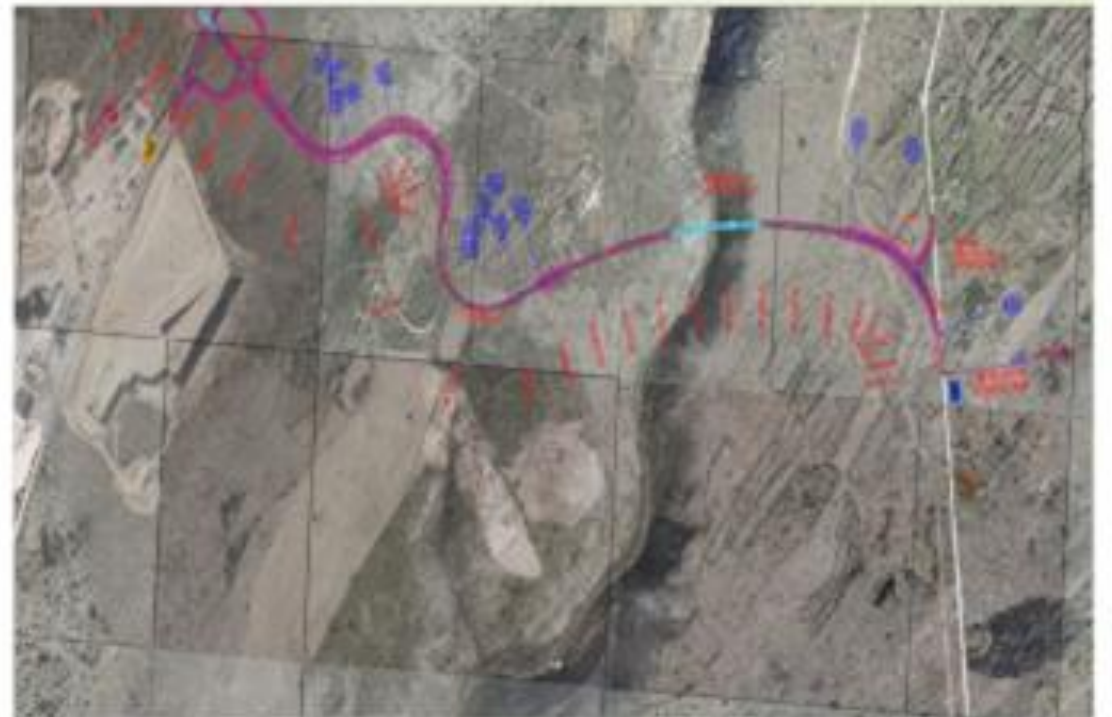
- Istraživanja na ovoj razini trebaju dati **inicijalnu inženjerskogeološku, hidrogeološku i geotehničku podlogu** terena u cilju analize i procjene **najpovoljnijeg varijantnog rješenja trase s geološkog i geotehničkog aspekta.**
- Svrha istraživanja je sagledavanje čimbenika koji mogu utjecati na izvedivost projekta: **geološkog sastava terena, strukture, hidrogeoloških značajki i tektonike.**
- U sklopu **idejnog rješenja** provode se slijedeće **radnje**:
 - prikupljanje i analiza postojećih inženjerskogeoloških i topografskih karata, Opće geološke karte RH, te izvještaja o prethodnim istraživanjima
 - analize fotogrametrijskih snimaka u mjerilu 1:5000 – 1:15 000 u cilju sagledavanja geologije i tektonike regije
 - terensko inženjerskogeološko i hidrogeološko kartiranje u cilju izrade inženjerskogeološke karte u mjerilu 1:5000 duž trase u pojasu širine 500 m.

Faza idejnog rješenja i projekta

Varijante projektnog rješenja



Odabrano projektno rješenje





Glavni projekt

- predstavlja detaljnu razradu idejnog projekta
- odnosi se na izvedbu objekta ili pothvata, a ne analizira opravdanost njegove realizacije.
- sadrži sve tehničke podatke, proračune, nacрте, matematičke modele/simulacije i dr. potrebno za izvedbu objekta ili pothvata.
- radi se na temelju podataka prikupljenih detaljnim terenskim i/ili laboratorijskim istraživanjima.
- mora sadržati točan vremenski plan (gantogram) i točnu cijenu realizacije projekta.
- projekt prilaže se uz zahtjev za izdavanje građevinske dozvole.

ULOGA INŽENJERSKE GEOLOGIJE ZA GLAVNE PROJEKTE

- **Inženjersko geološki istražni radovi** obavljaju se detaljnije i u većem opsegu od razine idejnih projekata za potrebe:
 - geotehničkih uvjeta prolaska trase: stabilnost usjeka/zasjeka, nasipa, potpornih i upornih zidova, slijeganje nasipa, **kategorizacija iskopa, iskoristivost materijala za ugradnju u nasip**, te tehničkih uvjeta izvedbe usjeka, zasjeka i nasipa
 - geotehničkih uvjeta temeljenja objekta
 - geotehničkih uvjeta izrade tunela: metoda iskopa i načina stabilizacije podzemnog otvora, stabilizacija portalnog pokosa, tehnički uvjeti izvođenja radova

OPSEG I VRSTA ISTRAŽNIH RADOVA ZA IDEJNE I GLAVNE PROJEKTE

TROŠKOVNIK GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADovi I PROJEKTI 1.0 Izgradnja dionice: Nulius-Vuhovar, dužine ca 9,8 km					
Redni broj	Opis stavke	Jed. mjere	Količina	Jed. cijena (lana)	Ukupno (lana)
TERENSKI I LABORATORIJSKI ISTRAŽNI RADovi					
1	Izborbenogeološko i hidrogeološko kartiranje na karti M 1:5000.	ha	88		
2	Izborbenogeološko i hidrogeološko kartiranje na karti M 1:1000 u pojasi širine 100 m na lokacijama zapadnog objekta i nasipa s većom visinom polova i objekata.	ha	18		
3	Istražno bušenje s ispitivanjem. Stavka uključuje geodetsko osiguranje bušotina, izvedbu standardnog protaktičkog pokusa u tlu, geološko kartiranje jezgre, nadzor nad bušenjem i izvođenje prirodnih porota do lokacija bušotina.	m	1070		
4	Ispitivanje tla statičkim protuvisnim s ispitivanjem protut tala (CPTU).	m	475		
5	Istraživanje metodom plitke refleksijske sonde u presjecima dubine 55 m.	presjek	10		
6	Istraživanje metodom plitke refleksijske sonde u presjecima dubine 110 m.	presjek	22		
7	Istraživanje prirodnim geofizičkim tomografijom	m	540		
8	Klasifikacijska ispitivanja (granulometrijski sastav, granice plastičnosti, prirodna vlažnost, ošba i vlažna gustoća, gustoća čvrstih čestica, sadržaj organskih tvari i CaCO ₃)	proba	154		
9	Laboratorijska ispitivanja na neposrednim uzorcima iz bušotina. Određivanje parametara čvrstoće (izvratno smicanje i konsolidiranje) i dinamično ispitivanje i određivanje jednodimenzionalne čvrstoće	proba	134		
10	Laboratorijska ispitivanja na neposrednim uzorcima iz bušotina. Ispitivanje jednodimenzionalne konsolidacije tla.	proba	36		
Terenski i laboratorijski istražni radovi ukupno (X 1-10)					
GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJI I PROJEKTI					
1	Geotehnički izvještaj za idejne projekte.	kom	1		
2	Geotehnički izvještaj za trase i objekte.	kom	1		
3	Glavni geotehnički projekt trase.	kom	1		
4	Glavni geotehnički projekt temeljenja objekata (4 maza i 7 nadzemljaka).	kom	1		
Geotehnički izvještaji i projekti ukupno (X 1-4)					



Izvedbeni projekt

- predstavlja vrlo detaljnu razradu pojedinih složenih dijelova projektiranog objekta ili pothvata sa svim tehničkim detaljima i uputama za njegovu izvedbu.
- sadrži točan popis (specifikaciju) materijala s dimenzijama i količinama te redoslijed i trajanje radova kao i detaljne nacрте

METODE ISTRAŽIVANJA I PRIMJENA REZULTATA U GRADITELJSTVU

- **tehnički radovi u terenu** - različitim metodama potrebno je ustanoviti i numerički iskazati značajke terena koje se ne mogu odrediti površinskim istraživanjima ili laboratorijskim pokusima na uzorcima
- istraživanja počinju **inženjerskogeološkim kartiranjem**, čiji rezultati usmjeravaju daljnje faze istraživanja:
 - **istražno bušenje i raskopi**
 - **geofizička istraživanja**
 - **daljinska detekcija**
 - **geodezija**

Inženjerskogeološko kartiranje

- **Geološko kartiranje** je opažanje geoloških pojava na terenu i njihovo bilježenje kako bi se mogla izraditi jedna od geoloških karata.
- **Geološko kartiranje** zajednički je naziv za skup metoda koje se koriste na terenu pri određivanju tipova stijena, njihova prostornog rasporeda, nastanka, starosti i međusobnih odnosa.
- **Inženjerskogeološki radovi** uključuju terensko inženjerskogeološko kartiranje u pojasu širine 150 m na karti 1:1000: na lokalitetima dubljih zasjeka/usjeka (> 10m), visokih nasipa (>10m) objekata i tunela, te kartiranje jezgre bušotine.

Inženjerskogeološka istraživanja

- Podatci dostupni geolozima obično su ograničeni **nedostatkom izdanaka** ili njihovom prekrivenošću raslinjem i tlom
- Podatci prikupljeni na terenu unose se u terenski dnevnik i na topografsku kartu odakle naziv geološko kartiranje



Slika 6. Prikaz kosine sa označenim elementima IG kartiranja: jako trošna stijena (žuta boja), srednje trošna stijena (zelena boja), pokrivač (ljubičasta boja), slojevitost (plava boja), pukotine (tamno crvena boja), blok u prevjesu (svijetlo crvena boja)

Inženjerskogeološko kartiranja

- Kartiranjem se dobiju podaci o:
 - **odnosima između različitih litoloških kompleksa,**
 - **značajkama litoloških jedinica,**
 - **tektonici i stanju stijenske mase,**
 - **pukotinama i pukotinskim sustavima,**
 - **rudnim pojavama i pojavama nemetalnih mineralnih sirovina** (koje se mogu rabiti u graditeljstvu ili u druge svrhe ili u druge svrhe),
 - **ezgodinamičkim geološkim pojavama,**
 - **hidrogeološkim pojavama** (koje imaju značenje za ukupnu inženjerskogeološku sliku terena).
- Kod određivanja strukturno-tektonskih značajki najveća pozornost se posvećuje **slojevitosti** (sedimentne), **lučenje** (magnatske) i **škrijavost** (metamorfne) te **pukotine** (svih)

INŽENJERSKOGEOLOŠKO KARTIRANJE



	obavljeni zahvati sanacije		bušotina
	terasni odsjek		istraživačko okno
	slabo okšen teren		istraživački raskop
	srednje okšen teren		mjesto obavljenog geomehaničkog istraživanja
	jako okšen teren		mjesto uzetog poremećenog uzorka za laboratorijska ispitivanja stijena
	procesi odronjavanja i osipanja s odronima i siparima		mjesto uzetog neporemećenog uzorka za laboratorijska ispitivanja stijena
	procesi okrišavanja s krškim pojavama		mjesto uzetog uzorka za petrološka, sedimentološka i paleontološka istraživanja
	sulfatne i koloidne stijene		mjesto uzetog uzorka za kemijska ispitivanja voda
	ugljeni, ligniti i treseti		opažane suvremene egzodinamične pojave
	piroklastiti		mjesto refrakcijskih seizmičkih istraživanja terena
	tufovi		mjesto geoelektričnih istraživanja terena
	vapnenci		
	travertini		
	okamenjene gline		
	lapori		
	pješčenjaci		
	breče		
	konglomerati		

Slika 5.1. Neki simboli u inženjerskogeološkoj karti (Iz: Uputstvo za izradu OIGK, 1988).

- Inženjersko geološko kartiranje i obradu rezultata potrebno je obaviti prema preporukama Međunarodnog društva za mehaniku stijena.

ISTRAŽNO BUŠENJE S JEZGROVANJEM I RASKOPI

- Radni proces pri bušenju dijeli se prema:
 - **pogonu**: na ručno i motorno bušenje
 - **načinu rada**: udarno bušenje, rotacijsko i udarno rotacijsko bušenje
 - **načinu iznošenje materijal s dna bušotine**: na bušenje bez ispiranja ili bušenja na ispuh i na bušenje s ispiranjem (s vađenjem ili bez vađenja jezgre)
 - **smjeru bušenja**: vertikalno, koso, horizontalno i usmjereno bušenje
 - **mjestu površine**: na bušenje s površine i jamsko bušenje
- Bušenje za potrebe graditeljstva: profili 131 mm, 116 mm, 101 mm, a završni profil obično iznosi 86 mm

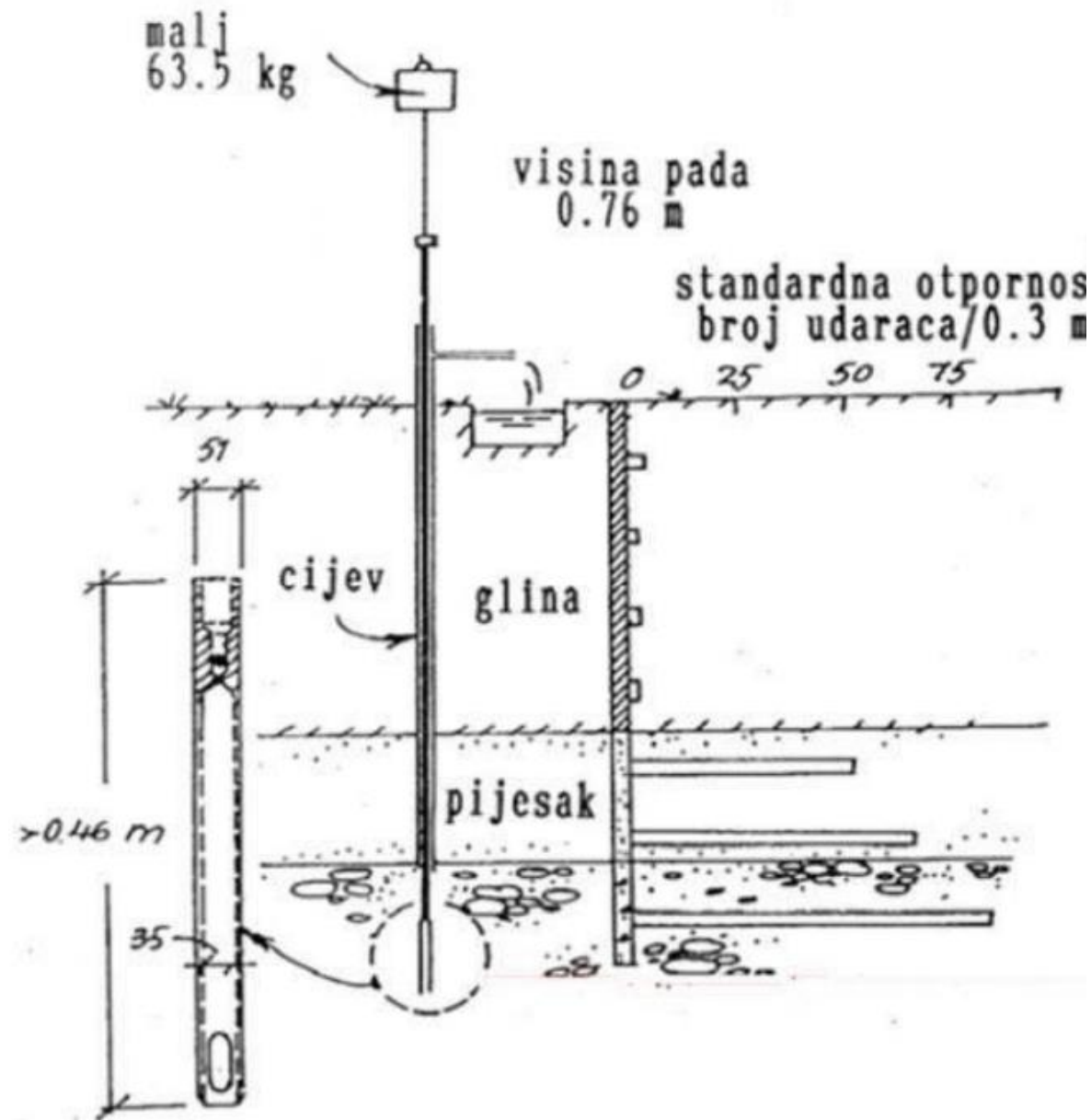
ISTRAŽNO BUŠENJE S KONTINUIRANIM JEZGROVANJEM

- Istražno bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem provodi se u cilju:
 - utvrđivanjem rasprostiranja geoloških cjelina
 - izvođenje SPP pokusa u istražnim bušotinama u tlu
 - uzimanja poremećenih i neporemećenih uzoraka tla i stijena

- 
- za laboratorijske ispitivanja čvrstoće i gustoće stijenske mase potrebno je uzeti uzorke za ispitivanje. U prosjeku treba uzeti po 3 uzorka za svaku bušotinu.
 - Za bušotine u tlu potrebno je na svaka 2 m po dubini bušotine izvesti standardni penetracijski pokus
 - Za potrebe **klasifikacijskih ispitivanja u laboratoriju** (granica plastičnosti, granulometrija) potrebno je iz svakog litološkog člana tla uzeti poremećeni uzorak.

SPP pokus – Standardni penetracijski pokus

- Test nam služi za **mjerenje otpora pri dinamičkom prodiranju pribora u tlo.**
- Bušenje se izvodi se u svim slojevima tla, a u debljem tlu na razmacima od 30 do 100 cm.
- Pribor može biti puni stožac ili šuplji nož za prodiranje koji istovremeno služi za vađenje uzroka.
- Ispitivanje se vrši na način da se na bušeće šipke pričvrsti cilindar koji se zbija udarcima malja mase od 64 kg sa visine pada od 76 cm.
- Obično se izvodi u nekoherentnim tlima, međutim može dati korisne podatke i za druge vrste tla.
- Rezultati pokusa većinom su čvrstoća i deformabilnost tla.



Slika 2.7. Prikaz izvođenja standardnog penetracijskog pokusa

BROJ UDARCA (N)	NEKOHERENTNO TLO
0 - 4	vrlo rahlo
4 - 10	rahlo
10 - 30	srednje zbijeno
30 - 50	gusto
> 50	vrlo gusto

Tablica 1. Veza između standardnog penetracijskog testa i nekoherentnog tla

BROJ UDARCA (N)	KOHERENTNO TLO
2	vrlo meko
2 - 4	melo
4 - 8	srednje tvrdo
8 - 15	kruto
15 - 30	vrlo kruto
> 30	čvrsto

Tablica 2. Veza između standardnog penetracijskog testa i koherentnog tla

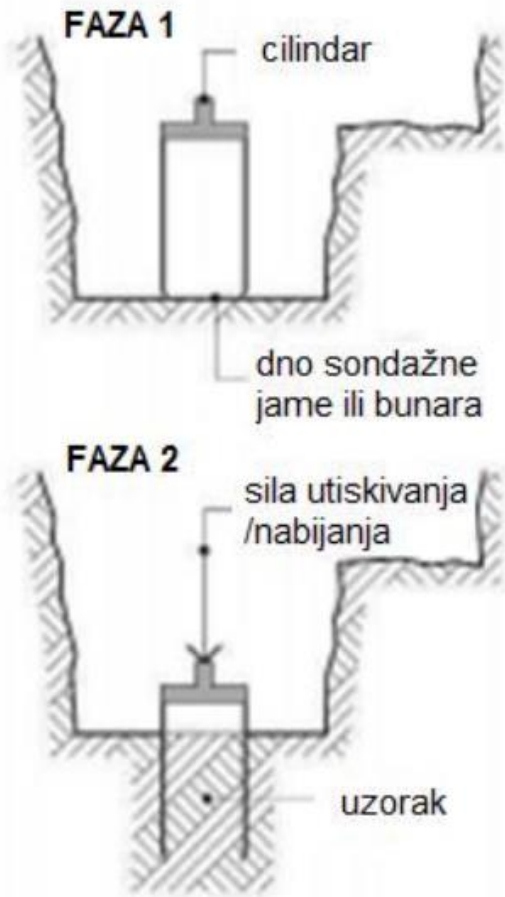
Uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka



- Postoje dvije vrste uzoraka koje se dobivaju bušenjem na terenu: **poremećeni i neporemećeni**

Poremećeni uzorci

- uzorci imaju poremećenu strukturu tla uslijed njihovog načina uzimanja.
- Uzimaju se iz jezgre, te se iz njih dobivaju valjani podaci o dubini promjene slojeva i o vrsti materijala duž cijele bušotine.
- Uzorci se spremaju u sanduke s pregradama na kojima se označuje broj bušotine i dubina,
- klasificiraju se i podaci se unose u formulare izvještaja o bušenju i identifikaciji.
- Ako je potrebno, da bi se očuvala prirodna vlažnost stavljaju se u hermetičke posude ili PVC vrećice.
- Za uzimanje poremećenih uzoraka tla iz sitnozrnog tla mogu se primijeniti strojni ili ručni postupci rotacionog istražnog bušenja.



Slika 2.3. Vađenje neporemećenog uzorka

Neporemećeni uzorci

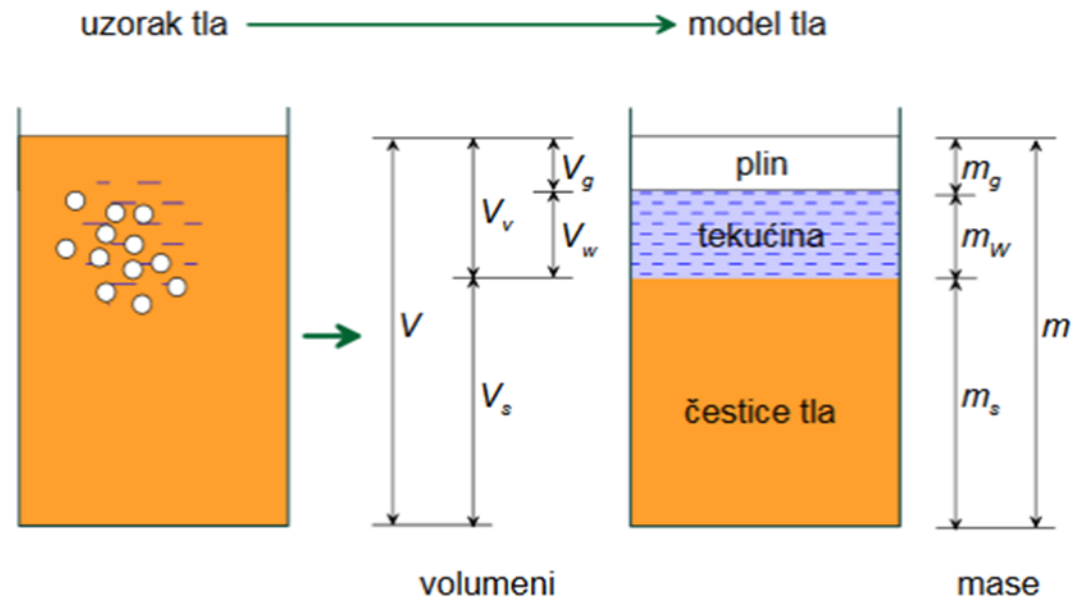
- Neporemećeni uzorci su uzorci tla kod kojih nema značajnije promjene strukture svojstava u odnosu na tlo iz kojeg su uzeti, mora zadržati poroznost, vlažnost i teksturu materijala.
- koriste se uređaji koji prodiru u tlo uz što manje otpora.
- koriste se cilindri različitih konstrukcija.
- dno bušotine se očisti od poremećenog tla, potom se cilindar spusti na dno bušotine i utiskuje hidrauličkim kontinuiranim pritiskom ili udarcima malja
- Bilježe se sila utiskivanja odnosno energija prodiranja koja može biti indikator stanja tla iz koje se uzima uzorak tla.
- Prilikom utiskivanja obavezno se mjeri dubina utiskivanja da bi se u cilindru sačuvao sigurnosni prostor tako da ne dođe do kompresije tla u njemu.

Laboratorijska ispitivanja tla

- Laboratorijskim ispitivanjima možemo odredit fizikalno-mehanička svojstva tla, klasifikaciju tla, čvrstoću tla, granulometrijski sastav...
- **Važnost tla** - vrši se u prvim koracima ispitivanje jer voda ima velik utjecaj na mehaničko ponašanje tla.
- Uzorak vlažnog tla ispituje se na način da se prvo izvaže tlo u prirodnom stanju, te se stavlja na sušenje u peć na 105°C.
- Uzorak nakon 24 sata izvadimo iz pećnice i važemo materijal u suhom stanju, tako dobivamo masu suhog uzorka.
- Vlažnost se izražava u postocima.

Fizikalna svojstva tla

- Kada govorimo o fizikalnim svojstvima tla govorimo o trofaznoj građi tla,
- svaki promatrani uzorak ima masu M , volumen V i težinu W .
- ukupni uzorak možemo podijeliti na tri sastavne faze, te uspostaviti veze između uzorka tla i modela tla



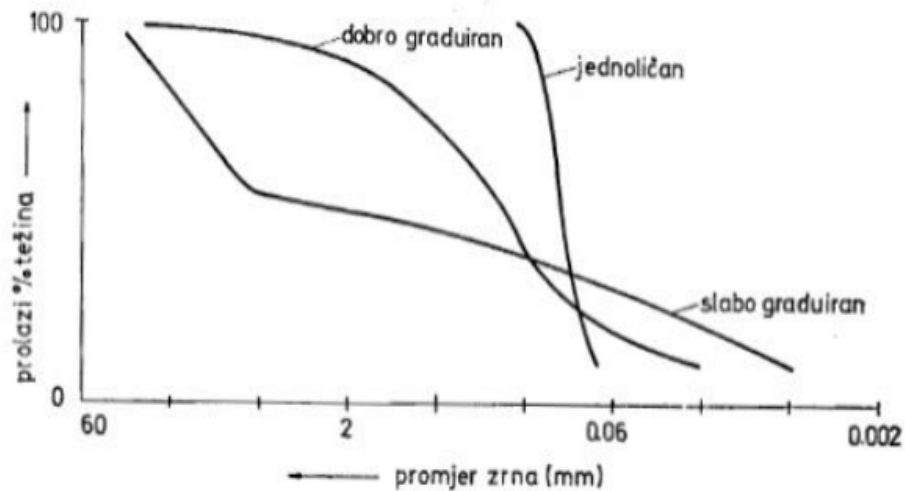
Slika 3.1. Trofazna građa tla

Klasifikacija tla

- Klasifikacija tla odnosi se samo na čvrste čestice tla - poremećeni uzorak.
- pripadnosti određenoj klasi, pri opisu nekog zemljanog materijala, dodaju se i svi ostali dostupni podaci: veličina najvećeg zrna, zaobljenost, tvrdoća, mineraloški sastav, boja, možda geološki podaci
- radi li se o neporemećenom tlu, opisuje se i zbijenost tla
- na temelju granulometrijskog sastava mogu odrediti neke fizikalne karakteristike tla, kao što su vodopropusnost, stišljivost, kapilarnost, filtarska svojstva...
- Granulometrijski sastav prikazuje se logaritamskim mjerilom na granulometrijskom dijagramu (odnos promjera zrna koje se nalazi na apscisi i postotak prolaznosti kroz sito na ordinati)
- klasifikacija nekoherentnih tala zasniva na granulometrijskom sastavu.

Klasifikacija tla

- dobro graduirana tla - well graded - W
- slabo graduirana tla - poorly graded - P
- jednolično graduirana tla - uniformly graded - U
- slabo graduirana tla sa mnogo prašinih čestica
- slabo graduirana tla sa mnogo glinovitih čestica



Slika 3.2. Granulometrijski dijagram

- Razlikuju se dvije grupe prema veličini najviše zastupljenih nekoherentnih zrna: **šljunak i pijesak**

Glavna podjela			Simbol	Opis
Krupnozrnata tla Više od 50% materijala ostaje na situ br. 200	Šljunak i šljunkovita tla Više od 50% krupne frakcije ostaje na situ br. 4	Čisti šljunak (s malo ili bez primjesa sitnih čestica)	GW	dobro građirani šljunci, mješavine šljunak – pijesak, s malo ili bez sitnih čestica
			GP	loše građirani šljunci, mješavine šljunak – pijesak, s malo ili bez sitnih čestica
		Šljunak s primjesom sitnih čestica (značajnija kol. sitnih čestica)	GM	prašnasti šljunci, loše građirane mješavine šljunak – pijesak, - prah
			GC	zaglinjeni šljunci, loše građirane mješavine šljunak – pijesak, - glina
	Pijesak i pjeskovita tla Više od 50% krupne frakcije prolazi kroz sito br. 4	Čisti pijesak (s malo ili bez primjesa sitnijih čestica)	SW	dobro građirani pijesci, šljunkoviti pijesci, s malo ili bez sitnijih čestica
			SP	loše građirani pijesci, šljunkoviti pijesci, s malo ili bez sitnijih čestica
		Pijesak s primjesom sitnijih čestica (značajnija kol. sitnijih čestica)	SM	prašnasti pijesci, loše građirane mješavine pijesak, - prah
			SC	zaglinjeni pijesci, loše građirane mješavine pijesak, - glina
Sitnozrnata tla Više od 50% materijala prolazi kroz sito br. 200	Prašine i gline Granica tečenja ispod 50%		ML	anorganski prah i vrlo sitni pijesci, kameno brašno, prašnasti ili zaglinjeni sitni pijesci ili zaglinjeni prah neznatne plastičnosti
			CL	anorganske gline niske do srednje plastičnosti, šljunkovite gline, pjeskovite gline, prašinaste gline
			OL	organski prah i organsko prašinaste gline niske plastičnosti
	Prašine i gline Granica tečenja iznad 50%		MH	anorganski prah, tinjčasti sitni pijesak, prašinasta tla
			CH	anorganske gline visoke plastičnosti, masne gline
			OH	organske gline srednje do visoke plastičnosti
Visoko organska tla			PT	treset, humus, blato, močvarna tla s visokim sadržajem organske tvari

Tablica 3. USCS klasifikacija koja se najčešće primjenjuje

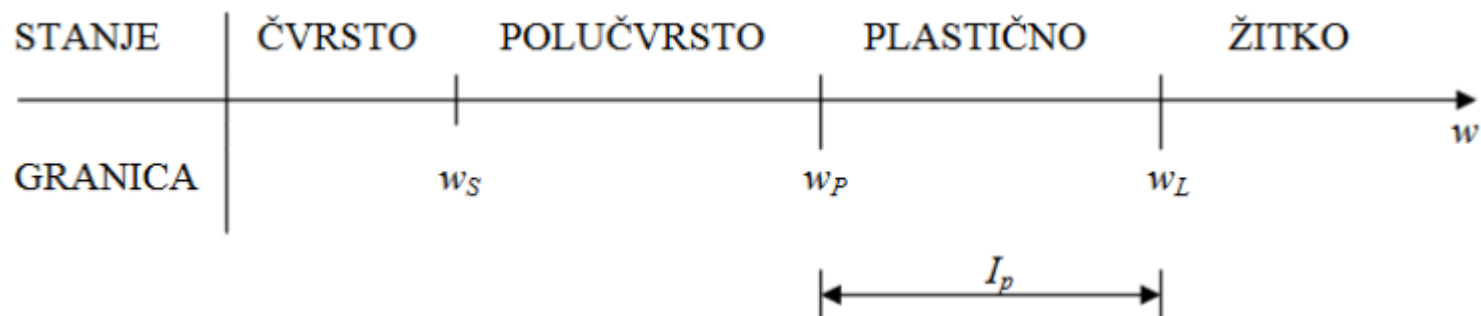
VRSTA MATERIJALA	ISO/DIS 14688	USCS	BROJ SITA (USCS)
DROBINA (OBLUTCI)			
	60 mm	75 mm	
	20 mm		
ŠLJUNAK	krupni		
	srednji		
	sitni		
PIJESAK	krupni	2 mm	4,75 mm
	srednji	0,6 mm	
	sitni	0,2 mm	
	krupni	0,06 mm	0,075 mm
	srednji	0,02 mm	
	sitni	0,006 mm	
PRAH		0,002 mm	
GLINA			

Tablica 4. Vrsta materijala prema veličini čestica

areometriranje
sijanje

Indeksni pokazatelji

- Indeksni pokazatelji su parametri koji, uz granulometrijski sastav, daju dodatne informacije o osobinama tla koja su povezana s poroznošću i vlažnošću tla.
- Podaci kojima se detaljnije opisuju osobine tla, ovisno o poroznosti i vlažnosti, su:
 - Indeks relativne gustoće (vrlo rahlo, rahlo, srednje zbijeno, zbijeno, vrlo zbijeno)
 - Granice plastičnih stanja

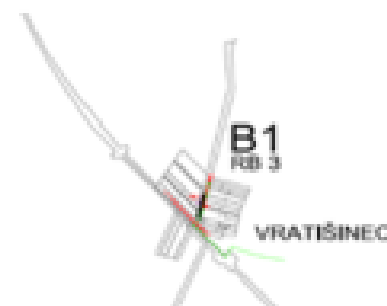
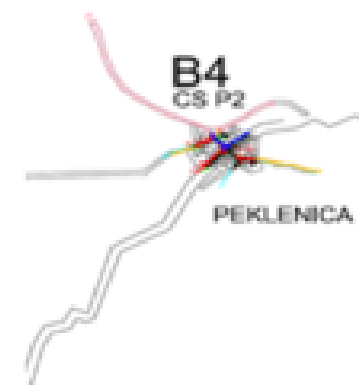
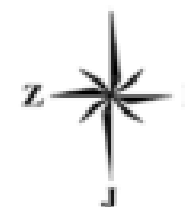


Ostala laboratorijska ispitivanja tla

- Kohezija ispitivana pomoću laboratorijske krilne sonde – mjerenje **čvrstoće na smicanje**
- Edometar je uređaj pomoću kojeg se mjeri **otpor tla** pod djelovanjem opterećenja, kod uređaja manjih dimenzija ispituju se sitno zrnati materijali, a većih krupno zrnati. (slijeganje)
- Proctorov pokus – mjerenje **zbijenosti tla** (nabijanjem, vibriranjem, pritiskom ili gnječenjem)

Primjer: Istražni radovi na području aglomeracije Mursko Središće

- Istražna su bušenja provedena na četiri lokacije:
 1. Vratišinec: retencijski bazen RB3, bušotina B
 2. Mursko Središće: retencijski bazen RB1, bušotina B2, crpna stanica CSM3, bušotina B3
 3. Peklenica: crpna stanica CSP2, bušotina B



Slika 4.1. Prikaz četiriiju lokacija na kojima je izvedeno bušenje (B1, B2, B3 i B4)

- sve bušotine su izvedene do dubine 6m.
- u tablici su elementi sondažnog bušenja:

Lokacija: Vratišinec (B-1), Mursko Središće (B-2 i B-3) i Peklenica (B-4)
OSNOVNI ELEMENTI SONDAŽNOG BUŠENJA

Tablica popunjena: dne. 13.X.2016.

OZNAKA SONDE	KARAKTERISTIČNA DUBINA (m)					SPP			UZORCI (kom)			
	Ukupna	Podzemna voda				kom.	dub.	N n=nož š=šiljak	PU		NU	
		PPV		NPV					PU _{SPP}	PU _{PUZ}		
B-1	6,0	III,III	3,9	III,III	3,9	4	1,5 – 1,8 3,0 – 3,3 4,5 – 4,8 5,7 – 6,0	13 n 6 n 12 n 9 n	4	1,5 – 1,8 3,0 – 3,3 4,5 – 4,8 5,7 – 6,0	-	-
B-2	6,0	III,III	2,0	III,III	2,0	4	1,5 – 1,8 3,0 – 3,3 4,5 – 4,8 5,7 – 6,0	3 n 17 n 22 n 23 n	4	1,5 – 1,8 3,0 – 3,3 4,5 – 4,8 5,7 – 6,0	-	-
B-3	6,0	III,III	4,4	III,III	4,4	4	1,5 – 1,8 3,0 – 3,3 4,5 – 4,8 5,7 – 6,0	6 n 7 n 9 n 12 n	4	1,5 – 1,8 3,0 – 3,3 4,5 – 4,8 5,7 – 6,0	-	-
B-4	6,0	III,III	3,0	III,III	3,0	4	1,5 – 1,8 3,0 – 3,3 4,5 – 4,8 5,7 – 6,0	7 n 18 n 17 n 24 n	4	1,5 – 1,8 3,0 – 3,3 4,5 – 4,8 5,7 – 6,0	-	-
Ukupno	24,0 m	Prosječno 3,3 m				16 kom			16 kom.	0 kom.	0 kom.	

Kratice za karakteristične dubine označuju:

PPV = pojava podzemne vode prilikom bušenja

NPV = nivo podzemne vode

ppc = postupna prijeđivanje PV u bušotinu

Kratice za vrste uzoraka označuju:

PU = poremećeni uzorak

(PU_{pes} = poremećeni uzorak uzet iz jezgre

PU_{spp} = poremećeni uzorak uzet SPP cilindrom)

NU = neporemećeni uzorak

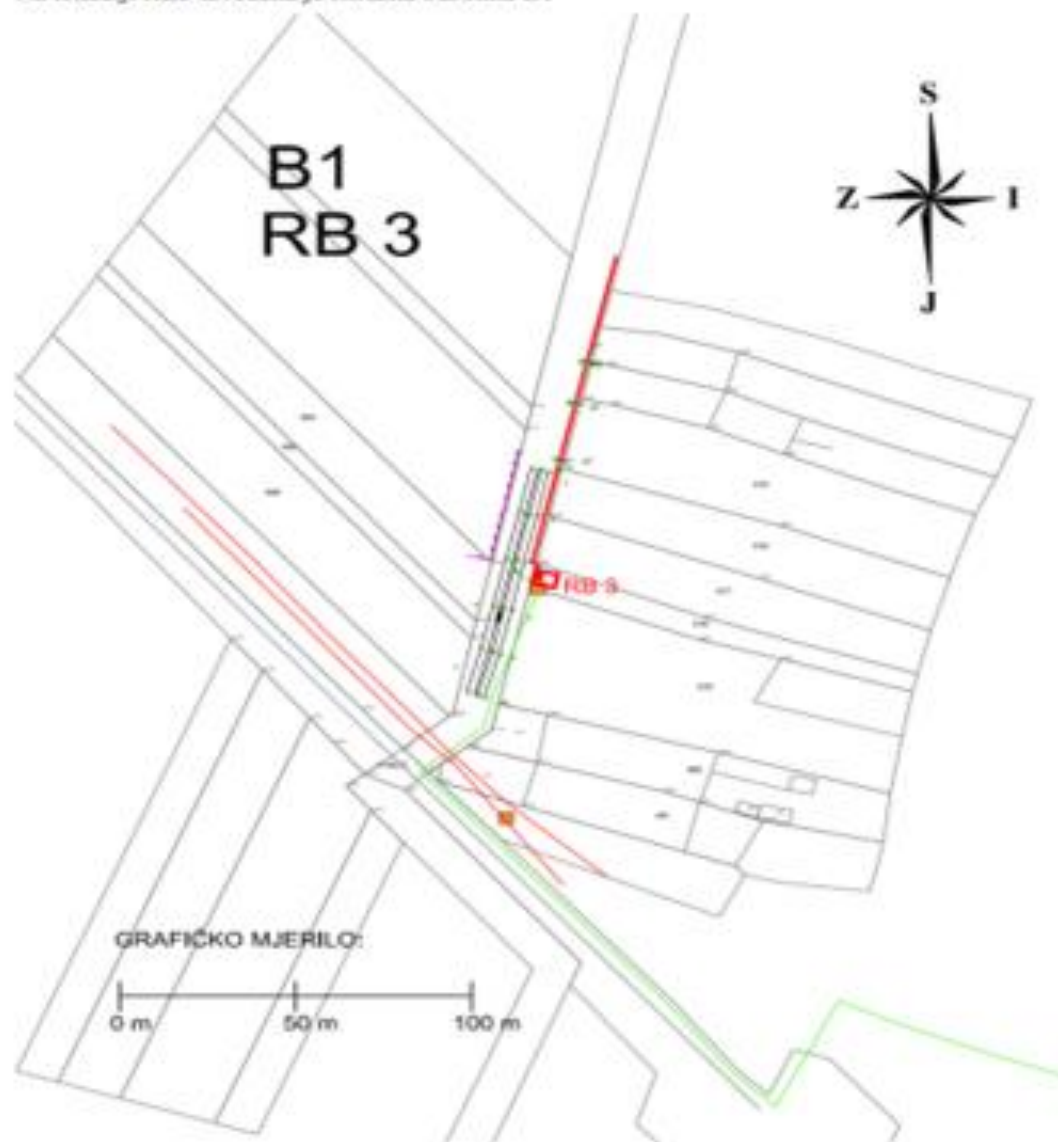
SPP = standardni penetracijski pokus

N = registrirani broj standardnih udaraca s kojima se postiže penetracija standardnog cilindra (Dj. „noža“) n, ili standardnog šiljka š za dubinu jedne anglosaksonske stope (30,48 cm). Podaci N₆₀ preračunavaju se na N_s prema izrazu:

$$N_s = 0,70 \text{ do } 0,75 N_0$$

Naselje Vratišinec

Na lokaciji RB3 izvedena je istražna bušotina B1



Slika 4.2. Položaj bušotine B1 (Vratišinec)

Tijekom istražnog bušenja utvrđeno je sljedeće:

Bušotina B1

Datum: 13.10.2016.

Početak radova:

15:30

Završetak radova:

17:30

0,0 – 0,5	Humusno tlo	smeđi prah
0,5 – 1,4	ML	sivi prah, niske plastičnosti, srednje plastičnog konzistentnog stanja
1,4 – 6,0	CL	smeđa glina, vrlo prahovita, sa malo sitnozrnog pijeska, niske plastičnosti, srednje do kruto plastičnog konzistentnog stanja

PPV: 3,9 m

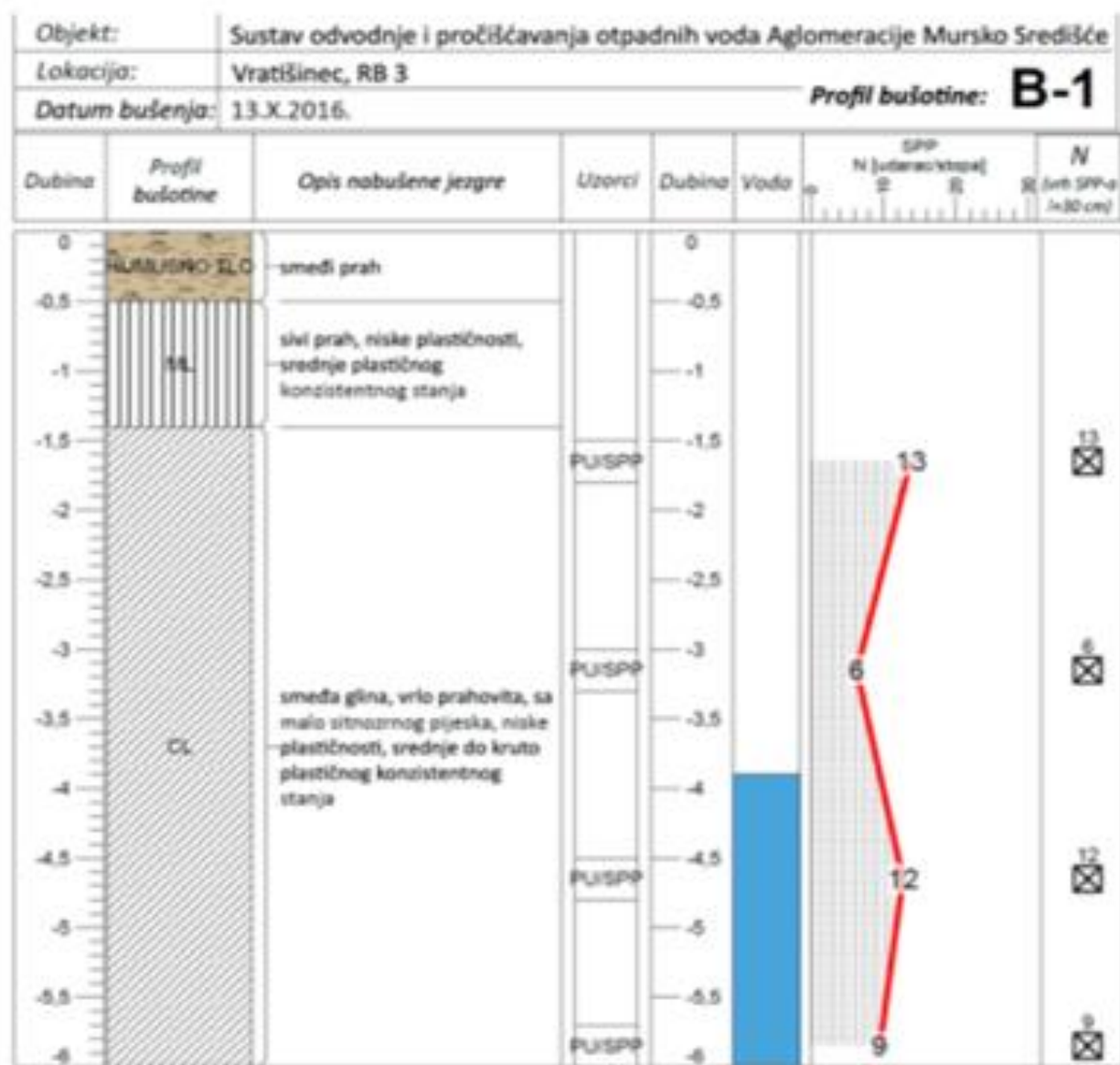
NPV: 3,9 m

PU:	1,5 – 1,8
	3,0 – 3,3
	4,5 – 4,8
	5,7 – 6,0

SPP:	1,5 – 1,8	13 n
	3,0 – 3,3	6 n
	4,5 – 4,8	12 n
	5,7 – 6,0	9 n



Slika 4.3. Jezgra bušotine B1



Slika 4.4. Profil bušotine B1

Laboratorijska ispitivanja provedena su prema važećim normama za geomehanička ispitivanja HRS, ASTM i BS te preporukama za pojedina ispitivanja prema HRN EN 1997-2:2012.

Oznaka norme	Naziv norme u slobodnom prijevodu
ASTM D2216*	Određivanje vlažnosti uzoraka tla
BS 1377-2; točka 7.2*	Određivanje obujamske gustoće tla metodom mjerenja dimenzija uzorka
BS 1377-2; točka 4.4*	Određivanje granice tečenja pomoću konusnog penetrometra
BS 1377-2; točka 5*	Određivanje granice plastičnosti i indeksa plastičnosti
HRS CEN ISO/TS 17892-4	Određivanje granulometrijskog sastava
BS 1377-7; točka 3	Određivanje nedrenirane posmične čvrstoće tla
SN 670 350:1992	Određivanje tlačne čvrstoće džepnim penetrometrom

*- akreditirane ispitne metode

Uzorci su upisani prema lokaciji, vrsti i oznaci (oznaka uzorka i dubina vađenja) te im je dodijeljena laboratorijska oznaka uzorka.

**OPIS UZORAKA ISPITIVANIH U LABORATORIJU, UTVRĐEN MAKROSKOPSKIM PREGLEDOM
S LOKACIJA CRPNIH STANICA ZA SUSTAV ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA
U MJESTIMA NOVSKA, VRATIŠINEC, MURSKO SREDIŠĆE I PEKLENICA**

OZNAKA UZORKA	LOKACIJA	BUŠOTINA	DUBINA [m]	OPIS UZORKA
36-9/16	VRATIŠINEC	B - 1 (PU _{SPT})	3,00 – 3,30	Siva-žuto-smeđa prahovita glina s pijeskom, niske plastičnosti (CL s pijeskom), teško gnječive konzistencije. Uzorak sadrži zrnca željezo oksihidroksida. Reakcije na HCl nema.
36-10/16		B - 1 (PU _{SPT})	4,50 - 4,80	Žuto-smeđa prahovita glina s pijeskom, niske plastičnosti (CL s pijeskom), teško gnječive konzistencije. Uzorak sadrži zrnca željezo oksihidroksida. Reakcije na HCl nema.
36-12/16	MURSKO SREDIŠĆE	B - 2 (PU _{SPT})	1,50 – 1,80	Svjetlo do tamno siva prahovita glina s pijeskom, niske plastičnosti (CL s pijeskom i org. prim.), polučvrste konzistencije. Uzorak sadrži organske primjese (trunje) i zrnca željezo oksihidroksida. Reakcije na HCl nema.
36-13/16		B - 2 (PU _{SPT})	3,00 – 3,30	Svjetlo siva prahovita glina, visoke plastičnosti (CH), polučvrste konzistencije. Reakcije na HCl nema.
36-14/16		B - 2 (PU _{SPT})	4,50 – 4,80	Svjetlo siva prahovita glina s pijeskom, niske plastičnosti (CL s pijeskom), polučvrste konzistencije. Reakcije na HCl nema.
36-15/16		B - 2 (PU _{SPT})	5,70 – 6,00	Svjetlo siva prahovita glina, visoke plastičnosti (CH), polučvrste konzistencije. Uzorak sadrži zrnca željezo oksihidroksida. Reakcija na HCl je pozitivna.
36-16/16		B - 3 (PU _{SPT})	1,50 – 1,80	Narančasto-smeđi zaglinjeni pijesak (SC). Uzorak sadrži zrnca željezo oksihidroksida. Reakcije na HCl nema.
36-17/16		B - 3 (PU _{SPT})	3,00 – 3,30	Narančasto-smeđi slabo građirani pijesak sa šljunkom (SP sa šljunkom). Uzorak sadrži zrnca željezo oksihidroksida. Reakcije na HCl nema.
36-18/16		B - 3 (PU _{SPT})	4,50 – 4,80	Narančasto-smeđi slabo građirani šljunak s pijeskom (GP s pijeskom). Uzorak sadrži zrnca željezo oksihidroksida. Reakcije na HCl nema.
36-19/16		B - 3 (PU _{SPT})	5,70 – 6,00	Narančasto-smeđi slabo građirani šljunak sa pijeskom (GP s pijeskom). Reakcije na HCl nema.
36-20/16	PEKLENICA	B - 4 (PU _{SPT})	1,50 – 1,80	Tamno sivi (s proslojcima zeleno-sive) zaglinjeni pijesak (SC). Reakcije na HCl nema.
36-21/16		B - 4 (PU)	2,30 - 3,30	Tamno sivi zaglinjeni šljunak (GC s org. prim.). Uzorak sadrži organske primjese (trunje). Reakcije na HCl nema.
36-22/16		B - 4 (PU _{SPT})	4,50 – 4,80	Svjetlo siva prahovita glina s pijeskom, niske plastičnosti (CL s pijeskom), teško gnječive konzistencije. Reakcije na HCl nema.

PREGLED REZULTATA LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA

Gradjevina: **Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda**

Lokacija: **VRATIŠINEC, M. SREDIŠĆE, PEKLENICA**

UZORAK					VRSTA ISPITIVANJA														
Redni broj	Oznaka uzorka	Bušotina	Dubina	Vrsta uzorka	*VLAŽNOST TLA	GRANULOMETRIJSKI SASTAV				*GRN KONZISTENCIE		INDEKSI		*GUSTOĆA			NEODRŽANOST KOHEZIJA KRIVOM SONDOM	TLAČNA ČVRSTOĆA penetrometar	Klasifikacija po USC sustavu
						Šunak	Pjesak	Prah	Glina	Granica tečenja	Granica plastičnosti	Indeks plastičnosti	Indeks konzisten.	specifična	vlažna	suha			
			[m]			w _L [%]	[%]	[%]	[%]	w _L [%]	w _p [%]	I _p [%]	I _d [1]	ρ _s [g/cm ³]	ρ [g/cm ³]	ρ _d [g/cm ³]			
5	36-9/16	B - 1	3,00 - 3,30		24,4					38,9	21,1	17,8	0,81		2,05	1,65	36,3	160	CL s pijeskom
6	36-10/16	B - 1	4,50 - 4,80		23,3					41,5	19,9	21,6	0,84		2,02	1,64	58,3	210	CL s pijeskom
7	36-12/16	B - 2	1,50 - 1,80		21,7					38,8	23,4	15,4	1,11						CL s pijeskom i org. primjesama
8	36-13/16	B - 2	3,00 - 3,30		23,4					51,6	27,2	24,4	1,16						CH
9	36-14/16	B - 2	4,50 - 4,80		23,0					41,2	24,0	17,2	1,06						CL s pijeskom
10	36-15/16	B - 2	5,70 - 6,00		21,5					54,3	24,5	29,8	1,10					> 500	CH
11	36-16/16	B - 3	1,50 - 1,80		11,9					29,5	16,1	13,4	1,31					> 500	SC
12	36-17/16	B - 3	3,00 - 3,30		3,0	38,46	56,75	4,77											SP sa šljunkom
13	36-18/16	B - 3	4,50 - 4,80		7,6	56,35	39,30	4,35											GP s pijeskom
14	36-19/16	B - 3	5,70 - 6,00		6,5	63,57	31,67	4,76											GP s pijeskom
15	36-20/16	B - 4	1,50 - 1,80		18,8		51,05	39,11	9,84	34,1	19,7	14,4	1,06					> 500	SC
16	36-21/16	B - 4	2,30 - 3,30		37,2	68,76	9,98	13,90	7,36										GC s org. primjesama
17	36-22/16	B - 4	4,50 - 4,80		22,7					40,4	20,8	19,6	0,90					300	CL s pijeskom

Tumač oznaka vrste uzorka:

- Neporemećeni uzorak (NL)
- Poremećeni uzorak (PU)
- Poremećeni uzorak iz jezgre (PU_{JZ})
- Poremećeni uzorak iz cilindra za SPT (PU_{SPT})

* - akreditirane ispitne metode

Napomena: VRATIŠINEC; redni broj: 5, 6
MURSKO SREDIŠĆE; redni broj: 7 - 14
PEKLENICA; redni broj: 15 - 17

Odobrio: **Đamir ŠTUHEC**, dipl. ing. geotehnike

Študent

Varaždin, studeni 2016.

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU

VLAŽNOST TLA

ASTM D2216

RN: 36/16

Objekt: Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda
Lokacija: VRATIŠINEC, M. SREDIŠĆE, PEKLENICA

Redni broj	Opis uzorka						Vlažnost tla [%]
	Laboratorijska oznaka uzorka	Oznaka uzorka	Dubina [m]	masa < preporučeno	Izuzet materijal	Temperatura sušenja [°C]	
5	36-9/16	B - 1	3,00 - 3,30	-	-	110	24,4
6	36-10/16	B - 1	4,50 - 4,80	-	-	110	23,3
7	36-12/16	B - 2	1,50 - 1,80	-	-	60	21,7
8	36-13/16	B - 2	3,00 - 3,30	-	-	110	23,4
9	36-14/16	B - 2	4,50 - 4,80	-	-	110	23,0
10	36-15/16	B - 2	5,70 - 6,00	-	-	110	21,5
11	36-16/16	B - 3	1,50 - 1,80	-	-	110	11,9
12	36-17/16	B - 3	3,00 - 3,30	-	-	110	3,0
13	36-18/16	B - 3	4,50 - 4,80	-	-	110	7,6
14	36-19/16	B - 3	5,70 - 6,00	-	-	110	6,5
15	36-20/16	B - 4	1,50 - 1,80	-	-	110	18,8
16	36-21/16	B - 4	2,30 - 3,30	-	-	110	37,2
17	36-22/16	B - 4	4,50 - 4,80	-	-	110	22,7
14	36-19/16	B - 3	5,70 - 6,00	-	-	110	6,5
15	36-20/16	B - 4	1,50 - 1,80	-	-	110	18,8
16	36-21/16	B - 4	2,30 - 3,30	-	-	110	37,2
17	36-22/16	B - 4	4,50 - 4,80	-	-	110	22,7

GRANICA TEČENJA, GRANICA PLATIČNOSTI, INDEKS PLASTIČNOSTI

W_L - BS 1377, part 2, 4.3, 4.4

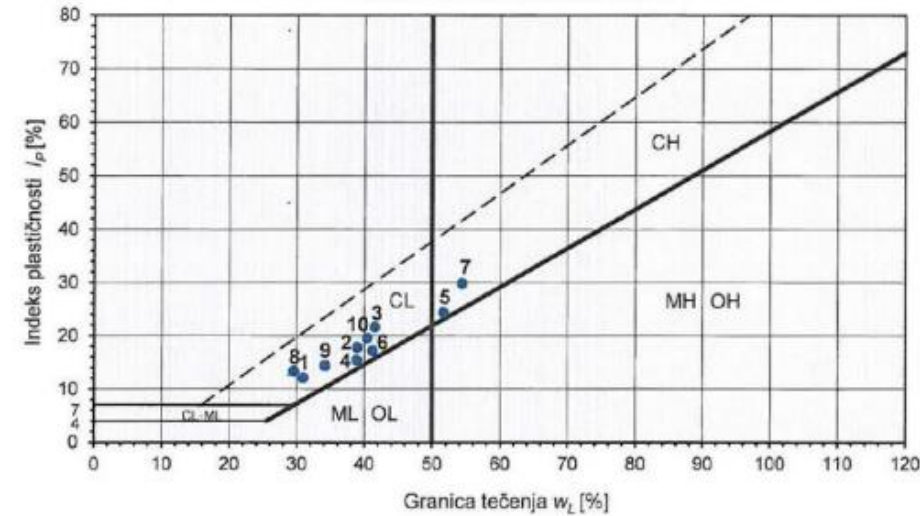
W_p - BS 1377, part 2, 5

RN: 36/16

Objekt: Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda

Lokacija:

DIJAGRAM PLASTIČNOSTI



Dijagramska pozicija br.	Opis uzorka				Granica tečenja w_L [%]	Granica plastičnosti w_p [%]	Indeks plastičnosti I_p [%]	Klasifikacija prema USCS-u
	Laboratorijska oznaka uzorka	Oznaka uzorka	Dubina [m]	Prolaz kroz sito 0,425 mm				
1	36-2/16	B - 1	3,00 - 3,30	100 %	30,9	18,7	12,2	CL s pijeskom
2	36-9/16	B - 1	3,00 - 3,30	100 %	38,9	21,1	17,8	CL s pijeskom
3	36-10/16	B - 1	4,50 - 4,80	100 %	41,5	19,9	21,6	CL s pijeskom
4	36-12/16	B - 2	1,50 - 1,80	100 %	38,8	23,4	15,4	CL s pijeskom i org.prim.
5	36-13/16	B - 2	3,00 - 3,30	100 %	51,6	27,2	24,4	CH
6	36-14/16	B - 2	4,50 - 4,80	100 %	41,2	24,0	17,2	CL s pijeskom
7	36-15/16	B - 2	5,70 - 6,00	100 %	54,3	24,5	29,8	CH
8	36-16/16	B - 3	1,50 - 1,80	100 %	29,5	16,1	13,4	CL pjeskovita
9	36-20/16	B - 4	1,50 - 1,80	100 %	34,1	19,7	14,4	CL pjeskovita
10	36-22/16	B - 4	4,50 - 4,80	100 %	40,4	20,8	19,6	CL s pijeskom

Napomena: NOVSKA; dijagramska pozicija: 1

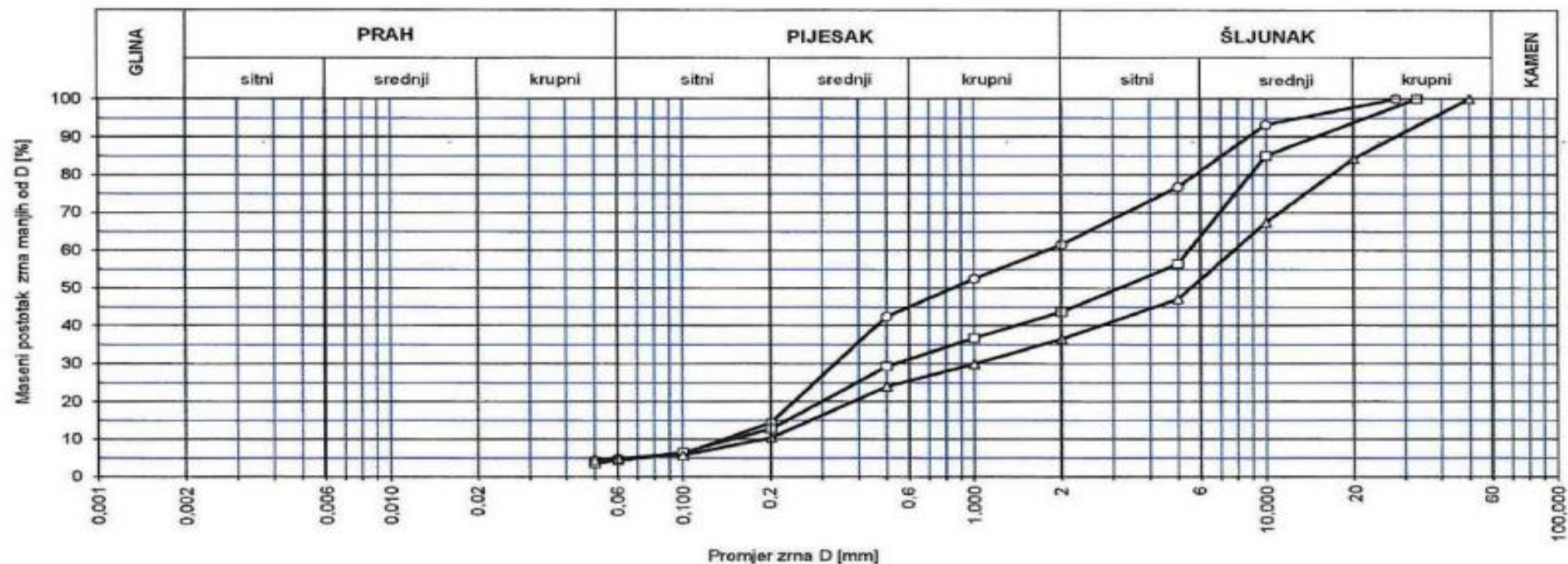
VRATISINEC; dijagramska pozicija: 2, 3

MURSKO SREDIŠĆE; dijagramska pozicija: 4 - 8

REKUPKOVAC; dijagramska pozicija: 9 - 10

[KN: 36/16]
GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA
 HRS CEN ISO/TS 17892-4

Objekt: Sustav odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda
 Lokacija: MURSKO SREDIŠĆE



Lab. oznaka uzorka	Oznaka uzorka	Dubina [m]	Oznaka	ŠLJUNAK [%]	PIJESAK [%]	PRAH [%]	GLINA [%]	Cu	Cc	USCS klasifikacija
36-17/16	B - 3	3,00 - 3,30	○	38,48	56,75	4,77		12,82	0,45	SP sa šljunkom
36-18/16	B - 3	4,50 - 4,80	□	56,35	39,30	4,35		36,93	0,38	GP s pijeskom
36-19/16	B - 3	5,70 - 6,00	△	83,57	31,67	4,76		40,84	0,70	GP s pijeskom
			●							
			■							

Mjesto i datum izrade izvještaja

Varaždin, studeni 2016.

Voditelj laboratorija

Štutec

Damir Štutec, dipl.ing.geoteh.

REZULTATI ISPITIVANJA ODOSE SE SAMO NA ISPITANE UZORKE. DIELOMIČNO UMNOŽAVANJE OVOG ZVJEŠTAJA NIJE DOPUŠTENO BEZ PISANOG ODOBRENJA VODITELJA LABORATORIA

Zaključak – značajke tla

- Kroz sondažni profil vidi se da je duž cijele bušotine riječ o sitnozrnatim materijalima (prašinasto-glinovitim) unutar kojih se nalaze i pjeskovite partije, a vjerojatno i tanki proslojci sitnozrnog pijeska (B-1).
- S time je očito u vezi identična dubina PPV-a i NPV-a (3,9 m), koja govori o slobodnoj vodnoj migraciji.
- Penetracijska otpornost tla iskazana podacima SPP-a pokazuje razmjerno solidno stanje (u prosjeku je $N = 11 \text{ udar/stopa}$) no na dubini od cca 2,5 m pa do 3,5 m ta je otpornost umanjena i iznosi $N = 6 \text{ udar/stopa}$ (premda je laboratorij utvrdio solidne gustoće, $\rho = 2,05 \text{ g cm}^3$, $\rho_d = 1,65 \text{ g/cm}^3$).
- S time u vezi, uputno je računati s prosjekom penetracijskog otpora od $N_r = 9 \text{ udar/stop}$

ISTRAŽNO BUŠENJE S JEZGROVANJEM - STIJENA

Prikaz izvještaja od istražne bušotine



- Inženjerskogeološkim determiniranjem jezgre bušotine potrebno je odrediti:
 - **ime stijene s geološkim opisom,**
 - **kvalitetu stijene RQD i**
 - **strukturne karakteristike** a to su:
 - razmak pukotina,
 - postojanost,
 - hrapovost,
 - čvrstoća zida,
 - otvor (zijev),
 - ispunu
 - broj familija diskontinuiteta i
 - veličina bloka



SVOJSTVA STIJENA I KAMENA I NJIHOVA LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

- U sklopu inženjerskogeoloških istraživanja stijena i kamena obavljaju se **laboratorijska ispitivanja** u cilju određivanja:
 1. **Minerološko – petrografskih značajki**
 2. **Fizičkih značajki**
 3. **Mehaničko-tehnoloških značajki**
 4. **Utjecaja vode, leda, vatre i kemijski agresivnih supstancija na stijene i kamen**

SVOJSTVA STIJENA I KAMENA I NJIHOVA LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

1. Minerološko – petrografske značajke

- mineralni sastav, struktura, tekstura
- Značajke su bitne sa stajališta čvrstoće, tvrdoće, habanja, postojanosti...

2. Fizičke značajke

- gustoća, prostorna masa, poroznost, stišljivost, vodopropusnost, bubrenje, boja, toplinska vodljivost i radioaktivnost

SVOJSTVA STIJENA I KAMENA I NJIHOVA LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

3. Mehaničko-tehnološke značajke

- Značajke bitne u graditeljskoj praksi a ispituju se laboratorijski su:
- Čvrstoća na tlak
- Čvrstoća na vlak
- Čvrstoća na savijanje
- Čvrstoća na smicanje
- Žilavost
- Otpornost na habanje
- Elastičnost
- Plastičnost
- Tiksotropnost
- Obradivost
- Bušivost

SVOJSTVA STIJENA I KAMENA I NJIHOVA LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

- **Voda** – djeluje fizički (mijenjanje svojstava- čvrstoća elastičnost žilavost, boju, izaziva bubrenje) i kemijski (otapa slabije otporne minerale)
- **Led** – na stijene djeluje razarajuće, poglavito na one koje u sebi sadrže veću količinu vlage ili su potpuno zasićene vodom. Štetno djelovanje leda se očituje u deformacijama plitkih temelja objekata i prometnica.
- **Vatra** – ima negativan utjecaj na stijene. Iznimno velikom i iznenadnom povećanom temperaturom razara im strukturu i bitno smanjuje čvrstoću.
- **Kemijski agresivne supstancije** – djeluju na stijenu i kamen nalaze se u atmosferi, a njihov je neposredni utjecaj uglavnom izazvan oborinama i to poglavito u zagađenim urbanim i industrijskim okruženjima

Istraživački raskopi

- **Raskopima** pomoću otkrivki, istraživačkih zasjeka i usjeka istraživačkih jama i istraživačkih potkopa dobiva se mogućnost promatranja i mjerenja dijelova stijenske mase u njihovom prirodnom okruženju.
- Ova metoda se rabi za određivanje:
 - **načina temeljenja** i
 - **značajki temeljene stijene** kod izvedbi nadogradnji na postojećim objektima
- Istraživački **potkopi** izvode se na strmim padinama uglavnom kod istraživačkih radova radi saniranja klizišta i za istraživanja terena na preglednim profilima kod projektiranja brana.

GEOFIZIČKI ISTRAŽNI RADOVI

- Temeljne geofizičke metode, koje se primjenjuju za cjelovitije upoznavanje značajki stijenske mase radi izvedbe nekog inženjerskog objekta su **seizmičke** i **geoelektrične** te različita **mjerjenja u istražnim bušotinama** dok se podređeno u tu svrhu rabe **magnetometrijska mjerjenja**.
- **Seizmičke metode** temelje se na umjetnom izazivanju elastičnih valova i određivanju njihove brzine širenja koji se istražuju
- Osnovne dvije seizmičke metode su: **seizmička refrakcija** i **seizmička refleksija**.

REFRAKCIJSKA SEIZMIKA

Prosječne brzine P i S valova i gustoće nekih geomedija.

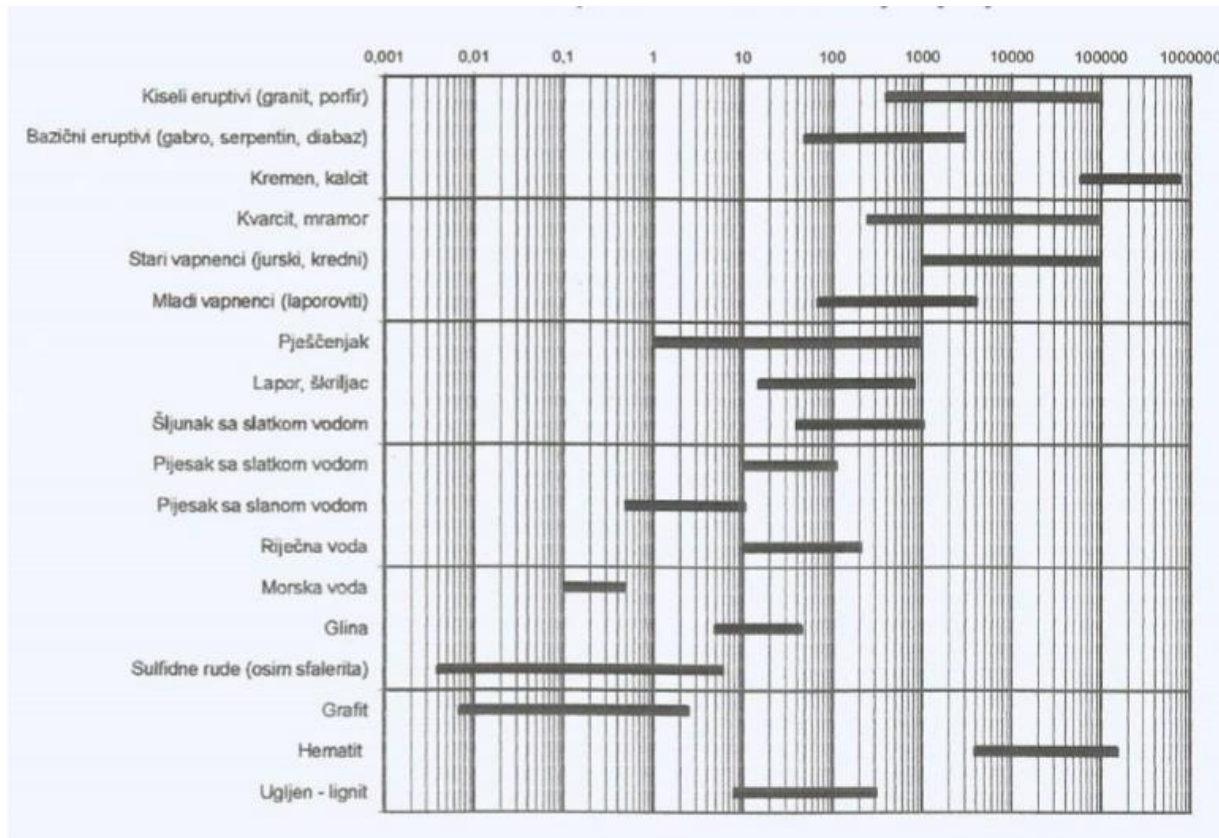
Geomedij	Brzina P vala [m/s]	Brzina S vala [m/s]	Gustoća ρ [Mg/m ³]
Zrak	330	-	-
Čista voda	1450 - 1510	-	1.00
Riječna i jezerska voda	1430 - 1680	-	-
Morska voda	1460 - 1530	-	-
Površinski materijal	300 - 600	100 - 300	-
Granit	4000 - 6100	2150 - 3350	2.67
Gabro	6550	3450	2.98
Bazalt	5600	3050	3.00
Dijabaz	5500 - 7000	3000 - 4500	3.00
Pješčenjak	1800 - 4000	915 - 3000	2.45
Šešil	2500 - 4250	1000 - 3000	2.60
Vapnenac	2000 - 6100	1800 - 3800	2.65
Glina	1100 - 2500	580	1.40
Pijesak, šljunak	300 - 800	100 - 500	1.70
Pijesak, šljunak (mokri)	1500 - 2700	-	1.93
Lapori	1800 - 3900	1050 - 2300	2.35

- Ovim seizmičkim metodama, a na temelju vrijednosti brzine širenja P i S valova, izmjerene su **trošnost, razlomljenost i širina pukotinskih sustava stijenskog masiva.**
- **Refrakcijskim metodama** pouzdano se mogu odrediti značajke naslaga do dubine na kojoj objekt ima utjecaj na stijenu to su:
 - Debljina nekonsolidiranih materijala do čvrste stijene
 - Kvaliteta stijenske mase i debljina trošnog dijela na njezinoj površini,
 - Dubina i oblik klizne plohe klizišta
 - Debljina sedimenta za koje su znakovito male brzine širenja elastičnih valova radi seizmičke mikrorajonizacije

GEOFIZIČKI ISTRAŽNI RADOVI

- **Refleksijska metoda** nalazi osnovnu primjenu u istraživanju debljeg podzemlja. Može pružiti i podatke o debljini nekonsolidiranih sedimenata na dnu mora, pa se ponekad rabi u istraživanju za projektiranje obalnih građevina.
- **Geoelektrične metode** koje se rabe u građevinarstvu su:
 - *Metoda električnog otpora*
 - *Elektromagnetska metoda*
 - *Metoda spontanog potencijala*

METODA ELEKTRIČNOG OTPORA



- Temelji se na činjenici da pojedine vrste stijene imaju različite veličine specifičnog otpora.

Slika 1. Otpornost nekih minerala i stijena [Ωm](Kovačević, 1962.)

METODA ELEKTRIČNOG OTPORA

- Razlikuju se dvije osnovne metode električnog otpora: **sondiranje i profiliranje**.
- Interpretacijom podataka **geoelektričnog sondiranja** dobivaju se podaci o **specifičnim otporima**, a time i o **materijalima vertikalno po dubini ispod mjesta na kojem se mjeri**,
- kod geoelektričnog profiliranja dobivaju se podaci o **lateralnim promjenama specifičnih otpora** (i materijala) po mjernom profilu.
- Metoda geoelektričnog profiliranja iznimno je pogodna **za određivanje rasjednih zona u kršu**.

PRIMJER: GEOELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA - STARI MIKANOVCI



Slika 2. Oprema za geoelektričnu tomografiju

- **Geoelektrična tomografija** je metoda mjerenja **geoelektrične otpornosti** koja omogućuje dobivanje slike podpovršinske **raspodjele otpornosti** mjerenjem na **površini**.
- Metoda se zasniva na uvođenju strujnog toka u podzemlje pomoću većeg broja elektroda (kod ovog istraživanja 64 elektroda) uzemljenih na površini s konstantnim razmakom između elektroda.

PRIMJER:
GEOELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA -
STARI MIKANOVCI

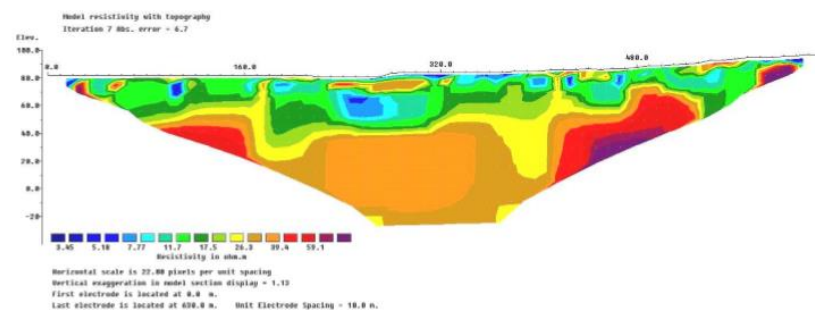


PRIMJER: GEOELEKTRIČNA
TOMOGRAFIJA - STARI
MIKANOVCI

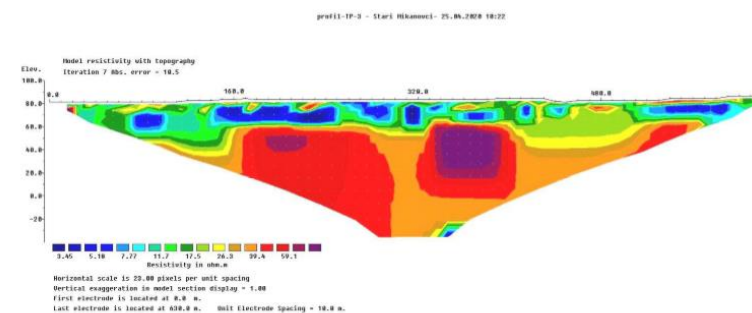
Tablica 1. Osnovni podaci o tomografskim profilima

Oznaka profila	Duljina profila (m)	Geografske koordinate (HTRS96/TM)			
		Početak profila		Kraj profila	
		X	Y	X	Y
TP-1	630	661 816	5 018 272	661 949	5 017 683
TP-2	630	661 887	5 017 508	661 980	5 017 214
TP-3	630	661 487	5 017 903	662 083	5 018 070
TP-4	630	661 644	5 017 570	662 224	5 017 805

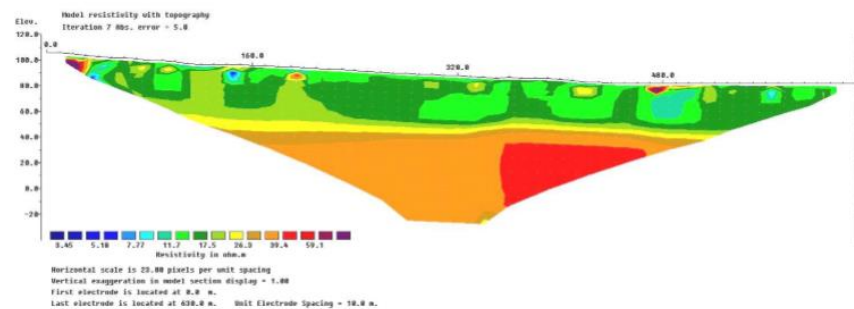
PRIMJER: GEOELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA - STARI MIKANOVCI



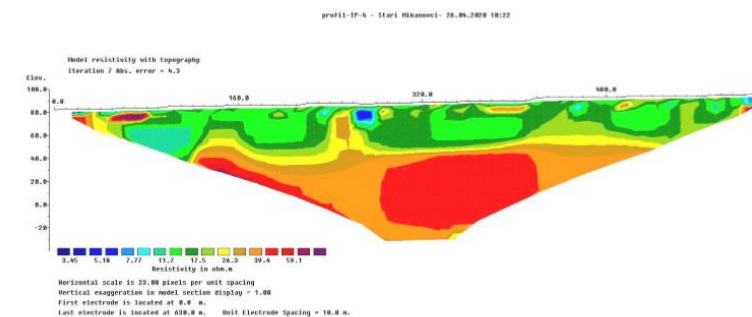
Slika 5. Tomografski profil TP-1



Slika 7. Tomografski profil TP-3



Slika 6. Tomografski profil TP-2



Slika 8. Tomografski profil TP-4

PRIMJER:
GEOELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA
STARI MIKANOVCI

- Na interpretiranim geoelektričnim presjecima na osnovu otpornosti moguće je generalno pretpostaviti slijedeće sredine:
- 4 - 9 Ωm – glinovite naslage
- 9 - 12 Ωm – glinovito prašinate naslage
- 12 - 15 Ωm – glinovito-prašinato-pjeskovite naslage
- 15 - 20 Ωm – prašinato-glinovito-pjeskovite naslage
- 20 - 30 Ωm – glinovito-pjeskovite naslage
- 30 - 40 Ωm – pjeskovito-prašinate naslage
- 40 - 60 Ωm – pjeskovite naslage
- 60 - 100 Ωm – pjeskovite-šljunkovite naslage
- 100 – 200 Ωm – šljunkovito-pjeskovite naslage

ELEKTROMAGNETSKA METODA

- Temelji se na uporabi struja i pojavi indukcije u vodljivim materijalima pod zemljom.
- Primjenjuje se u građevinarstvu za određivanje trošnih i razlomljenih područja u čvrstim stijenama, zatim u istraživanju vode i ležišta glina, a pouzdane podatke daju u istraživanju nekih rudnih ležišta.

METODA SPONTANOG POTENCIJALA

- Temelji se na mjerenju potencijala koji postoje ispod površine, a izazivaju ih, između ostalog trenje pri protjecanju podzemne vode, elektrokemijski procesi u nekim rudnim ležištima i slični uzorci.
- Primjenjuje se pri istraživanju rudnih ležišta i tokova podzemnih voda te pri određivanju gubitaka vode iz akumulacija u kršu.

GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA U BUŠOTINAMA

- U izvedenim istraživačkim bušotinama obavljaju se ova geofizička istraživanja:
 - Istraživanja neposredne okolice bušotine - **karotaža**
 - Istraživanje materijala između dviju bušotina ili između bušotine i površine
- Ovisno o potrebi u bušotini se mjeri **specifični električni otpor, potencijal, pripadna radioaktivnost , apsorpcija gama-zraka** (gama-gama karotaža), **apsorpcija neutronske zračenja iz umjetnog izvora, brzina elastičnih valova, temperatura, promjer bušotine, nagib bušotine, nagib slojeva.**



ISTRAŽIVANJA U BUŠOTINAMA

- Na temelju tih podataka moguće je odrediti:
 - Litološko rasčlanjivanje nabušenih materijala (detaljnije nego jezgrovanjem)
 - Određivanje prostorne mase
 - Poroznost
 - Vodopropusnost
 - Dinamičnost elastičnih značajki

GEOTEHNIČKI MODEL

- krajnji cilj inženjersko-geoloških istraživanja
- pokazuje prosječne inženjerske prilike koje vladaju pod objektom ili u njegovoj neposrednoj blizini
- mora obavezno sadržavati:
 - brojčane parametre
 - fizičko-mehanička svojstva stijena
 - stanje terena
- ulaze u proračun dimenzioniranja objekta

OBRADA I INTERPRETACIJA REZULTATA

- **Izvještaj o istraživačkim radovima** mora sadržavati **tekstualni dio i priloge**.
- **Tekstualni dio:** uvod, prikaz vrsta i metoda istraživanja i rezultate istraživačkih radova, s prijedlogom temeljenja, odnosno izvedbe bilo kojeg objekta (popis literature)
- **Prilozi:** grafički materijali (situacije, geološke karte i profili istraživačkih bušotina i ostalih radova s determinacijom...)
- Izvještaj o inženjerskogeološko istraživačkim radovima rezultat je timskog rada geologa, geofizičara, građevinara i stručnjaka drugih profila (u izvještaju navesti sve sudionike)
- U drugoj fazi se vrši inženjerskogeološki nadzor i po potrebi dopunjavaju rezultati istraživačkih radova.
- Treća faza počinje završetkom objekata kada se prate eventualna sljeganja i deformacije odnosno sve relevantne značajke za funkcionalnost objekta.