



ARHITEKTONSKO -  
GRAĐEVINSKI INSTITUT  
Dr Đorđa Joanovića 4/7  
Novi Sad

Tel: 021 511-551  
021 300-1870

PIB: 107062214  
ŽR: 285-2211000000454-76

office@aginstitut.com  
www.aginstitut.com

**Univerzitetska dečja klinika “Tiršova 2”,**

**GEOTEHNIČKI ELABORAT ZA GRAĐEVINSKU  
DOZVOLU DOKUMENTACIJA  
-objekat bolnice-**



ARHITEKTONSKO -  
GRAĐEVINSKI INSTITUT  
Dr Đorđa Joanovića 4/7  
Novi Sad

Tel: 021 511-551  
021 300-1870

PIB: 107062214  
ŽR: 285-2211000000454-76

office@aginstitut.com  
www.aginstitut.com

## SADRŽAJ:

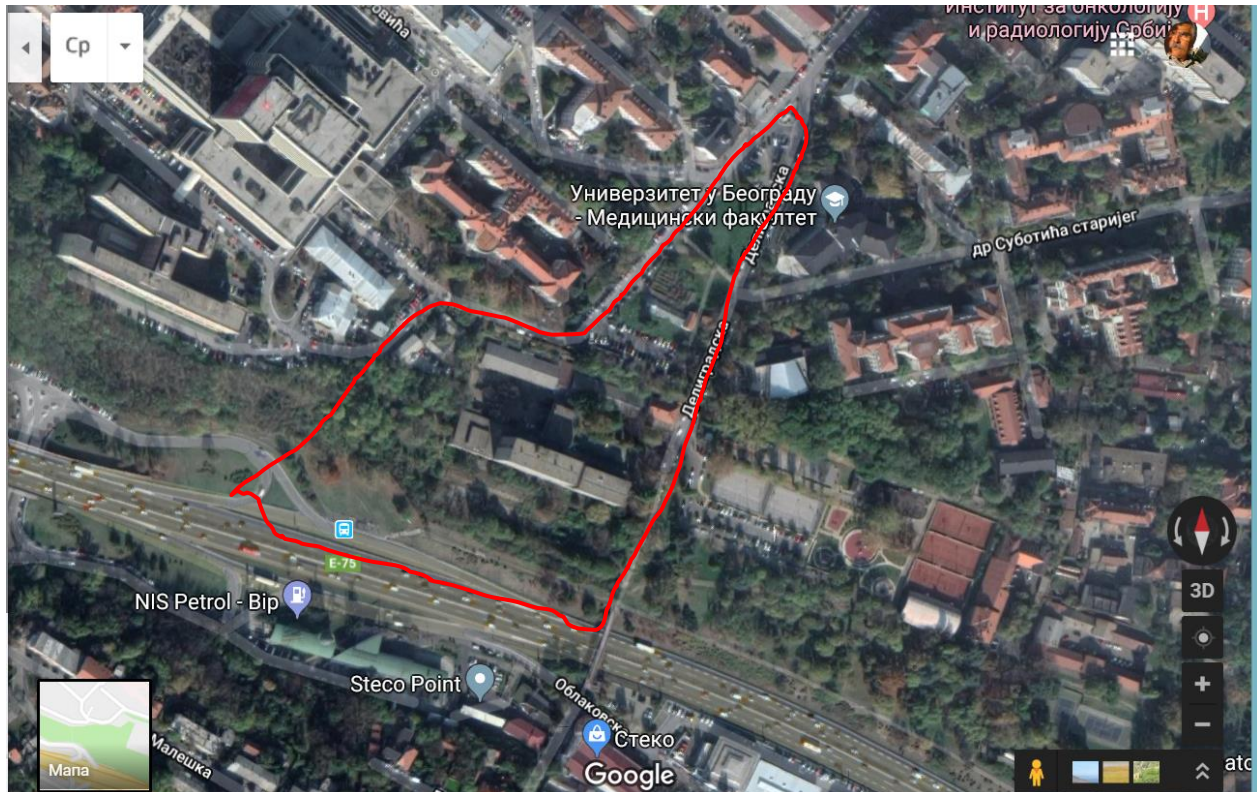
1. UVOD
2. OPŠTA SAZNANJA O ISTRAŽNOM PROSTORU
  - 2.1 Geografski položaj
  - 2.2 Morfološke i hidrološke odlike terena
  - 2.3 Geološka građa terena
  - 2.4 Hidrogeološke odlike terena
3. IG ODLIKE IZDVOJENIH LITOGENETSKIH KOMPLEKSA
4. SAVREMENI GEOLOŠKI PROCESI I POJAVE
5. INŽENJERSKOGEOLOŠKA REJONIZACIJA TERENA
6. GEOTEHNIČKI USLOVI IZGRADNJE OBJEKTA BOLNICE
7. ZAKLJUČAK

## SPISAK GRAFIČKIH PRILOGA

| <i>prilog br.</i> | <i>Naziv priloga</i>                             | <i>Razmera</i>    |
|-------------------|--|-------------------|
| 1.                | <i>situacija sa položajem istražnih radova</i>   | <i>1:2500</i>     |
| 2.                | <i>Inženjerskogeološki preseči terena</i>        | <i>1:1000/500</i> |
| 3.                | <i>Dokumentacija istražnih bušotina</i>          |                   |
| 4.                | <i>Dokumentacija laboratorijskih ispitivanja</i> |                   |

## UVOD

AG Institutu iz Novog Sada kao izvršiocu, poverena detaljna inženjerskogeološka istraživanja terena i izrada geološko-geotehničke dokumentacije za potrebe izrade bolnice, na budućoj lokaciji objekta dečje klinike Tiršova 2 u Beogradu.



sl.1

Ova dokumentacija treba da predstavlja osnov za utvrđivanje geotehničkih uslova izgradnje objekta bolnice

Zadatak geološko-geotehničkih istraživanja je bio obezbeđivanje tumačenja inženjerskogeoloških stanja i svojstava terena i stenskih masa, parametara hidrogeološkog profila terena, tumačenja svojstava prirodne konstrukcije terena preko inženjerskogeološke reonizacije terena i geotehničkih preporuka za izgradnju predviđenih objekata.



Sinteza svih rezultata istraživanja prezentirana je u formi Elaborata, koji se sastoji iz tekstualnog i grafičkog dela. Elaborat detaljnih geološko-geotehničkih istraživanja terena sastoji se od tekstualnog dela i grafičkih priloga, tabela i dijagrama. Istraživanjima je obuhvaćen prostor površine oko 7 ha.

Pri izradi dokumentacije pridržavali smo se u svemu važećih zakona i pravilnika, i to:

- Projekat detaljnih geotehničkih ispitivanja terena je u svemu urađen na osnovu Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima ("Službeni glasnik RS", br. 101/2015), i ostalih zakona važećih za predmet nabavke;
- Na osnovu Zakona o planiranju i izgradnji, ("Službeni glasnik RS", br. 72/09, 81/09 - ispravka, 64/10 - odluka US, 24/11, 121/12, 42/13 - odluka US, 50/13 - odluka US, 98/13 - odluka US, 132/14 i 145/14);

## **2. OPŠTA SAZNANJA O ISTRAŽNOM PROSTORU**

### **2.1 Geografski položaj**

Istražno područje locirano je zapadnom i centralnom delu Beograda. Zahvata površinu od 7 ha. Granice istražnog prostora predstavljaju auto put i Deligradska ulica.

Celo područje predstavlja "urbanu" sredinu, uglavnom izgrađeno višespratnim objektima.

Položaj istražnog područja dat je na slici 1

### **2.2 Morfološke i hidrološke odlike terena**

U geomorfološkom pogledu predmetno područje ima dosta izražen reljef (veštačke zaravni i strmi odseci (kosine). Manji delovi padina istražnog područja uz autoput, zahvaćeni su procesima umirenog klizanja. Kote terena kreću se u rasponu od 94,0 mnv u zoni pešačke staze iznad autoputa, do 122,0 mnv na vrhu Deligradske ulice.

Na terenu nema površinskih tokova. Sve povremene vode od padavina se kišnom kanalizacijom kontrolisano odvođe. Podzemna voda je konstatovana u okviru kvartarnih naslaga na kontaktu lesolikih deluvijalnih glina i karbonatne zone tercijera (laporovito glinoviti kompleks). Deo te izdani svakako čine i vode iz dotrajale vodovodne i kanalizacione mreže.

### **2.3 Geološka građa terena**

Inženjerskogeološko kartiranje terena i interpretacija rezultata istražnog bušenja ukazuju da je istaživani prostor složene geološke građe. Kao najstarija geološka tela javljaju se kredni sedimenti u čijoj su se paleodepresiji taložili mlađi neogeni sedimenti. Kao najmlađi geološki članovi koji čine završnu sedimentaciju na ovom prostoru, javljaju se kvartarni sedimenti taloženi preko razuđenog paleoreljefa neogena i kredne podloge.



**Sarmatski sedimenti** su konstatovani na celom istražnom prostoru, gde su razvijeni u faciji šupljikavih sarmatskih krečnjaka. Na inženjerskogeološkoj karti i presecima terena imaju oznaku  $M_3^1K$ . Preko njih su krečnjačko laporoviti sedimenti  $M_3^1KL$ .

**Panonski sedimenti** leže konkordantno preko sarmatskih tvorevina a istražnim radovima su konstatovani skoro na celom ispitivanom prostoru. Razvijeni su u faciji prašinstih do glinovitih lapora i laporovitih glina. Taloženi su u plitkovodnoj sredini kaspibrakičnog karaktera. Na inženjerskogeološkoj karti i presecima terena označeni su sa  $M_3^2GL$ .

**Kvartarni sedimenti** nalaze se u površinskom delu terena, prekrivajući paleoreljef podloge. Različitog su postanka, a po genezi se izdvajaju: deluvijalni i lesoliki tipovi. Stvarani su u doba glacijacija i interglacijacija.

**Deluvijalni sedimenti** imaju na ispitivanom prostoru znatno rasprostranjenje i zaležu neposredno preko starijih sedimenata. Javljaju se u faciji prašinstih glina.

U njihovim povlatnim delovima javlja se stari humizirani sloj – pogrebena zemlja, čime se jasno izdvajaju od mlađih deluvijalnih sedimenata. Na inženjerskogeološkoj karti i presecima terena su označeni oznakom  $d^g$ .

**Lesoliki deluvijum** se nalazi u povlatnim delovima kvartarnih sedimenata. Predstavlja, površinskim procesima, izmenjene prašinate članove deluvijalnih sedimenata. Na inženjerskogeološkoj karti ima oznaku  $d^l$ .

**Naute naslage** su konstatovane na površini terena kao osnovni produkt antropogenog delovanja. Heterogenog je litološkog sastava i svojstava. Na inženjerskogeološkoj karti ima oznaku  $n$ .

## 2.4 Hidrogeološke odlike terena

Geološki sklop, litološki sastav i morfologija terena uslovili su i odgovarajuće hidrogeološke specifičnosti terena kao celine. Čitav teren je prekriven kvartarnim prašinasto peskovitim komponentama i nasutim materijalima, koji predstavljaju osnovni

regulator poniranja vode ka podlozi. Različit stepen zaglinjenosti kvartarnih naslaga uslovio je i njihov promenljiv stepen vodopropusnosti, odnosno zasićenosti vodom.

**Deluvijalni sedimenti** ( $d^g, d^l$ ) nalaze se na ispitivanom delu terena uglavnom u površinskom delu do dubine 7m. Sastava su prašinasto peskovitog, porozne su i predstavljaju relativno vodopropusnu sredinu, tako da su lako ocedljive. Deo padavina koje se kroz njih infiltrira brzo dopire do njihove podloge izgrađene od neogenih glinovito laporovitih sedimenata obogaćenih karbonatom u povlati. Izdan se u njima ne formira već





ARHITEKTONSKO -  
GRAĐEVINSKI INSTITUT  
Dr Đorđa Joanovića 4/7  
Novi Sad

Tel: 021 511-551  
021 300-1870

PIB: 107062214  
ŽR: 285-2211000000454-76

office@aginstitut.com  
www.aginstitut.com

se na njihovom kontaktu sa slabije vodopropusnom neogenom podlogom javljaju sezonska zasićenja vodom.

**Panonski laporovito glinoviti sedimenti  $M_3^2GL$**  se javljaju neposredno ispod kvartarnih sedimenata na većem delu terena. Praktično su vodonepropusni, te predstavljaju podlogu izdani koja se formira u kvartaru. Na pojedinim delovima terena gde su oni izuzetno ispucali a iznad njih naleže tanak sloj kvartarnih naslaga, izdan se ne formira.

**Sarmatski sedimenti  $M_3^1KL$   $M_3^1K$** , predstavljeni su serijom naizmeničnog smenjivanja krečnjaka i prašinstih lapora, u čijoj podini su krečnjaci. U celini posmatrano oni predstavljaju jednu vodonepropusnu sredinu, tako da voda koja se kroz kvartarne sedimente filtrira po njihovom kontaktu struji u pravcu erozije baze. Tamo gde krečnjački slojevi leže ispod kvartara ovi slojevi dreniraju vodu iz površinskih slojeva. Ove sredine imaju razvijenu primarnu i sekundarnu poroznost i veoma su porozne. U sarmatskim krečnjacima do dubine istraživanja nije konstatovana izdan.

U toku istraživanja nivoi podzemne vode u bušotinama sa ugrađenom piježometarskom konstrukcijom nisu konstatovani.

#### **4.VRSTA I OBIM IZVEDENIH ISTRAŽIVANJA**

Metodologija istraživanja koja je primenjena na ovom prostoru sastojala se iz sledećih postupaka:

- pregleda ranijih istraživanja
- izvođenja terenskih i laboratorijskih istraživanja i ispitivanja
- kabinetske obrade podataka

##### **4.1.PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA**

Na prostoru budućeg objekta u prethodnom periodu od 1957-1971g su rađena istraživanja za različite namene, a najkvalitetnije podatke sadrži dokumentacija

*-Elaborat o geomehaničkom ispitivanju tla zabolnički centar u krugu kliničkog centra u Višegradskoj ulici (Jugofund 1971g)*

Navedenom dokumentacijom obuhvaćena su kompleksna istraživanja, zasnovana na metodama sondiranja terena, metodama geotehničkog kartiranja i . laboratorijskih geomehaničkih ispitivanja uzoraka tla.

Urađeno je 20 sondažnih bušotina dubine do 3-24m od kojih su 5 u zoni predmetnog područja tj 2 u zoni budućeg objekta bolnice.sl.2



sl.2

## 4.2. IZVEDENA ISTRAŽIVANJA

Sastojala su se u terenskim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima. Od terenskih istraživanja korišćene su sledeće metode:

- Detaljno inženjersko geološko kartiranje površine terena
- Istražno bušenje sa detaljnim kartiranjem jezgra
- Osmatranje nivoa podzemne vode
- Penetraciona ispitivanja (SPT-test)

U cilju definisanja fizičko mehaničkih i otporno deformabilnih karakteristika izdvojenih sredina uzeto je ukupno 16 uzoraka iz istražnih bušotina. U tabeli 1 dati su vrsta i obim izvedenih laboratorijskih ispitivanja a na prilogu br.4 dat je tabelarni pregled rezultata svih laboratorijskih ispitivanja, kao i dijagrami i zapisnici pojedinačnih opita.

**Tabela 1** Vrsta i broj izvršenih laboratorijskih ispitivanja

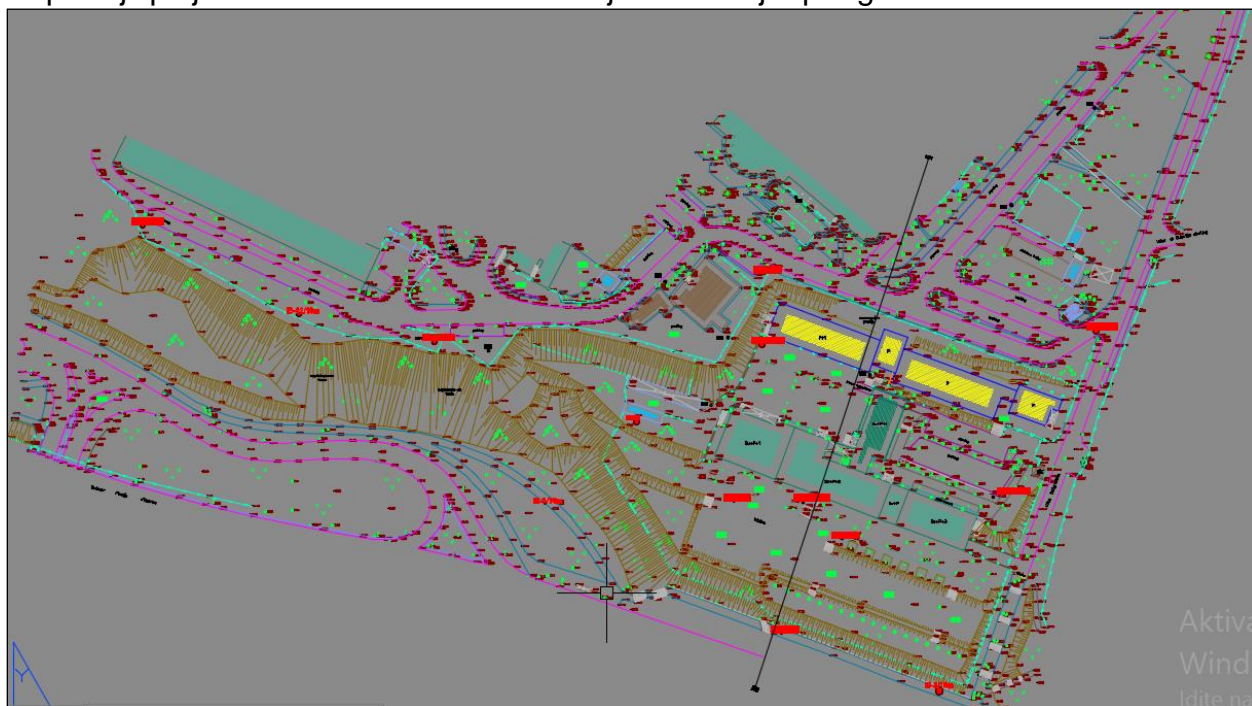
| <i>red<br/>br.</i> | <i>vrsta<br/>opita</i>                             | <i>ukupa<br/>n broj<br/>opita</i> |
|--------------------|--|-----------------------------------|
| 1                  | Identifikaciono-<br>klasi fikaciona<br>ispitivanja | 15                                |

|   |                            |   |
|---|----------------------------|---|
| 2 | direktno<br>smicane        | 8 |
| 3 | edometerska<br>stišljivost | 9 |
| 4 | Jednoaksijalna<br>čvrstoća | 2 |

**Geotehničko kartiranje terena** - Izvedeno je u cilju sagledavanja geomorfoloških odlika terena, utvrđivanja njegove geološke građe, ovodnjenosti terena i registrovanju savremenih geodinamičkih procesa i pojava. Površina istražnog prostora iznosi oko 7ha.

**Istražno bušenje** - sondiranje terena je izvedeno do dubine od 10-23 m. Izvedeno je 12 istražnih bušotina. Istražno bušenje izvodi se sa zadatkom dobijanja kontinualnog jezgra tla po dubini sondiranog profila i dobijanja reprezentativnih uzoraka tla radi ispitivanja u laboratoriji.

Dispozicija projektovanih istražnih radova data je na situaciji - prilog 1. i sl.3



sl.3





ARHITEKTONSKO -  
GRAĐEVINSKI INSTITUT  
Dr Đorđa Joanovića 4/7  
Novi Sad

Tel: 021 511-551  
021 300-1870

PIB: 107062214  
ŽR: 285-2211000000454-76

office@aginstitut.com  
www.aginstitut.com

**Detaljno geotehničko kartiranje jezgra istražnih bušotina** – izvedeno je radi određivanja litološkog sastava, strukturnih i teksturnih osobina sedimenata i tipa poroznosti. U sklopu detaljnog geotehničkog kartiranja jezgra istražnih bušotina rađeno je uzimanje reprezentativnih uzoraka materijala za ispitivanja u laboratoriji.

Detaljno geotehničko kartiranje jezgra iz istražnih bušotina urađeno je na ukupno 140 m<sup>3</sup> nabušenog jezgrenog materijala.

**Izrada pijezometara** je urađena u bušotinama IBP-1, IBP-5 i IBP-11 radi osmatranja nivoa podzemne vode. Pijezometri se ugrađuju nakon odgovarajuće pripreme (čišćenja) sondažnih bušotina. Dužina pijezometarske konstrukcije iznosi 12 -20 metara, u zavisnosti od geološkog sastava. Položaji ugrađene pijezometarske konstrukcije prikazana je na zapisnicima bušotina pr.3

Do predaje ove dokumentacije u pijezometrima nije bilo podzemne vode.

**Merenje penetracione otpornosti tla (SPT)** – je rađena u svakoj istražnoj bušotini na svaka 2-3m dubine, ukupno ukupno 34 opita. Podaci SPT opita dati su u zapisnicima bušotina

### **Geofizička ispitivanja**

Seizmički hazard na predmetnoj lokaciji, je definisan na osnovu analiza dinamičkog odgovora tla lokacije na seizmičko dejstvo. Vrednosti parametara horizontalnog i vertikalnog elastičnog spektra odgovora tla, kao i deformabilnih svojstava tla, koja se mogu ostvariti pri potencijalnom seizmičkom dejstvu na predmetnoj lokaciji, će biti prikazani u Izveštaju.

Dinamički odgovor lokalnog tla na seizmičku biće utvrđen u analitičkom postupku modeliranja dejstva reprezentativne grupe karakterističnih istorija ubrzanja tla. Lokalni model tla će biti konstruisan na osnovu vrednosti brzina smičućih (transferzalnih) talasa sračunatih primenom empirijskih relacija za veyu sa rezultatima STP i CPT testova, kao i odgovarajućih karakteristika tla utvrđenih u Geotehničkom elaboratu.

Definisanje seizmičkih parametara biće u skladu sa procedurama propisanim u Pravilniku o projektovanju objekata visokogradnje u seizmički aktivnim područjima i SRPS EN 1998

Rezultati ovih analiza dati su u posebnoj svesci kao prilog



## 5. IG ODLIKE IZDVOJENIH LITOGENETSKIH KOMPLEKSA

Inženjerskogeološka svojstva vezana su za način postanka, zaleganja i promene kojima su stenske mase bile izložene od postanka do danas. Fizičkomehanička svojstva jedan od bitnih inženjerskogeoloških uslova za prognoziranje ponašanja stenskih masa u toku urbanizacije prostora, u tesnoj su zavisnosti sa navedena tri činioca. Iz tih razloga, izdvajanje stenskih masa je izvedeno na osnovu genetskih odlika, stratigrafske pripadnosti i litoloških svojstava. Ovako izdvajanje omogućilo je da se na širem prostoru mogu korelisati inženjerskogeološka svojstva stenskih masa. To je posebno značajno kod kvartarnih-kontinentalnih naslaga koje se odlikuju se raznovršnošću genetskih tipova.

Zbog nedovoljno razvijene geološko-litogenetske klasifikacije kod naziva kompleksa marinskih sedimenata upotrebljeni su litološki nazivi uz bližu genetsku, a kod kontinentalnih genetski nazivi uz bližu litološku definiciju. Inženjerskogeološki kompleksi čija su inženjerskogeološka svojstva iskazana geohronološkim redosledom su:

|                           |                 |                                    |
|---------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Nasuto tlo                | n <sup>9</sup>  | recentno                           |
| Lesoliki deluvijalni      | dl <sup>I</sup> | kvartar LJ                         |
| Deluvijalni sedimenti     | d <sup>9</sup>  | kvartar LJ                         |
| Laporovite gline i lapori | GL, L           | panon M <sub>3</sub> <sup>2</sup>  |
| krečnjaci i lapori        | KL              | sarmat M <sub>3</sub> <sup>1</sup> |
| Krečnjaci                 | K               | sarmat M <sub>3</sub> <sup>1</sup> |

Na osnovu svih primenjenih terenskih istraživanja: inženjerskogeološkog kartiranja, istražnog bušenja, kao i detaljne analize postojeće geološke dokumentacije može se zaključiti da je pre stvaranja neogenih sedimenata bio izražen paleoreljef i da su se uz tadašnje istaknute reljefne forme izgrađene od krednih sedimenata K, taložili stariji neogeni donekle sprudni sedimenti.

Pre stvaranja kvartarnih naslaga teren je bio izložen intenzivnoj denudaciji, eroziji te je paleoreljef razuđen i terasiran.

**Nasuto tlo – n<sup>9</sup>** javlja se na površini terena, čini ga građevinski šut pomešan sa glinovitim materijalom. Zbog velike površinske zastupljenosti i mesta pojavljivanja, a male debljine nema uticaj na buduću urbanizaciju prostora, izuzev u okviru **Rejona C** gde je konstatovana debljina od 21m. Najverovatnije da je u pitanju prirodna depresije-jaruga koja je decenijama zapunjavana materijalom iz iskopa tokom urbanizacije ovog dela grada. Materijal u toj zoni je pretežno glinovit.

### Izmenjeni les - I

Konstatovan je u nižim delovima padine ispod kote 107mnm. Debljine su 1,0-3,0m. Masivne su teksture, zrnaste strukture, prašinasto peskovitog umereno neravnomernog sastava. U osnovnoj masi sadrže prah CaCO<sub>3</sub> u vidu micela, što im daje svetlo



braonkastu do žućkastu boju, veću poroznost i prhkost. Slabo su konsolidovane, pod pritiskom se lako razaraju do prašinastih čestica. Imaju složenu poroznost, lako se očeđuju i u njima se izdan ne formira. Vrednosti važnijih fizičko mehaničkih parametara (iz postojeće dokumentacije) se kreću u rasponu:

$$Y=17,8-18,0 \text{ kH/m}^3$$

$$\varphi=23-28$$

$$\mu=6-17 \text{ kPa}$$

$$M_s=3.000-5.000 \text{ Kpa}$$

$$\gamma_d=16,0-17,5 \text{ kN/m}^3 \quad n_{\text{opt}}=17\% \quad \gamma_{\text{dmax}}=16,9 \text{ kN/m}^3 \quad \text{CBR}=6,4\%$$

Prema GN 200 normama pripadaju II kategoriji zemljišta. Rad se u njima obavlja normalno. Mogu se držati u vertikalnim zasjecima visine i do 3,0 m. Pogodne su sredine u izgradnji nasipa i zatrpavanju rovova infrastrukture. Pri fundiranju objekata sa većim specifičnim opterećenjem treba primeniti odgovarajući sistem temeljnih konstrukcija.

#### **Deluvijalni sedimenti ( $d^9$ )**

Zaležu neposredno ispod sedimenata lesolikog deluvijuma. Neujednačene su debljine 1,0 do 4,0 m. Ovaj sloj ima jasne granice između povlate i podine. Vrednosti važnijih fizičko mehaničkih parametara se kreću u rasponu:

$$Y=19,0-19,5 \text{ kH/m}^3$$

$$\varphi=18-22$$

$$\mu=20-27 \text{ kPa}$$

$$M_v=3200-7000 \text{ kPa}$$

#### **Laporovito glinoviti sedimenti $M_3^2$ GL**

Na ispitivanom području imaju znatno rasprostranjenje, debljine od 4-10m, zaležu neposredno ispod kvartarnih sedimenata. Kompleks izgrađuju lapori i laporovite gline koji su u podinskim delovima prelaze u kompleks laporovitih krečnjaka i lapora.

Lapori su masivne tekture. Boje su svetlo sive, tamnosive do žućkaste. Najčešće su prašinasti, kompaktni, školjkastog preloma, tvrdi, krti, praktično nestišljivi i vodonepropusni. U površinskoj zoni su degradirani i izdeljeni prslinama. Sadrže sočiva praha podređeno i konkrecije kalcijum karbonata, izdeljene brojnim prslinama na komade oštrouglih oblika veličine 1-5 cm čije su površine blago uglačane, prevučene skramama Mn i sive gline i zasićene vodom.



Gline i lapori se javljaju u slojevima debljine do 40cm, masnog su opipa, tvrdi praktično nestišljivi i vodonepropusni. Vrednosti važnijih fizičko mehaničkih parametara se kreću u rasponu:

Vrednosti pojedinih parametara su:

$\gamma = 19,0-20,0 \text{ kN/m}^3$

$\varphi = 21-23$

$\mu = 25-27 \text{ kPa}$

$M_v = 5300-6000 \text{ kPa}$

Prema GN normama pripadaju IV kategoriji zemljišta. Pripovršinska zona, degradirana zona II i III kategoriji. Odlikuju se povoljnim svojstvima za oslanjanje temeljnih konstrukcija objekata visoko i niskogradnje. Pripovršinske degradirane zone lapora su izuzetno neujednačenih i znatno sniženih mehaničkih svojstava pa se ovakve zone izbegavaju za oslanjanje objekata.

### **Krečnjačko laporoviti sedimenti $M_3^2$ KL**

Konstatovani su u podini svih sedimenata. Kompleks izgrađuju krečnjaci, i lapori. Krečnjaci se javljaju u povlatnim delovima sloja sa kojim su vezani postepenim prelazima te su kavernozi. Tvrdi su vodopropusni, nestišljivi.

Lapori su sive do sivožute boje, prašinski do glinoviti, masivne teksture, Prosušeni, tvrdi, zvonki, slabo vodopropusni. U pripovršinskoj zoni su degradirani, izdijeljeni prslinama i sadrže proslojke sočiva praha karbonata. Vrednosti važnijih fizičko mehaničkih parametara se kreću u rasponu:

#### Lapori

$\gamma = 19,5-20,5 \text{ kN/m}^3$     $\delta c = 700 - 900 \text{ kN/m}^2$

#### Krečnjaci

$\gamma = 22,0-24,0 \text{ kN/m}^3$     $\delta c = 38,0 \text{ MPa}$

### **Krečnjaci $M_3^2$ K**

Sarmatski krečnjaci čine podlogu ispitivanog. Nejednake su dubine pojavljivanja javljaju se na dubini od 3-21,0m od površine terena. Prema podacima iz postojeće dokumentacije krečnjaci leže transgresivno preko izuzetno neravne podine krednog krečnjaka. Pored primarne sunderaste intergranularne poroznosti ima i sekundarnu pukotinsku poroznost i kavernoznost. Krečnjaci su sočivaste do slojevite teksture oolitični, peskoviti. Boje su beličasto žute do beličasto sive. Porozni, šupljikavi. Praktično nestišljivi,





vodopropusni i vodonosni. Vrednosti važnijih fizičko mehaničkih parametara se kreću u rasponu:

$$\gamma = 22,0-24,0 \text{ kN/m}^3 \quad \delta c = 38,0 \text{ MPa}$$

Prema GN normama pripadaju IV i V grupi zemljišta i predstavljaju pogodnu sredinu za oslanjanje građevinskih konstrukcija.

### 3. SAVREMENI GEOLOŠKI PROCESI I POJAVE

Pri inženjerskogeološkom kartiranju terena zapaženi su morfološki oblici koji karakterišu pojave nekadašnjih kretanja zemljanih masa u pravcu autoputa u zoni postojeće pešačke staze iznad autoputa. Trenutno proces klizanja nije aktivan. Međutim u uslovima zasecanja u ovoj zoni proces se može aktivirati. (Rejon „C,,)

### 4. INŽENJERSKOGEOLOŠKA REJONIZACIJA TERENA

Na inženjerskogeološkoj karti i presecima terena - prilog 1 i 2, pored geološke građe terena, prirodnog zaleganja pojedinih litogenetskih kompleksa, prikazana je i inženjerskogeološka rejonizacija terena, koja predstavlja sintezu prirodnih i stvorenih uslova na terenu. Inženjerskogeološkom rejonizacijom terena je data ocena istražnog prostora za potrebe izrade urbanističkog plana područja.

Parametri koji su vrednovani pri inženjerskogeološkoj rejonizaciji terena su:

- geološki potencijal (lokacija, prostorni raspored zastupljenih litotipova, geološka starost i geološki sklop),
- stanje i svojstva zastupljenih litotipova,

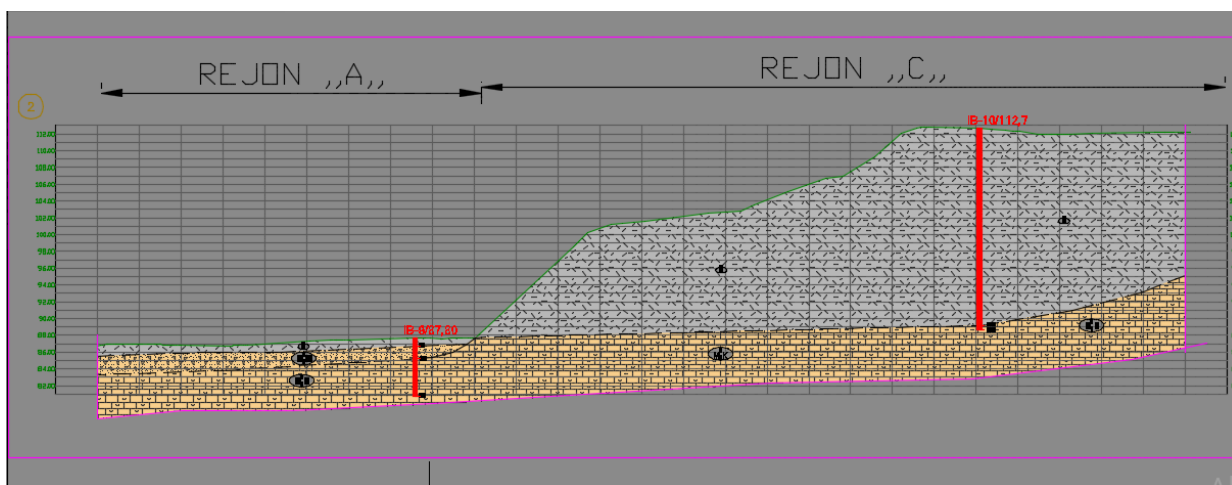
Osim ovih pri rejonizaciji su uzeti su u obzir i geološko-geotehnički faktori:

- morfologija terena,
- numeričke vrednosti geotehničkih parametara

Čitavo ispitivano područje podeljeno je na tri rejona. Oznake rejona **A**, **B** i **C** idu od najpogodnijeg do najnepogodnijeg geološkog prostora pri urbanizaciji.

## REJON A

U okviru ovog rejonu izdvojeni su zaravljani - delovi terena u dnu padine uz autoput, nagiba do 3° izgrađeni u površinskom delu od antropogenih naslaga, ispod koga su zastupljeni sedimenti, sarmatskih krečnjaka  $M_3^1K$ . Tereni su ocedni, bez prisustva podzemne vode. Inženjerskogeološka konstrukcija ovog rejonu prikazana je presecima terena (prilog 2).



Sl.4

- Objekti visokogradnje se mogu fundirati direktno (ploče, trake-unakrsno povezane) na dubini eliminisanja antropogenih naslaga. Temeljenje objekata je moguće direktno na praktično nestišljive krečnjake.
- Pri izgradnji saobraćajnica i parking prostora na površini nema ograničenja.

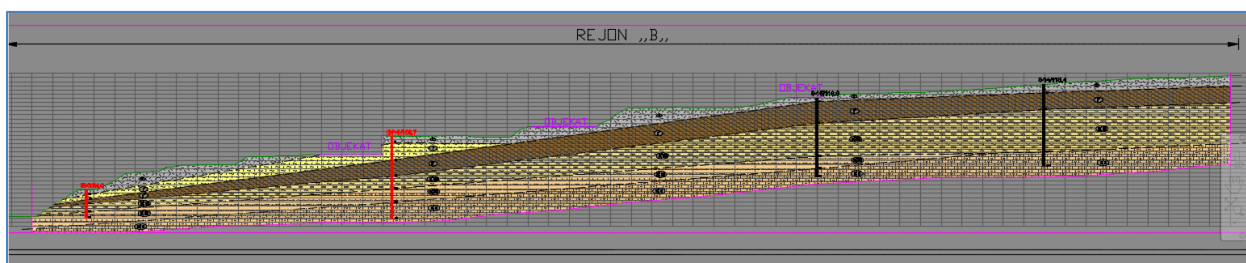
## REJON B

U okviru ovog rejonu izdvojen je veći deo prostora zaravljani tokom urbanizacije područja. Izgrađeni su u površinskom delu od ali je sezonski moguć u antropogenih naslaga i do 5m debljine, ispod koga su srednje stišljivih sedimenata deluvijalnog i lesolikog kompleksa ( $d^9, I$ ) koji leže preko čvrstih i polučvrstih sedimenata sarmata, predstavljeni glinovito laporovitim i krečnjačkim sedimentima  $M_3^2GL$ ,  $M_3^1K$ .

Nivo podzemne vode nije konstatovan. U sadašnjim prirodnim uslovima zemljane mase se nalaze u ravnotežnom stanju. Inženjerskogeološka konstrukcija terena je prikazana na inženjerskogeološkim presecima terena (prilog 2).

Nivo podzemne vode je sezonski moguć, najčešće na kontaktu deluvijalnih i glinovito laporovitih sedimenata.

Prema inženjerskogeološkoj konstrukciji terena prostori obuhvaćeni rejonom B mogu se koristiti pri urbanističkom planiranju. U ovom rejonu zbog veće debljine glinovitih naslaga, pri neobezbeđenim zasecanjima koja dospevaju do krečnjaka, može doći do otkidanja i kretanja zemljanih masa.



Sl.5

Prema fizičko mehaničkim svojstvima svaki član iz litoloških kompleksa **d<sup>g</sup>** i **I** može se koristiti za oslanjanje građevinskih konstrukcija sa manjim kontaktnim naprezanjima.

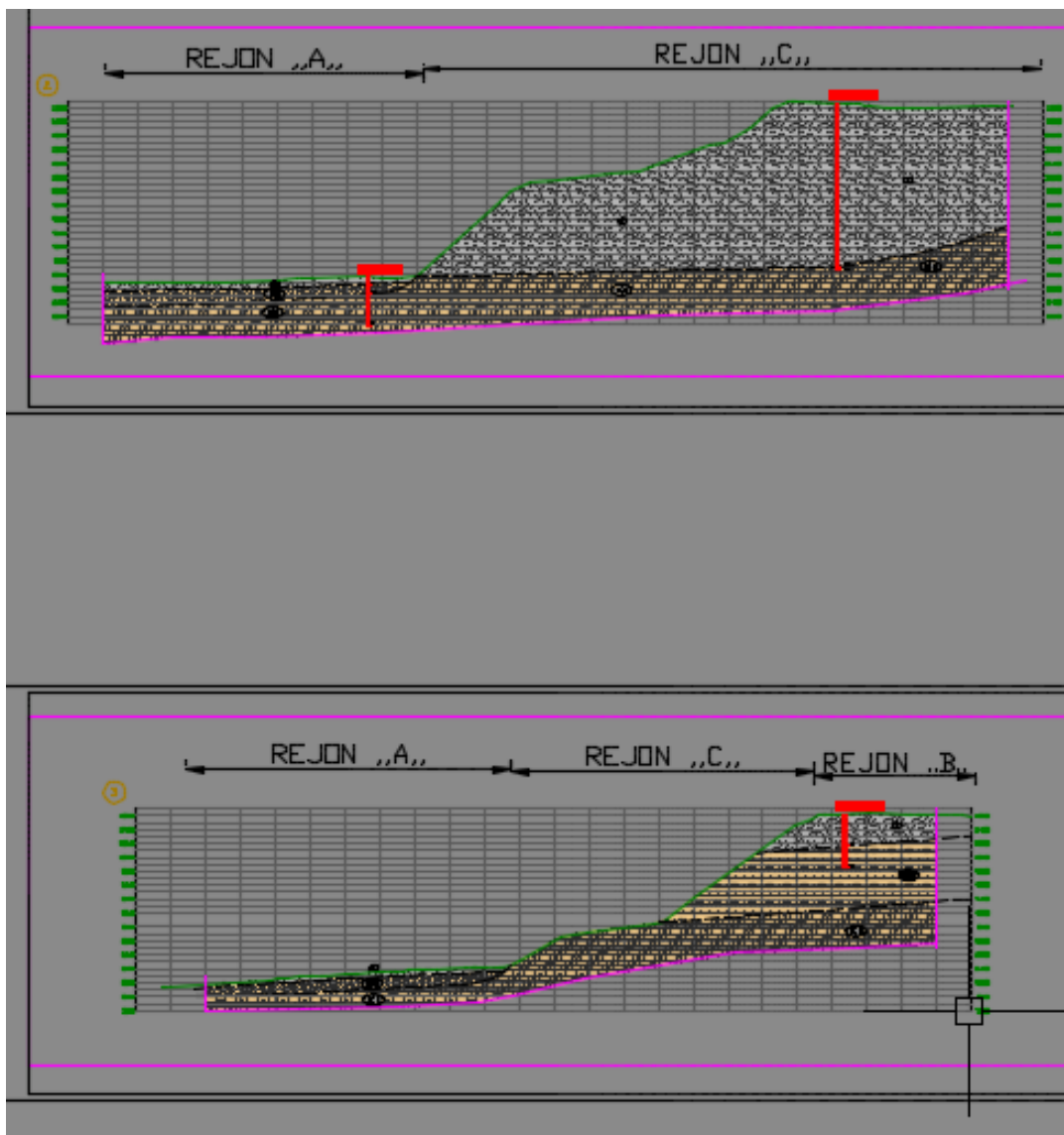
- Objekti visokogradnje sa manjim opterećenjima se mogu fundirati direktno (ploče, trake-unakrsno povezane) a objekti sa podzemnim prostorijama direktno na krečnjake.
- kod izgradnje saobraćajnica zbog prisustva nasutih naslaga, biće potrebna zamena podtla. U toku projektovanja treba predvideti zaštitu posteljice odgovarajućim odvodnjavanjem kao i sprečavanje prolaza vode u posteljicu.
- Duboka ukopavanja – obavezno osigurati odgovarajućim merama zaštite – Šipovima, dijagfragmama i sl. i svaku pojavu vode prikupljati i kontrolisano sprovesti u najnižu odvodnu arteriju. Iskope u oba ova slučaja treba da prati odgovarajući stručni nadzor.

## REJON C

Ovim rejonom obuhvaćeni su sve strme kosine-padine kao i zona sa velike debljine nasipa cca 21m

Nagibi terena su neujednačeni, i do 45°. Na površini terena nalaze se, srednje stišljivi, deluvijalni sedimenti (**d<sup>g</sup>**, **I**) neujednačene debljine od 5,0-10m. direktno na krečnjačkim sedimentima. Nivo podzemne vode nije konstatovan.

Veći deo istražnog prostora predstavlja uslovno stabilne padine, Ovi delovi padine se u sadašnjim uslovima nalaze u ravnotežnom stanju, ali svako nekontrolisano zasecanje ovih delova padine može pokrenuti procese nekontrolisanog kretanja zemljanih masa.



Sl.6

Urbanizacija ovakvih delova terena teško je moguća bez većih mera zaštite iskopa zidovima i šipovima sa zategama. Pre svega i u toku zemljanih radova sva se ukopavanja i zasecanja moraju privremeno štititi odgovarajućim merama od eventualnog oburivanja.

- Za objekte visokogradnje projektovati lokalni drenažni sistem koji će prikupljati svu površinsku i podzemnu vodu oko objekata i sprovesti je u kanalizacionu mrežu.



Ukopane delove objekata koristiti kao potporne konstrukcije za prihvatanje zemljanih pritisaka. Dubinu i tip fundiranja prilagoditi heterogenim fizičko mehaničkim osobinama podloge, radi eliminisanja neravnomernih sleganja.

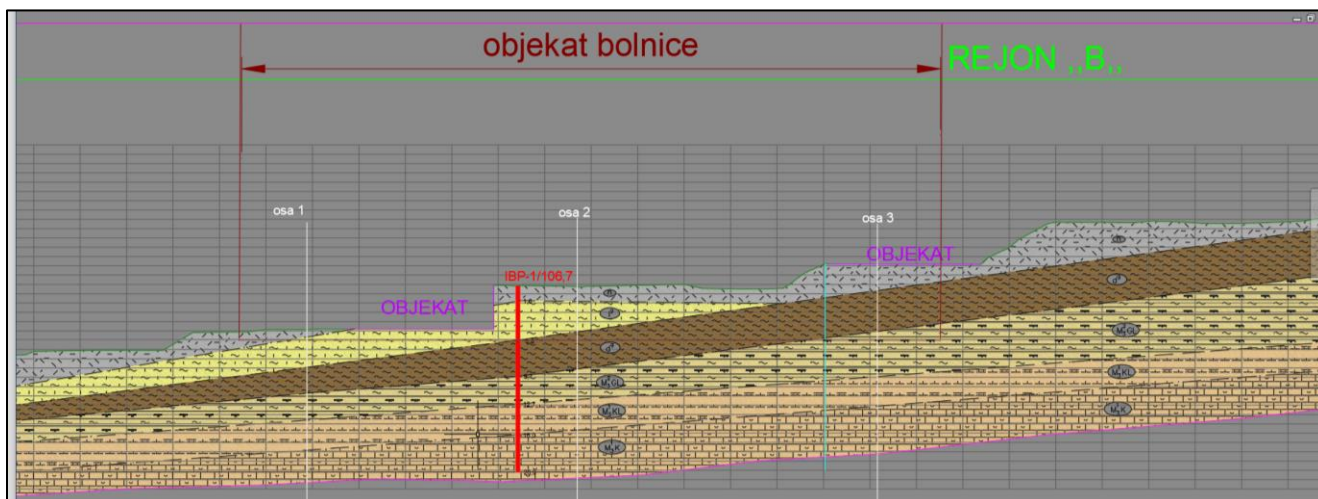
- Kod projektovanja saobraćajnica u zaseku-useku, potrebno je predvideti potporne konstrukcije.

## 6. GEOTEHNIČKI USLOVI IZGRADNJE OBJEKTA BOLNICE

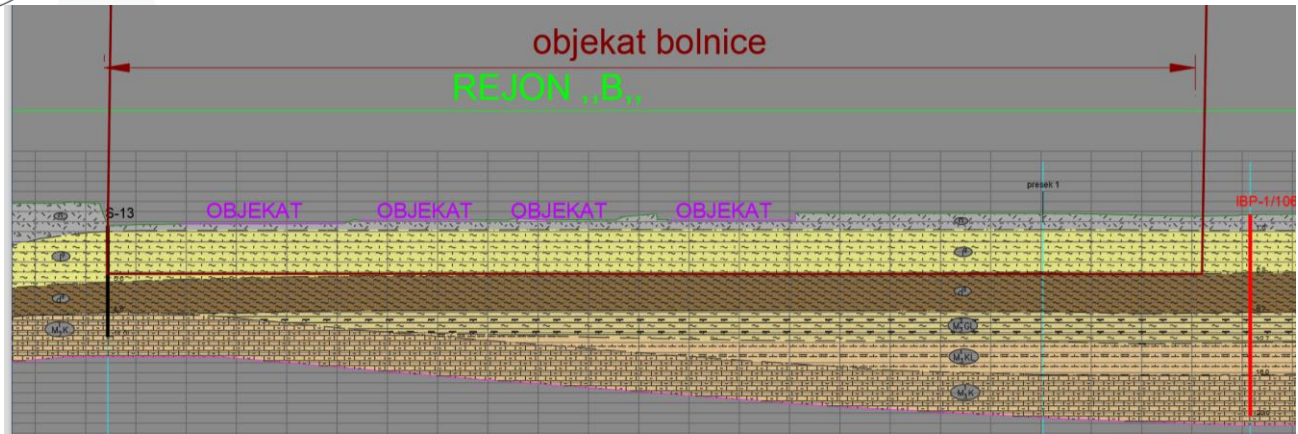
U ovoj fazi izrade projektne tehničke dokumentacije za objekat dečje bolnice Tiršova2 od projektanta objekta dobili smo sledeće preliminarne podatke:

- položaj objekta u situacionom planu
- kота dna objekta 101,00mm
- spratnost objekta cca 10 etaža

Konstruktivni elementi objekta (dimenzije temelja i opterećenja nisu poznati). Geotehnički model terena u zoni objekta prikazan je na geotehničkim profilima i na sl.7 i 8



Sl.7 presek upravno na padinu

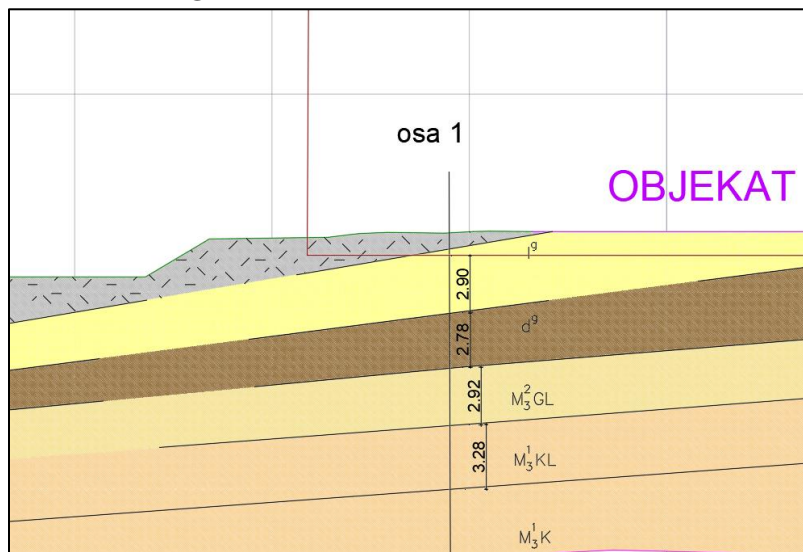


Sl.8 presek paralelno sa padinom

Iz priloženih geotehničkih modela terena se vidi da će objekat bolnice biti oslonjen na različitim litološkim članovima: les, deluvijalna glina i glinovito laporoviti kompleks. Kako ovi članovi imaju različite otporno deformabilne karakteristike, to je za očekivati i različito njihovo ponašanje u uslovima dodatnog opterećenja.

Radi provere ove konstatacije urađeni su proračuni nosivosti isleganja za sve 3 ose objekta (sl.7)

Proračunski GT model u osi 1



Sl.9

**Izmenjeni les - I**

$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$   
 $\phi = 23$   
 $c = 6 \text{ kPa}$   
 $M_s = 4000 \text{ kPa}$

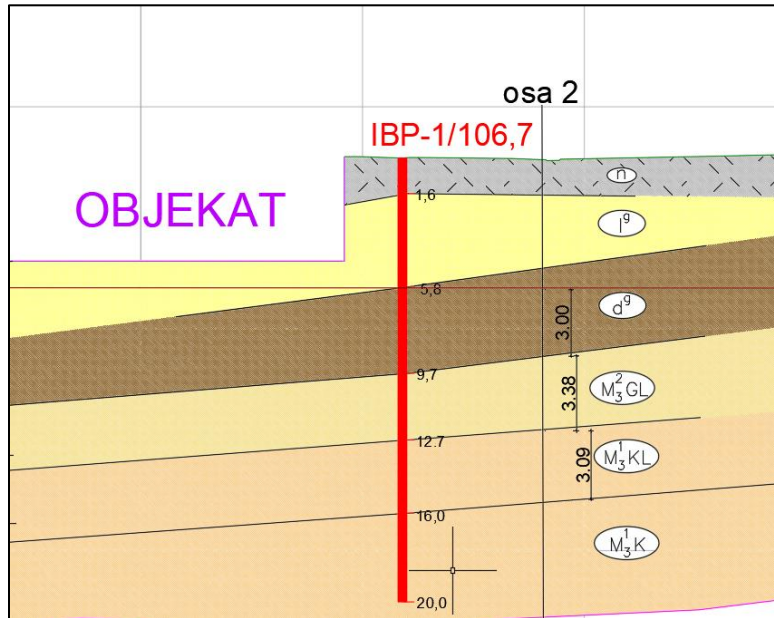
**Deluvijalni sedimenti ( $d^9$ )**

$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$   
 $\phi = 18$   
 $c = 20 \text{ kPa}$   
 $M_v = 5000 \text{ kPa}$

**Laporovito glinoviti sedimenti  $M_3^2 \text{ GL}$**

$\gamma = 19,5 \text{ kN/m}^3$   
 $\phi = 21$   
 $c = 25 \text{ kPa}$   
 $M_v = 6000 \text{ kPa}$

### Proračunski GT model u osi 2



#### Izmenjeni les - I

$\gamma = 18,0 \text{ kH/m}^3$   
 $\phi = 23$   
 $c = 6 \text{ kPa}$   
 $M_s = 4000 \text{ kPa}$

#### Deluvijalni sedimenti ( $d^g$ )

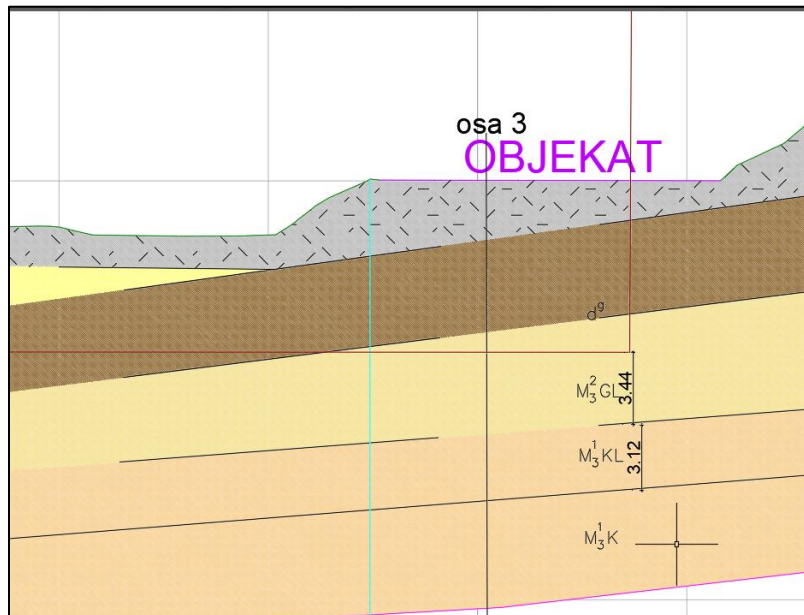
$\gamma = 19,0 \text{ kH/m}^3$   
 $\phi = 18$   
 $c = 20 \text{ kPa}$   
 $M_v = 5000 \text{ kPa}$

#### Laporovito glinoviti sedimenti $M_3^2 \text{ GL}$

$\gamma = 19,5 \text{ kH/m}^3$   
 $\phi = 21$   
 $c = 25 \text{ kPa}$   
 $M_v = 6000 \text{ kPa}$

Sl.10

### Proračunski GT model u osi 3



#### Izmenjeni les - I

$\gamma = 18,0 \text{ kH/m}^3$   
 $\phi = 23$   
 $c = 6 \text{ kPa}$   
 $M_s = 4000 \text{ kPa}$

#### Deluvijalni sedimenti ( $d^g$ )

$\gamma = 19,0 \text{ kH/m}^3$   
 $\phi = 18$   
 $c = 20 \text{ kPa}$   
 $M_v = 5000 \text{ kPa}$

#### Laporovito glinoviti sedimenti $M_3^2 \text{ GL}$

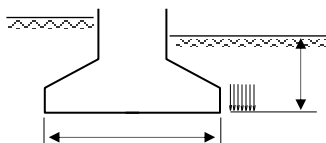
$\gamma = 19,5 \text{ kH/m}^3$   
 $\phi = 21$   
 $c = 25 \text{ kPa}$   
 $M_v = 6000 \text{ kPa}$

Sl.11

## 6.1 Proračun dozvoljenog opterećenja

Proračun dozvoljenog opterećenja rađen je kako je kako to propisuju naši zakonski propisi. Prema "Pravilniku o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata"(Sl. list 15/90) dozvoljeno opterećenje temelja računa se prema obrascu: (čl. 64.)

$$p_a = \gamma \cdot b' \cdot n_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma / 2 + (c_m + l_j \cdot \text{tg}\phi_m) \cdot n_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + l_j$$



- $\gamma$  - zapreminska težina tla ispod nivoa temeljnog dna
- $b'$  - korisna širina temelja
- $n_\gamma$ ;  $s_\gamma$ ;  $i_\gamma$ ;  $n_c$ ;  $s_c$ ;  $d_c$ ;  $i_c$  - faktori nosivosti
- $\text{tg}\phi_m = \text{tg}\phi / F_\phi$  - veličina mobilisane vrednosti ugla unut. trenja  $\phi$  ( $F_\phi$  - parcijalni faktor sigurnosti)
- $c_m = c / F_c$  - veličina mobilisane vrednosti kohezije  $c$  ( $F_c$  - parcijalni faktor sigurnosti)
- $l_j = d_f \cdot \gamma$  - najmanje efektivno opterećenje u nivou temeljnog dna

Rezultati proračuna dopuštenih naprezanja u nivou temeljne spojnice stopa - tlo prikazani su u sledećoj tabeli za slučajeve kada su temelji fundirani u sloju lesa I :

Tabela 3. **Dozvoljeno opterećenje temelja u osi 1**

| Oznaka temelja | dimenzije temelja $b$ (m) | efektivna dubina fundiranja $D_f$ (m) | dozvoljeno opterećenje ( $\text{kN/m}^2$ ) |
|----------------|---------------------------|---------------------------------------|--|
| Traka          | 0,5                       | 0,8                                   | 119,0                                      |
| Traka          | 1,0                       | 0,8                                   | 119,7                                      |
| ploča          | 95,0*70,0                 | 1,0                                   | 635,8                                      |



Tabela 4. **Dozvoljeno opterećenje temelja u osi 2**

| Oznaka temelja | dimenzije temelja <b>b (m)</b> | efektivna dubina fundiranja <b>D<sub>f</sub> (m)</b> | dozvoljeno opterećenje <b>(kN/m<sup>2</sup>)</b> |
|----------------|--------------------------------|--|--|
| Traka          | 0,5                            | 0,8  | 157,0  |
| Traka          | 1,0                            | 0,8  | 151,5  |
| ploča          | 95,0*70,0                      | 6,0  | 1391,6   |

Tabela 5. **Dozvoljeno opterećenje temelja u osi 3**

| Oznaka temelja | dimenzije temelja <b>b (m)</b> | efektivna dubina fundiranja <b>D<sub>f</sub> (m)</b> | dozvoljeno opterećenje <b>(kN/m<sup>2</sup>)</b> |
|----------------|--------------------------------|--|--|
| Traka          | 0,5                            | 0,8  | 214,5  |
| Traka          | 1,0                            | 0,8  | 207,5  |
| ploča          | 95,0*70,0                      | 8,0  | 1573,2   |

(\*) - parcijalni faktori sigurnosti imaju vrednost  $F_{\phi} = 1.5$  i  $F_c = 2.5$

Kao što se vidi iz tabele vrednosti dopuštenih napona za temelje oblika trake su od 119-214kPa dok su za ploču znatno veća od 635-1573kPa

## 6.2 Proračun sleganja

Proračun sleganja vršen je, samo za dopunsko opterećenje, obzirom da su se temelji od postojećeg opterećenja dosada konsolidovali. Dodatna sleganja su vršena integracijom dopunskih vertikalnih deformacija po konturi opterećenog tla, pod pretpostavkom raspodele naprezanja po dubini, ispod karakteristične tačke temelja, prema, Steinbrenner - u:

$$s = \int_0^h \frac{\Delta \sigma'}{M_v} dz$$

- **h** - ukupna debljina stišljivih slojeva
- $\Delta \sigma'$  - piraštaj naprezanja (efektivni napon)
- **M<sub>v</sub>** - modul stišljivosti
- **dz** - elementarna debljina stišljivog sloja

Veličine proračunatih sleganja prikazane su u sledećoj tabeli:

Tabela 6. **Sleganje temelja u osi 1**

| Oznaka temelja | dimenzije temelja<br>b (m) | predpostavljeno<br>dopunsko naprezanje<br>p (kN/m <sup>2</sup> ) | sleganje temelja<br>s (cm) |
|----------------|----------------------------|--|----------------------------|
| Traka          | 0,5                        | 120  | 1,3                        |
| Traka          | 1,0                        | 120  | 2,7                        |
| ploča          | 95*70                      | 100  | 15,3                       |

Tabela 7. **Sleganje temelja u osi 2**

| Oznaka temelja | dimenzije temelja<br>b (m) | predpostavljeno<br>dopunsko naprezanje<br>p (kN/m <sup>2</sup> ) | sleganje temelja<br>s (cm) |
|----------------|----------------------------|--|----------------------------|
| Traka          | 0,5                        | 120  | 0,2                        |
| Traka          | 1,0                        | 120  | 0,3                        |
| ploča          | 95*70                      | 100  | 0                          |



ARHITEKTONSKO -  
GRAĐEVINSKI INSTITUT  
Dr Đorđa Joanovića 4/7  
Novi Sad

Tel: 021 511-551  
021 300-1870

PIB: 107062214  
ŽR: 285-2211000000454-76

office@aginstitut.com  
www.aginstitut.com

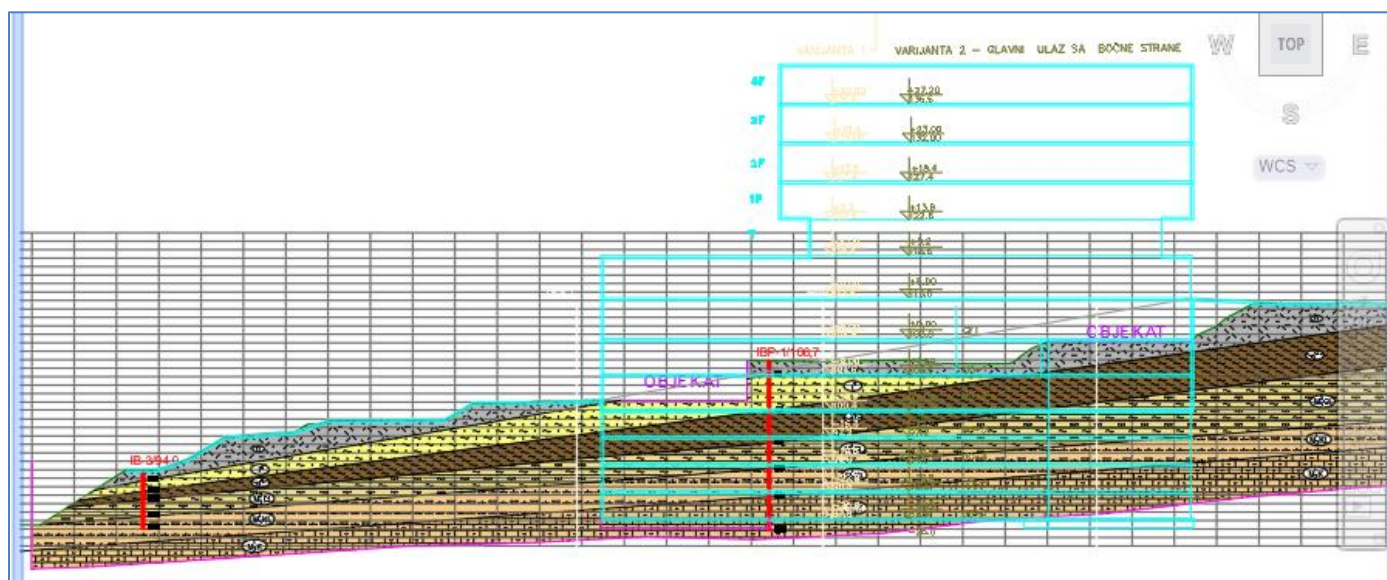
Tabela 8. **Sleganje temelja u osi 3**

| Oznaka temelja | dimenzije temelja<br>b (m) | predpostavljeno<br>dopunsko naprezanje<br>p (kN/m <sup>2</sup> ) | sleganje temelja<br>s (cm) |
|----------------|----------------------------|--|----------------------------|
| Traka          | 0,5                        | 120  | 0                          |
| Traka          | 1,0                        | 120  | 0                          |
| ploča          | 95*70                      | 100  | 0                          |

Na osnovu izvedenih proračuna sleganja konstatovano je da su sleganja u granicama dopuštenih za max dopuštene napone za trake 120kPa i za ploču 100kPa izuzev na delu ose 1 gde je ukopavanje min 1,0m Na tom delu povećati dubinu fundiranja ukopavanjem ili nasipanjem.

## 7.PREDLOG FUNDIRANJA OBJEKTA BOLNICE

Ukoliko postoji mogućnost u sklopu bolnice da budu i garaže onda bi ceo objekat bio fundiran na znatno povoljnijoj geološkoj sredini-steni krečnjak, lokalno sa proslojcima čvrstog lapora. Kota fundiranja 87,6mm sl.12



Sl.12

Iskop bi bio od 20-22m u sledećim sredinama:

- do 12-13m u materijalima III i IV kategorije (lesolike gline, deluvijalne gline i laporovite gline i lapori)
  - Ispod 13m u materijale IV i V kategorije kračnjaka lokalno sa proslojcima lapora
- Lokalno pojavu podzemne vode treba očekivati na kontaktu deluvijalne gline i laporovito glinovitog miocenog kompleksa, na dubini 6-7m. Obavezna je zaštita iskopa za koju treba uraditi poseban projekat.

Nosivost i sleganje objekta se nedovode u pitanje, obzirom na prisustvo relativno čvrste steneske mase krečnjaka na koti fundiranja.



## 8.ZAKLJUČAK

Na osnovu svih izvedenih istraživanja u zoni budućeg objekta Bolnice konstatovano je sledeće:

- Inženjersko geološki sastav terena je izrazito heterogen od različitih litoloških članova: lesni deluvijum, deluvijalna glina, laporovito glinoviti kompleks miocena, krečnjačko laporovit kompleks miocena i krečnjaci.
- Kota fundiranja objekta cca 101 tj dno temelja objekta biće na svim ovim litološkim članovima, pa se iz tog razloga zbog neravnomernog mogućeg sleganja objekta ne preporučuju veći kontaktni naponi od 120kPa za temelje oblika trake ili 100kPa za ploču.
- Iskop za temelje će biti pretežno u sredinama III kategorije iskopa po GN\_200 samo u zoni ose 3 lokalno i IV kategorije
- Obavezna je izrada projekta zaštite temeljnog iskopa od strane projektanta objekta.
- Obzirom da u ovoj fazi izrade elaborata nisu bili poznati definitivni podaci o položaju i dimenzijama objekta kao i načinu fundiranja, potrebno je posle izrade glavnog projekta objekta bolnice, uraditi dodatne geostatičke proračune, ukoliko ti konačni podaci budu bitno različiti od podataka korišćenih u ovom elaboratu.
- Predlažemo projektantu ukoliko je moguće da garaže budu u sklopu objekta bolnice čime se ceo objekat fundira na čvrstu stensku masu krečnjaka. U tom slučaju potreban je i prijekat zaštite temeljnog iskopa.

Obradio:

Jovica Šijaković, dipl. ing. geol.

