Измењено: 2024-10-02 08:19:17

Primena ubrzane konsolidacije kod izgradnje nasipa na deonici priključka Novi Beograd – Surčin autoputa „Miloš Veliki"

Aleksa Tomičić

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Primena ubrzane konsolidacije kod izgradnje nasipa na deonici priključka Novi Beograd – Surčin autoputa „Miloš Veliki" | Aleksa Tomičić | | 2024 | |

http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0008893

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

Univerzitet u Beogradu

Rudarsko-geološki fakultet

Završni rad

Master akademske studije

Primena ubrzane konsolidacije kod izgradnje nasipa na deonici priključka Novi Beograd – Surčin autoputa Miloš Veliki

Student:

Tomičić Aleksa G643/23

Mentor:

Prof. dr Gordana Hadži-Niković

Beograd, septembar, 2024.

Komisija:

1. **Prof. dr Gordana Hadži-Niković, mentor**

Rudarsko-geološki fakultet

2. **Doc.dr Dušan Berisavljević**

Rudarsko-geološki fakultet

3. **Doc. dr Zoran Berisavljević**

Rudarsko-geološki fakultet

Datum odbrane:

APSTRAKT

Problem koji se javlja prilikom izgradnje objekata na ne konsolidovanom stišljivom tlu jeste pre svega vezan za prevelika sleganja tla usled opterećenja od objekata, najčešće su to objekti putne infrastrukture (nasipi), ili stambeno poslovni objekti. U tu svrhu se primenjuju različiti vidovi ubrzanja konsolidacije tla. Stoga, za potrebe izrade završnog rada master akademskih studija studijskog programa Geotehnika, na Rudarsko-geološkom fakultetu, izvršena je analiza dva najčešće korišćena postupka ubrzanja konsolidacije: predopterećenjem i ugradnjom peščanih drenova. Glavni cilj ovih postupaka je da se ubrza vreme potrebno za konsolidaciju tla. Osnovni zadatak ovog rada je detaljna analiza ove dve metode koje su široko rasprostranjene u geotehničkoj praksi, odnosno njihove mogućnosti i ograničenja u primeni, to jest njihove prednosti i mane u skraćenju vremena potrebnog za konsolidaciju. U okviru ovog rada urađena je uporedna analiza ova dva postupka na primeru nasipa na deonici Novi Beograd – Surčin kao priključak autoputa Miloš Veliki. Metodološki pristup koji je korišćen za rešavanje postavljenog problema je analiza geološke građe terena inženjerskogeološkim kartiranjem jezgra istražnih bušotina, uzimanjem uzoraka za laboratorijska ispitivanja geomehaničkih svojstava i kabinetskom obradom dobijenih podataka (numeričkom analizom).

Glavni zaključak je da je metoda predopterećenja lakša za ugradnju kao i za proračunsku analizu i da daje mnogo bolje rezultate na terenu, to jest da je potrebno manje vremena da bi se obavila konsolidacija.

Ključne reči: *stišljivo tlo, konsolidacija, ubrzanje konsolidacije, predopterećenje, peščani drenovi* .

Spisak priloga:

Prilog broj 1	Legnda kartiranih jedinica
Prilog broj 2	Inženjerskogeološka karta 1 sa pozicijama istražnih radova 1:2500
Prilog broj 3	Inženjerskogeološka karta 2 sa pozicijama istražnih radova 1:2500
Prilog broj 4	Poprečni geotehnički presek 14-14’ 1:200
Prilog broj 5	Poprečni geotehnički presek 16-16’ 1:200
Prilog broj 6	Geotehnički profil bušotine DBo-4 1:100
Prilog broj 7	Geotehnički profil bušotine B-12 1:100
Prilog broj 8	Geotehnički profil bušotine DB-5 1:100
Prilog broj 9	Geotehnički profil istražne jame DJ-9 1:100
Prilog broj 10	Rezultati laboratorijskih istraživanja 1
Prilog broj 11	Rezultati laboratorijskih istraživanja 2
Prilog broj 12	Rezultati laboratorijskih istraživanja 3
Prilog broj 13	Geotehnički model terena 1:100

SADRŽAJ

1.Uvod……..……..1

1.1. Uopšteno o procesu konsolidacije……2
1.2. Određivanje konsolidacije.....4

2.Opšte o ubrzanoj konsolidaciji.....4

2.1.Ubrzana konsolidaciji predopterećenjem (prekompresijom).....8

2.2. Ubrzana konsolidacija vertikalnim drenovivima (peščani i pvd).....15

3. Rezultati geotehničkih istraživanja.....17

3.1.Prikaz istraživanja.....17

3.1.1. Analiza postojeće dokumentacije……17

3.1.2. Terenska istraživanja……18

3.1.2.1. Inženjerskogeološko kartiranje terena……...18

3.1.2.2. Istražno bušenje sainženjerskogeološkim kartiranjem jezgra ……19

3.1.2.3. Opit standardne penetracije SPT…….……..…19

3.1.2.4. Opit statičke penetracije CPT……20

3.1.2.5. Laboratorijska geomehanička ispitivanja……..20

4. Prikaz rezultata istraživanja……21

4.1.Geomorfološke odlike terena……...……22

4.2.Geološka građa……....23

4.3. Hidrogeološke odlike terena……24

4.4. Inženjerskogeološke odlike terena……..….27

4.5.Geofizičke odlike terena…….…..29

4.6.Seizmočnost terena……...…30

4.7.Savremeni geodinamički procesi i pojave……..……..30

5. Geotehnički uslovi izgradnje saobraćajnice Novi Beograd-Surčin…….33

5.1.Geostatički proračuni ubrzane konsolidacije…….....33

5.1.1. . Proračun sleganja stišljivog sloja za visinu nasipa H=4m i vremena za obavaljanje 90%konsolidaacije.....36

5.1.2. Sleganje stišljivog tla usled predopterećenja nasipa visine 4m (prekompresija tla).....36

5.1.3. Sleganje stišljivog tla usled rasterećenja nasipa do visine H = 4m (rekompresija tla)……37

5.1.4. Analiza vremenskog toka sleganja……37

5.1.4.1.Vremena potrebno da se obavi sleganje iste veličine, ali sa prekompresijom tla.....37

5.1.4.2. Veličina predopterećenje da bi se sleganje obavilo za 3 meseca……..……38

5.1.6. Prečnik i raspored peščanih drenova da bi se konsolidacija obavila za 3 meseca, za ukupni stepen konsolidacije > 90%.....41

6. Zaključak.....42

7. Literatura.....43

1. UVOD

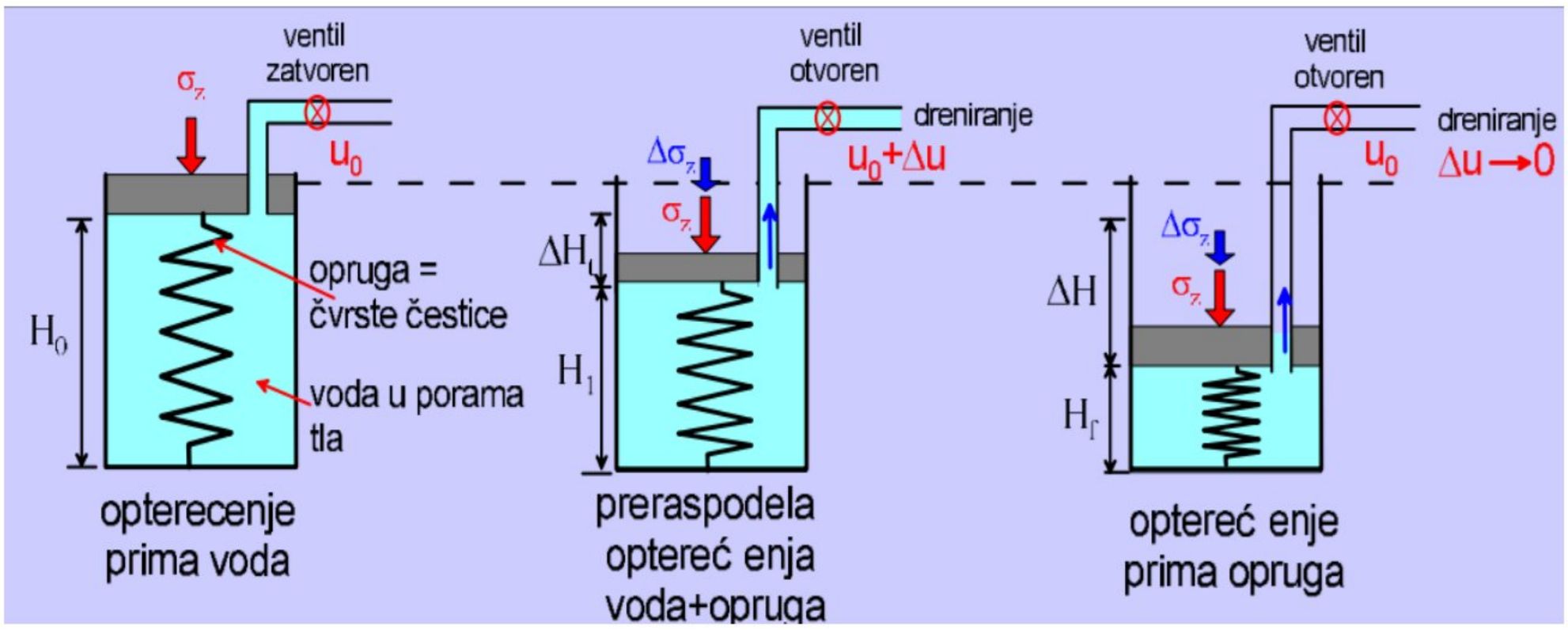
1.1. Uopšteno o procesu konsolidacije

Pre objašnjenja bilo kakvog postupka ubrzavanja konsolidacije, moramo se upoznati sa pojmovima sleganje tla i konsolidacija. Predopterećenjem ili predkompresijom, tj. stavljanjem dodatnog vertikalnog napona na stišljivo tlo vremenom se uklanja porna voda -smanjuje se ukupna zapremina koja izaziva sleganje. Promenom napona u tlu izazvanih promenom opterećenja, npr. gradnjom objekta, počinje proces promene zapremine tla koji se manifestuje kao sleganje tla. Dakle, neposredno posle nanošenja napona, tokom vremena, dolazi do opadanja pornih pritisaka, povećanja efektivnih napona i smanjenja zapremine tla na račun istisnute vode iz pora i do sleganja kao posledice smanjenja zapremine. Ova promena zapremine odnosno sleganje obavlja se u dužem vremenskom periodu i zavisi od vrste tla, koeficijenta vodopropusnosti odnosno od vremena potrebnog za evakuaciju vode iz pora. Kod vodopropusnog krupnozrnog tla vreme potrebno za istiskivanje vode iz pora je praktično zanemarljivo dok kod sitnozrnog tla ovaj proces može trajati godinama. Ovaj proces opadanja pornih pritisaka i povećanja efektivnih napona uz promenu zapremine naziva se konsolidacija.

- U tom procesu porni pritisak prenosi se na skelet tla.

- Sleganje nastalo usled promene zapremine tla naziva se konsolidacionim sleganjem.

- Brzina promene zapremine ili razvoj promene zapremine u vremenu zavisiće, između ostalog i od vodopropusnosti tla, odnosno od vremena potrebnog za evakuaciju određene količine vode iz elementa tla.



Slika 1. Mehanički model konsolidacije (Preuzeto iz prezentacija Mehanika tla 2 D. Rakić Rudarsko geološki fakultet)

Konsolidacija je :

-spor i prirodan proces.

- Konsolidacija je kompresija tla izbacivanjem vode iz šupljina tla. To je postupak u kojem stalni i statički pritisak uzrokuje kompresiju zasićenog tla. Statičko i kontinuirano opterećenje primenjuje se na duži interval konsolidacije tla.

-Konsolidacija je spor i stabilan proces koji zahteva vreme. Postupak je vremenski zavistan proces smanjenja zapremine.

-To se može učiniti pre izgradnje. Postoje neke metode pomoću kojih se konsolidacija može izvršiti pre izgradnje, ali se ne može postići 100% konsolidacija.

-Promena napona,a samim tim i sleganje, može da traje dugo. Naneto opterećenje od objekta ili od nasipa ili od objekta na nasipu, kao što je slučaj kod saobraćajnica na nasipu, traje i ostaje i posle obavljene konsolidacije.

- Do konsolidacije može doći usled strukturnog opterećenja od temeljne konstrukcije

- Konsolidacija tla uglavnom se koristi kod sitnozrnog tlo, odnosi se samo na kohezivna tla, posebno za slabo propusnu glinu.

- Konsolidacija je prirodni proces gde se tlo ispod zgrade i druge strukture zbijaju prenesenim opterećenjem na tlo kroz predviđeni temeljni sistem.

- Za konsolidaciju može biti odgovorno sleganje izazvano usled opterećenja od temelja

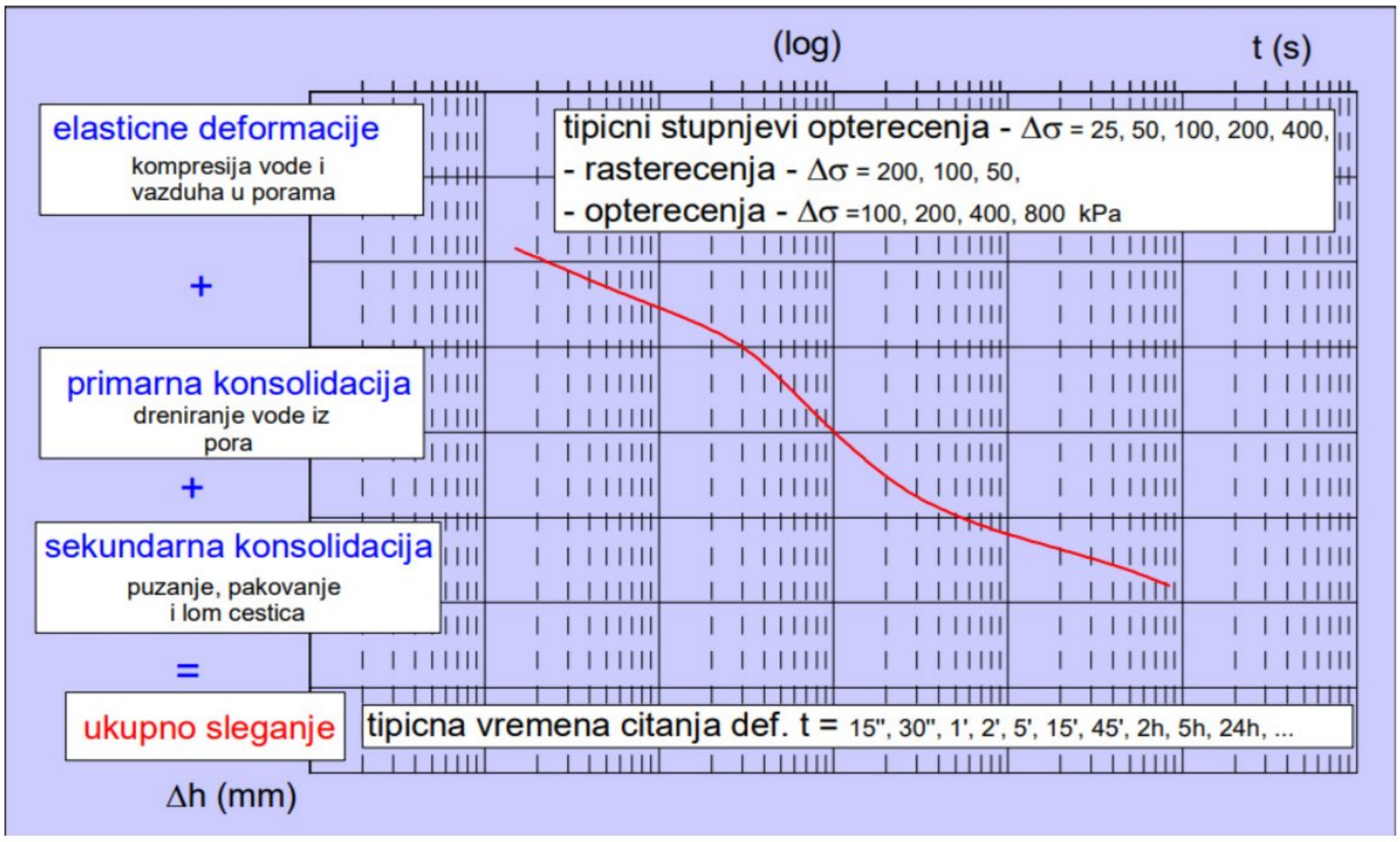
- Da bi se izvršio proces konsolidacije tlo tlo mora imati vodu u svojim porama to jeste zasićeno

-Konsolidacija je dvostepeni proces: primarna konsolidacija i sekundarna konsolidacija.

- Konsolidacija započinje nakon ugradnje sitnozrnog tla u trup saobraćajnice

1.2.ODREĐIVANJE KONSOLIDACIJE

Konsolidacija se može i numerički izraziti preko stepa konsolidacije U i preko koeficijenta konsolidacije c_v . Prosečni stepen konsolidacije predstavlja odnos površine dijagrama efektivnih napona, koja je definisana izohronom, i površine dijagrama efektivnih napona pri potpunoj konsolidaciji.



Slika 2. Vremenski tog sleganja i deformacije (Preuzeto iz prezentacija Mehanika tla 2 D. Rakić Rudarsko geološki fakultet)

Proces konsolidacije izučavamo u edometru, pri čemu se pri jednom stepenu opterećenja prati tok deformacije u vremenu. Na gornjoj slici može se primetiti da je početna tačka niža od računske vrednosti bilo kojeg od nanesenih podataka. Vidi se da u uzorku osim konsolidacionog sleganja postoji i mali deo deformacije koji se odvija u trenutku nanošenja opterećenja i ne zavisi od procesa konsolidacije te ga nazivamo trenutnim sleganjem. Kraj krive se asimptotski približava vodoravnoj crti, i time nam daje do znanja da u uzorku postoji još neki proces deformacije u dužem vremenskom razdoblju, pa ovaj proces nazivamo sekundarnom konsolidacijom.

Važno je obratiti pažnju da se tačno odredi tačka prelaza primarne u sekundarnu konsolidaciju, tj. tačku u kojoj je završen proces sleganja zbog disipacije pornog pritiska. Vreme konsolidacije raste sa kvadratom putanje dreniranja. Ako se želi taj proces konsolidacije ubrzati, mora se smanjiti debljina sloja, odnosno skratiti put vodi. Najčešće je to jedino moguće ugradnjom vertikalnih peščanih drenova, koji uspravnu konsolidaciju pretvaraju u radijalnu, sa znatno kraćim putem vode.

Danas na raspolaganju stoji nekoliko metoda za prognozu sleganja:

- edometarski model tla (jednoosna deformacija),

- metode čiste teorije elastičnosti (troosna deformacija),

- numeričke metode (modeli sa ugrađenim konstitutivnim jednačinama).

U praksi se najčešće opterećenje objekta na tlo ne nanosi odjednom, već tokom nekog vremena koje odgovara trajanju građenja objekta. Na početku se tlo rasterećuje izvođenjem iskopa za temelje tako da dolazi do bubrenja gline, a ako j reč o krupnozrnom tlu dolazi do velikih inicijalnih sleganja. Do znatnijeg sleganja ne dolazi dok naneto opterećenje ne postane veće od ranijeg opterećenja sopstvenom težinom iskopanog tla. Približno rešenje, za korigovanje krive sleganja pri trenutnom opterećivanju radi unošenja uticaja postepenog nanošenja opterećenja, dao je Terzaghi njegovom teorijom o konsolidaciji. Teorija je aproksimativna, empirijska, izvedena intuitivno i ne može se matematički dokazati, ali je dovoljno tačna za praktične potrebe. U praksi se za određivanje koeficijenta konsolidacije najčešće primenjuju postupci Taylor-a i Casagrande-a. Gde sa na dijagramima konsolidacije određuje vreme $t_{50,}\ t_{90}$.

Casagrande: $c_v = \frac{0.197 \cdot hdr^2}{t50}$ (1)

Taylor: $c_v = \frac{0.848 \cdot hdr^2}{t90}$ (2)

hdr – put dreniranja vode

Tv–Vremenski faktor konsolidacije

$t_{50,}\ t_{90}$ – očitavamo sa dijagrama konsolidacije

Takođe koeficijent konsolidacije se može odrediti i na osnovu izraza: $Cv = kf\ mv/\gamma w$, gde su m_v koeficijent modula stišljivosti, Kf -koeficijent vodopropusnosti i γw-zapreminska težina vode.

2. OPŠTE O UBRZANOJ KONSOLIDACIJI

Kod sitnozrnih tla (gline i prašine) koja se odlikuju malom vodopropustljivošću, u slučaju da su one vodozasićene vreme njihove konsolidacije bi moglo da traje godinama. To može stvoriti ozbiljne probleme u fazi izgradnje i eksploatacije objekta koji se gradi na ovakvom tlu. Jedan od takvih primera gde je konsolidacija trajala dugo je kosi toranj u Pizi visok 58m i težine 14000 t gde se glavno sleganje dogodilo zbog kompakcije i deformacije meke gline na dubini 11-22m.

Primarna konsolidacija, u zavisnosti od vrste tla, može biti velika usled istiskivanja vode iz pora tla sve dok porni pritisak ne postane jednak nuli. Sekundarma konsolidacija je mala i spora, usled promena u strukturi i bočnih pomeranja, u praksi se ovo naziva “puzanje“ čestica gline. Normalno konsolidovano tlo je tlo koje nije pretrpelo promenu naponskog stanja, to jest izloženo je još uvek težini prirodnog nadsloja. Prekonsolidovano tlo je ono tlo koje je izloženo većem vertikalnom pritisku, nego u svojoj geološkoj prošlosti, nakon čega je erozijom tla ili otapanjem leda ili procesima klizanja uklonjen nadsloj koji može nositi opterećenje koje je jednako naponskom pritisku nadslojeva, uz minimalnu kompresiju i sleganje. OCR = Po/Pc, (OCR > 1).

Zbog dugog trajanja često je neophodno da se ubrza konsolidacija. Za ubrzavanje konsolidacije najčeće se primenjuju sledeći postupci:

- Prekompresija, odnosno predopterećenje
- Vertikalni peščani drenovi
- Prefabrikovani drenovi PVD, tzv. Wick drenovi i vakumska konsolidacija

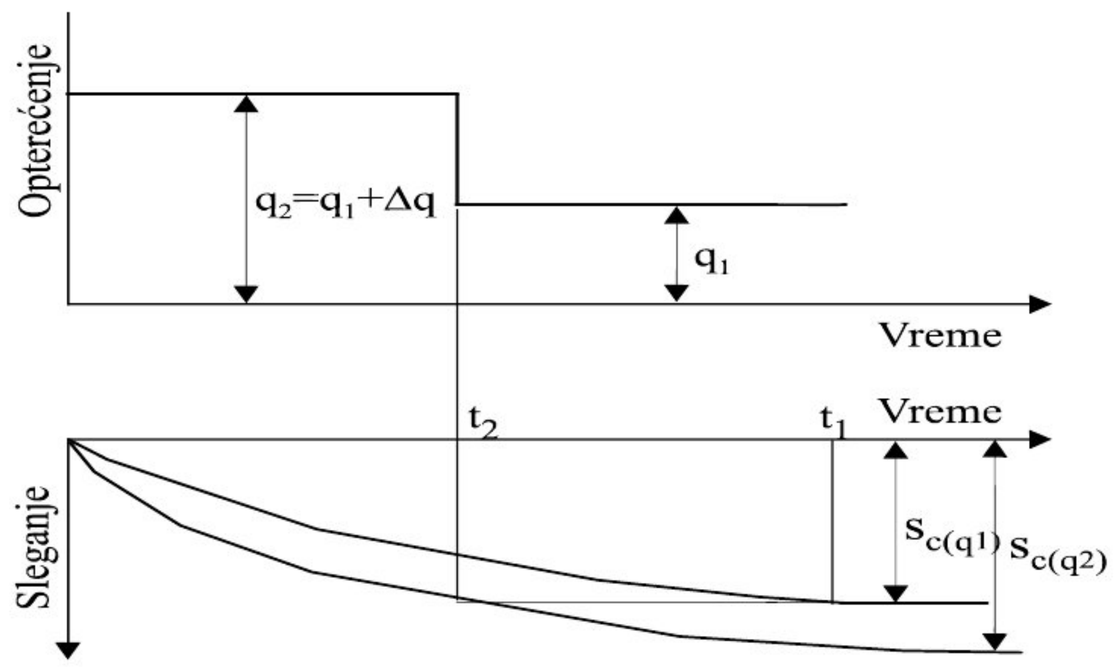
2.1. UBRZANA KONSOLIDACIJA PREKOMPRESIJA (PREDOPTEREĆENJE)

Poboljšanje tla predopterećenjem je jedna od najstarijih i najčešće korišćenih metoda poboljšanja. Predopterećenje je ekonomična i uspešna tehnika poboljšanja tla koja se može koristiti za stabilizaciju mekih glina. Predopterećenjem se povećava nosivost i smanjuje stišljivost mekih tla. Kod nekoherentnih tla predopterećenje izaziva povećanje gustine, dok kod koherentnih tla izaziva prethodnu konsolidaciju. To je opterećenje površine tla kako bi se izazvalo veće konačno sleganje nego što se očekuje da će temelj tla izazvati nakon izgradnje.

Kako je već rečeno u uvodu, prethodno opterećenje može biti jednako ili čak veće od onog kojeg će izazivati planirani objekat. Isti efekti mogu se osim prethodnim opterećenjem postići i snižavanjem NPV. Proces se dodatno može ubrzati izgradnjom vertikalnih drenova i horizontalnih drenažnih tepiha. Efekti predopterećenja mogući su samo u slučaju kada je ono veće od napona prethodne konsolidacije. Za ubrzavanje procesa konsolidacije može se koristiti i predopterećenje vakuumom i elektroosmoza.

Da bi se kontrolisao razvoj pritiska viška vode u porama, nasip se obično gradi kao višefazna gradnja sa periodima prekida između faza opterećenja. Budući da se većina kompresibilnih tla odlikuje vrlo malom propustljivošću, u zavisnosti od njihove debljine, konsolidacija može potrajati dugo i zahtevati veoma veliko dodatno opterećenje, što ne mora uvek odgovarati za tesne (male) građevinske površine. Kada izvođači na raspolaganju imaju dovoljno vremena za izgradnju nekog objekta, može se koristiti postupak predopterećenja. On se sastoji u tome da se na površinu budućeg objekta nanese teret veći od onoga koji će na tom prostoru izazvati budući objekat.

Jedan postupak je da se opterećenje poveća sa takozvanim predopterećenjem koje se može postaviti na neki teren dugo pre početka gradnje. Drugi način je da se, na primer, nasip koji daje opterećenje q poveća, u odnosu na potrebnu visinu, i time poveća opterećenje na $q+\Delta q$. Takvo opterećenje, doduše, ne može ubrzati sleganje, ali veće opterećenje postiže veća sleganja u kraćem vremenu. Dodatno opterećenje se kasnije ukloni.



Slika 3. - Odnos između opterećenja i sleganja (Preuzeto iz knjige Geostatički proračuni Slobodan Ćorić)

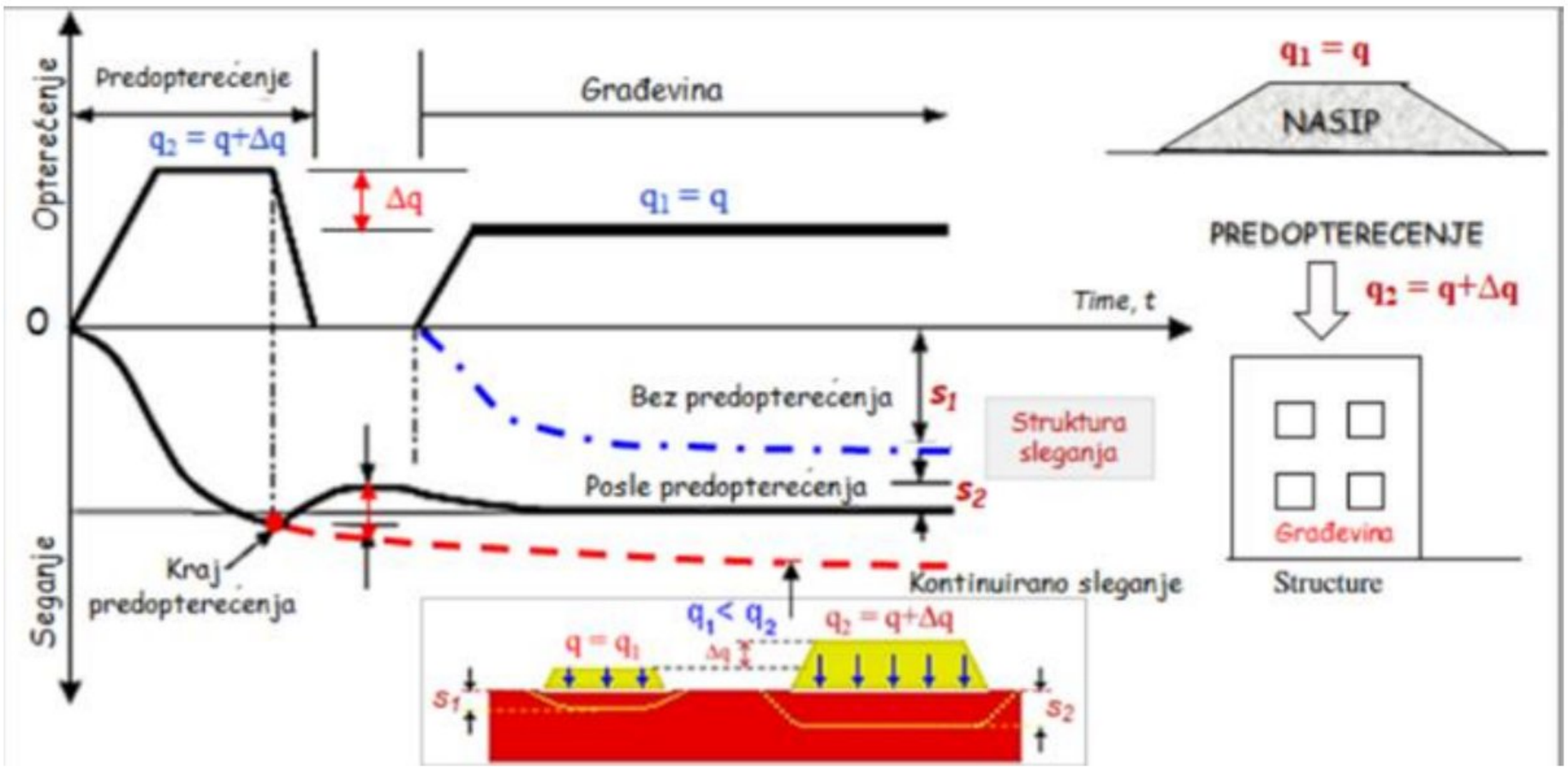
Najjednostavnija primena metode prethodnog opterećenja sastoji se od nekoliko faza. Nakon nanošenja prethodnog opterećenja jednakog opterećenju od planiranog objekta, čeka se završetak konsolidacije (tj. oko 90%). Nakon toga, uklanja se navedeno opterećenje i započinje izgradnja objekta.

Da bi se ubrzala konsolidacija, vertikalni odvodi (pesak ili gotovi dren) često se koriste sa predopterećenjem. Predopterećenjem, odnosno prethodnim opterećenjem, postiže se konsolidacija tla pre izgradnje nekog objekta, time se smanjuje sleganje tla nakon izgradnje. Ova metoda koristi se prilikom izgradnje zgrada, nasipa, saobraćajnica i drugih objekata u cilju poboljšanja temeljnog tla.

Teret q_1 izazvaće ukupno sleganje s1, u nekom vremenu t. Objekat, koji će na tlo predati teret q_2, znatno manji od predpoterećenja q_1 ($q_2<<q_1$), izazvaće proporcionalno manje sleganje $s_2<s_1$. Ako se zna da je konsolidaciono sleganje većim delom nepovratno, onda se trajanje predopterećenja može programirati tako da izazove odgovarajući traženi postotak sleganja (konsolidacije U%), koje bi izazvala predviđena građevina, a nakon toga sleganja su dovoljno mala da ne mogu više imati štetan uticaj na stabilnost i upotrebljivost te građevine. Nakon postignutog projektovanog (predviđenog) sleganja, i to oko U = 90%, predopterećenje se zameni projektovanom građevinom (objektom).

Kada se postigne zadovoljavajući stepen konsolidacionog sleganja, nasipi se skidaju na projektovanu kotu, a sleganje je ili završeno ili preostaje vrlo mali postotak koji ne šteti budućoj nameni površine. Uobičajene visine nasipa za predopterećenje su 4-6 metara, i uobičajeno izazovu sleganje od 0,3 do 1,0 metra.Kada se predviđeno sleganje postigne, predopterećenje se zamenjuje projektovanim objektom.Vrednost dodatnog, efektivnog napona $\Delta\sigma 1$, veća je za veći dodatni pritisak q1, što će predopterećenje izazvati određeno konsolidaciono sleganje, u vremenu, dovoljno veliko da bude jednako oko 80-90% ukupnog sleganja izazvano korisnim opterećenjem. Kod nekoherentnog tla

predopterećenje izaziva povećanje gustine, a kod koherentnog tla izaziva prethodnu konsolidaciju.



Slika 4. Odnos između predopterećenja i sleganja (Preuzeto iz POBOLJŠANJE STENSKIH MASA MSc Mirko Stanković, dipl. inž. "poboljšanje tla")

Prilikom izračunavanja sleganja tla koje je izazvanom prekompresijom tla neophodno je da znamo indeks kompresije (Cc), debljinu sloja gline koji se sleže (H), početni koeficijent poroznosti (e_0), efektivni geostatički napon u sredini sloja koji se sleže ($\sigma_z{}'$), opterećenje od objekta. q_1.

$$s_{c\,q_1} = \frac{Cc \cdot H}{1+e_0} \cdot log\ \frac{\sigma_z' + q_1}{\sigma_z{}'} \qquad (3)$$

Uklanjanjem prethodnog opterećenja i izgradnje objekta, sleganje izazvano težinom objekta znatno je manje. Iz ekonomski razloga u putogradnji se ne skida prethodno izgrađeni sloj nasipa već se uzima da je $q = q_1$, ali našem slučaju ćemo računati prema sledećoj jednačini:

$$s_{c\,q_1} = \frac{Cr \cdot H}{1+e_0} \cdot log\ \frac{q_1+\Delta_q}{q_1} \qquad (4)$$

Pored svih napomenutih parametara neophodno je da poznajemo i indeks rekompresije tla, koji se dobija laboratorijski u edometarskom aparatu. Gde se dobijaju dijagrami zavisnosti između korficijenta poroznosti (e) i logaritma pritisaka ($\log\sigma_z$).

Ako na tlo deluje opterećenje inteziteta $q_2 = q_1 + \Delta_q$ (5)

$$s_{c\,q_2} = \frac{Cc \cdot H}{1+e_0} \cdot log\ \frac{\sigma_z' + q_2}{\sigma_z'} \qquad (6)$$

Δ_q – predstavlja dodatno opterećenje od objekta

Sc_{q_2}- konsolidaciono sleganje izazvano opterećenjem $q_2 = q_1 + \ \Delta_q$

U odnosu na na ukupno opterećenje $q_2 = q_1 + \ \Delta_q$, prosečan stepen konsolidacije u vremenu t_2 je jednak : $U_v = \frac{Sc_{q_1}}{Sc_{q_2}}$ (7)

2.2. UBRZANA KONSOLIDACIJA VERTIKALNI DRENOVI (PEŠČANI I PVD)

Kako je već rečeno, proces sleganja tla usled vertikalnog dodatnog opterećenja može se ubrzati izgradnjom vertikalnih drenova. Pri tome se proračuni sprovode uz korišćenje tzv. teorije radijalne konsolidacije (Hausmann,1990).

Horizontalna drenaža podrazumeva sledeće činjenice:

- Konsolidacija se odvija samo u jednom pravcu.

- Put dreniranja može biti znatno duži.

- Proces konsolidacije može da traje godinama, da bi se tlo potpuno konsolidovalo

- Porna voda će teći bočno – lateralno

- Pritisak porne vode se smanjuje kako se sloj drenira i voda se prenosi kroz vertikalne drenove

Kao vertikalni drenovi mogu se koristiti peščani stubovi - šipovi (sand piles) i prefabrikovani vertikalni drenovi (prefabricated vertical drain PVD, wick drains).

Tabela 1. Tipovi i način ugradnje vertikalnih drenova (Holz,1991), (Preuzeto iz POBOLJŠANJE STENSKIH MASA MSc Mirko Stanković, dipl. inž. "poboljšanje tla")

Tip drena	Način ugradnje	Prečnik drena (m)	Međurastojanje (m)	Maksimalna dužina (m)
Peščani	Utiskivanje zaštitnog omotača *(mandrel)*, statički ili vibracijama,	0.15-0.60	1-5	≤ 30
Peščani	Rotaciono bušenje (*hollow stem continuous flight auger*)	0.30-0.50	2-5	≤ 35
Peščani	Korišćenjem mlaznica *(jetted)*	0.2-0.3	2-5	≤ 30
Prefabrikovani peščani drenovi *(sandwick)*	Utiskivanje zaštitnog omotača *(mandrel)*, statički ili vibracijama, rotaciono bušenje	0.06-0.15	1.2-4	≤ 30
Prefabrikovani PVD drenovi *(PVD,wick drain)*	Utiskivanje zaštitnog omotača *(mandrel)*, statički ili vibracijama	0.05-0.1 ekvivalentni prečnik	1.2-3.5	≤ 60

Peščani drenovi se izvode tako što se u glinovitom tlu izvode vertikalne bušotine koje se zatim ispunjavaju peskom. Iz tabele 1.vidimo da se prečnik drenova se kreće od 150 do 600mm. Dužina drenova zavisi od dubine nepropusne podloge u zavisnosti načina ugradnje može da iznosi od 30 do 60m. Razmak između drenova zavisi od vrste tla i kreće se od 1 do 5m. Vertikalni drenovi mogu se rasporediti na razne načine, najčešće je to trougaoni i kvadratni raspored. Pesak koji se koristi kod drenova treba da je čist i da je odgovarajuće granulacije tako da omogućava isticanje vode, a da se pri tome ne ispiraju fine čestice tla. Peščani drenovi, prečnika od 20 do 45 cm, postavljaju se na razmaku od 1 do 5 m.

Posle izrade drenova postavlja se, po čitavoj površini koja se konsoliduje, drenažni tepih od šljunka i peska. Njegova debljina kreće se od 0.3 do 1.00m. Na ovaj način je omogućeno bočno dreniranje u dnu nasipa. Postojanje horizontalnog dreniranja izaziva i odgovarajuće bočne deformacije. Međutim, u postupku proračuna one se najčešće zanemaruju tako da se veličina sleganja S određuje iz već poznatih jednačina. Prilikom projektovanja peščanih drenova potrebno je da se pravilno odrede koeficijenti konsolidacije u horizontalnom c_hi vertikalnom pravcuc_v . Količnik *Ch/Cv* se najčešće kreće između 1 i 2 i što je on veći, to je i uloga peščanih drenova veća.

Prefabrikovanih drenova ima više desetina vrsta. Debljina 2-6 mm, širine su oko 100 mm.U fazi predopterećenja neophodno je proveriti da ne dođe do loma mekog tla ispod nasipa u nedreniranim uslovima. Ugradnjom vertikalnih drenova skraćuju se dužine dreniranja. Voda se prikuplja u vertikalnim drenovima i kroz njih struji na gore prema horizontalnom drenu (sand blanket).

Prednosti metode:

- peščani drenovi efikasno smanjuju vreme potrebno za primarnu konsolidaciju zasićenih glina, kako mekih tako i tvrdih.

- redukcija vremena posebno je izražena kod tvrdih glina (6 -7 puta),

- sa povećanjem prečnika peščanih drenova smanjuje se vreme konsolidacije dok konačno sleganje ne zavisi od prečnika drena D

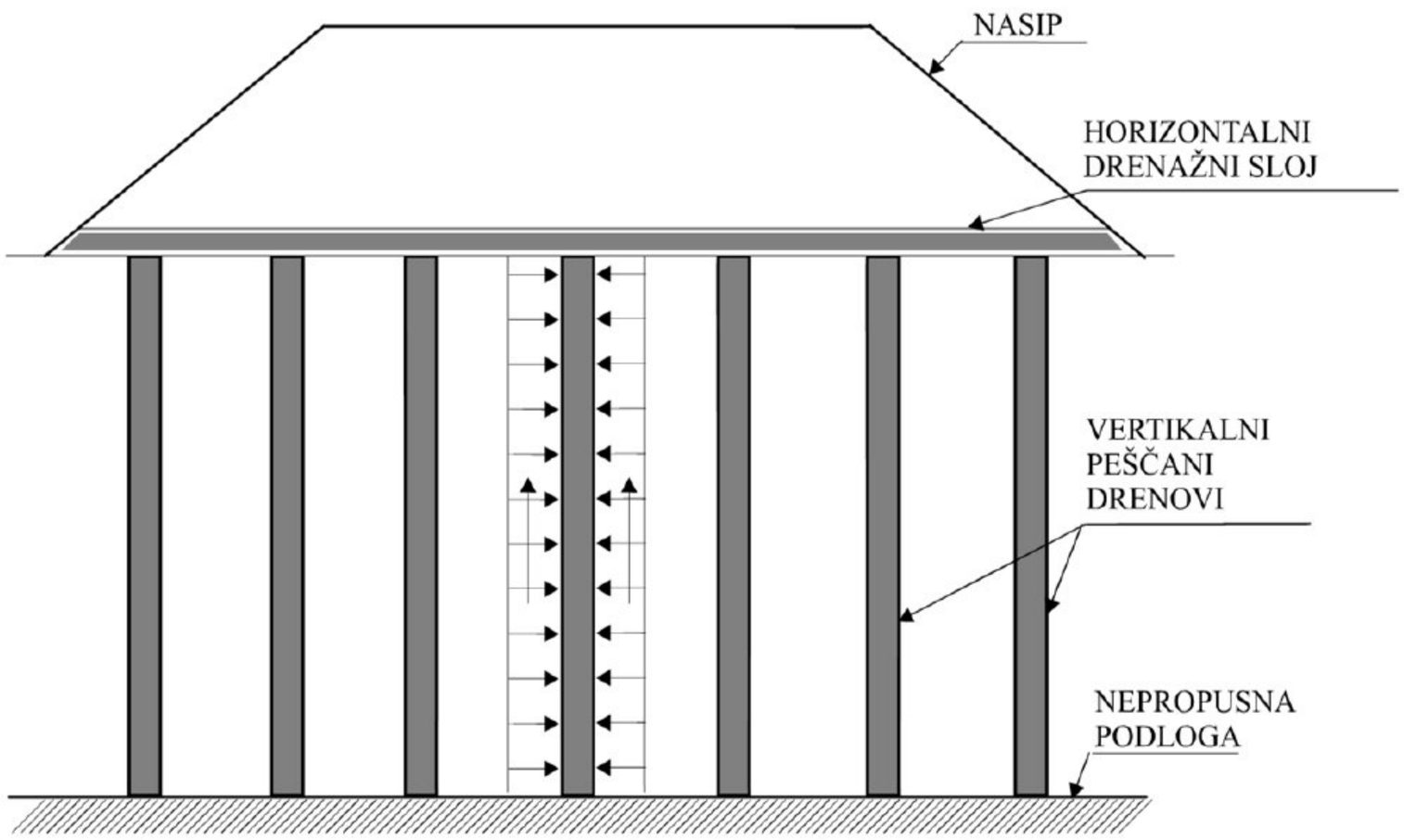
Nedostaci metode:

- mogući prekid u drenovima usled nesavesnog izvođenja i konsolidacije tla oko drena

- poremećaj tla oko drena usled izvođenja može smanjiti propustljivost tla oko drena - smanjenje

efikasnosti drena

- uticaj ojačanja tla stubovima može smanjiti efikasnost predopterećenja



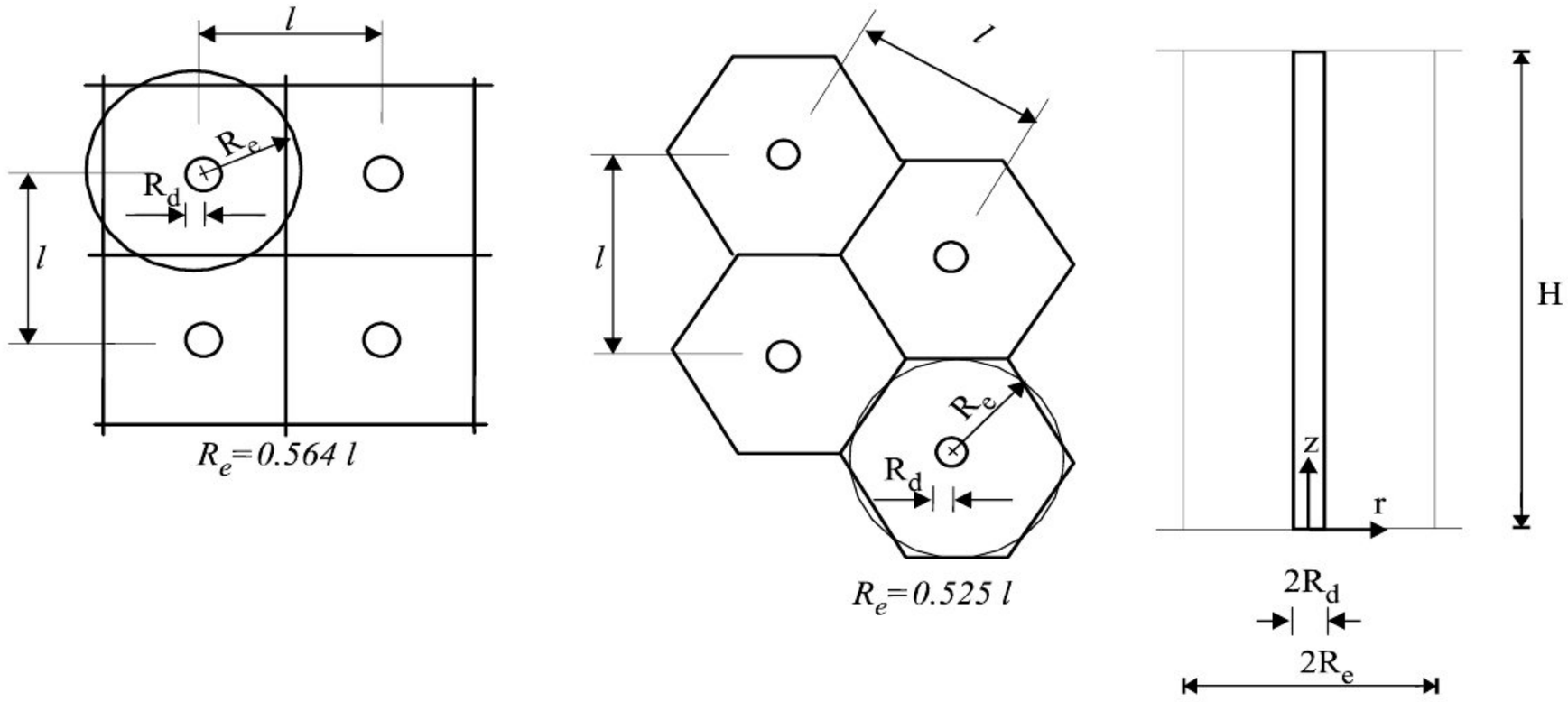
Slika 5. Vertikalni peščani drenovi (Preuzeto iz knjige "Geostatički proračuni" Slobodan Ćorić)

Kada se koriste PVD drenovi, vreme konsolidacije mekog tla se smanjuje. Porna voda teče u horizontalnom smeru prema koeficijentu horizontalne konsolidacije (c_h) duž polovine rastojanja od PVD drena. Vreme konsolidacije (t) određuje se kvadratom polovine ekvivalentnog cilindričnog bloka Re^2 PVD drena podeljene sa koeficijentom horizontalne konsolidacije (c_h).

$$t = \frac{Th\ 4 \cdot Re^2}{c_h} \quad \text{ili} \quad t = \frac{Th \cdot s}{c_h} \qquad (8)$$

$$c_h = \frac{Kh}{mv \cdot \gamma w} \quad \text{ili} \quad Ch = 1 - 3c_v \qquad (9)$$

Konsolidacija je u pravilu prostorna, a ne samo vertikalna. Često se u tlu koriste vertikalni drenovi kojima se ubrzava sleganje tla, a oni izazivaju kretanje vode iz svoje okoline u horizontalnom smeru (radijalno) prema svom centru, pa se uz to još odvija i vertikalna konsolidacija. Vertikalni prizmatični blokovi tla koji okružuju peščane drenove zamenjuju se cilindričnim blokovima poluprečnika R_e koji imaju istu površinu poprečnog preseka.



Slika 6. Cilindrični blokovi peščanih drenova (Preuzeto iz knjige Geostatički proračuni Slobodan Ćorić)

Prema teoriji (Terzaghi, 1943.), vreme, t, potrebno da se odvije određeni postupak konsolidacije, U%, zavisi između ostalog od kvadrata puta koji je potreban da pređe čestica vode od mesta najvišeg do mesta najnižeg potencijala u posmatranom sloju tla.

$$t = {}^{T\ H^2}/_{c_h} \qquad (10)$$

Vremenski bezdimenzionalni faktor T zavisi isključivo od prosečnog stepena konsolidacije (T = f (U%)), a koeficijent konsolidacije cv od gustine vode i svojstava tla (mv, k, γw). Ove dve vrednosti za određenu lokaciju i tlo ne mogu se menjati. Jedino je put vode, H, vrednost pomoću koje se može regulisati vreme potrebno da se odvije željeni stepen konsolidacije. Za postizanje ovakvog učinka pokazali su se idealni vertikalni drenovi. Određivanjem njihovog međusobnog razmaka može se regulisati potreban stepen konsolidacije. Pošto se čestice vode kreću u horizontalnom smeru, pa će se prethodna formula prilagoditi novonastalim uslovima:

$$t = \frac{Th\ 4 \cdot Re^2}{c_h)} \qquad (11)$$

Th – vremenski faktor u horizontalnom pravcu

$De = 2Re$ – prečnik kružnog područja uticaja drena

$c_h = \frac{Kh}{mv \cdot \gamma w}$ – koeficijent konsolidacije u horizontalnom smeru

k_h – koeficijent filtracije u horizontalnom pravcu

m_v – koeficijent stišljivosti, (recipročna vrednost modula stišljivosti)

γw – zapreminska težina vode

Zavisnost između promene pornog pritiska i vremena u prostoru se, po pravilu, definiše u polarnim koordinatama (r, z). Tako da za tlo koje ima različita svojstva u horizontalnom i vertikalnom pravcu, mogu se predstaviti diferencijalnom jednačinom koja glasi (prema, Craig, 1978):

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_h \cdot \left(\frac{\partial u^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right) + c_v \frac{\partial u^2}{\partial z^2} \qquad (12)$$

gde je:

u – porni pritisak

t - vreme konsolidacije

c_v - koeficijent konsolidacije za vertikalno dreniranje

c_h – koeficijent konsolidacije za horizontalno dreniranje

r – poluprečnik peščanog drena

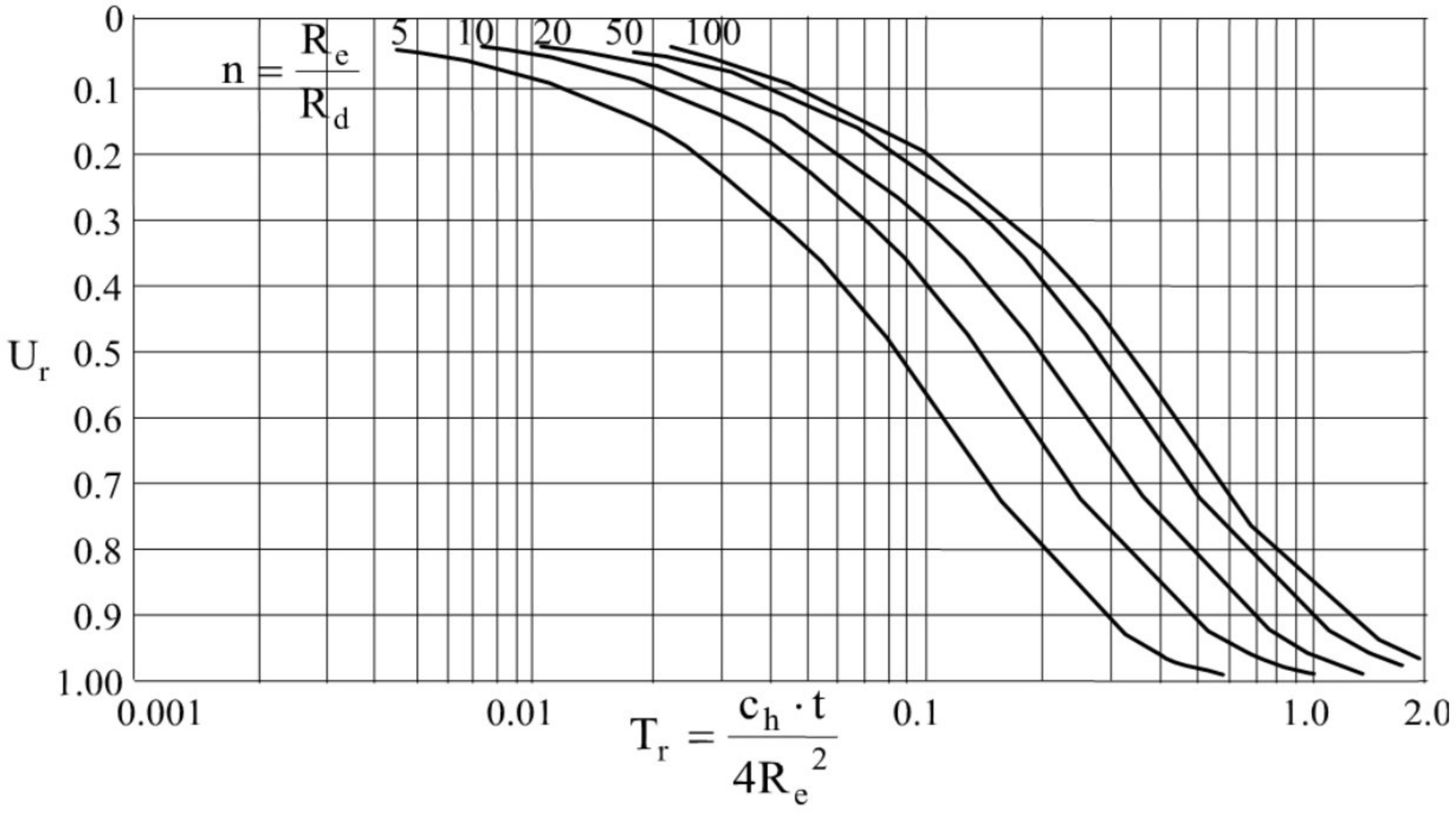
Analogno prema rešenjima za jednodimenzionalnu konsolidaciju, definišu se prosečni stepen i vremenski faktori - vremenski faktori za vertikalno i horizontalno dreniranje su:

- za vertikalno dreniranje Uv i $Tv = cv \cdot t/H^2$ (13)

- za radijalno dreniranje Ur i $Tr = ch \cdot t/4Re^2$ (14)

Zajednički prosečni stepen konsolidacije U dobije se prema obrascu:

$$(1 - U) = (1 - Uv)(1 - Ur) \qquad (15)$$



Slika 7. Dijagram odnosa Ur i Tr, Barron 1948, (Preuzeto iz knjige "Geostatički proračuni" Slobodan Ćorić, Beograd, 2001)

Poluprečnik uticaja pojedinog drena, R, određuje se kao funkcija njihovog razmaka, l.

R = n·rd - poluprečnik uticaja drena - poluprečnik uticaja pojedinog drena, Rd određuje se kao funkcija njihovog razmaka, l- za kvadratni raspored Re = 0.56 l,

Rd - poluprečnik peščanog drena

n - uticajni koeficijent iz dijagrama: veza vremenskog faktora i prosečnog stepena konsolidacije za radijalno dreniranje.

Proces radijalnog dreniranja najviše zavisi od rastojanja drenova, utoliko je brži ukoliko je rastojanje između drenova kraće. Sleganja su, inače, sad uslovljena stepenom ukupne konsolidacije:

$U = St / Sc$ (16) U- Prosečni stepen konsolidacije

St- Sleganje u vremenu t

Sc- Ukupno konsolidaciono sleganje

Drenovi ne uzimaju u obzir sekundarno sleganje. Ne mogu uspešno da se primene u tlu koje ima veliko sekundarno sleganje, kao što su visokoplastične gline ili treset. U novije vreme se u svetu, pa i kod nas umesto peščanih drenova koriste tzv. Wick drenovi. Oni se izrađuju od plastičnih masa u obliku cevi, a unutar njih se nalaze geotekstilne ili poliesterske trake koje služe kao filteri.

Teorija vertikalnog dreniranja podrazumeva da je većina praktičnih problema konsolidacije trodimenzionalna (3-D). Zbog toga je potrebno modifikovati teoriju "jedinične ćelije" kako bi se koristila za numeričko modelovanje praktičnih problema. Radi jednostavnosti, obično se usvajaju dvodimenzionalna rešenja deformacija. Da bi se primenila realna dvodimenzionalna analiza ravne deformacije za vertikalne odvode, treba uspostaviti odgovarajuću ekvivalenciju između ravanske deformacije i osno-simetrične analize (ekvivalentan prečnik vertikalnog drena) u smislu konsolidacionog sleganja.

Da bi se ova pojava mogla razmatrati potrebno je da budu zadovoljene sledeće pretpostavke:

1. tlo je potpuno zasićeno;
2. čestice tla i vode su nestišljive;
3. važi Darcy-ev zakon;
4. deformacija je mala;
5. stišljivost u tlu se odvija isključivo u vertikalnom smeru;
6. koeficijent stišljivosti je nepromenljiv.

Smanjenjem poroznosti menjaju se svi ulazni računski parametri, pa u svim drugim slučajevima pretpostavke nisu tačne. Analitička rešenja koja su već razvijena za konsolidaciju tla poboljšana vertikalnim drenovima uvek koriste model „jedinične ćelije“.

Teorijom za radijalnu konsolidaciju drenaže bavili su se mnogi istraživači (Rendulić, 1936; Carrillo, 1942; Barron, 1948; Ioshikuni i Nakanode, 1974; Craig, 1978; Hansbo, 1981; Onoue, 1988; Zeng i Ksie, 1989).

Rendulić (1936) je formulisao i rešio diferencijalnu jednačinu za jednodimenzionalnu vertikalnu kompresiju radijalnim protocima:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c_h \cdot \left(\frac{\partial u^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right) \qquad (17)$$

gde je r koordinata, a ch horizontalni koeficijent konsolidacije ($ch = kh/\gamma w\ mv$).

Carillo (1942) i Craig, (1978) pokazali su da je za radijalnu drenažu i povezanu jednodimenzionalnu (1-D) konsolidaciju višak pritiska vode u porama ur, z ili (ur, v) dat sa:

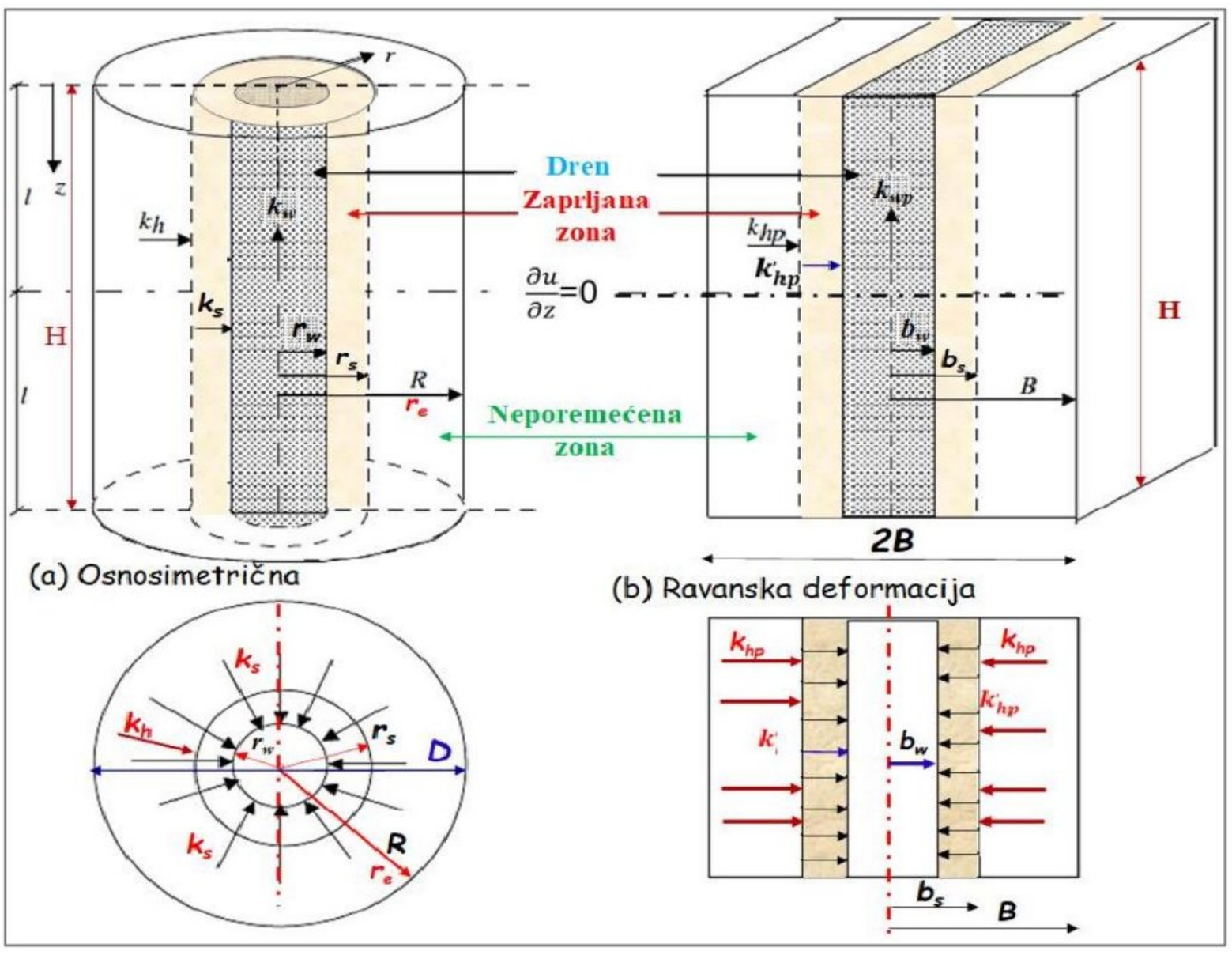
$$\frac{\partial u}{\partial t} = Ch \cdot \left(\frac{\partial u^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right) + Cv\ \frac{\partial u^2}{\partial z^2} \qquad (18)$$

$$Ur,z = Ur\ Uz/\ Uo\ ili\ Ur,v = Ur\ Uv/\ Uo$$

Zajednički prosečni stepen konsolidacije *U* dobije se prema obrascu:

$$(1-U) = (1-Uv) \cdot (1-Ur)$$

Gde je *U* prosečni stepen konsolidacije gline u trenutku t za kombinovani vertikalni i radijalni protok, a *U*v i *U*r su prosečni stepen konsolidacije u trenutku t za vertikalni i radijalni protok. Treba napomenuti da su i Rendulićeva i Carillova rešenja namenjena samo „idealnim“ odvodima (beskonačni kapacitet odvodnjavanja bez poremećene zone). Uobičajena teorija radijalne konsolidacije obično se koristi za predviđanje ponašanja vertikalnih drenova u mekoj glini. Darsijeva matematička formulacija zasniva se na teoriji malih deformacija, gde se za dati obim napona pretpostavlja konstantna zapreminska kompresibilnost (mv) i konstantni koeficijent bočne propusnosti (kh). *(Barron, 1948; Hansbo, 1981).*



Slika 8. Konverzija osnosimetrične jedinične ćelije u ravno stanje deformacije (dorađeno, Indraratna i Redana, 2000), (Preuzeto POBOLJŠANJE STENSKIH MASA, MSc Mirko Stanković, dipl. inž. “poboljšanje tla”)

Na slici 8. prikazana je konverzija osno-simetričnog vertikalnog odvoda u ekvivalentni odvodni “zid”. To se može postići na nekoliko načina (Hird i sar., 1992; Indraratna i Redana, 1997), Rujikiatkamjorn i sar. 2008):

1- Geometrijsko podudaranje - razmak drenova se podudara uz održavanje istog koeficijenta propusnosti;

2- Podudaranje propusnosti - koeficijent propusnosti se podudara uz zadržavanje istog razmaka odvoda; i

3- Kombinacija (1) i (2), sa ravnomernom propusnošću deformacija izračunatom za odgovarajući razmak drenova, Shinsha i sar. (1982), Hird i sar. (1992), Bergado i Long (1994), Chai i sar. (1995), i Indraratna i Redana (1997), Indraratna i sar. (2005a).

Teorija konsolidacije vertikalnih drenova (odvoda) u osno-simetričnim uslovima stekla je široku prihvaćenost u geotehničkom inženjerstvu zbog svoje jednostavnosti. Ekvivalentno rešenje prema Hansbo-u (1981), za osno-simetrični tok prosečni stepen konsolidacije *Uh* na horizontalnoj ravni na dubini z i u vremenu t može se predvideti iz:

$$Uh = 1 - exp\,(-8Th\mu) \qquad (19)$$

gde su Th faktor vremena, efekat poremećenja i otpor drena (μ) dati kao.

$$\mu = \ln(\tfrac{n}{s}) + (\tfrac{kh}{kh'}) \ln(s) - 0.75 + \pi\,(2lz - z^2)\,\tfrac{kh}{q_w} \qquad (20)$$

gde su:

- $n = R/rw$, gde je R poluprečnik zone uticaja drena, a rw poluprečnik odvoda;

- $s = rs/rw$, gde je rs poluprečnik poremećene zone;

- l ili H je dužina drena koji ima jednosmernu drenažu ili polovina ove vrednosti za dvosmernu odvodnju;

- z je dubina drena koji se razmatra;

- qw je kapacitet ispuštanja odvoda; i

- kh i kh' su koeficijenti horizontalne propusnosti izvan i unutar poremećene zone.

Glavni zaključak je da sve teorije o vertikalnom odvodu podrazumevaju da se problem koji je suštinski trodimenzionalan predstavi u ravnom stanju deformacija, kako bi se lakše ubrzala konsolidacija.

U geotehničkom inženjerstvu najčešće se primenjuju postupci koji su prethodno opisani: predopterećenje i vertikalni peščani drenovi. Takođe treba naglasiti da se u novije vreme ove metode koriste u kombinaciji sa geosinteticima. Ovi postupci predstavljaju jedne od najefikasnijih postupaka ubrzavanja konsolidacije, pogotovo ako se koriste u kombinaciji oni su relativno ekonomski isplativi, pogotovo ako se radi o manjim površinama tla.

3. REZULTATI GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA

Trasa magistralne saobraćajnice nalazi se u sremskoj ravnici, na levoj obali reke Save. Veći deo površina na ovoj deonici je pod obradivim površinama, a manji deo tangira naselja. Buduća saobraćajnica prolazi pored naselja, koja pripadaju opštinama Novi Beograd i Surčin na levoj obali reke i preseca vodotokove – više melioracionih kanala i poljskih puteva. Ukupna dužina saobraćajnice je blizu osam kilometara, u okviru koje je izgrađeno nekoliko površinskih i jedna denivelisna raskrsnica kojom se ostvaruje veza sa Trgom Zorana Đinđića. Deonica počinje od spomenika osnivanju Bežanije, pa sve do brze saobraćajnice autoputa Miloš Veliki, na određenim delovima deonice isključenja za autoput E-75.

Slika 9. Trasa deonice Novi Beograd-Surčin (preuzeto sa OpenStreetMap)

Početak predmetne deonice (km 0+000) je urađen kao priključak sa kružnog toka na raskrsnici ulica: dr Ivana Ribara, Vojvođanske, saobraćajnice T6 i Vinogradske. Na kraju projektovana trasa se na km 7+895, 74 uklapa u izgrađenu deonicu autoputa od Surčina do Obrenovca koja je deo autoputa E-763 Beograd - Požega i petlju "Surčin" kojom se povezuje autoput E-763 sa trasom obilaznog autoputa E-70/E-75. Na trasi ove saobraćajnice, projektovano je nekoliko površinskih raskrsnica.

Projektovana trasa saobraćajnice je položena najvećim delom na aluvijalne naslage reke Save i na kraćem delu, na početku deonice, na nasuti materijal koji prekriva aluvijalne naslage. U podini aluvijalnih sedimenata nalaze se rečno-jezerske tvorevine i sedimenti neogene starosti.

3.1. PRIKAZ IZVEDENIH ISTRAŽIVANJA

Za izradu Geotehničkog elaborata za trasu i objekte na saobraćajnici Novi Beograd - Surčin korišćeni su rezultati geotehničkih istražnih radova i ispitivanja koja su se sastojala se od: inženjerskogeološkog kartiranja terena, istražnog bušenja, standardnih (dinamičkih) penetracionih opita, statičkih penetracija, iskopu istražnih jama, laboratorijskom geomehaničkom ispitivanju uzoraka tla, geofizičkim (geoelektričnim i refrakcionim seizmičkim) ispitivanjima terena i laboratorijskim hemijskim ispitivanjima uzoraka podzemne vode. Geotehnička istraživanja i ispitivanja su rađena u više faza od 2010. do 2020. godine.

3.1.1. ANALIZA POSTOJEĆE DOKUMENTACIJE

Osnovni podaci o geološkoj građi, stratigrafskim odnosima, inženjerskogeološkim, hidrogeološkim i seizmičkim svojstvima terena, a takođe i osnovnim geotehničkim uslovima projektovanja autoputa E-763 Beograd - Južni Jadran, deonica Beograd - Surčin - Obrenovac (trasom po levoj obali Save), dati su u: "Generalnom projektu sa prethodnom studijom opravdanosti za deonicu I: gradska magistralna saobraćajnica Novi Beograd - Surčin, Inženjerskogeološka i geotehnička studija" koja je urađena 2010. godine od strane Zavoda za geotehniku SI CIP. Inženjerskogeološka i geotehnička studija (za fazu Generalnog projekta) urađena je na osnovu analize postojeće fondovske dokumentacije osnovnih i detaljnih geoloških istraživanja za različite potrebe koja su izvedena u širem koridoru predmetne trase gradske magistralne saobraćajnice. Analizom postojeće fondovske dokumentacije utvrđeno je da je istražni prostor bio dosta dobro prekriven detaljnim istraživanjima koja su u prethodnom periodu vršena za različite namene. Prethodna istraživanja i ispitivanja terena šire zone projektovane trase dala su generalno podatke o dubinama, zaleganju i međusobnom prostornom odnosu zastupljenih litogenetskih sredina, a ispitana parametarska svojstva su bila vrlo uopštena i nedovoljna za detaljniju analizu uticaja projektovane trase na teren.

Iz tog razloga, tokom 2010. godine za izradu Idejnog projekta gradske magistralne saobraćajnice: Novi Beograd - Surčin, od km 0+000.00 do km 7+900, programom istraživanja i ispitivanja, bili su predviđeni koncepcijski i metodološki svi potrebni istražni radovi i ispitivanja koja su bila dovoljna za izradu geotehničkih podloga za projektovanje trase i objekata za nivo Idejnog projekta.

Za fazu izrade Glavnog projekta izvedeni su dodatni istražni radovi (oktobar 2012. - maj 2013. godine) koji su se sastojali od istražnog bušenja, iskopu istražnih jama i raskopa, izradi statičkih i dinamičkih penetracija (na lokacijama projektovanih objekata), kao i uzimanju uzoraka tla za laboratorijska geomehanička ispitivanja.

Konačno, za trasu saobraćajnice Novi Beograd - Surčin tokom 2020. godine urađen je novi - izmenjeni Za izradu novog Idejnog projekta urađen je manji obim dopunskih geotehničkih istražnih radova tokom oktobra 2019 - januar 2020. godine.

3.1.2. TERENSKA ISTRAŽIVANJA

U okviru terenskih istraživanja izvedeno je:

- Inženjerskogeološko kartiranje terena
- Istražno bušenje sa detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem jezgra
- Istražno kopanje sa detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem jama
- "In situ" opiti standardne i statičke penetracije (SPT i CPT)

3.1.2.1. Inženjerskogeološko kartiranje terena

Detaljno inženjerskogeološko kartiranje terena je obavljeno u više navrata (tokom 2010., 2012. i 2019/2020. godine) u koridoru projektovane saobraćajnice na deonici: Novi Beograd - Surčin u dužini 7.9 km i širini 0,3 - 0,4 km.

Projektovana trasa postavljena je na aluvijalne naslage reke Save na levoj obali. U toku inženjerskogeološkog kartiranja terena pažnja je bila usmerena pre svega na konstatovanje zastupljenosti litoloških kompleksa na površini terena, a to su: aluvijalni sedimenti facije povodnja, muljeviti sedimenti koji su zastupljeni u zonama recentnih bara i nasipi kao tehnogene tvorevine. Rezultati kartiranja terena su usaglašeni sa rezultatima istražnog bušenja i predstavljeni su na inženjerskogeološkim kartama 1:2500 na deonici projektovane saobraćajnice N. Beograd - Surčin na delu od km 0+000.00 do km 7+895.74, prilozi br.1 i pratećoj legendi, prilog br.2 Prilikom obilaska terena 2012. i 2019/2020. god. na pojedinim lokacijama u zoni projektovane trase na površini terena je zapaženo prisustvo novih deponija građevinskog šuta.

3.1.2.2. Istražno bušenje sa detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem jezgra

Bušenje bušotina je vršeno mašinskom garniturom uz kontinualno jezgrovanje, "na suvo" bez korišćenja isplake, sa minimumom vode za hlađenje pribora i izbijanje jezgra iz sržnih cevi. Lokalno, u nekoliko dopunskih bušotina je korišćena i isplaka obzirom na prisustvo nevezanih sedimenata u građi terena. Početni prečnik bušenja je bio 146 ili 131 mm, a završni 116 i 101 mm. Procenat jezgra je uglavnom bio 100 % u vezanim peskovito prašinastim i glinovito peskovito prašinastim materijalima, a u nevezanim materijalima je bio lokalno manji, oko 90 %.

U toku bušenja, a najkasnije po završetku istražne bušotine vršeno je detaljno inženjerskogeološko kartiranje jezgra uz njegovo kompletno fotografisanje, odabiranje i uzimanje poremećenih i neporemećenih uzoraka za laboratorijska geomehanička

ispitivanja. Prilikom kartiranja jezgra, pored litogenetskog raščlanjavanja pojedinih sredina vršeno je i konstatovanje pojava i nivoa vode, vlažnosti, plastičnosti, prisustvo sekundarnih istaloženja i itd.

Rezultati istražnog bušenja na delu trase km 7+000.00 i na km 6+200.00 dati su na inženjerskogeološkim profilima istražnih bušotina koji su priloženi u prilogu br.3. Položaj izvedenih istražnih bušotina prikazan je na inženjerskogeološkoj karti prilog br.2 i na geotehničkom preseku terena prilog br.4 i 5. Ukupno su na ovom delu izvedene tri bušotine koje su od interesa za geotehnički problem ubrzane konsolidacije i to su bušotine. Njihovi tehnički podaci dati su u tabeli 2.

Tabela 2. Osnovni tehnički podaci istražnih bušotina

Redni broj	Oznaka bušotine	Dubina u (m)	Izmeren PPV-NPV (m)	Kordinate		
				X	Y	Z
1	B-12	7.5	2.80	7 444 136	4 960 190	71.70
2	DB-5	6.0	1.95	7 443 930	4 959 963	71.15
3	DBo-4	29.30	1.55	7 447 590	4 857 323	71.34

3.1.2.3. Istražno kopanje sa detaljnim inženjerskogeološkim kartiranjem jama

Cilj izrade istražnih jama je bio da se definiše dubina uklanjanja humusa, utvrdi litološki sastav tla u njegovoj podini i uzmu veliki poremećeni uzorci (u džaku) za laboratorijska geomehanička ispitivanja.

U zoni trase projektovane saobraćajnice izvedeno je 2012. godine kopanje 6 istražnih jama na lokacijama gde se trasa puta izvodi na niskom nasipu. Istražne jame imaju oznaku J - 1a, J - 5a, J - 7a, J - 8a, J - 10a i J - 11a i dubine su 0.8 - 1.5 m, odnosno ukupna dubina iskopa je 6.8 m.

Dopunske istražne jame su izvedene 2019. godine u trasi projektovane saobraćajnice i imaju oznaku DJ - 3, DJ - 4, DJ - 5, DJ - 6, DJ - 7, DJ - 9 i DJ - 10. Dubine istražnih jama su 0.8 - 1.3 m i ukupna dubina iskopa iznosi 7.05 m.

Od najvećeg interesa je jama DJ-9 koja se nalazi neposredno na delu trase na km 7+000.00, njeni tehnički podaci su dati u tabeli br 3. Položaj izvedenih istražnih bušotina prikazan je na inženjerskogeološkoj karti prilog br. 2. i 3. i na geotehničkom preseku terena prilog br.4. Ukupno je na ovom delu izvedena jedna istražna jama koja je od interesa za geotehnički problem ubrzane konsolidacije.

Tabela 3. Osnovni tehnički podaci istražne jame

Redni broj	Oznaka jame	Dubina u (m)	Kordinate		
			X	Y	Z
1	DJ-9	1.0	7 444 087	4 960 119	71.20

3.1.2.4. Opit standardne penetracije (SPT)

U svim istražnim bušotinama izvedeni su opiti standardnog penetracionog sondiranja (SPT). Ukupno je izvedeno 6 opita, tj. po dva opita u svakoj istražnoj bušotini. Opiti su vršeni po standardu utiskivanjem konusa na dubinu od 15 cm, udarcima malja težine 63.5 kg sa visinom pada malja od 76.3 cm. Nabijanje konusa je vršeno u 3 manevra od po 15 cm, uz brojanje udaraca potrebnih da se šiljak utisne u tlo. Izvođenje opita je bilo prilagođeno intervalima bušenja

3.1.2.5. Opit statičke penetracije (CPT)

Opiti statičke penetracije izvedeni su ''in situ'' statičkim penetrometrom PAGANI TG 73-200 nominalne sile 200 kN, saglasno standardu SRPS U.B1.031. Sva merenja, od veličine primenjene sile pri utiskivanju konusa i cevi zajedno do pornih pritisaka (kod opita sa pijezokonusom) registruju se preko akvizitera koji je direktno povezan sa računarom. Brzina utiskivanja konusa i cevi u tlo je konstantna i iznosi 2,0 cm/sec. Površina konusa je 10,00 cm2 , cevi su spoljašnjeg prečnika D1 = 35.70 mm i unutrašnjeg prečnika D2 = 16.00 mm, dužine L = 1.0 m

3.1.2.6. Laboratorijska geomehanička ispitivanja

U cilju definisanja fizičko-mehaničkih svojstava izdvojenih litoških članova izvedena su laboratorijska ispitivanja na uzorcima koji su uzeti u toku trajanja istražnih radova. Sami opiti su podeljeni u dve kategorije:

Identifikaciono klasifikacioni opiti:

- klasifikacija tla SRPS EN 17892-5:2017
- granulometrijski sastav SRPS EN 17892-4:2017
- određivanje konzistencije tla Atebergove granice SRPS EN 17892-12:2018
- određivanje vlažnosi tla SRPS EN 17892-1:2015
- određivanje zapreminske mase tla SRPS EN 17892-2:2015

Geomehanička ispitivanja:

- edometarski opit SRPS EN 17892-5:2017
- određivanje čvrstoće smicanja u aparatu za direktno smicanje SRPS EN 17892-10:2019
- Proktorov opit SRPS EN 13286-2:2012
- kalifornijski indeks nosivosti CBR SRPS EN 13286-47:2012

4. PRIKAZ REZULTATA ISPITIVANJA

Na osnovu rezultata izvedenih istraživanja su:

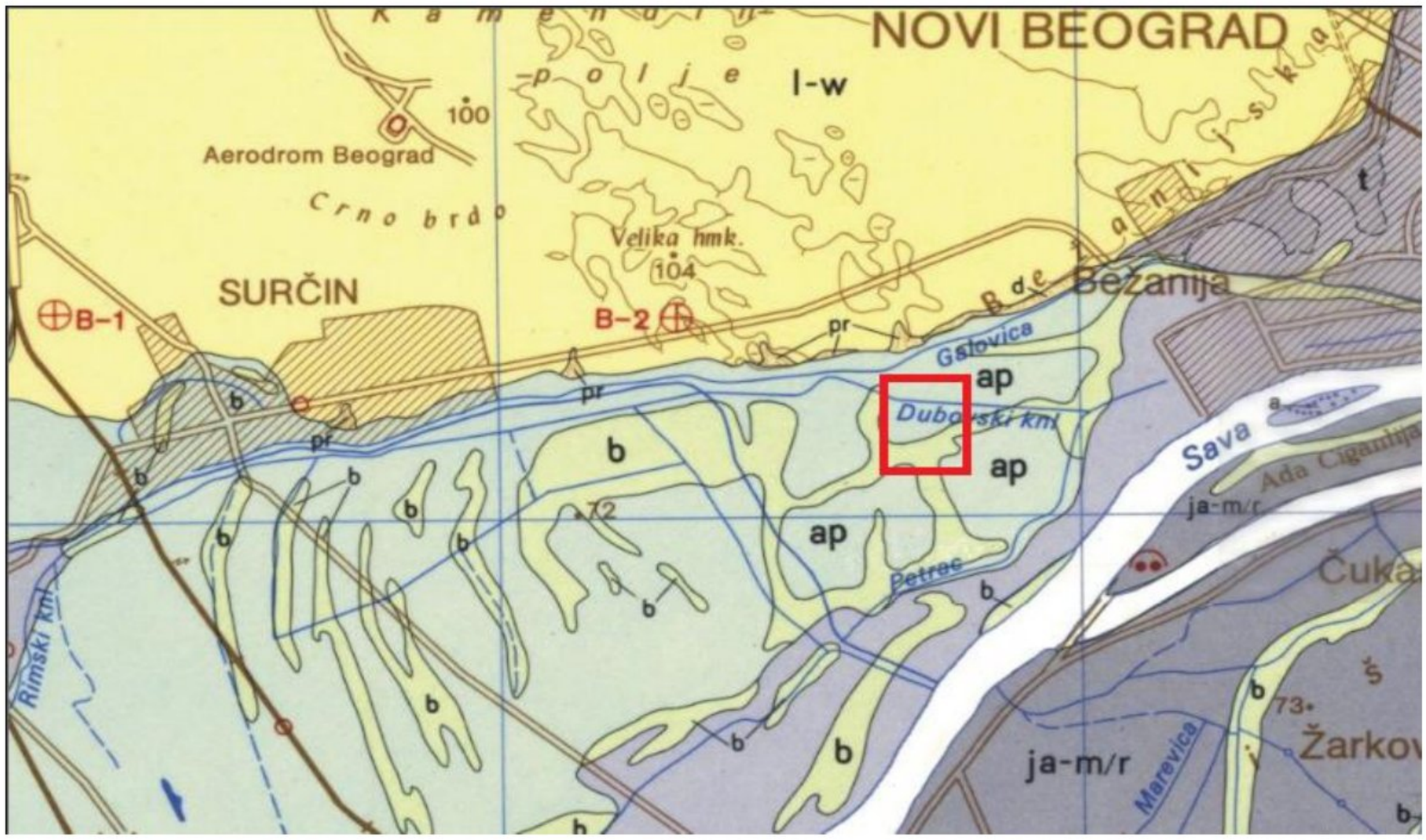
- Geomorfološke karakteristike terena
- Geološka građa
- Hidrogeološke odlike terena
- Inženjerskogeološke odlike terena
- Geofizičke odlike terena
- Seizmičnost
- Savremeni geodinamički procesi i pojave

4.1. GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Istražni prostor koji obuhvata deonicu Novi Beograd-Surčin, to je konkretno nasipi na km 7+ 000.00 i 6+200.00 nalazi se na levoj obali reke Save. Apsolutne kote terena u okviru istražnog područja se kreću od 70-72 mnv. Čitav istražni prostor predstavlja aluvijalnu ravan i čini staro korito reke Save, preko koga je nasuta velika količina materijala sa ciljem prekrivanja delimično zamočvarenih naslaga facije močvare i facije povodnja i nivelisanja terena radi omogućavanja njegove urbanizacije. Sama deonica prolazi kroz veliki broj meliorativnih kanala koji su povezani sa rekom Savom. U najniže morfološke oblike reljefa spadaju manje depresije i udubljenja u kojima se mogu stvoriti zabarenja u periodu viših vodostaja. Na osnovu izvedenih istraživanja možemo zaključiti da je korito reke Save menjalo položaj usled smene krupnozrnih i sitroznih sedimenata koji odgovaraju različitim genetskim tipovima aluvijalnih sedimenata. Pre kvartarni reljef izgrađen je od neogenih sedimenata koji su bili pod uticajem vodenih tokova različitog inteziteta. Takođe treba napomenuti da u reonu šireg područja istraživanja sa desne obale Galovice kvartarne lesne tvorevine zauzimaju hipsometrijski najistaknutije delove terena. Izgrađuju plato sa prosečnom apsolutnom visinom oko 100 m.

4.2. GEOLOŠKA GRAĐA

Za potrebe definisanja geološke građe istraživanog područja korišćena je Osnovna geološka karta, list Beograd. Na slici 11. je prikazan isečak iz geološke karte sa naznačenim položajem istražnog prostora, sa koje se vidi da će se trasa saobraćajnice graditi na kvartarnim sedimentima.



Slika 10.. Isečak iz OGK list "Beograd" 1:00 000, prikaz šireg područja istraživanja (preuzeto sa sajta "GeoIIS")

Najstarije tvorevine na širem području istraživanja predstavljene su laporovitim i peskovitim glinama i laporima, neogene gornjomiocenske starosti starosti (M_3^2G). Oni su tokom svoje geološke prošlosti bili zahvaćeni znatnom erozijom na šta ukazuje odsustvo pliocenskih sedimenata koji su imali znatno razviće na području Beograda, naročito u delovima panonskog basena.

Kvartarni sedimenti zauzimaju najveći deo istražnog područja i predstavljeni su pleistocenskim i holocenskim sedimentima.

Sedimenti kvartara predstavljeni su recentnim nanosima reke Save: peskovitim, šljunkovitim, prašinastim i glinovitim aluvijalno-jezerski sedimentima i aluvijalnim sedimentima facije povodnja. Posmatrano od površine terena na deonici: Novi Beograd - Surčin, zastupljeni su aluvijalni sedimenti facije povodnja (ap) i facije korita (ak). U zoni recentnih bara zastupljene su prašine i prašinaste gline (am) male debljine (uglavnom 1 - 2 m, lokalno veće), koje su na lokaciji projektovanog nasipa na km 7+000.00 prisutne u građi terena.

U podini aluvijalnih naslaga nalaze se aluvijalno-jezerske tvorevine (al-j), a samo u jednoj istražnoj bušotini otkriveni su najstariji sedimenti - miocenske starosti (M_3^2) u podini aluvijalno-jezerskih tvorevina.

Prilikom razmatranja morfogeneze rečne terase Save uočljiva je velika širina pa i debljina (relativna) ovih sedimenata. S tim u vezi se postavlja pitanje: kako su ove fluvijalne tvorevine nastale? Korito Save kao i korita njenih pritoka u nedavnoj geološkoj prošlosti, verovatno u starijem holocenu, bila su znatno severnije od današnjih o čemu svedoče napušteni, stisnuti meandri. Sava sa svojim pritokama u vreme visokih vodostaja (poplava) potkopavala je lesne naslage pretaložavajući ih te otuda ovi sedimenti imaju izgled barskog lesa. U literaturi se terase Save po nekim autorima nazivaju lesne terase. Dinamičkom evolucijom Sava je usled raznih uzroka (tektonski) i dr. pomerala svoje korito ka jugu ostavljajući svoje deponate na način kako je opisano.

Facija povodnja, koju čine peskovi i alevritični peskovi (ap), je u tesnoj uzročnoj i prostornoj vezi sa facijom mrtvaja. Ovakva pojava je opšte prirode i vezana je za dinamičku evoluciju kroz koju Sava i prolazi izgrađujući određene delove svog uzdužnog profila. Na ovom delu doline, verovatno usled izdizanja korita (neotektonski pokreti) dolazi često do potanjanja akumulativne ravni. Fauna nađena u sedimentima povodanjske facije je ista kao u organogeno – barskim sedimentima facije mrtvaja s tim što se nalaze i Unionidi kao dokaz povremenog plavljenja.

Sedimenti facija mrtvaja nastali su u strmim, velikim meandrima Dunava, presecajući slojeve sa Corbicula fluminalis ili njihove ekvivalente. Od aluvijalnih deponata nalaze se najčešće barski alevriti, sivo plave boje. U njima su prepoznati reliktni oblici mekušaca: Paludina danubiana, Planorbis planorbis, P. corneus, Unio rafavus i dr. Debljina ovih sedimenata iznosi 10-15 m. Paleontološkim ispitivanjima pored navedenih konstatovane su i sledeće vrste: Valvata piscinalis, Armiger crista, Cepaea hortensis, Succinea oblonga, Opercule što i jeste karakteristika holocena na ovom delu terena. Ovo je ujedno i najmlađa fauna na terenima lista Beograd, koja ukazuje na mirnu i plitku vodu.

4.2. HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Istraživano područje se nalazi u aluvijonu reke Save u okviru koga je reka često menjala svoje korito ostavljajući za sobom peskovito – šljunkovite naslage znatne debljine. Na hidrogeološke karakteristike terena najviše utiče nivo vode Save, kao i u manjoj meri, prihranjivanje iz zaleđa Bežanijske kose i Surčina. Treba napomenuti da je samo istražno područje u hidrauličkoj vezi sa rekom Savom i meliorativnim kanalima Galovica i Dudovski kanal. Prema hidrogeološkim karateristikama možemo ih podeliti na:

Propusne stenske mase su rečne i rečno-jezerske peskovito šljunkovite naslage. Ove naslage su međuzrnske poroznosti i predstavljaju vodonosnu sredinu u kojoj je formirana značajna akumulacija podzemne vode. U ovim sedimentima formirana je izdan zbijenog tipa koja je u hidrauličkoj vezi sa vodom. Koeficijent filtracije ovih naslaga je uglavnom kf = 1 x 10^{-2} - 1 x 10^{-3} sm/sec. Ovi nanosi na levoj obali Save su od vitalnog značaja za vodosnabdevanje stanovništva Beograda (projektovana trasa saobraćajnice je u široj zoni zaštite formiranog izvorišta "Zidine 1")

U faciji povodnja u plićim delovima može se javiti povremena akumulacija vode i stalna akumulacija vode u dubljim delovima aluvijalnih i aluvijalno-jezerskih sedimenata. Prihranjivanje izdani je dvojako, jednim delom preko atmosferskih padavina, a delom od dotoka vode iz obližnjih vodotokova.

U širem koridoru trase zastupljene lesne naslage se mogu uvrstiti uslovno u kategoriju propusnih stenskih masa, zbog svoje izrazite vertikalne cevaste poroznosti. Lesne naslage su u pogledu vodopropusnosti izrazito anizotropne, u vertikalnom pravcu koeficijent filtracije je kf = 1 x 10^{-3} sm/ses, dok je u horizontalnom pravcu znatno manji.

Polupropusne stenske mase predstavljene su aluvijalnim glinovito peskovitim prašinama, prašinama i barskim glinama. Ove naslage se uglavnom pojavljuju u povlati propusnih sredina i predstavljaju završne članove facijalnih ciklusa u okviru rečnih sedimenata. Koeficijenti filtracija ovih naslaga su uglavnom oko kf = 1 x 10^{-6} - 1 x 10^{-7} sm/sec. U okviru rečno-jezerskih peskovito-šljunkovitih naslaga nalaze se lokalno deblji ili tanji prašinasto glinoviti proslojci koji su niske do srednje plastičnosti i slabe vodopropustljivosti.

Praktično nepropusne stenske mase su neogene (panonske) glinovito laporovite naslage koje se u zoni projektovane trase nalaze u podini propusnih-vodonosnih sedimenata. Ove stenske mase u svom povlatnom delu - u zoni kore raspadanja imaju dvojnu poroznost međuzrnsku i prslinsko-pukotinsku i predstavljaju sredinu sa niskim filtracionim karakteristikama. U dubljem-neizmenjenom delu ove naslage su vodonepropusne.

Takođe, praktično nepropusnu sredinu predstavljaju obaloutvrdni nasipi u zoni kanala Galovice koji su izgrađeni od glinovito prašinastog, glinovito peskovito prašinastog i peskovito prašinastog materijala. Ovi materijali u obaloutvrdnom nasipu su niskih filtracionih karakteristika međuzrnske poroznosti.

4.3. INŽENJERSKOGEOLOŠKE ODLIKE TERENA

Na istražnom prostoru na deonici Novi Beograd - Surčin od km 0+000.00 do km 7+895.74 u geološkoj građi terena do dubine izvedenih istražnih bušotina mogu se izdvojiti sledeći inženjerskogeološki kompleksi, od kojih su za naš konkretan problem ubrzane konsolidacije nasipa na km 7+000.00 i 6+200.00 najznačajniji:

- nasuti materijali (n)

- glinovito prašinasto muljeviti nanos u zonama recentnih bara ($am^{g,m}$)

- glinovito peskovito prašinasti, prašinasto peskoviti i peskoviti povodanjski aluvijalni nanos ($ap^{g,pr,p}$)

Nasuti materijali (n)

Tehnogene tvorevine na terenu su nasipi (n) koji su lokalno zastupljeni na površini terena.Visina nasipa na km 7+ 000.00 je 4m.

Nasip - deponije građevinskog šuta i glinovite prašine koji je izgrađen u periodu 2019. - 2020. godine nalaze se u trasi projektovane saobraćajnice na deonici: km 7+250 - km 7+750. Na bazi izvedene istražne bušotine B - 12 utvrđena je debljina nasipa od 4 m. Iz heterogenog materijala od koga je formiran nasip na ovoj deonici uzimanje uzoraka tla za ispitivanje nije imalo svrhu.

Trup surčinskog puta čini kolovozna konstrukcija debljine 0.35 - 0.55 m (izgrađena je od kamene drobine i asfaltnog sloja debljine 5 cm) i u njenoj podini nasuta prašinasta glina. Iz istražne bušotine DB-5 uzorak nasipa je dat na laboratorijska geomehanička ispitivanja i dobijeni su sledeći rezultati:

U granulometrijskom sastavu učešće frakcija je sledeće:

- glina 16 %

- prašina 51 % i

- pesak 33 %.

- Prema USCS klasifikaciji ispitani uzorak nasutog materijala ima svojstva gline srednje plastičnost (CI), a prema AASHTO klasifikaciji pripada grupi materijala A-6.

- Karakteristike plastičnosti i konzistencije su:

w_l= 36.2 %,

w_p= 19.8 %,

Ip = 16.4 % i

Ic = 0.90

- Prirodna vlažnost w = 21.4 %,

- Kalifornijski indeks nosivosti CBR = 5.0 %,

- Max. zbijenosti po Proktoru je γ_{dmax} = 17.7 kN/m3
za optimalnu vlažnost w_{opt} = 17.0 %.

Glinovito prašinasto muljeviti nanos ($am^{g,m}$)

Glinovito prašinasto muljeviti nanosi su nastali u zonama recentnih bara na obali Save. Ove tvorevine su lokalno zastupljene u zoni trase na površini terena. Debljine su uglavnom oko 1 m, lokalno do 2 m ili veće. Teren izgrađen od ovih materijala je lokalno sezonski zamočvaren, mestimično sa velikim sadržajem organskih materija i obzirom lokalno na veliku stišljivost i malu nosivost svrstan je u nepovoljan. U površinskom delu sadrži ostatke žilica biljaka uglavnom do dubine 0.4 - 0.5 m. Po GN - 200 sredina pripada II kategoriji tla. Takođe, lokalno u okviru povodanjske facije aluvijona zastupljeni su proslojci i sočiva muljevite glinovite prašine i muljevitog peska, debljine 2 - 5 m. Sredina je vodozasićena, meka i vrlo stišljiva. Obzirom da je ova sredina iz dubljeg horizonta aluvijona sličnih otporno-deformabilnih svojstava kao i nanos u zonama recentnih bara, te su sredine ovom prilikom objedinjene pod zajedničku oznaku ($am^{g,m}$) na podužnom i poprečnim geotehničkim presecima terena. U pogledu granulometrijskog sastava razlika je što u dubljim horizontima veće prisustvo peskovite frakcije, a manje prašinasto glinovite frakcije. Na osnovu obavljenih laboratorijskih geomehaničkih ispitivanja uzoraka, dobijeni su sledeći rezultati:

U granulometrijskom sastavu učešće frakcija je sledeće:

- glina 6 - 35 % (max. 41%)

- prašina 54 - 78 % (min. 33%) i

- pesak 5 - 27 % (max. 60%).

- Prema USCS klasifikaciji ispitani uzorci su uglavnom sa svojstvima gline srednje do visoke plastičnosti, retko niske plastičnosti (SI, CH i ređe CL), a prema AASHTO klasifikaciji pripadaju uglavnom grupi materijala A-7-6, ređe A-7-5, A-6 i A-4.

- Karakteristike plastičnosti i konzistencije su:

w_l= 51.2 - 69.6 % (min. 28.5 %),

w_p = 18.6 - 34.2 %,

Ip = 24.5 - 42.3 % (min. 9.9 %) i

Ic = 0.24 - 1.44.

- Prirodna vlažnost w = 10.1 - 38.2 %.

- Zapreminska težina u prirodnom stanju je određena na dva uzorka (SI) i iznosi γ = 18.4 - 20.9 kN/m3, a u suvom stanju γ_d = 13.6 - 17.2 kN/m^3

- Deformabilna svojstva određena u edometarskim uslovima na tri uzorka (SI) koji su uzeti iz dubljeg horizonta aluvijona (na dubini od 3.3 m, 4.5 m i 5.6 m), za pritiske σ = 0 - 50 kN/m^{2}vrednosti modula stišljivosti su Ms = 1493 - 3885 kN/m2, a za pritiske σ = 50 - 100 kN/m^{2}variraju u rasponu Ms = 3102 - 5539 kN/m^2, za pritiske σ = 100 - 200 kN/m^2 moduli stišljivosti su Ms = 5767 - 7057 kN/m^2, a za pritiske σ = 200 - 400 kN/m^2 moduli stišljivosti su Ms = 9276 - 10939 kN/m2

- Na bazi izvedenih terenskih opita u površinskom sloju glinovito prašinastog sastava (zone recentnih bara) definisana je vrednost modula stišljivosti od Ms = 2500 - 5000 kN/m^2

- Koeficijenti filtracije određeni na osnovu granulometrijskog sastava (formule Hazena) su kf = 2.9 x 10^{-7} - 6.4 x 10-^{8} cm/sec.

- Parametri otpornosti u uslovima direktnog smicanja su ispitani na dva uzorka i dobijene su vrednosti: φ = 17 - 23° i c = 10 - 16 kN/m^2

- Ispitivanjem 5 velikih uzoraka (za fazu IDP) i 4 uzorka (za fazu PGD) dobijene su vrednosti za Kalifornijski indeks nosivosti CBR = 1.2 - 3.2 % (samo na jednom uzorku CBR = 6.0 % iz bušotine Bv-2 u Vinogradskoj ulici), a max. zbijenosti po Proktoru su γ_{dmax} = 13.4 - 18.3 kN/m^3 za optimalnu vlažnost w_{opt}= 15.2 - 26.5 %. Prirodna vlažnost na tim uzorcima je w = 10.1 - 38.2 % i skoro uvek je znatno veća od optimalne vlažnosti.

Povodanjski glinovito peskovito prašinasti aluvijalni nanos (ap^{g,pr,p})

Drugi dublji povodanjski horizont glinovito peskovite prašine je debljine 1 - 3 m, žute, žutosmeđe do žutosmeđesive boje i on sadrži sekundarna istaloženja: hidroksida gvožđa, ređe mangana, mm konkrecije karbonata i skrame sive gline. U okviru ovog horizonta formirana je povremena akumulacija podzemne vode sa slobodnim nivoom. Ovaj sloj je na geotehničkim presecima označen sa rednim brojem 2. Po GN - 200 pripada II kategoriji tla.

Na osnovu obavljenih laboratorijskih geomehaničkih ispitivanja uzoraka dobijeni su sledeći rezultati:

U granulometrijskom sastavu učešće frakcija je sledeće:

- glina 5 - 29 %

- prašina 33 - 87 %

- pesak 2 - 59 % i

- šljunak 0 - 2 %.

- Prema USCS klasifikaciji ispitani uzorci su sa svojstvima gline ili prašine niske i srednje plastičnosti (CL, ML, CI i MI), a prema AASHTO klasifikaciji pripadaju grupi materijala A-4, A-6 i A-7-6.

- Karakteristike plastičnosti i konzistencije su:

w_l= 27.5 - 47.5 %,

w_p= 17.9 - 27.9 %,

Ip = 7.4 - 25.5 % i

Ic = 0.80 - 1.52 (1 uzorak Ic = 0.14 i 1 uzorak Ic = 0.49).

- Prirodna vlažnost w = 9.3 - 25.5 % (max. 2 uzorka w = 28.6 - 33.4 %).

- Zapreminska težina u prirodnom stanju varira u rasponu od = 19.4 - 21.3 kN/m^3, a u suvom stanju od γ_d = 15.1 - 17.2 kN/m^3

Deformabilna svojstva određena u edometarskim uslovima na sedam uzoraka za pritiske σ = 0 - 50 kN/m2 vrednosti modula stišljivosti su Ms = 2439 - 5000 kN/m^2, a za pritiske = 50 - 100 kN/m^2 variraju u rasponu od Ms = 4259 - 8246 kN/m^2, za pritiske σ = 100 - 200 kN/m^2 moduli stišljivosti su Ms = 6453 - 12294 kN/m^2, a za pritiske σ = 200 - 400 kN/m^2 moduli stišljivosti su Ms = 9530- 15608 kN/m^2.

- Na osnovu izvedenih terenskih opita za ovu sredinu su dobijene vrednosti modula stišljivosti od Ms = 2500 - 5000 kN/m^2.

- Parametri otpornosti u uslovima direktnog smicanja su: φ =17 - 29° i C =8 19 kN/m^2

- Ispitivanjem 16 uzoraka (uzetih u džaku za IDP) i 5 uzoraka (za PGD) dobijene su vrednosti CBR = 2.3 - 5.0 % (na 15 uzoraka) i na 6 uzoraka vrednosti su CBR = 5.4 - 9.9 %. Vrednosti max. zbijenosti po Proktoru su γ_{dmax} = 15.9 - 18.8 kN/m^3 za optimalnu vlažnost Wopt = 13.8 - 20.8 %. Treba napomenuti da je skoro na svim uzorcima prirodna

vlažnost bila veća od optimalne vlažnosti i da samo na 3 uzorka to nije bio slučaj (prirodna vlažnost w = 9.3 - 11.1 % manja je od Wopt = 13.8 - 15.0 %).

- Na 11 uzoraka određen je sadržaj CaCO3 od 14.5 - 42.8 %.

- Na 7 uzoraka ispitan je sadržaj organskih materija i dobijene su vrednosti 3.6 - 5.2 % i na 2 uzorka sadržaj organskih materija je max. 6.8 - 7.4 %.

- Takođe, na 7 uzoraka utvrđen je udeo sagorljivih materija u iznosu od 5.5 - 9.6 %.

- Koeficijenti filtracije određeni po formuli Hazen-a imaju vrednosti u rasponu kf = 3 x 10-5 - 1 x 10-7 cm/ses, a koeficijenti filtracije određeni po formuli USBR imaju vrednosti kf = 1.4×10^{-5} - 6.1×10^{-7} cm/ses.

4.5. GEOFIZIČKE ODLIKE TERENA

Geofizička ispitivanja su izvedena u fazi istraživanja 2010. godine za lokacije projektovanih objekata koji su tada bili planirani, a to su:

- most preko Dudovskog kanala na km 1+832.62 (na tom mestu sada je ovim projektom predviđena izrada cevastog propusta Ø 2000),

- most preko kanala Galovice na km 3+951.53 i

- most preko Surčinskog kanala na km 4+471.06.

4.5.1. Rezultati geoelektričnih ispitivanja

Krive geoelektričnog sondiranja dobijene merenjem na lokaciji sada cevastog propusta (ranije mosta) preko Dudovskog kanala na km 1+832.62 (geoelektrični profili GE-2 i GE-3) ukazuju na višeslojnu sredinu koja ima sledeće vrednosti električne otpornosti:

- Humus i glinovito peskoviti šljunak (zastupljen na dubini do 1 m): ρ = 55 - 89 Ωm,

- Prašinasto glinoviti depozit (zastupljen na dubini od 1 m do 2 - 3 m): ρ=14 - 30Ωm,

- Peskovit depozit (zastupljen na dubini od 2 - 3 m do 5 - 6 m): ρ = 52 - 195 Ωm,

- Prašinasto glinoviti depozit (zastupljen na dubini od 5 - 6 m do oko 13 m): ρ = 20 - 32 Ωm,

- Šljunkovito peskoviti depozit u smenjivanju (zastupljen na dubini od 13 m do oko 30 m): ρ = 43 - 75 Ωm i

- Peskovito glinoviti depozit (zastupljen na dubini preko 30 m): ρ = 7- 39 Ωm

4.5.2. Rezultati refrakcionih seizmičkih ispitivanja

Na osnovu izvedenih refrakcionih seizmičkih ispitivanja na lokacijama projektovanih objekata, na svim ispitanim pozicijama je u pogledu elastičnih osobina, do dubine zahvata elastičnih talasa konstatovana troslojna sredina. Na osnovu refrakcionih seizmičkih ispitivanja (seizmički profili RR - 20, 20') u zoni cevastog propusta (nekada mosta) preko Dudovskog kanala na km 1+832.62 utvrđena je prva sredina debljine 2 - 4 m i u njoj je brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa 350 - 370 m/s, u drugoj sredini koja je debljine prosečno oko 14 - 16 m, brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa je 1630 - 1710 m/s i u trećoj sredini koja je podina drugoj sredini brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa je 2350 - 2410 m/s.

Na osnovu refrakcionih seizmičkih ispitivanja u zoni mosta preko kanala Galovice km 3+951.53 (seizmički profili RR - 18, 18') utvrđena je prva sredina debljine 2 - 3 m i u njoj je brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa 340 - 380 m/s, u drugoj sredini koja je debljine prosečno oko 11 - 14 m, brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa je 1540 - 1690 m/s i u trećoj sredini koja je podina drugoj sredini brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa je 2120 - 2230 m/s.

Na osnovu refrakcionih seizmičkih ispitivanja u zoni mosta preko Surčinskog kanala na km 4+471.06, (seizmički profili RR - 19, 19') utvrđena je prva sredina debljine 2 - 4 m i u njoj je brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa 320 - 340 m/s, u drugoj sredini koja je debljine prosečno oko 13 - 16 m, brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa je 1550 - 1660 m/s i u trećoj sredini koja je podina drugoj sredini brzina prostiranja longitudinalnih elastičnih talasa je 2310 - 2370 m/s.

4.6. SEIZMIČNOST TERENA

Na osnovu sprovedenih geofizičkih ispitivanja terena na deonici: Novi Beograd – Surčin, seizmički hazard definisan je prema Pravilniku o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima (sl. list SFRJ 31/81), kao i njegovim kasnijim izmenama i dopunama navedenim u službenim listovima SFRJ br. 49/82, 29/83, 21/88 i 52/90. Pored toga, projektni parametri seizmičnosti prezentirani su i u obliku kako to zahteva proračun zemljotresne otpornosti objekata visokogradnje po Evrokodu EC 8 EN (1998 – 1: izdanje DGKS, Beograd, novembar 2009. godine.).

Analiza seizmičkog rizika podrazumeva procenu šteta na objektu u toku njegove eksploatacije koju treba očekivati u uslovima datog intenziteta. Prema nacrtu novog "Pravilnika" definisana su dva tipa zemljotresa koji deformišu objekat u veku njegove eksploatacije na sledeći način:

- Za zemljotres umerenog intenziteta uzima se da postoji velika verovatnoća da se javi u veku eksploatacije objekta i taj stepen oštećenja se može kontrolisati i definisati u fazi projektovanja, a sama oštećenja se mogu lako sanirati i

- Za zemljotres maksimalnog intenziteta uzima se da postoji manja verovatnoća pojavljivanja u toku veka eksploatacije objekta, ali pri njegovoj pojavi nastaju pojave oštećenja objekata, ali ne i njihovo rušenje.

Sprovedena analiza uticaja seizmičnosti u zoni koridora puta pokazuje da seizmički hazard treba definisati obzirom na značaj saobraćajnice za grad i međunarodni transport, pa je od velikog značaja da ona bude u funkciji i u uslovima ekstremno jakih potresa. Za ovu funkciju merodavna polazna seizmičnost je predstavljena na oleati seizmološke karte za povratni period zemljotresa od 500 godina.

Kako predmetna trasa prolazi prostorom koga izgrađuje tlo koje pripada kategoriji "C" koji se definiše kao "duboki depozit gustog ili srednje gustog peska, šljunka ili krute gline, sa debljinama od nekoliko desetina do više stotina metara". Za klasifikaciju tla koje pripada kategoriji "C", koristi se brzina elastičnih - smičućih talasa koja za tu kategoriju tla ima vrednosti vs = 180 - 360 m/s, broj udaraca statičke penetracije NSPT = 15 - 50 i vrednost nedrenirane čvrstoće c_u= 70 - 250 kPa.

Projektni parametri seizmičnosti za objekte su:

- koeficijent kategorije objekta Ko = 1.5,

- koeficijent dinamičnosti Kd birati sa vrednošću koja odgovara drugoj kategoriji tla,

- za mostove preko kanala koeficijent seizmičnosti je Ks = 0.03, a za kosine na trupu puta koeficijent seizmičnosti je Ks = 0.05 i

-. Na oleati seizmološke karte koja se odnosi na vremenski interval od 500 godina, predmetni prostor se nalazi u zoni 80 skale MCK-1964 godine. Teren na kome su projektovani objekti (mostovi i nadvožnjaci) svrstan je u kategoriju "C". Projektni parametri izraženi preko ag, - iznose:

Zahtev ograničenih oštećenja: Projektno ubrzanje tla za tlo tipa A , ($a_g = \gamma_1 \cdot a_{gr}$), za povratni period zemljotresa od 100 godina određen je sa vrednošću ag = 130 cm/ s^2.

Zahtev da se objekat ne sruši: Projektno ubrzanje tla za tlo tipa A , ($a_g = \gamma_1 \cdot a_{gr}$), za povratni period zemljotresa od 500 godina određen je sa vrednošću ag = 156 cm/ s^2.

4.7. SAVREMENI GEODINAMIČKI PROCESI I POJAVE

Savremeni geodinamički procesi na ovom istražnom području, se pre svega pojavljuju u vidu plavljenja i zabarenja koja se stvaraju u delovima terena gde postoji mala razlika u kotama reke Save i kotama terena. Takođe može doći do povećanja nivoa podzemne vode prilikom atmosferskih padavina kada nivo reke Save poraste, zbog toga što je reka Sava u hidrauličkoj vezi sa meliorativnim kanalima i izdanima sa slobodnim nivoom podzemne vode. U formiranju reljefa terena je dominantnu ulogu imao fluvijalni proces. Produkti fluvijalnog procesa, vodozasićeni sitnozrni prašinasti peskovi facije povodnja (Q_2 $ap^{g,pr,p}$), predstavljaju tip tla koji može biti podložan likvefakciji usled zemljotresa, pojavi „ključanja tla“, kada je efektivni vertikalni napon jednak nuli, a celokupno opterećenje od objekta prima porna voda, usled cikličnog opterećenja izazvanog zemljotresom.

5. GEOTEHNIČKI USLOVI IZGRADNJE SAOBRAĆAJNICE NOVI BEOGRAD - SURČIN

Poprečni profil saobraćajnice je projektovan za računsku brzinu od 80 km/h. Ukupna širina profila je 36.0 m na početnom delu saobraćajnice do km 1+382.97, potom na delu od raskrsnice sa krakom za ulicu Jurija Gagarina do puta za Surčin (na km7+525) je 38.2 m (jer ima dvosmernu biciklističku stazu sa jedne strane širine 2.2 m), da bi na kraju deonice na km 7+895.74 širina profila bila 27.7m.

U građi površine terena na projektovanoj deonici od km 5+575 do km 7+895.74 prisutne su aluvijalne ili barske naslage i projektovana saobraćajnica se na celoj dužini izvodi na nasipu. Prilikom projektovanja nivelete saobraćajnice, za projektante je bio od značaja i podatak o postojanju visokog nivoa podzemne vode u terenu. U melioracionim kanalima sistema Petrac koji rade u režimu crpnih stanica max. očekivani nivo vode je 70.20 m n.m., a min. 69.70 m n.m.

Projektovani nasip saobraćajnice je uglavnom sa niveletom visine oko 2 - 2.5 m iznad postojećeg terena, a samo lokalno u zonama navoznih rampi za objekte tj. most u trasi na km 6+243.90 i nadvožnjak na km 7+657.01 preko saobraćajnice, nasipi su veće visine (navozne rampe visine 5.5 - 8.0 m). Posmatrano na podužnom profilu predmetne poddeonice III, lokalno niveleta ima malu visinu.

Najniža niveleta na km 6+600 ima visinu 0.89 m (kota nivelete 73.10 m n.m. i kota terena 72.21 m n.m.),

na km 7+300 niveleta ima visinu 1.50 m (kota nivelete 72.93 m n.m. i kota terena 71.43 m n.m.) i

na km 7+500 niveleta ima visinu 1.14 m (kota nivelete 73.75 m n.m. i kota terena 72.61 m n.m.).

Slika 11. Zbijanje nasipa vibro valjcima (foto. Aleksa Tomičić)

Odabrani karakteristični poprečni geotehnički preseci terena 1:250 na deonici projektovane saobraćajnice Novi Beograd - Surčin su na sledećim stacionažama. Za naš konkretan slučaj najznačajniji presek jeste 16-16' gde ćemo na osnovu tog preseka odraditi geostatičke proračune ubrzane konsolidacije. Pri izradi podužnih i poprečnih geotehničkih preseka, pored litoloških i genetskih razlika, izdvojeni su i kompleksi po različitosti fizičko-mehaničkih svojstava.

Broj odabranih karakterističnih poprečnih geotehničkih preseka duž projektovane saobraćajnice Novi Beograd - Surčin uslovljen je složenošću trase i geotehničkom problematikom njene izrade. Praktično na celoj svojoj dužini projektovana saobraćajnica se izvodi na nasipu (koji je jedino visok u zonama navoznih rampi za objekte) koji se polaže na aluvijalne ili barske naslage i samo lokalno (na početku deonice) trasa se izvodi na nasutom materijalu koji prekriva površinu terena. Takođe, na početku deonice projektovano je malo usecanje (oko 1.0 m) na nasutom materijalu koji prekriva površinu terena. U zoni predmetne poddeonice III od km 5+575 do km 7+895.74 mogu se izdvojiti tri karakteristične geotehničke konstrukcije terena:

- izrada niskih nasipa na barskim naslagama (popr. presek na km 6+500 i km 7+000),

- izrada niskih nasipa na aluvijalnim naslagama (popr. presek na: km 7+400 i km 7+800),

- izrada visokog nasipa na aluvijalnim naslagama (popr. presek na: km 6+200) i izrada visokog nasipa na aluvijalnim i barskim naslagama (podužni profil SAO 1 u zoni nadvožnjaka na km 7+657.01).

U smislu geotehničke povoljnosti terena, geotehnička rejonizacija terena je u zoni trase saobraćajnice Novi Beograd - Surčin izvršena u cilju sveobuhvatnog vrednovanja povoljnosti terena u pogledu: stabilnosti, nosivosti, sleganja, erodibilnosti, prirodne zaštićenosti vodonosnih sredina, značaja akumulacije podzemnih voda za javno vodosnabdevanje, formiranje izvorišta i sanitarne zaštite. Uzimajući u obzir analizu i sintezu prethodno izvršenih istraživanja i navedene kriterijume u okviru istražnog prostora su izdvojeni:

Nepovoljni tereni:

- Slabonosivo i nekonsolidovano tlo u zonama recentnih bara (debljine 1 - 3 m) u zoni aluvijalnog nanosa Save. Ove tvorevine su zastupljene na oko 46 % dužine predmetne deonice (koja se obrađuje ovim projektom) u građi površine terena, tj. na oko 1070 m dužine trase.

Uslovno povoljni tereni:

- Aluvijalne naslage su sa debljinom površinskog polupropusnog sloja 2 - 3 m, a lokalno do 5 m i nalaze se na prostoru šire zone sanitarne zaštite izvorišta (projektovana trasa prolazi po terenu koji pripada široj zoni sanitarne zaštite). Zbog bliskog prisustva osnovne vodonosne sredine i mogućnosti njenog zagađenja, kao i zbog ograničene nosivosti ova sredina je svrstana u uslovno povoljnu za izgradnju saobraćajnice. Na trasi koja je predmet ovog projekta aluvijalne povodanjske naslage su zastupljene na oko 1250 m dužine trase (što je oko 54 % od ukupne dužine). - Nasuti materijali izgrađuju lokalno površinu terena na početku projektovane trase od km 0+000 do km 0+850. - Naslage deluvijalnog materijala debljine preko 3 m (ova sredina ima lokalnu pojavu u građi površine terena i ne nalazi se u neposrednoj zoni analizirane trase).

Povoljni tereni:

- Lesne naslage (ne nalaze se u neposrednoj zoni analizirane trase, a prisutne su samo u građi padinskog dela terena iznad postojećeg kružnog toka u zoni saobraćajnice T6).

Usvojeno je da se projektovani nasipi u trupu puta koji su visine do 4 m izvode sa kosinama nagiba 1:2. Nasipi visine preko 4 m imaju kosine nagiba 1:2 na gornjih 4 m visine i ublaženje u nožici nasipa na 1:3. U pogledu vrste materijala koji će se upotrebiti za izradu nasipa pretpostavljeno je korišćenje peskovitog materijala (dobijenog refuliranjem ili iskopom iz majdana). Napominjemo da je pre ugradnje peskovitog materijala u nasipe, potrebno izvesti ispitivanje uzoraka peska koji su pripremljeni po standardnom Proktorovom opitu. Ispitani uzorci peska moraju imati fizičko - mehanička svojstva koja obezbeđuju trajnu stabilnost projektovane kosine nagiba 1:2 za nasipe visine do 4 m i za kosine nasipa visine preko 4 m koje su nagiba 1:2 i 1:3 (ublaženje u nožici nasipa). Za te

uslove, u geostatičkim proračunima stabilnosti kosine nasipa za pesak usvojene su sledeće parametarske vrednosti: zapreminska težina u prirodnom stanju vlažnosti γ= 18.0 kN/m3, ugao unutrašnjeg trenja φ = 28° i kohezija c = 5 kN/m^2.

Za pesak koji se bude ugrađivao u nasip na trasi saobraćajnice dobijene parametarske vrednosti treba da potvrde proračunatu stabilnost kosine nasipa za usvojene nagibe, odnosno ne treba da budu niže od vrednosti (γ= 18.0 kN/m^3, φ = 28° i c = 5 kN/m^2) koje su korišćene u geostatičkim proračunima stabilnosti kosine nasipa. U protivnom, ukoliko se laboratorijskim ispitivanjem uzoraka peska dobiju nepovoljniji parametri čvrstoće od napred datih, nagib kosine je u tom slučaju potrebno projektovati u skladu sa dobijenim laboratorijskim parametrima.

Takođe, preporuka je da se vrši oblaganje kosine nasipa sa humusom zajedno sa napredovanjem visine nasipa kako bi se time očuvala potrebna optimalna vlažnost materijala, te sprečilo erodovanje peskovitog materijala u vreme obilnih kiša ili raznošenje pri jakom vetru. To je potrebno raditi zato što pesak dobijen refuliranjem ima jednoličan granulometrijski sastav i proceđivanje vode od kvašenja materijala pri zbijanju kroz takav materijal se vrlo brzo odvija i time vlažnost materijala može u kratkom vremenskom intervalu pasti ispod optimalne vlage.

5.1. Geostatički proračun ubrzane konsolidacije

S obzirom na geološku građu terena na kome se projektuje predmetna deonica saobraćajnice i projektovanu visinu nasipa, očekuje se da će se najveći deo sleganja tla ispod nasipa (50% konsolidacije) obaviti u toku same gradnje nasipa. Sprovedeni geostatički proračun vremenske konsolidacije tla su urađeni za nasipe koji su projektovani za trup saobraćajnice. Gde su odabrani karakteristični preseci terena 14-14’ i 16-16’. Na preseku 16-16’ se vidi porstorni položaj muljevitih (am ^{g,m}) sedimenata sa ovog preseka smo ustanovili da je visina nasipa saobraćajnice 4m i γ_n=18 kN/m^3, a presek 14-14’ prikazuje jasnu debljinu stišljivog sloja (ap^{pr,p,š}) koja iznosi 9m. Sve navozne rampe za projektovane objekte se grade na terenu koga izgrađuju aluvijalni i podinski rečno-jezerski sediment koji zapravo predstavljaju nestišljivu podlogu. Za nasip, vremenski periodi za obavljanje 90% konsolidacije tla ispod nasipa je izračunat od datuma kraja izgradnje (tj. od završetka nasipanja), što je u skladu sa geotehničkom praksom u Srbiji.

Geotehnički model terena na osnovu koga su urađeni proračuni dat je u grafičkom prilogu br.8. Parametri koju su korišćeni za proračun su usvojeni ma osnovu laboratorijskih ispitivanja, iskustveno i iz literature, prikazani su u tabeli br. 4.Na osnovu poprečnih preseka ustanovljeno je da dubina podzemne vode vrlo blizu površine terena, zbog toga smo usvojili da se ona nalazi na samoj površini terena.

Tabela 4. Geotehnički parametri stišljivog sloja (ap ^{pr,p,š})

γ_{ZAS}=19 kN/m^3
γ'=9 kN/m^3
e_0=0.69
Cc= 0.22
Cr=0.022
Cv= 4.5*10^{-2} m^2/dan
Ch= 1.5*10^{-2} m^2/dan

Što se tiče geostatičkih proračuna ubrzane konsolidacije u ovom radu prikazano je sledeće:

- Sleganje stišljivog sloja usled nasipa visine H=4m i vreme potrebno da se obavi 90% konsolidacije
- Koliko bi bilo sleganje ako bi se izvršila prekompresija tla nasipom visine H=8 m, iste zapreminske težine
- Veličina sleganje nakon rasterećenja do visine nasipa 4m (uklanjanje predopterećenja)
- Za koliko vremena bi se obavilo sleganje iste veličine, ali sa prekompresijom, tj. koliko bi se ubrzala konsolidacija
- Koliko bi trebalo da bude predopterećenje da bi se sleganje obavilo za 3 meseca
- Prečnik i raspored peščanih drenova da bi se konsolidacija obavila za 3 meseca, za ukupni stepen konsolidacije >90%

5.1.1. Proračun sleganja stišljivog sloja za visinu nasipa H=4m i vremena za obavaljanje 90% konsolidaacije

Proračun sleganja se računa po sledećem obrazscu:

$$Sc_{q_1} = \frac{Cc \cdot H}{1+e_0} \cdot log\ \frac{\sigma_z' + q_1}{\sigma_z'} \qquad (21)$$

Opterećenje od nasipa iznosi:

$$q = \gamma_{n \cdot H=} 18\frac{kN}{m^3} \cdot 4m = 72\ kPa \qquad (22)$$

Geostatički napon u sredini stišljivog sloja:

$$\sigma_z' = \gamma' \cdot \frac{H}{2} = 9kN/m^3 \cdot 9m/2 = \ 40.5\ \ kPa \qquad (23)$$

Konsolidaciono sleganje usled izgradnje nasipa:

$$Sc_{q_1} = \frac{0.22 \cdot 9}{1+0.69} \cdot log\ \frac{40.5+72kPa}{40.5kPa} = 1.171 \cdot 0.4436 = 0.5195m = 51.95\ cm$$

Da bi se izračunalo vreme koje je potrebno da se izvrši konsolidacija potrebno je veličina koeficjenta koficijent konsolidacije za vertikalno dreniranje c_v, putanju dreniranja *Hdr* i vremenski faktor konsolidacije i vertikalnom pravcu *Tv* .

Putanja dreniranja vode je *Hdr* = 4.5m polovina visine aluvijalnih sedimenata facije povodnja zato što se ispod njih nalaze aluvijalno jezerski vodopropusni sedimenti, a iznad se nalazi drenažni tepih nasipa tako da se vrši obostrano dreniranje stišljivog sloja.

Na osnovu tabele 5. Odredili smo veličinu vremenskog faktora konsolidacije u vertikalnom smeru i ona iznosi za stepen konsolidacije ***U= 90%, Tv =0.848***.

Tabela 5. Zavisnost stepena konsolidacije od vremenskog faktora (Preuzeto iz knjige "Geostatički proračuni", Slobodan Ćorić, Beograd, 2001)

U(%)	T_v
0	0
10	0.008
20	0.031
30	0.071
40	0.126
50	0.197
60	0.287
70	0.403
80	0.567
90	0.848
95	1.127
100	∞

Vreme koje je potrebno da se obavi 90% konsolidacije tla ispod nasipa izračunava se prema sledećem obrascu:

$$t = {Tv \cdot Hdr^2}/{c_h}$$

$$t_{90} = {0.848 \cdot 4.5m^2}\Big/{4.5 \cdot 10^{-2}\ \frac{m^2}{dan}} = 381.6 \text{ dana} = 12.72 \text{ meseci}$$

5.1.2. Sleganje stišljivog tla usled predopterećenja nasipa visine 4m (prekompresija tla)

Sleganje stišljivog tla se računa po istom postupku kao i iu prethodnom slučaju samo što je sad prilikom proračuna koristi vrednost (q_2). Razlog za povećanje visine nasipa za još 4m (ukupno H=8m), taj zbog toga što su sleganja tla velika i vreme koje je potrebno da bi se obavilo 90% konsolidacije stišljivog sloja preveliko i predlaže se povećanje visine nasipa.

Proračun sleganja se računa po sledećem obrazscu:

$$Sc_{q_2} = \frac{Cc \cdot H}{1+e_0} \cdot log\ \frac{\sigma_z' + q_1}{\sigma_z'} \qquad (24)$$

Opterećenje od nasipa iznosi:

$$q_2 = q_1 + \ \Delta_q = (18\frac{kN}{m^3} \cdot 4m) + (18\frac{kN}{m^3} \cdot 4m) = 144\ kPa \qquad (25)$$

Geostatički napon u sredini stišljivog sloja:

$$\sigma_z' = \gamma' \cdot \frac{H}{2} = 9kN/m^3 \cdot 9m/2 = \ 40.5\ kPa \qquad (26)$$

Konsolidaciono sleganje usled izgradnje nasipa:

$$Sc_{q_2} = \frac{0.22 \cdot 9m}{1+0.69} \cdot log\ \frac{40.5+144kPa}{40.5kPa} = 1.171 \cdot 0.6585 = 0771m = 77.11cm$$

Neophodno je da korigujemo debljinu stišljivog sloja zbog opterećenja od q_2 = 144 kPa.

H = 9.0m – 0.77m = 8.23m

Takođe neophodno je da izvršimo redukciju koeficjenta poroznosti.

$$\Delta e = c_c \cdot \log\left(\frac{40.5 + 144}{40.5}\right) = 0.22 \cdot 0.6585 = 0.1449$$

$$e = e_0 - \Delta e = 0.69 - 0.1449 = 0.5451$$

5.1.3. Sleganje stišljivog tla usled rasterećenja nasipa do visine H = 4m (rekompresija tla)

Nakon što se izvršila konsolidacija stišljivog tla sa predopterećenjem tj. izgradnjom nasipa sa istima geotehničkim svojstvima ($\gamma = 18\frac{kN}{m^3}$, $H = 4m$), vrši se njegovo uklanjanje čime dolazi do rasterećenja.

Prilikom ovg proračuna neophodno je da poznajemo koeficijent rekompresije tla Cr koji se dobija na osnovu ispitivanja u edometarskom aparatu.

Izraz po kome se računa sleganje stišljivog tla usled rasterećenja glasi:

$$\Delta e = c_r \cdot \log\left(\frac{\sigma_{zo'+q_1}}{\sigma_{zo\ \ +q}}\right) = 0.022 \cdot \log\left(\frac{40.5+144}{40.5+72}\right) = 0.022 \cdot 0.2148 = 0.004726 \quad (27)$$

$$\Delta H = \frac{\Delta e}{1+e} \cdot H = \frac{0.004726}{1+0.5451} \cdot 8.23 = 0.025m \quad (28)$$

$$e = e_{nasipa} + \Delta e = 0.5498 \quad (29)$$

$$H = H + \Delta H = 8.23 + 0.025 = 8.255 \quad (30)$$

Konsolidaciono sleganje stišljivog tla usled rasterećenja nasipa

$$S = H_{stišljivog\ sloja} - H = 9m - 8.255 = 0.74.5m = 74.5\ cm$$

5.1.4. Analiza vremenskog toka sleganja

5.1.4.1. Za koliko vremena bi se obavilo sleganje iste veličine, ali sa prekompresijom tla

Da bi izračunali za koje vreme bi se tlo sleglo nakon izgradnje još 4m nasipa (prekompresijo tla) neophodno je da odredimo stepen konsolidacije koji se računa prema sledećoj jedančini:

$$U_v = \frac{Sc_{q_1}}{Sc_{q_2}} \quad (31)$$

$$U_v = \frac{0.5195\ cm}{0.7711\ cm} \cdot 100\% = 67.37\ \% \rightarrow 70\%$$

Odavde sledi da stepen konsolidacije približno iznosi 70% iz tabele 5. vidimo da vremenski faktor za vertikalnu konsolidaciju Tv = 0.403

$$t_{70} = {0.403 \cdot 4.5m^2}\Big/{4.5 \cdot 10^{-2}\ \frac{m^2}{dan}} = 181.35 \text{ dana} = 6.049 \text{ meseci} \qquad (32)$$

5.1.4.2. Koliko bi trebalo da bude predopterećenje da bi se sleganje obavilo za 3 meseca

$$Tv = {t \cdot Cv}\Big/{Hdr^2} = 90 \cdot 4.5 \cdot 10^{-2}\ \frac{m^2}{dan} / 4.5m^2 \qquad (33)$$

$$Tv = 0.2$$

Interpoloacijom vrednosti vremenskog faktora Tv dobijeno je da stepen konsolidacijeu vertikalnom pravcu iznosi:

$$\text{Uv} = 52.30\% \approx 52\%$$

$0.53\ Sc_{q_3} = Sc_{q_1}$ (34)

$Sc_{q_3} = \frac{0.5195}{0.52} = 0.99\text{m}$

$Sc_{q_3} = \frac{Cc \cdot H}{1+e_0} \cdot log\ \frac{\sigma_z' + q_1}{\sigma_z'}$

$Sc_{q_1} = \frac{0.22 \cdot 9}{1+0.69} \cdot log\ \frac{40.5+q_3}{40.5}$

$0.99 = 1.171 \cdot [\log (40.5+q_3)] - \log 40.5$

$\log (40.5 + q_3) = 0.99/1.171 + \log 40.5$

$\log (40.5 + q_3) = 0.845 + 1.60$

$\log (40.5 + q_3) = 2.445$

$278.612 - 40.5 = 238.11$

$q_3 = 238.11\ kPa$

5.1.5. Prečnik i raspored peščanih drenova da bi se konsolidacija obavila za 3 meseca, za ukupni stepen konsolidacije > 90%

Prethodnim proračunima je utvrđeno da metoda predopterećenja (prekompresija tla na terenu ne daje zadovoljavajuće rezultate gde su potrebna velika opterećenja da bi se ubrzala konsolidacija, iz tog razloga je odabran metoda ubrzavanja konsolidacije pomoću peščanih drenova.

Karakertristike vertikalnog drena (primer 1)

- Prečnik drena je d = 300mm
- Drenovi se postavljaju u četvorouganom rasporedu na međusobnom rastojanju l = 3.00m
- Ekvivalentni poluprečnik cilindričnog bloka,z a kvadratni raspored Re = 0.564· l, Re = 0.564· 3 = 1.692m
- Rd = 150mm
- n = Re/Rd = 1692mm / 150mm = 11.2 ≈ 11
- Koeficijenti konsolidacije u vertikalnom i horizontalnom pravcu c_v = 4.5*10^{-2} m^2/dan,
- c_h =1.5*10^{-2} m^2/dan.

Prosečan stepen konsolidacije usled radijalnog dreniranja za vreme od 3 meseca (90 dana):

$$Tr = {t \cdot Ch}/{4 \cdot Re^2} \qquad (35)$$

$$Tr = {3 \cdot 30 \cdot 1.5 \cdot 10^{-2}\ \frac{m^2}{dan}}/{4 \cdot 1.692^2} = 0.1179$$

Za n = 11 i Tr = 0.1179 očitano je sa Sl.8. . Dijagram odnosa Ur i Tr, Barron 1948 (Geostatički proračuni", Slobodan Ćorić, Beograd, 2001)

Ur = 0.36

Prosečan stepen konsolidacije usled vertikalnog dreniranja:

$$Tv = {t \cdot Cv}/{Hdr^2} = 3 \cdot 30 \cdot 4.5 \cdot 10^{-2}\ \frac{m^2}{dan} / 4.5m^2 \qquad (36)$$

$$Tv = 0.2$$

Interpoloacijom vrednosti vremenskog faktora Tv dobijeno je da stepen konsolidacije u vertikalnom pravcu iznosi:

Uv = 52.30% ≈ 52%

Ukupni stepen konsolidacije:

$$U = 100 - \frac{1}{100}\,(1 - Ur)\,(1 - Uv) \qquad (37)$$

$$U = 100 - \frac{1}{100}\,(1 - 0.36)\,(1 - 0.52)$$

$U = 100\text{-}0.3072 = 69.28\%$ - Uslov nije ispunjen

Karakertristike vertikalnog drena (primer 2)

- Prečnik drena je d = 400mm
- Drenovi se postavljaju u četvorouganom rasporedu na međusobnom rastojanju l = 2.00m
- Ekvivalentni prečnik dejstva za kvadratni raspored Re = 0.564· l, Re = 0.564· 2 = 1.128m
- Rd = 200mm
- n = Re/Rd = 1128mm / 200mm = 5.64 ≈ 6
- Koeficijenti konsolidacije u vertikalnom i horizontalnom pravcu Cv= $4.5*10^{-2}$ m^2/dan, Ch=$1.5*10^{-2}$ m^2/dan.

Prosečan stepen konsolidacije usled radijalnog dreniranja:

$$Tr = {t \cdot Ch}\,/_{4 \cdot Re^2} \qquad (38)$$

$$Tr = {3 \cdot 30 \cdot 1.5 \cdot 10^{-2}\ \frac{m^2}{dan}}\Big/_{4 \cdot 1.128^2} = 0.265$$

Za n = 11 i Tr = 0.066 očitano je sa Sl.8. . Dijagram odnosa Ur i Tr, Barron 1948 (Geostatički proračuni", Slobodan Ćorić, Beograd, 2001)

Ur = 0.85

Prosečan stepen konsolidacije usled vertikalnog dreniranja:

$$Tv = {t \cdot Cv}\,/_{Hdr^2} = 3 \cdot 30 \cdot 4.5 \cdot 10^{-2}\ \frac{m^2}{dan} / 4.5m^2 \qquad (39)$$

$$Tv = 0.2$$

Interpoloacijom vrednosti vremenskog faktora Tv dobijeno je da stepen konsolidacije u vertikalnom pravcu iznosi:

$$Uv = 52.30\% \approx 52\%$$

Ukupni stepen konsolidacije:

$$U = 100 - \frac{1}{100}\,(\,1 - Ur)\,(1 - Uv) \qquad (40)$$

$$U = 100 - \frac{1}{100}\,(\,1 - 0.85)\,(1 - 0.52)$$

$U = 100\text{-}0.072 = 92.8\ \%$ - Uslov ispunjen

6. ZAKLJUČAK

Glavna potreba za ubrzavanjem konsolidacije tla, nastaje u slučaju kada na glinovitom vodozasićenom tlu male vodopropustljivosti treba da se gradi objekat putne infrastrukture ili stambeno-poslovni objekat.Tada sleganja mogu da traju veoma dugo, čak i godinama, što usporava gradnju, pa je potrebno da se proces konsolidacije ubrzaU tom cilju primenjuju se postupci koji su prethodno opisani: predoterećenje i vertikalni peščani drenovi. Takođe treba naglasiti da se u novije vreme ove metode koriste u kombinaciji sa geosinteticima. Ovi postupci su relativno ekonomski isplativi, pogotovo ako se radi o manjim površinama tla.

Glavne prednosti ovih postupaka ubrzane konsolidacije:

- predopterećenje sa peščanim drenovima efikasno smanjuje vreme potrebno za primarnu konsolidaciju zasićenih glina, kako mekih tako i tvrdih,

- redukcija vremena posebno je izražena kod tvrdih glina (6 -7 puta),

- sa povećanjem prečnika peščanih drenova smanjuje se vreme konsolidacije dok konačno sleganje ne zavisi od prečnika drena $2*R_d$.

Nedostaci ovih metoda ubrzane konsolidacije:

- mogući prekid u drenovima usled nesavesnog izvođenja i konsolidacije tla oko drena

- poremećaj tla oko drena usled izvođenja može smanjiti propustljivost tla oko drena, smanjenje efikasnosti drena

- uticaj ojačanja tla peščanim drenovima može smanjiti efikasnost predopterećenja.

Generalni zaključak ovog rada jeste da su opisani postupci ubrzavanje konslidacije su najefikasniji i najsplatljivi postupci kojima se skraćuje vreme koje je potrebno da se tlo konsoliduje, i dostigne svoje najbolje otporno-deformabilne karakteristike. Ove metode su nastale početkom i sredinom prošlog veka i preživelu su razne modifikacije, tako da se budućnosti očekuje da će se metode za ubrzavanje konsolidacije modernizovati i razvijati.

7. LITERATURA

- Sanja Janjić: Geotehnički elaborat za trasu E2/1, Saobraćajni institut CIP, Beograd, 2022. God
- METODE GEOTEHNIČKIH MELIORACIJA, dr. Sonja Cvetković-Mrkić, Beograd, 1995
- Geostatički proračuni, Slobodan Ćorić, Beograd, 2001
- Maksimović. M. Mehanika tla, Beograd 1991
- Rakić Dragoslav, Zbirka rešeninh zadataka iz mehanike tla
- OGK 1:100 000 i Tumač "List Beograd", Geološki zavod Srbije, 1985 godine
- POBOLJŠANJE STENSKIH MASA MSc dipl. inž. Mirko Stanković
- Roje – Bonacci Tanja, Duboko temeljenje i poboljšanje temeljnpg tla, Građevinsko – arhitektonski fakultet, Split 2010

GRAFIČKI PRILOZI

ЛЕГЕНДА:КАРТИРАНИХ ЛИТОЛОШКИХ КОМПЛЕКСА

ГЕОЛОШКА СТАРОСТ	ГЕНЕТСКИ ТИП	ОЗНАКА И НАЗИВ НА КАРТИ	ОЗНАКА И НАЗИВ НА ПРОФИЛУ	ВАЖНИЈА ИНЖЕНЬЕРСКОГЕОЛОШКА СВОЈСТВА ЛАБОРАТОРИЈСКА ИСПИТИВАЊА γ kN/m³	γ_d kN/m³	W %	W_1 %	I_p %	I_c	ДИРЕКТНО СМИЦАЊЕ φ (°)	ДИРЕКТНО СМИЦАЊЕ c kN/m²	CBR %	Проктор γ_{max}/w_{opt} kNm³/%	Ms 100-200 kN/m²	Ms 200-400 kN/m²
Р Е Ц Е Н Т Н А	ВЕШТАЧКО ТЛО	n		1	-	3.4-24.4	23.3-28.6	4.5-8.4	0.58-4.42	-	-	5.8-7.2	17.4-19.7 11.3-13.6	-	-
				2	-	2.1-4	36.2	16.4	0.95	-	-	5.5	17.7 11.2	-	-
К В А Р Т А Р	ДЕЛУВИЈУМ	dP,pg,dr		**Делувијалне наслаге** песковито-прашинасто-глиновитог састава, са карбонатним конкрецијама. Присутне на површинском делу падине у зони лесног одсека на левој страни канала Галовиџе. Средина слабо и неравномерно сложена, средње водопропусна, средње стишљива, подложна процесу клизања, спирања и ерозије. У природним условима стабилна, при извођењу радова условно стабилна средина. Средина издвојена само на карти, налази се изван предмете трасе сваобраћаја и неће бити захваћена радовима.												
	ЛАКУСТРИЈСКО БАРСКИ СЕДИМЕНТИ	am²,m		**Фацијa рецентних бара** у којима су депоновани барски седименти са барском вегетацијом у широкој зони Саве. Заступљене су прашине, прашинасте глине, знатне стишљивости, дебљине утланом 1-2m, тамносиве до црне боје. Такође на подужном геотехничком пресеку терена локално присутно муљевитих песокова дебљине 2-5m унутар фације поводња је обједињено под ову ознаку, обзиром на њихова слична физичко-механичка својства (велика стишљивост). Средина веома до високо пластичности, локално врло стишљива, међузрнске порозности, са повременом акумулацијом подземне воде. У условима грађења неповољна средина. Према GN-200 припада I и II категорији ископа.												
					16-20.9	18.6-17.2	51.1-30.2	28.5-69.8	0.9-42.3	0.26-1.44	17-23	10-12	12.3-12.8 D; 10.2-10.5	18.4-19.3 D; 15.2-20.5	2000-3000
	РЕЧНИ НАНОС	ФАЦИЈА ПОВОДЊА	ap²,pf,s		**Фацијa поводња** у окviру које се грубо издвајају три зоне: према површинској, глиновито песковито прашинаста зона, тамно смеђе боје, дебљине 0.4-0.9 m; друга дубља глиновито прашинасто песковита зона, садржи вештачкима FeO и ипи уклопке CaCO3, жутосмеђе и жуте боје, дебљине 1-3 m, и трећа најдубља зона је песковито прашинаста, песковита и локално муљевита, жуте до сиве смеђе боје, дебљине 1-3 m, мах локално 5-8m. Текстура је сочивасто до танко слојевита, а укупна дебљина фације поводња је око 5m, мах до 9 m. Прва зона карактеристична је по средње пластичности, полупропусне средине, а трећа изразито је пропусна и непластична и пропустан; међузрнске порозности, са повременом акумулацијом воде у плићем и сталном у дубљем делу. Промењљиве вискозности, у условима грађења повољних до неповољних отпорно-деформабилних својстава. Према GN-200 припада II категорији ископа.												
				1	-	-	17.5-26.1	31.3-52.8	8.5-22.1	0.72-1.65	-	-	2.3-3.5	14.1-16.3 16.2-17.9	200-250	**
				2	18.4-21.3	15.8-17.2	8.3-25.5	27.5-47.5	7.4-25.5	0.85-1.52	17-25	8-19	2.3-5.0 8.4-9.8	15.9-19.8 13.8-20.8	250-3000	**
				3	-	-	17.7-25.7	-	-	-	17-34	**	5-15	** 7-11	19.4 16.3	4000-6000	**
		ФАЦИЈА КОРИТА	ak²,fl,s		**Фацијa корита** карактерише се ситнозрним и средњезрним песком, локално прашинастим песком и ситнозрним до средњезрним шљунком, сиве и рђе смеђе боје. Фација корита је присутна у подини фације поводња у различитој дебљини од 1-8 m, а локално изостаје. Средина слабо стишљива, међузрнске порозности, добро водопропусности, хидрогеолошки колектор са збијеном водом. Према GN-200 припада II-III категорији ископа.												
					-	-	16.5-26.2	-	-	-	28-35	**	0-5	** -	-	10000-15000	**
	ЕОЛСКИ		l-w		**Лес** је песковита прашина, мало глиновита, са конкрецијама $CaCO_3$, жутосмеђе боје. Лесни хоризонти су локално одвојени потребном земљом, која је по саставу већег глиновитија, смеђепрљавасте боје. На простору Сурчина и насеља Лединце дебљина лесних наслага је различита 5-30m. Средина цеката порозности, у погледу водопропусности анизотропна средина, оцењена на повољна пројектовања. Средина издвојена само на карти, налази се изван предмете трасе сваобраћаја и неће бити захваћена радовима.												

ГЕОЛОШКА СТАРОСТ	ГЕНЕТСКИ ТИП	ОЗНАКА И НАЗИВ НА КАРТИ	ОЗНАКА И НАЗИВ НА ПРОФИЛУ	ВАЖНИЈА ИНЖЕНЬЕРСКОГЕОЛОШКА СВОЈСТВА ЛАБОРАТОРИЈСКА ИСПИТИВАЊА γ kN/m³	γ_d kN/m³	W %	W_1 %	I_p %	I_c	ДИРЕКТНО СМИЦАЊЕ φ (°)	ДИРЕКТНО СМИЦАЊЕ c kN/m²	CBR %	Проктор γ_{max}/w_{opt} kNm³/%	Ms 100-150 kN/m²	Ms 200-400 kN/m²
К В А Р Т А Р	РЕЧНО - ЈЕЗЕРСКИ	al-f $P^{2-0.8}$		**Речно-језерске наслаге** представљене глиновитом прашином, песком и средње пластичности (1), прашинастим песком са и без пластичности (2), песком, ситнозрним и средњезрним песковитим шљунком, ређе прашинастим шљунком (3); локално са фрагментима пешчара, црвенкастосмеђе и жутосмеђе боје. Ове наслаге су слабо оцртиране и са међусобно честим градационим прелазима, пластичних и не пластичних средина, а познате су као слојеви са карактеристичном фосилном фауном Corbicula fluminalis, дебљине преко 20m, налазе се у подини алувијона (средина издвојена само на геотехничком профилу). У главном повољних отпорно-деформабилних својстава, међузрнске порозности, средина углавном средње водопропусности и локално добре водопропусности (у песковито-шљунковитим зонама), хидрогеолошки колектор који на овом делу терена представља главни водоносни хоризонт. По GN-200 припада II-III категорији ископа (изузетно дебља прослојци пешчара IV категорија).												
				1	19.2-21.6	14.7-18.1	18.5-30.3	25.2-48.3	5.9-25.3	0.51-1.31	17-29	4-25	-	-	4029 3482	6756 5270	
				2	19.3-21.1	15.6-17.5	13.0-29.9	20.3-50.6	NP 8.7-17.0	0.62-1.14	27-29 Tg 29	2-7 5-19	-	-	4767 11659	5475 14427	
				3	-	-	13.6-26.6	-	-	-	30-35	0-5	-	-	20000-30000		
Т Е Р Ц И Ј А Р	МИОЦЕН МАРИНСКО - ЈЕЗЕРСКИ	M^2_3G		**Лапоровите и песковите глине и лапори**, заступљени су на левој обали Саве, у подини речно-језерских седимената (al-j). Средина је издвојена само нагеотехничком пресеку. У зони предметне трасе набушена само на једној локацији, у зони пројектоване објекта преко канала Галовиџе, на km 3+951, на дубини од 33,3 m, у подини речно-језерских седимената утврђено је присуство пешчаних песковите глине. Средина масивне текстуре, ниско до високо пластична, прслинасто-пукотинска издељена, тврда, крто пластичног лома, средње до слабо стишљива, практично водонепропусна, сировље и сиве боје. Према GN-200 припада III - IV категорији ископа.												
					17.8-21.4	12.8-17.2	19.2-39.8	23.6-79.9	5.4-32.8	0.62-1.23	10-24	10-118	-	-	3406 10758	5867 19787	

НАПОМЕНА: Параметарске вредности означене са * су одређене лабораторијским испитивањем узорака тла који су узети из средине на делу деонице аутопута Сурчин - Обреновац

Параметарске вредности за средину означене са ** су прерачунате из терских опита.

ЛЕГЕНДА ГРАФИЧКИХ ОЗНАКА И СИМБОЛА

СТРУКТУРНЕ ОЗНАКЕ

НА КАРТИ	НА ПРОФИЛУ	
а)	б) ц) д)	ГЕОЛОШКЕ ГРАНИЦЕ а) УТВРЂЕНЕ б) ПРИБЛИЖНО ЛОЦИРАНЕ ИЛИ ПРЕТПОСТАВЉЕНЕ ИЗМЕЂУ КОМПЛЕКСА ц) ПОСТУПАН ПРЕЛАЗ ИЗМЕЂУ ФАЦИЈА ПОВОДЊА И КОРИТА АЛУВИЈАЛНИХ СЕДИМЕНАТА а) ПОСТУПАН ПРЕЛАЗ У ОКВИРУ ЛИТОЛОШКОГ ЧЛАНА ИЛИ КОМПЛЕКСА

ОЗНАКЕ ХИДРОГЕОЛОШКИХ И ХИДРОЛОШКИХ ПОЈАВА

НА КАРТИ	НА ПРОФИЛУ	
		ЗАБАРЕН ТЕРЕН
	НПВ	НИВО ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ

ОЗНАКЕ ИСТРАЖНИХ РАДОВА ИЗВЕДЕНИХ 2010. ГОДИНЕ

НА КАРТИ	НА ПРОФИЛУ	
● B -2	B-2 74.0 CL ML OI НПВ 3.5m НПВ 3.8m SM 0.0 2.60 3.8 5.0 15.00 CPT-2.0m 3.4.8 CPT-4.3m 4.5,7	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ ЗА ТРАСУ 74.0 КОТА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ НПВ (3.5) НИВО ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ ПВВ (3.6) ПОЈАВА ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ 5.0 ДУБИНА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ 3.8 ГРАНИЦА ЛИТОЛОШКОГ ЧЛАНА CL ОЗНАКА ЛИТОЛОШКОГ ЧЛАНА ▯ НЕПОРЕМЕЋЕН УЗОРАК ▮ ПОРЕМЕЋЕН УЗОРАК СПТ–4,3 m 4,5,7 СТАНДАРДНА ПЕНЕТРАЦИЈА
● B_o-2	B_o-2 72.3	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ ЗА ОБЈЕКАТ
▲ CPTu -65	CPTu - 65 10.03	ОЗНАКА ИЗВЕДЕНОГ ОПИТА СТАТИЧКЕ ПЕНЕТРАЦИЈЕ СА ПИЈЕЗОКОНУСОМ 10.03 МАКСИМАЛНА ДУБИНА ПРОДИРАЊА КОНУСА
● ГС-4		ОЗНАКА ГЕОЕЛЕКТРИЧНЕ СОНДЕ
ГЕ-2		ОЗНАКА ГЕОЕЛЕКТРИЧНОГ ПРЕСЕКА ТЕРЕНА
RP-20		ОЗНАКА РЕФРАКЦИОНОГ ПРЕСЕКА ТЕРЕНА

ОЗНАКЕ ИСТРАЖНИХ РАДОВА ИЗВЕДЕНИХ 2012-2013. ГОДИНЕ

НА КАРТИ	НА ПРОФИЛУ	
● B_v-2	B_v-2 74.60	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ ЗА ВЕЗУ СА ВИНОГРАДСКОМ УЛИЦОМ
● B-2a	B-2a 74.25	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ ЗА ТРАСУ
● BG-2	BG-2 72.95 CL НПВ 3.50 SPT(3.5m)/SPC (1,2,2) MI ПВВ 3.50 SPT(7.0m') (7,9,12) SM SP SPT(10.0m') (8,10,15) GP SP SM SPT(14.70m') (100) 1.90 3.50 4.80 7.0 9.00 10.0 10.50 13.00 13.8 14.70 4.8 7.5 10.0 13.8 14.7 ЛИТОЛОШКИ СТУБ БУШОТИНЕ	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ ЗА ОБЈЕКАТ 72.95 КОТА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ НПВ (1.0) НИВО ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ ПВВ (3.5) ПОЈАВА ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ 14.7 ДУБИНА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ 3.5 ГРАНИЦА ЛИТОЛОШКОГ ЧЛАНА CL ОЗНАКА ЛИТОЛОШКОГ ЧЛАНА ▯ НЕПОРЕМЕЋЕН УЗОРАК ▮ ПОРЕМЕЋЕН УЗОРАК SPT(10.0m') (8,10,15) СТАНДАРДНА ПЕНЕТРАЦИЈА
◩ J-5a	J-5a 72.70 0.8 1.0 0.80 1.20	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ ЈАМЕ ЗА ТРАСУ 1.20 ДУБИНА ЈАМЕ ▮ ПОРЕМЕЋЕН УЗОРАК
▲ SP-22A	SP-22A	ОЗНАКА ИЗВЕДЕНОГ ОПИТА СТАТИЧКЕ ПЕНЕТРАЦИЈЕ

ОСТАЛЕ ОЗНАКЕ

НА КАРТИ	НА ПРОФИЛУ	
1 1'		ГЕОТЕХНИЧКИ ПРЕСЕК ТЕРЕНА У ЗОНИ ТРАСЕ САОБРАЋАЈНИЦЕ
MOCTL=33.80m km 5+161.63		ОЗНАКА ЗА ОБЈЕКАТ НА ИГ. КАРТИ

ОЗНАКЕ ДОПУНСКИХ ИСТРАЖНИХ РАДОВА ИЗВЕДЕНИХ 2019-2020. ГОД.

НА КАРТИ	НА ПРОФИЛУ	
● DB-1	DB-1/71.77	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ ЗА ТРАСУ
● DBo-2	DBo-2/71.55	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ ЗА ОБЈЕКАТ
▲ CPT-1	CPT-1/72.51	ОЗНАКА ИЗВЕДЕНОГ ОПИТА СТАТИЧКЕ ПЕНЕТРАЦИЈЕ
◩ DJ-4	DJ-4/72.15	ОЗНАКА ИСТРАЖНИХ ЈАМА ЗА ТРАСУ
● DBk-1	DBk-1	ОЗНАКА ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ НА ПОСТОЈЕЋОЈ САОБРАЋАЈНИЦИ

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.
INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP ltd
Немањина 6; 11000 Београд; Србија
Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324; web site: www.sicip.co.rs
Организациона јединица:ГЕОТЕХНИКА /Organization unit:DEPARTMENT OF GEOTECHNICS

Овлашћено лице: / Responsible designer:
лиценца број: 391 L537 12; 491 4326 04
Сања Јањић, дипл.инж.геол.

Сарадници / Associates:
Александра Бабушков, арх.техн.

Инвеститор пројекта: / Investor:
ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ / JP "ROADS OF SERBIA"
Булевар Краља Александра 282, Београд

Надзорни орган: / Employer: China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) Fourth Harbor Engineering Co., Ltd. International Street,Sicheng District,Beijing P.R.China, 100000 Web site: www.ccccltd.cn

Објекат: / Structure: **ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН,**
SECTION: NOVI BEOGRAD - SURČIN
КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763
AS PART OF HIGHWAY E-763 (roadway)
I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од km 5+575.00 до km 7+895.74
I Phase subsection III from km 5+575.00 to km 7+895.74

Део пројекта: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ (ДОКУМЕНТАЦИОНА КЊИГА ЗА ТРАСУ И ОБЈЕКТЕ)
Part of Design: **GEOTECHNICAL REPORT (DOCUMENTATION BOOK FOR THE HIGHWAY ALIGNMENT AND BRIDGES)**

Унутрашња контрола: / Internal control:

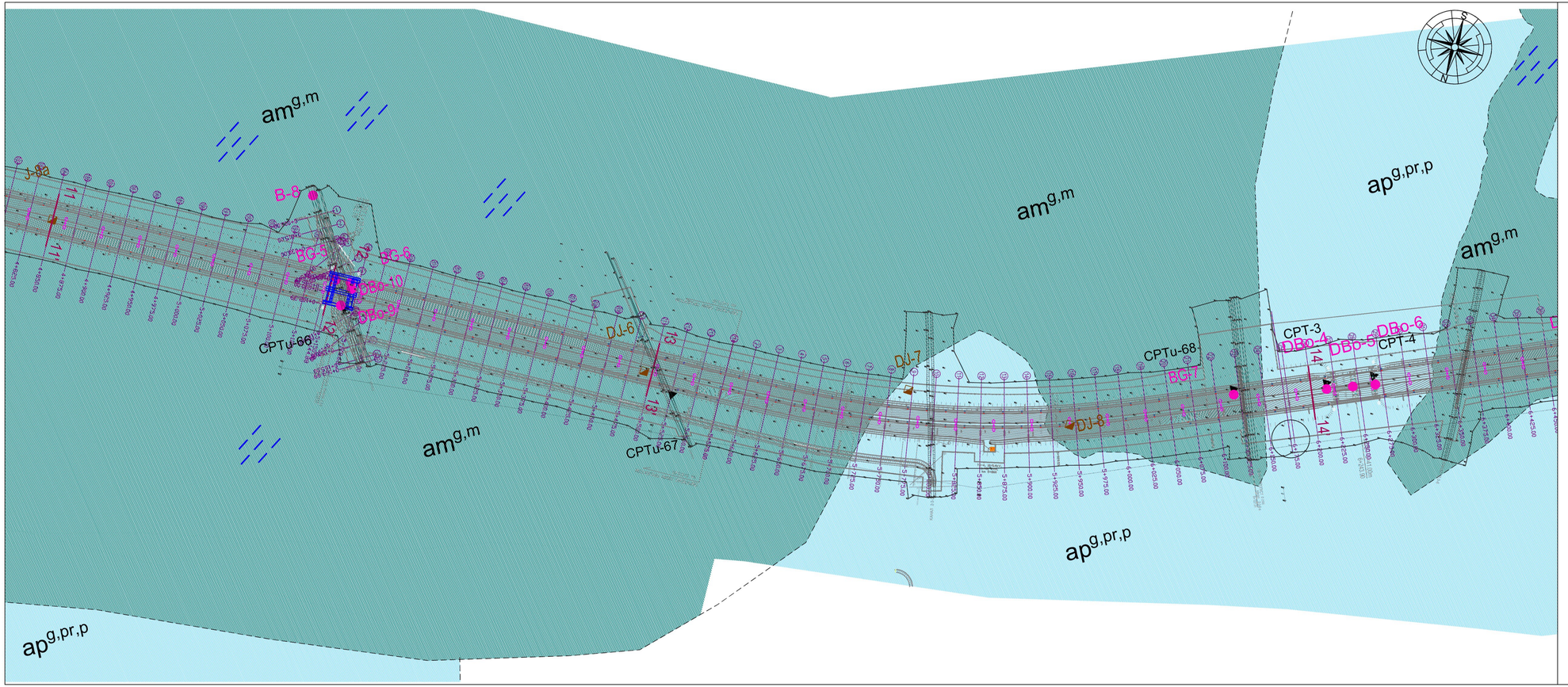
Главни пројектант: / Chief designer:
М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
Владимир Филиповић дипл.инж.геол.

Цртеж: / Drawing:
ЛЕГЕНДА КАРТИРАНИХ ЛИТОЛОШКИХ КОМПЛЕКСА И ГРАФИЧКИХ ОЗНАКА И СИМБОЛА
LEGEND MAPPED LITHOLOGICAL COMPLEXES AND GRAPHIC DESIGNATIONS AND SYMBOLS

Размера: Scale: -

Врста тех.док.: Type of tehn.doc.: **ПГД / DCP**
датум:/date: 2022
Цртеж бр./Drawing No: 772/1-ГЕО-Е2/3-Ц 01



03		
02		
01		
Број/Number	Датум / Date	Опис / Description

Ревизиони блок: / Revision block:

САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.
INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP ltd
Немањина 6; 11000 Београд; Србија
Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324; web site: www.sicip.co.rs

Организациона јединица:ГЕОТЕХНИКА /Organization unit:DEPARTMENT OF GEOTECHNICS

Овлашћено лице:
Responsible designer:
лиценца број: 391 L537 12; 491 4326 04
Сања Јањић, дипл.инж.геол.

Сарадници: / Associates:
Д. Богдановић, геол.техн.

Унутрашња контрола: / Internal control:

Главни пројектант: / Chief designer:
М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
Владимир Филиповић дипл.инж.геол.

Инвеститор пројекта: / Investor:
ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ / PE"ROADS OF SERBIA"
Булевар Краља Александра 282, Београд

Наручилац пројекта / Employer: China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R.China, 100088
Web site: www.ccccltd.cn

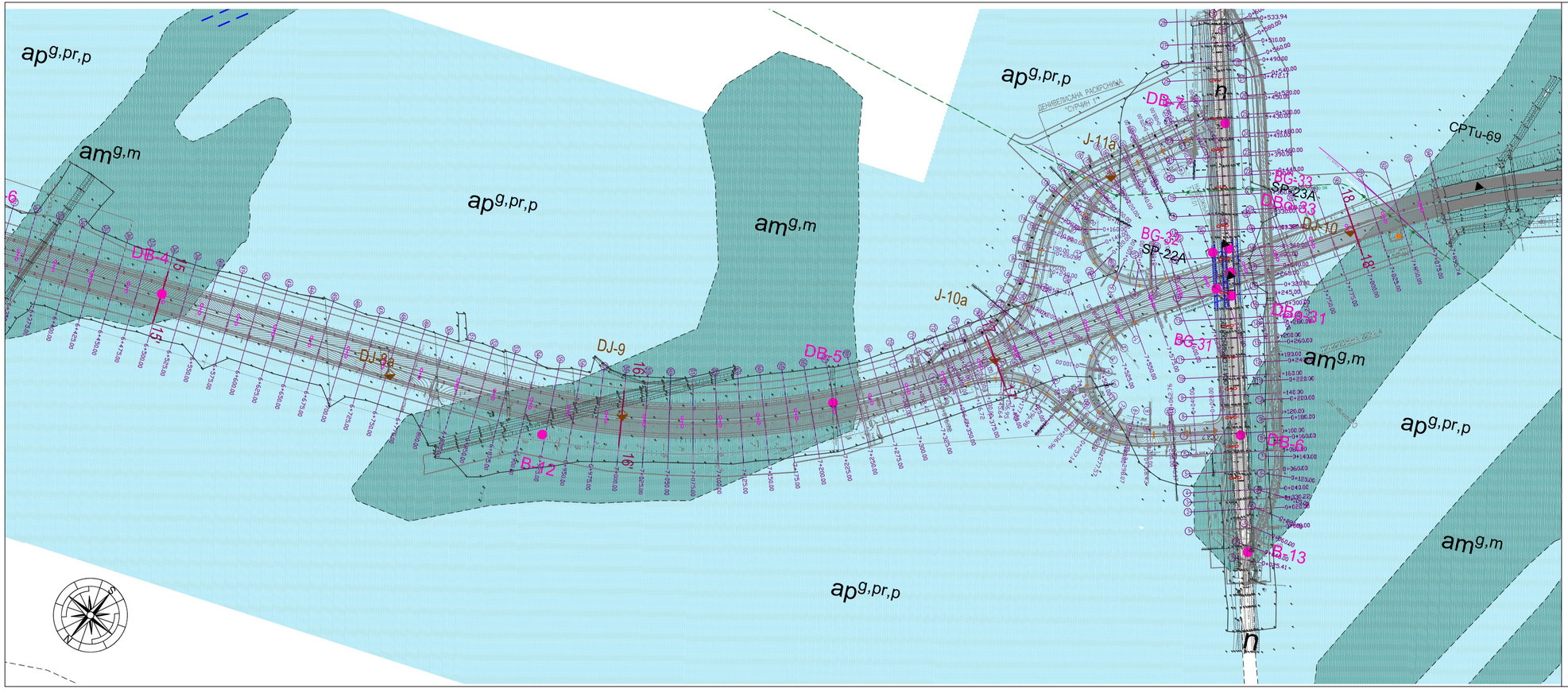
Објекат: /Structure:
ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН,
SECTION: NOVI BEOGRAD - SURČIN
КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763
AS PART OF HIGHWAY E-763 (roadway)
I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од км 5+575.00 до км 7+895.74
I Phase subsection III from km 5+575.00 to km 7+895.74

Део пројекта ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ (ДОКУМЕНТАЦИОНА КЊИГА ЗА ТРАСУ И ОБЈЕКТЕ)
Part of Design:GEOTECHNICAL REPORT (DOCUMENTATION BOOK FOR THE HIGHWAY ALIGNMENT AND BRIDGES)

Цртеж / Drawing:
ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКА КАРТА
ENGINEERING - GEOLOGICAL MAP

Размера: Scale: 1:2500

Врста тех.док.: Type of tehn.doc.:	датум/date	Цртеж бр./Drawing No:
ПГД / DCP	2022	772/1-ГЕО-Е2/3-Ц 1.4



03		
02		
01		
Број/Number	Датум / Date	Опис / Description

Ревизиони блок: / Revision block:

САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.
INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP ltd
Немањина 6; 11000 Београд; Србија
Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324; web site: www.sicip.co.rs

Организациона јединица:ГЕОТЕХНИКА /Organization unit:DEPARTMENT OF GEOTECHNICS

Овлашћено лице:
Responsible designer:
лиценца број: 391 L537 12; 491 4326 04
Сања Јањић, дипл.инж.геол.

Сарадници: / Associates:
Д. Богдановић, геол.техн.

Унутрашња контрола:/ Internal control:

Главни пројектант: / Chief designer:
М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
Владимир Филиповић дипл.инж.геол.

Инвеститор пројекта: / Investor:
ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ / PE"ROADS OF SERBIA"
Булевар Краља Александра 282, Београд

Научно-истраживач пројекта:/ Employer: China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing P.R.China, 100088 Web site: www.cccltd.cn

Објекат: /Structure: **ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН, SECTION: NOVI BEOGRAD - SURČIN**
КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763
AS PART OF HIGHWAY E-763 (roadway)
I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од км 5+575.00 до км 7+895.74
I Phase subsection III from km 5+575.00 to km 7+895.74

Део пројекта:ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ (ДОКУМЕНТАЦИОНА КЊИГА ЗА ТРАСУ И ОБЈЕКТЕ)
Part of Design:GEOTECHNICAL REPORT (DOCUMENTATION BOOK FOR THE HIGHWAY ALIGNMENT AND BRIDGES)

Цртеж:/ Drawing: **ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКА КАРТА** ENGINEERING - GEOLOGICAL MAP

Размера: Scale: 1:2500

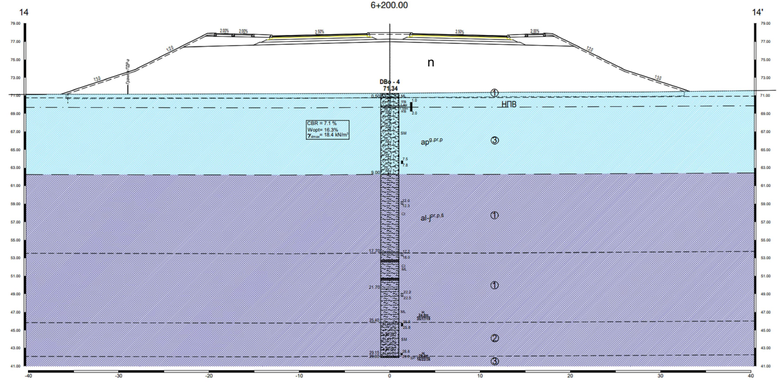
Врста тех.док.: Type of tehn.doc.: **ПГД** / DCP

датум:/date 2022

Цртеж бр./Drawing No: 772/1-ГЕО-Е2/3-Ц 1.5

Geotehnički presek terena 14-14'

R 1:200



Legenda:

Istržna bušotina

DBo - 4 oznaka bušotine

71.34 apsolutna kota bušotine

0.00 relativna dubina litološkog člana

-0.2 dubina uzetih uzorka za laboratorijska ispitivanja

20.00 relativna dubina bušotine

Petpostavljena geološka granica

Nivo podzemne vode

n — Nasip surčinskog puta projektovana trasa preseca na km 7+657. Trup puta je visine 0.7 - 1.3 m i izgrađen je od nasipa prašinaste gline, sloja kamene drobine koji čine kolovoznu konstrukciju (debljine 0.35 - 0.55 m) i sloja asfalta debljine 5 cm. Iz nasipa uzet je 1 uzorak za laboratorijska ispitivanja i dobijeni rezultati su dati u tabeli (2).Generalno svi nasipi su međuzrnske poroznosti i obzirom na svoj položaj u konstrukciji terena su bez uslova zaakumuliranje vode. Kao podloga za izradu posteljice projektovane saobraćajnice nasuti materijal je nepovoljnasredina i treba ga ukloniti. Po GN-200 pripada II kategoriji iskopa.

ap g,pr,p — Facija povodnja u okviru koje se grubo izdvajaju tri zone: prva povr[inska, glinovito peskovito prašinastazona, tamno smeđe boje, debljine 0.4-0.9 m; druga dubqa glinovito prašinasto peskovita zona, sadržiistaložen FeO i mm uklopke CaCO3, žutosmeđe i žute boje, debljine 1-3 m, i treja najdubqa zona jepeskovito prašinasta, peskovita i lokalno muqevita, žute do reļe sive boje, debqine 1-3 m, mah lokalno 5-8m.Tekstura je so~ivasta do tanko slojevita, a ukupna debqina facije povodwa je oko 5m, mah do 9 m.Prva dva horizonta su niske do sredwe plastičnosti, polupropusne sredine, a treći horizont je neplastičan ipropustan; meļuzrnske poroznosti, sa povremenom akumulacijom vode u plījen i stalnom u dubqem delu.Promenqive nosivosti, u uslovima građenjaa povoljnih do nepovoljnih otporno-deformabilnih svojstava.Prema GN-200 pripada II kategoriji iskopa

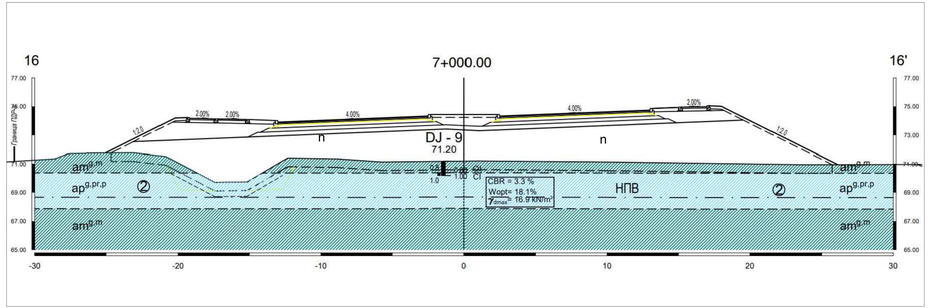
al-j pr,p,š — Rečno-jezerske naslage predstavqene glinovitom praļinom, niske i srednje plastičnosti (1), praļinastim peskom sa i bez plastičnosti (2), peskom, sitnozrnim i sredwezrnim peskovitim šljunkom, ređe prašinastimmšljunkom (3); lokalno sa fragmentima peščara, crvenkastosmeđe i žutosmeļe boje. Ove naslage su slabo sortirane i sa meļusobno čestim gradacionim prelazima, plastičnih i ne plastičnih sredina, a poznate su kao slojevi sa karakterističnom fosilnom faunom Corbicula fluminalis, debljine preko 20m, nalaze se u podini aluvijona (sredina izdvojena samo na geotehničkim presecima). Uglavnom povoqnih otporno-deformabilnih svojstava, međuzmske poroznosti, sredina uglavonm srednje vodopropusnosti i lokalno dobre vodopropusnosti (u peskovito-šljnkovitim zonama), hidrogeološki kolektor koji na ovom delu terena predstavqa glavni vodonosni horizont. Po GN-200 pripada II-IIIkategoriji iskopa (izuzetno debiji prosloji peščara IV kategorija)

Projektna organizacija:	**САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.** **Немањина 6; 11000 Београд; Србија** **Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324;** **web site: www.sicip.co.rs**	01	
Инвеститор:	**ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ** **Булевар Краља Александра 282, Београд**	01	
Наручилац пројекта:	China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing P.R.China, 100088 Web site: www.ccccltd.cn	01	00.00.2016 Текст измене
Организациона јединица: завод за Геотехнику		Број	Датум Опис
		Ревизиони блок:	
		Објекат:	**ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН** **КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763** **I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од км 5+575.00 до км 7+895.74**
		Део пројекта:	ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ ЗА ОБЈЕКАТ (ТРАСА НА КМ 7+000.00)

Овлашћено лице: Бр.лиценце ИКС: 391 L537 12: 491 4326 04 С. Јањић, дипл.инж.геол.	Главни пројектант: М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.	Цртеж: Геотехнички попречни пресек 14-14' на км 6+200.00	Размера: 1:200
Сарадници: Д. Богдановић, геол.техн.	Руководилац организационе јединице: В. Филиповић, дипл.инж.геол.	Прилог обрадио: Алекса Томичић Г643/23	Врста техн.док. ПГД датум: 26.07.'24 цртеж бр. 2

Geotehnički presek terena 16-16'

R 1:200



Legenda:

DJ-9
71.2m

Istražna jama

Petpostavljena geološka granica

Nivo podzemne vode

n — Nasip surčinskog puta projektovana trasa preseca na km 7+657. Trup puta je visine 0.7 - 1.3 m i izgrađen je od nasipa prašinaste gline, sloja kamene drobine koji čine kolovoznu konstrukciju (debljine 0.35 - 0.55 m) i sloja asfalta debljine 5 cm. Iz nasipa uzet je 1 uzorak za laboratorijska ispitivanja i dobijeni rezultati su dati u tabeli (2).Generalno svi nasipi su međuzrnske poroznosti i obzirom na svoj položaj u konstrukciji terena su bez uslova zaakumuliranje vode. Kao podloga za izradu posteljize projektovane saobraćajnice nasuti materijal je nepovoljnasredina i treba ga ukloniti. Po GN-200 pripada II kategoriji iskopa.

am g,m — Facija recentnih bara u kojima su deponovani barski sedimenti sa barskom vegetacijom u {irokoj zoni Save.Zastupqene su pra{ine, pra{inaste gline, znatne stišljivosti, debqine uglavnom 1-2m, tamnosive do crneboje. Takođe na podužnom geotehničkom preseku terena lokalno prisustvo muljevitih peskova debljine 2-5munutar facije povodnja je objedinjenopod ovu oznaku, obzirom na njihova slična fizičko-mehanička svojstva(velika stišljivost). Sredina niske do visoke plasti~nosti, lokalno vrlo sti{giva, me|uzrnske poroznosti,sa povremenom akumulacijom podzemne vode. U uslovima graļewa nepovoqna sredina. Prema GN-200 pripada Ii II kategoriji iskopa

ap g,pr,p — Facija povodnja u okviru koje se grubo izdvajaju tri zone: prva povr{inska, glinovito peskovito prašinastazona, tamno sme|e boje, debljine 0.4-0.9 m; druga dubqa glinovito prašinasto peskovita zona, sadržiistaložen FeO i mm uklopke CaCO3, žutosmeđe i žute boje, debljine 1-3 m, i tre}a najdubqa zona jepeskovito prašinasta, peskovita i lokalno muqevita, žute do re|e sive boje, debqine 1-3 m, mah lokalno 5-8m.Tekstura je so~ivasta do tanko slojevita, a ukupna debqina facije povodwa je oko 5m, mah do 9 m.Prva dva horizonta su niske do sredwe plastičnosti, polupropusne sredine, a treći horizont je neplastičan ipropustan; me|uzrnske poroznosti, sa povremenom akumulacijom vode u pli}em i stalnom u dubqem delu.Promenqive nosivosti, u uslovima građenjaa povoljnih do nepovoljnih otporno-deformabilnih svojstava.Prema GN-200 pripada II kategoriji iskopa

Пројектна организација:	**САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.** **Немањина 6; 11000 Београд; Србија** **Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324;** **web site: www.sicip.co.rs**	01	
Инвеститор:	**ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ** **Булевар Краља Александра 282, Београд**	01	
Наручилац пројекта:	China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing P.R.China, 100088 Web site: www.cccltd.cn	01	00.00.2016 Текст измене
Организациона јединица: завод за Геотехнику		Број	Датум Опис
		Ревизиони блок:	
		Објекат:	**ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН** **КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763** **I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од км 5+575.00 до км 7+895.74**
		Део пројекта:	ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ ЗА ОБЈЕКАТ (ТРАСА НА КМ 7+000.00)

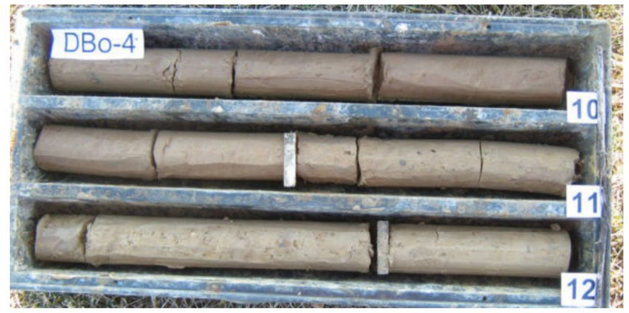
Овлашћено лице: Бр.лиценце ИКС: 391 L537 12: 491 4326 04 С. Јањић, дипл.инж.геол.		Главни пројектант: М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.	Цртеж: Геотехнички попречни пресек 16-16' на км 7+000.00	Размера: 1:200
Сарадници: Д. Богдановић, геол.техн.		Руководилац организационе јединице: В. Филиповић, дипл.инж.геол. Прегледао: Алекса Томичић Г643/23	Врста техн.док. ПГД	датум: 26.07.'24 цртеж бр. 1

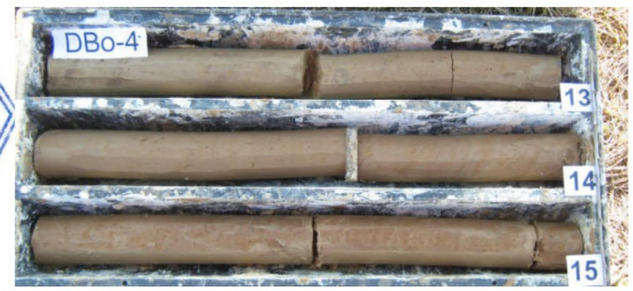
ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ **DBo - 4**

ОЗНАКА	DBo - 4	координата X	7 444 789	СТАЦ.	КМ 6+216
РЕДНИ БРОЈ	40	координата Y	4 960 467	БУШИО	СИЦИП
ДУБИНА (m')	29.3	ЗАПОЧЕТО	29.1.2020.	КАРТИРАО	С.Јањић дипл.инж.геол.
КОТА (mnm)	71.34	ЗАВРШЕНО	30.1.2020.	ЦРТАО	Д. Богдановић геол.техн.

КОТА mnm'	ДУБИНА m'	ДЕБЉИНА m'	АС КЛАСИФИКАЦИЈА	ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ	ГЕНЕТСКА КЛАСИФИКАЦИЈА	ЛИТОЛОШКИ ОПИС	⌀ БУШЕЊА mm'	ЈЕЗГРО %	ППВ / НПВ m'	SPT N	НЕП.УЗ. ☐ ПОР.УЗ. ■ m'
70.84	0.50	0.50	ML		ap^{pr}	**Глиновито песковита прашина**, хумифицирана, тамносмеђе боје					
		8.50	SM		ap^{p}	**Прашинаст песак**, без пластичности, са исталожењима FeO, наделу 0.5 - 5.0 m и 7.1 - 9.0 m жуте боје и на делу од 5.0 - 7.1 m сиве боје. Локално прослојци песковите прашине на 2.6 m, 3.1 m, 4.1 m и 5.0 - 5.4 m.	131 116	100	ППВ 1.4m 1.55m НПВ		1.0 2.0 7.5 7.8
62.34	9.00										
		8.70	Cl		$al\text{-}j^{pr}$	**Глиновито песковита прашина**, средње пластична, средње до тврдо пластичне конзистенције, средње стишљива, са исталожењима FeO (знатна исталожења на делу од 9.0 - 10.0 m и 13.0 - 17.0 m) и локално $CaCO_3$ прах и mm - cm уклопци (на делу 11.0 - 12.0 m и 15.0 - 17.7 m), жуте или окерцрвене боје.	101	100			12.0 12.3
53.64	17.70										17.7
		4.00	Cl ML		pr,pš al-j	**Песковита прашина мало глиновита**, ниско до средње пластична, тврдо пластичне консистенције, мало стишљива, локално са знатним присуством $CaCO_3$ mm - cm уклопака и прослојцима пешчара 2 - 5 cm дебљине (кернови на 18.5 m, 19.5 m, 20.5 m и 21.05 m) и локално са рђим исталожењима FeO, жуте боје.					18.0
49.64	21.70										
		1.30									22.2 22.5

ФОТОГРАФИЈЕ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ **DBo - 4**





ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања М. Јањић
дипл. инж. геол.
391 L537 12
ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања М. Јањић
дипл. инж. геол.
491 4326 04
ОДГОВОРНИ ИЗВОЂАЧ РАДОВА

ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ **DBo - 4**

КОТА mnm'	ДУБИНА m'	ДЕБЉИНА m'	АС КЛАСИФИКАЦИЈА	ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ	ГЕНЕТСКА КЛАСИФИКАЦИЈА	Л И Т О Л О Ш К И О П И С	ϕ БУШЕЊА mm'	ЈЕЗГРО %	ППВ / НПВ m'	SPT N	НЕП.УЗ. / ПОР.УЗ. m'
45.94	25.40	2.40	ML		pr,pš al-j	**Песковита прашина**, ниско пластична, локално има прослојке глиновито песковите прашине (на делу 23.4 - 23.7 m и 23.9 - 24.05 m), локално са исталожењем FeO и Mn, жуте и црвенкастожуте боје.	101	100		24.8m 20/17/19 шиљак	25.5 ■ 25.8
42.19	29.15	3.75	SM		al-j p	**Прашинаст песак**, без пластичности, добро збијен, лимонитисан, жуте и црвенкастожуте боје. Прослојак глиновито песковите прашине на делу 26.9 - 27.3 m.					
42.04	29.30	0.15	SP		al-j p,š	**Прашинасто шљунковити песак,** зрна шљунка величине 0.5 - 2 cm, присутна око 15%, жуте боје.				29.3m 16/22/26 шиљак	28.8 ■ 29.0

ФОТОГРАФИЈЕ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ **DBo - 4**

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања М. Јањић
дипл. инж. геол.
391 L537 12
ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања М. Јањић
дипл. инж. геол.
491 4326 04
ОДГОВОРНИ ИЗВОЂАЧ РАДОВА

Пројектна организација: **САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.**
INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP itd
Немањина 6; 11000 Београд; Србија
Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324;
web site: www.sicip.co.rs

Инвеститор: / Investor:
ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ / PE "ROADS OF SERBIA"
Булевар Краља Александра 282, Београд

Наручилац пројекта: / Employer:
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088
Web site: www.ccccltd.cn

Број	Датум	Опис
01		
01		
01	00.00.2016	Текст измене

Ревизиони блок:

Објекат:/Structure: **ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН,**
SECTION: NOVI BEOGRAD - SURČIN
КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763 / AS PART OF HIGHWAY E-763 (roadway)
I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од км 5+575.00 до км 7+895.74
I Phase subsection III from km 5+575.00 to km 7+895.74

Организациона јединица: завод за Геотехнику
Organization unit: department of Geotechnics

Део пројекта: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ (ДОКУМЕНТАЦИОНА КЊИГА ЗА ТРАСУ И ОБЈЕКТЕ)
Part of Design: GEOTECHNICAL REPORT (DOCUMENTATION BOOK FOR THE HIGHWAY ALIGNMENT AND BRIDGES)

Овлашћено лице:
Responsible designer:
Бр.лиценце ИКС: 391 L537 12; 491 4326 04
С. Јањић, дипл.инж.геол.

Сарадници: / Associates:
Д. Богдановић, геол.техн.

Унутрашња контрола: / Internal control:

Главни пројектант: / Chief designer:
М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
В. Филиповић, дипл.инж.геол.

Цртеж: ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ DBo - 4
Drawing: ENGINEERING GEOLOGICAL PROFILE OF TEST BOREHOLE DBo - 4

Размера: Scale: 1:100

Врста техн.док. / Type of tehn.doc.: ПГД / DCP
датум: / date: 2022
цртеж бр. / Drawing No: 772/1-ГЕО-Е2/3-Ц 2.40

ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ **B - 12**

ОЗНАКА	B - 12	координата X	7 444 136	СТАЦ.	KM 6+925
РЕДНИ БРОЈ	44	координата Y	4 960 190	БУШИО	Б. Павловић
ДУБИНА (m')	7.5	ЗАПОЧЕТО	13.09.2010.	КАРТИРАО	С.Јањић дипл.инж.геол.
КОТА (mnm)	71.70	ЗАВРШЕНО	13.09.2010.	ЦРТАО	А.Бабушков, арх. техн.

КОТА mnm'	ДУБИНА m'	ДЕБЉИНА m'	АС КЛАСИФИКАЦИЈА	ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ	ГЕНЕТСКА КЛАСИФИКАЦИЈА	ЛИТОЛОШКИ ОПИС	⌀ БУШЕЊА mm'	ЈЕЗГРО %	ППВ / НПВ m'	SPT N	НЕП.УЗ. □ ПОР.УЗ. ■ m'
70.40	1.30	1.30	OI		$am^{g,m}$	Глиновито песковита прашина, огранска, средње пластична, тврда, од 0.8 - 1.3 m, са рђим исталожењима FeO, тамносиве боје, са остацима жилица биљака до 0.1 m.	146	100	НПВ 2.8m ППВ 3.5m		
68.20	3.50	2.20	CI		$ap^{g,pr,p}$	Глиновито песковита прашина, средње пластична, са скрамама сиве глине и исталожењима FeO, локално са зонама песка прашинастог на делу од 2.8 - 3.2 m и 3.4 - 3.5. m жуте боје и од 3.2 - 3.4 m жутосиве боје.					
66.20	5.50	2.05	OL / SM / OL		$am^{g,m}$	Глиновито песковита прашина, муљевита, мека, стишљива, сиве боје, и на 4.0-4.5 m прашинаст песак.	101	80			
64.20	7.50	2.00	SP		ak^{p}	Песак ситнозрн, локално мало прашинаст, сиве боје. При бушењу се сабијао интервал од 5.5 - 7.0 m, добијено 80 % језгра. На 7.4 - 7.5 m присутан 3 cm уклопак пешчара, интервал сивозеленкасте боје.					

ФОТОГРАФИЈЕ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ **B - 12**

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања M. Јањић
дипл. инж. геол.
391 L537 12
ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања M. Јањић
дипл. инж. геол.
491 4326 04
ОДГОВОРНИ ИЗВОЂАЧ РАДОВА

Пројектна организација: **САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.**
INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP itd
Немањина 6; 11000 Београд; Србија
Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324;
web site: www.sicip.co.rs

Инвеститор: / Investor:
ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ / PE "ROADS OF SERBIA"
Булевар Краља Александра 282, Београд

Наручилац пројекта: / Employer:
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088
Web site: www.cccltd.cn

Број	Датум	Опис
01		
01		
01	00.00.2016	Текст измене

Ревизиони блок:

Објекат:/Structure: **ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН,**
SECTION: NOVI BEOGRAD - SURČIN
КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763 / AS PART OF HIGHWAY E-763 (roadway)
I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од км 5+575.00 до км 7+895.74
I Phase subsection III from km 5+575.00 to km 7+895.74

Организациона јединица: завод за Геотехнику
Organization unit: department of Geotechnics

Део пројекта: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ (ДОКУМЕНТАЦИОНА КЊИГА ЗА ТРАСУ И ОБЈЕКТЕ)
Part of Design: GEOTECHNICAL REPORT (DOCUMENTATION BOOK FOR THE HIGHWAY ALIGNMENT AND BRIDGES)

Овлашћено лице:
Responsible designer:
Бр.лиценце ИКС: 391 L537 12; 491 4326 04
С. Јањић, дипл.инж.геол.

Сарадници: / Associates:
Д. Богдановић, геол.техн.

Унутрашња контрола: / Internal control:

Главни пројектант: / Chief designer:
М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
В. Филиповић, дипл.инж.геол.

Цртеж: ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ B - 12
Drawing: ENGINEERING GEOLOGICAL PROFILE OF TEST BOREHOLE B - 12

Размера: Scale: 1:100

Врста техн.док. / Type of tehn.doc.: ПГД / DCP
датум: / date: 2022
цртеж бр. / Drawing No: 772/1-ГЕО-Е2/3-Ц 2.44

ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ **DB - 5**

ОЗНАКА	DB - 5	координата X	7 443 930	СТАЦ.	KM 7+225
РЕДНИ БРОЈ	45	координата Y	4 959 963	БУШИО	"Запис-про" Београд
ДУБИНА (m')	6.0	ЗАПОЧЕТО	09.10.2019.	КАРТИРАО	С.Јањић дипл.инж.геол.
КОТА (mnm)	71.15	ЗАВРШЕНО	09.10.2019.	ЦРТАО	Д. Богдановић геол.техн.

КОТА mnm'	ДУБИНА m'	ДЕБЉИНА m'	ЛИТОЛОШКА ОЗНАКА	ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ	ГЕНЕТСКА ПРИПАДНОСТ	ЛИТОЛОШКИ ОПИС	⌀ БУШЕЊА mm'	ЈЕЗГРО %	ППВ / НПВ m'	SPT N	НЕП.УЗ. □ ПОР.УЗ. ■ m'
70.25	0.90	0.90	OL		am	**Глиновито песковита прашина**, са органским материјама, остаци жилица до 0.6 m, тамносмеђесиве боје.	116		НПВ 1.95m		0.9 ■ 1.9
69.20	1.95	1.05	CL		ap	**Песковито глиновита прашина**, ниско пластична, средње стишљива, тврдо пластичне конзистенције, са исталожењима FeO, жуте и жутосиве боје.					
67.35	3.80	1.85	SM		ap	**Прашинасти песак**, са исталожењима FeO, жуте и жутосиве боје.			ППВ 2.7m		3.5 ■ 3.7
65.15	6.00	2.20	SM		ak	**Песак**, ситнозрн, локално мало прашинаст, сиве боје.					

ФОТОГРАФИЈЕ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ **DB - 5**

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања М. Јањић
дипл. инж. геол.
391 L537 12
ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања М. Јањић
дипл. инж. геол.
491 4326 04
ОДГОВОРНИ ИЗВОЂАЧ РАДОВА

Пројектна организација: **САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.**
INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP itd
Немањина 6; 11000 Београд; Србија
Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324;
web site: www.sicip.co.rs

Инвеститор: / Investor:
ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ / PE "ROADS OF SERBIA"
Булевар Краља Александра 282, Београд

Наручилац пројекта: / Employer:
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088
Web site: www.ccccltd.cn

Број	Датум	Опис
01		
01		
01	00.00.2016	Текст измене

Ревизиони блок:

Објекат:/Structure: **ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН,**
SECTION: NOVI BEOGRAD - SURČIN
КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763 / AS PART OF HIGHWAY E-763 (roadway)
I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од км 5+575.00 до км 7+895.74
I Phase subsection III from km 5+575.00 to km 7+895.74

Организациона јединица: завод за Геотехнику
Organization unit: department of Geotechnics

Део пројекта: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ (ДОКУМЕНТАЦИОНА КЊИГА ЗА ТРАСУ И ОБЈЕКТЕ)
Part of Design: GEOTECHNICAL REPORT (DOCUMENTATION BOOK FOR THE HIGHWAY ALIGNMENT AND BRIDGES)

Овлашћено лице:
Responsible designer:
Бр.лиценце ИКС: 391 L537 12; 491 4326 04
С. Јањић, дипл.инж.геол.

Сарадници: / Associates:
Д. Богдановић, геол.техн.

Унутрашња контрола: / Internal control:

Главни пројектант: / Chief designer:
М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
В. Филиповић, дипл.инж.геол.

Цртеж: ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ DB - 5
Drawing: ENGINEERING GEOLOGICAL PROFILE OF TEST BOREHOLE DB - 5

Размера: Scale: 1:100

Врста техн.док. / Type of tehn.doc.: ПГД / DCP
датум: / date: 2022
цртеж бр. / Drawing No: 772/1-ГЕО-Е2/3-Ц 2.45

ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ ЈАМЕ DJ - 9

ОЗНАКА	DJ - 9	координата X	7 444 087	СТАЦ.	KM 7+000
РЕДНИ БРОЈ	17	координата Y	4 960 119	БУШИО	Ручни ископ: СИ ЦИП
ДУБИНА (m')	1.0	ЗАПОЧЕТО	28.10.2019.	КАРТИРАО	С.Јањић дипл.инж.геол.
КОТА (mnm)	71.20	ЗАВРШЕНО	28.10.2019.	ЦРТАО	Д. Богдановић геол.техн.

КОТА mnm'	ДУБИНА m'	ДЕБЉИНА m'	ЛИТОЛОШКА ОЗНАКА	ГРАФИЧКИ ПРИКАЗ	ГЕНЕТСКА ПРИПАДНОСТ	ЛИТОЛОШКИ ОПИС	⌀ БУШЕЊА mm'	ЈЕЗГРО %	ППВ / НПВ m'	SPT N	НЕП.УЗ. □ ПОР.УЗ. ■ m'
0											
		0.40	OI		am	**Глиновито песковита прашина**, са ретким присуством шљунка величине 1 - 3 cm, са органским материјама, са остацима жила, сивоцрне боје.					
0.5											
70.40	0.80					**Глиновита прашина**, средње пластична, полутврде конзистенције, са исталожењем FeO и $CaCO_3$ праха, жутосмеђе боје.					0.8
70.20	1.00	0.10	CI		ap						
1											1.0

ФОТОГРАФИЈЕ ИСТРАЖНЕ ЈАМЕ DJ - 9

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања M. Јањић дипл. инж. геол. 391 L537 12
ОДГОВОРНИ ПРОЈЕКТАНТ

ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ
Сања M. Јањић дипл. инж. геол. 491 4326 04
ОДГОВОРНИ ИЗВОЂАЧ РАДОВА

Пројектна организација: **САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП, д.о.о.**
INSTITUTE OF TRANSPORTATION CIP itd
Немањина 6; 11000 Београд; Србија
Тел: 011/3618-134; Факс: 011/3618-324;
web site: www.sicip.co.rs

Инвеститор: / Investor:
ЈП ПУТЕВИ СРБИЈЕ / PE "ROADS OF SERBIA"
Булевар Краља Александра 282, Београд

Наручилац пројекта: / Employer:
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088
Web site: www.ccccltd.cn

CHINA COMMUNICATIONS CONSTRUCTION COMPANY LIMITED

...ца: завод за Геотехнику
...nt of Geotechnics

Број	Датум	Опис
01		
01		
01	00.00.2016	Текст измене

Ревизиони блок:

Објекат:/Structure: **ДЕОНИЦА: НОВИ БЕОГРАД - СУРЧИН,**
SECTION: NOVI BEOGRAD - SURČIN
КАО ДЕО АУТОПУТА Е-763 / AS PART OF HIGHWAY E-763 (roadway)
I ФАЗА ПОДДЕОНИЦА III од км 5+575.00 до км 7+895.74
I Phase subsection III from km 5+575.00 to km 7+895.74

Део пројекта: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ (ДОКУМЕНТАЦИОНА КЊИГА ЗА ТРАСУ И ОБЈЕКТЕ)
Part of Design: GEOTECHNICAL REPORT (DOCUMENTATION BOOK FOR THE HIGHWAY ALIGNMENT AND BRIDGES)

...91 4326 04 ...ол.
...ехн.

Унутрашња контрола: / Internal control:

Главни пројектант: / Chief designer:
М. Гашић Момчиловић, дипл.инж.грађ.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
В. Филиповић, дипл.инж.геол.

Цртеж: ИНЖЕЊЕРСКОГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ ЈАМЕ DJ - 9
Drawing: ENGINEERING GEOLOGICAL PROFILE OF EXCAVATIONS PITS DJ - 9

Размера: Scale: 1:50

Врста техн.док. ПГД / Type of tehn.doc.: DCP
датум:/date: 2022
цртеж бр./Drawing No: 772/1-ГЕО-Е2/3-Ц 3.17

TEBELARNI PREGLED REZULTATA LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA
Saobraćajnica Novi Beograd -Surčin

Geo Mehanika

LABORATORIJSKI BROJ / Laboratory ID number	OZNAKA UZORKA *SAMPLE MARK*	FIZIČKA SVOJSTVA/ Phisycal properties			Specifična težina	GRANICE KONZISTENCIJE / *Consistency limits*				GRANULOMETRIJSKI SASTAV / *Particle size distribution*				Sadržaj karbonata	Sagorljive materije	Organske materije	DIREKTNO SMICANJE / *Direct shear test*		KOEFICIJENT VODOPROPUSNOSTI/ *Water permeability coefficient*		MODULI EDOMETARSKE STIŠLJIVOSTI / *Oedometer compressibility modulus*	Proktorov opit - standardni		Laboratorijski	KLASIFIKACIJA TLA / *Soil Classification*	
	/	γ	γ_d	w	γs	w_l	w_p	I_p	I_c	Glina/Clay	Prašina/Silt	pesak/Sand	Šljunak/Gravel	CaCO3			c'	φ'	Hazen	USBR	OPTEREĆENJE / *Load* σ (kPa)	w_{opt}	γ_{dmax}	CBR		
	DUBINA / *DEPTH* (m)	kN/m^3		%	g/cm^3	%		-		%<0.002 mm	%0.06-0.002mm	%2.00-0.06mm	%>2.00 mm	(%)	(%)	(%)	kPa	°	cm/s		M_s (kPa)	%	kN/m^3	%	AASHTO	USC
N19/129-01	**DB - 1 / 0.70 - 1.90 m**			22.1		42.00	21.60	20.40	0.98	17.95	72.28	8.47	1.30						4.76E-07	2.09E-06		17.3	1.737	3.0	A-7-6(19)	CL
N19/129-02	**DB - 1 / 2.50 - 2.70 m**			23.9						4.57	24.26	71.17	0.00						2.67E-04	2.65E-04					A-4(0)	SM
N19/129-05	**DB - 1 / 8.50 - 8.70 m**			20.3							0.00	76.00	24.00						7.40E-03	2.52E-02					A-1b	SP
N19/129-03	**DBo - 1 / 0.60 - 1.40 m**			17.6		36.50	18.20	18.30	1.03	16.27	59.86	23.06	0.80						6.01E-07	2.07E-06		15.1	1.828	4.5	A-6(13)	CL
N19/129-04	**DBo - 1 / 6.00 - 6.20 m**			19.8						3.51	36.52	59.97	0.00						1.40E-04	1.59E-04					A-4(0)	SM
N19/129-06	**DBo - 1 / 9.50 - 9.70 m**	20.36	16.36	24.4	2.71	26.30				8.36	38.18	53.27	0.20				7	28	1.08E-05	9.88E-06	0 50 100 200 400 800 4808 6511 9820 11782 14423				A-4(0)	ML
N19/129-07	**DBo - 1 / 11.80 - 12.00 m**	20.53	16.82	22.0	2.71	34.50				12.54	41.48	45.78	0.20				9	27	1.79E-06	2.17E-06	0 50 100 200 400 800 5000 7071 9830 12973 15641				A-4(0)	ML
N19/129-08	**DBo - 1 / 14.80 - 15.00 m**			17.9						7.32	24.44	68.24	0.00						1.23E-04	2.95E-05					A-4(0)	SM
N19/129-09	**DBo - 1 / 16.50 - 16.80 m**	20.10	16.80	19.6	2.69	35.60				11.84	43.49	44.27	0.40				11	25	3.21E-06	2.39E-06	0 50 100 200 400 800 3846 5483 8891 11721 15208				A-4(0)	ML
N19/129-10	**DBo - 1 / 23.20 - 23.50 m**	20.36	17.05	19.4	2.70	35.40	18.80	16.60	0.96	10.20	60.80	29.00	0.00				10	24	1.92E-06	6.07E-06	0 50 100 200 400 800 4255 6816 9343 12523 14415				A-6(11)	CL
N19/129-11	**DBo - 1 / 27.00 - 27.20 m**			13.0						6.87	47.49	45.64	0.00						1.17E-05	1.39E-05					A-4(0)	ML
N19/129-12	**DB - 2 / 1.00 - 2.90 m**			20.2						8.86	47.83	43.31	0.00						9.10E-06	1.01E-05		18.5	1.834	5.2	A-4(0)	ML
N19/129-13	**DB - 2 / 1.50 - 1.70 m**	19.54	16.29	19.9	2.71					7.58	33.20	59.22	0.00				8	29	2.98E-05	1.39E-05	0 50 100 200 400 4762 8246 12294 15608				A-4(0)	SM
N19/129-26	**DBo - 2 / 7.50 - 7.70 m**			16.20						4.38	13.95	76.67	5.00						7.65E-04	3.35E-04					A-2-4(0)	SM
N19/129-27	**DBo - 2 / 13.40 - 13.60 m**	19.63	16.62	18.10	2.71	34.50	17.65	16.85	0.97	11.02	43.71	45.27	0.00				8	28	1.02E-05	3.38E-06	0 50 100 200 400 800 5882 8263 10950 13469 16730				A-6(7)	CL
N19/129-25	**DBo - 2 / 15.50 - 15.80 m**	19.48	16.35	19.10	2.71	33.40	18.50	14.90	0.96	11.52	35.07	53.41	0.00				7	29	3.83E-06	3.31E-06	0 50 100 200 400 800 4167 7600 10906 13893 16670				A-6(4)	CL
N19/129-28	**DBo - 2 / 17.70 - 18.00 m**	19.63	16.41	19.60	2.71					6.93	40.78	49.28	3.00				5	29	4.63E-05	1.58E-05	0 50 100 200 400 800 4348 6178 9338 12933 15592				A-4(0)	ML
N19/129-29	**DBo - 2 / 23.0 - 23.20 m**	19.78	16.45	20.20	2.68	37.10	19.40	17.70	0.95	15.58	58.99	25.43	0.00				12	21	6.45E-07	2.03E-06	0 50 100 200 400 800 4545 6593 8923 11764 13389				A-6(12)	CL
N19/129-30	**DBo - 2 / 25.40 - 25.60 m**			21.30						4.86	16.81	78.33	0.00						4.49E-04	2.54E-04					A-2-4(0)	SM
N19/129-31	**DBo - 2 / 29.60 - 29.80 m**			18.60						4.49	30.23	64.28	1.00						1.06E-04	6.55E-05					A-4(0)	SM
N19/129-14	**DB - 3 / 2.50 - 2.70 m**	19.95	16.25	24.6	2.68	43.60	20.40	23.20	0.82	20.44	60.38	17.28	1.90				17	20	3.48E-07	2.05E-06	0 50 100 200 400 4348 7061 10332 13407				A-7-6(19)	CL
N19/129-15	**DB - 3 / 3.50 - 3.70 m**			31.00						8.46	48.86	42.68	0.00						1.05E-05	1.08E-05					A-4(0)	ML
N19/129-38	**DBo - 3 / 3.60 - 3.80 m**			18.90						5.33	37.75	56.92	0.00						1.41E-04	7.21E-05					A-4(0)	ML
N19/129-41	**DBo - 3 / 7.00 - 7.20 m**			19.30							6.28	90.72	3.00						4.91E-03	9.46E-03					A-2-4(0)	SM
N19/129-42	**DBo - 3 / 11.00 - 11.20 m**			25.80							10.14	89.28	0.57						3.98E-03	3.45E-03					A-2-4(0)	SM
N19/129-39	**DBo - 3 / 16.00 - 16.20 m**			18.00						8.73	31.76	59.51	0.00						4.07E-05	1.14E-05					A-4(0)	SM

Obradio:

datum izdavanja:20.01.2011.

Datum:Decembar 2019.

TEBELARNI PREGLED REZULTATA LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA
Saobraćajnica Novi Beograd -Surčin

Geo Mehanika

LABORATORIJSKI BROJ / Laboratory ID number	OZNAKA UZORKA *SAMPLE MARK*	FIZIČKA SVOJSTVA/ Phisycal properties			Specifična težina	GRANICE KONZISTENCIJE / *Consistency limits*				GRANULOMETRIJSKI SASTAV / *Particle size distribution*				Sadržaj karbonata	Sagorljive materije	Organske materije	DIREKTNO SMICANJE / *Direct shear test*		KOEFICIJENT VODOPROPUSNOSTI/ *Water permeability coefficient*		MODULI EDOMETARSKE STIŠLJIVOSTI / *Oedometer compressibility modulus*	Proktorov opit - standardni		Laboratorijski	KLASIFIKACIJA TLA / *Soil Classification*	
/	/	γ	γ_d	w	γs	w_l	w_p	I_p	I_c	Glina/Clay	Prašina/Silt	pesak/Sand	Šljunak/Gravel	CaCO3			c'	φ'	Hazen	USBR	OPTEREĆENJE / *Load* σ (kPa)	w_{opt}	γ_{dmax}	CBR		
	DUBINA / *DEPTH* (m)	kN/m^3		%	g/cm^3	%		-		%<0.002 mm	%0.06-0.002mm	%2.00-0.06mm	%>2.00 mm	(%)	(%)	(%)	kPa	°	cm/s		M_s (kPa)	%	kN/m^3	%	AASHTO	USC
N19/129-36	**DBo - 3 / 17.00 - 17.30 m**	19.91	16.80	18.50	2.69	32.00	17.90	14.10	0.96	14.14	38.96	46.90	0.00				13	28	2.50E-06	2.05E-06	0 50 100 200 400 800 5263 7619 10358 14437 18305				A-6(5)	CL
N19/129-40	**DBo - 3 / 20.50 - 20.70 m**			22.10							12.45	85.20	2.35						1.77E-03	3.22E-03					A-2-4(0)	SM
N19/129-37	**DBo - 3 / 22.00 - 22.30 m**	20.30	16.69	21.60	2.68	44.80	22.10	22.70	1.02	23.09	59.20	17.72	0.00				21	19	1.26E-07	6.70E-07	0 50 100 200 400 800 4167 6587 9338 12933 15917				A-7-6(20)	CL
N19/129-34	**DBo - 3 / 27.40 - 27.60 m**			21.70							3.85	95.55	0.60						5.47E-03	1.50E-02					A-2-4(0)	SM
N19/129-16	**DB - 4 / 0.60 - 0.80 m**			24.1		44.30	21.60	22.70	0.89	20.84	64.67	14.48	0.00						2.95E-07	2.01E-06					A-7-6(21)	CL
N19/129-17	**DB - 4 / 1.40 - 2.50 m**			20.10		28.60	18.90	9.70	0.88	9.59	59.35	31.06	0.00						1.72E-06	7.10E-06		17.3	1.860	4.9	A-4(5)	CL
N19/129-18	**DB - 5 / 0.90 - 1.90 m**			18.9		33.50	19.20	14.30	1.02	19.00	72.59	8.41	0.00						4.22E-07	2.23E-06		16.7	1.770	3.3	A-6(13)	CL
N19/129-19	**DB - 5 / 3.50 - 3.70 m**			21.80						3.49	27.93	68.58	0.00						1.44E-04	9.74E-05					A-4(0)	SM
N19/129-20	**DB - 6 / 0.50 - 1.80 m**			21.4		36.20	19.80	16.40	0.90	16.30	50.37	33.33	0.00						9.58E-07	2.04E-06		17.0	1.768	5.0	A-6(10)	CL
N19/129-21	**DB - 6 / 2.20 - 2.40 m**	19.42	15.89	22.20	2.69	39.40	20.10	19.30	0.89	18.77	54.30	26.63	0.30				15	21	4.75E-07	2.09E-06	0 50 100 200 400 5000 7615 9835 11800				A-6(14)	CL
N19/129-22	**DB - 6 / 3.80 - 4.00 m**			21.00							29.58	70.42	0.00						3.03E-04	9.40E-04					A-4(0)	SM
N19/129-23	**DB - 7 / 1.60 - 3.00 m**			21.9		36.20	19.10	17.10	0.84	15.41	58.83	24.96	0.80						9.65E-07	2.13E-06		18.4	1.745	3.6	A-6(12)	CL
N19/129-24	**DB - 7 / 3.00 - 3.20 m**	19.94	15.80	26.20	2.67	45.50	22.30	23.20	0.83	23.09	68.35	8.56	0.00				19	17	1.71E-07	2.07E-06	0 50 100 200 400 3571 5800 8500 11040				A-7-6(23)	CL
N19/129-35	**DBo - 31 / 29.40 - 29.60 m**			16.00						2.72	17.43	79.54	0.30						5.89E-04	1.15E-03					A-2-4(0)	SM
N19/129-32	**DBo - 33 / 21.50 - 21.80 m**	20.61	17.08	20.60	2.68	39.60	21.20	18.40	1.03	17.39	43.99	38.62	0.00				15	24	6.07E-07	2.04E-06	0 50 100 200 400 800 4444 7324 10911 13421 16315				A-6(10)	CL
N19/129-33	**DBo - 33 / 27.20 - 27.40 m**			26.00							11.11	88.14	0.75						2.89E-03	3.37E-03					A-2-4(0)	SM
N19/129-43	**DJ - 3 / 0.60 - 0.80 m**			19.10		34.40	18.60	15.80	0.97	12.47	65.27	22.26	0.00	26.84	5.81	4.25			1.43E-06	2.71E-06		17.7	1.773	3.6	A-6(11)	CL
N19/129-44	**DJ - 4 / 0.70 - 0.90 m**			18.40		33.30	17.90	15.40	0.97	12.35	57.90	29.75	0.00	30.19	6.05	4.22			9.37E-07	4.16E-06		17.2	1.775	4.1	A-6(9)	CL
N19/129-45	**DJ - 5 / 0.80 - 1.00 m**			23.80		43.40	22.10	21.30	0.92	18.98	71.83	9.19	0.00	23.02	9.56	7.36			4.23E-07	2.09E-06		19.3	1.678	3.0	A-7-6(21)	CL
N19/129-46	**DJ - 6 / 1.00 - 1.30 m**			24.50		44.70	23.90	20.80	0.97	28.55	66.25	5.20	0.00	35.49	8.95	6.84			8.70E-08	6.10E-07		19.7	1.659	2.3	A-7-6(22)	CL
N19/129-47	**DJ - 7 / 0.50 - 0.90 m**			26.70		69.50	27.20	42.30	1.01	34.56	60.43	5.01	0.00	14.31	13.86	11.87			6.42E-08	5.35E-07		26.2	1.422	1.9	A-7-6(47)	CH
N19/129-48	**DJ - 7 / 0.90 - 1.15 m**			23.80		43.20	23.50	19.70	0.98	26.86	69.61	3.53	0.00	42.77	9.14	5.23			1.27E-07	2.03E-06		19.6	1.669	2.8	A-7-6(21)	CL
N19/129-49	**DJ - 9 / 0.80 - 1.00 m**			21.20		39.00	22.10	16.90	1.05	27.96	66.13	5.90	0.00	41.97	7.44	4.32			9.99E-08	1.50E-06		18.1	1.695	3.3	A-6(17)	CL
N19/129-50	**DJ - 10 / 0.70 - 0.90 m**			21.70		38.90	20.90	18.00	0.96	17.86	61.15	20.99	0.00	35.70	5.53	3.56			4.96E-07	2.11E-06		18.3	1.731	3.8	A-6(14)	CL

Obradio:

datum izdavanja:20.01.2011.

Datum:Decembar 2019.

TABELARNI PREGLED LABORATORIJSKIH GEOMEHANIČKIH ISPITIVANJA

Saobraćajnica Novi Beograd - Surčin

Geo Mehanika

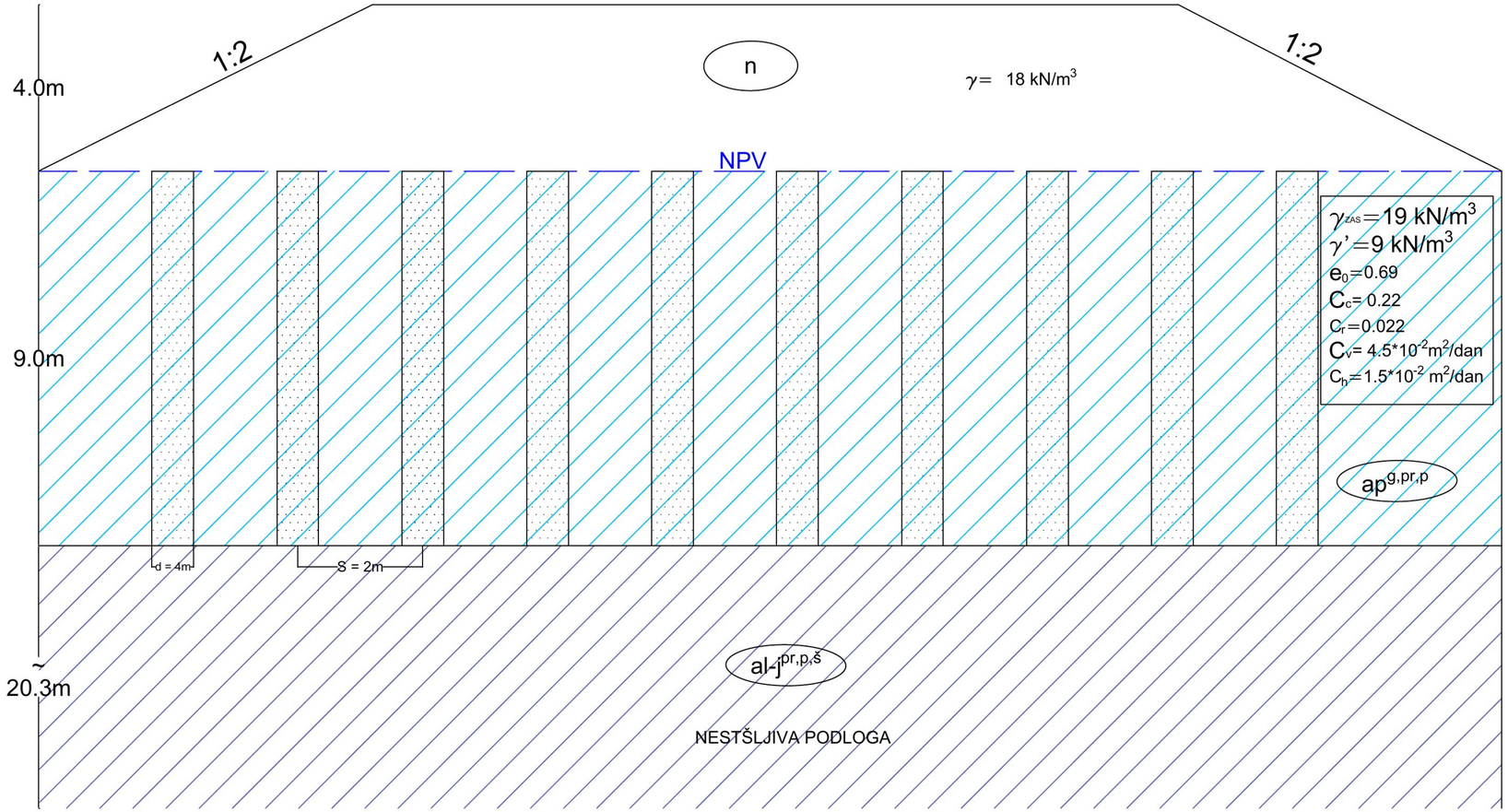
LABORATORIJSKI BROJ / Laboratory ID number	OZNAKA UZORKA *SAMPLE MARK*	FIZIČKA SVOJSTVA/ Phisycal properties				GRANICE KONZISTENCIJE / *Consistency limits*				GRANULOMETRIJSKI SASTAV / *Particle size distribution*				DIREKTNO SMICANJE / *Direct shear test*		KOEFICIJENT VODOPROPUSNOSTI/ *Water permeability coefficient*		MODULI EDOMETARSKE STIŠLJIVOSTI / *Oedometer compressibility modulus*	Proktorov opit - standardni		Laboratorijski	KLASIFIKACIJA TLA / *Soil Classification*	
	/	γ	γ_d	w	G_s	w_l	w_p	I_p	I_c	Clay	Silt	Sand	Gravel	c'	φ'	Hazen	USBR	OPTEREĆENJE / *Load* σ (kPa)	w_{opt}	γ_{dmax}	CBR		
	DUBINA / *DEPTH* (m)	kN/m^3		%	-	%		-		%<0.002 mm	%0.06-0.002mm	%2.00-0.06mm	%>2.00 mm	kPa	°	cm/s		M_s (kPa)	%	kN/m^3	%	AASHTO	USC
N20/16-01	**DBo - 4 / 1.00 - 2.00 m**			18.70						4.50	35.94	59.55	0.00			3.20E-05	3.89E-05		16.30	1.839	7.1	A-4(0)	SM
N20/16-02	**DBo - 4 / 7.50 - 7.80 m**			21.10						5.16	34.65	60.19	0.00			4.17E-05	4.20E-05					A-4(0)	SM
N20/16-03	**DBo - 4 / 12.00 - 12.30 m**	19.15	14.70	30.30	2.67	39.50	21.40	18.10	0.51	8.92	81.04	10.05	0.00	8	19	2.33E-06	8.07E-06	0 50 100 200 400 3333 5794 7512 10416				A-6(17)	CL
N20/16-04	**DBo - 4 / 17.70 - 18.00 m**	19.94	16.32	22.20	2.67	36.80	18.40	18.40	0.79	8.68	44.18	46.65	0.50	7	34	4.52E-06	9.00E-06	0 50 100 200 400 800 3030 6147 8129 13290 17656				A-6(7)	CL
N20/16-18	**DBo - 4 / 22.20 - 22.40 m**	19.89	15.66	27.00	2.67					3.15	66.72	30.13	0.00	4	27	2.21E-05	5.79E-05	0 50 100 200 400 3704 6577 9790 14356				A-4(0)	ML
N20/16-05	**DBo - 4 / 25.50 - 25.80 m**			24.60						0.90	30.05	69.05	0.00			1.60E-04	2.19E-04					A-4(0)	SM
N20/16-06	**DBo - 4 / 28.80 - 29.00 m**			21.20						5.39	26.68	67.93	0.00			1.30E-04	9.36E-05					A-4(0)	SM
N20/16-07	**DBo - 5 / 6.50 - 6.80 m**			23.90						0.13	14.96	84.62	0.29			1.27E-03	1.90E-03					A-2-4(0)	SM
N20/16-08	**DBo - 5 / 10.50 - 10.80 m**	20.14	16.52	21.90	2.68	39.60	19.60	20.00	0.89	14.76	70.85	14.39	0.00	14	19	9.74E-07	2.39E-06	0 50 100 200 400 5882 7082 10939 14452				A-6(17)	CL
N20/16-09	**DBo - 5 / 15.00 - 15.30 m**	20.30	16.61	22.20	2.67	39.80	20.40	19.40	0.91	13.07	58.76	28.17	0.00	10	31	1.06E-06	2.38E-06	0 50 100 200 400 800 5556 7623 10939 13455 17879				A-6(13)	CL
N20/16-10	**DBo - 5 / 18.30 - 18.60 m**	19.71	15.57	26.60	2.67	42.60	21.20	21.40	0.75	17.22	60.38	22.40	0.00	16	22	6.35E-07	2.23E-06	0 50 100 200 400 800 4167 6587 9338 13379 17777				A-7-6(17)	CL
N20/16-11	**DBo - 5 / 23.50 - 23.80 m**	19.88	16.51	20.40	2.66					4.89	55.84	39.27	0.00	8	32	1.36E-05	2.08E-05	0 50 100 200 400 800 3846 6580 10311 14370 18219				A-4(0)	ML
N20/16-12	**DBo - 5 / 28.10 - 28.30 m**			16.80						5.29	23.21	71.49	0.00			1.60E-04	7.02E-05					A-2-4(0)	SM
N20/16-13	**DBo - 6 / 3.10 - 3.40 m**			21.80						0.89	28.17	70.94	0.00			1.99E-04	2.47E-04					A-4(0)	SM
N20/16-14	**DBo - 6 / 10.20 - 10.50 m**	20.34	16.62	22.40	2.68	33.90	17.60	16.30	0.71	13.17	44.08	42.74	0.00	11	29	5.08E-06	2.25E-06	0 50 100 200 400 3571 5800 9310 13338				A-6(7)	CL
N20/16-15	**DBo - 6 / 18.00 - 18.30 m**	20.46	16.84	21.50	2.69	41.30	20.60	20.70	0.96	18.06	51.41	30.53	0.00	17	21	5.48E-07	2.23E-06	0 50 100 200 400 800 4000 5486 8509 11721 16179				A-7-6(14)	CL
N20/16-16	**DBo - 6 / 22.60 - 22.90 m**	20.20	16.53	22.20	2.68	37.10	16.50	20.60	0.72	15.22	47.35	36.93	0.50	13	24	8.72E-07	2.25E-06	0 50 100 200 400 800 4348 5815 6759 8217 12155				A-6(11)	CL
N20/16-17	**DBo - 6 / 28.60 - 28.90 m**			19.10						5.16	27.41	67.43	0.00			9.60E-05	4.78E-05					A-4(0)	SM

Obradio:

prilog br.

Geotehnički model terena

R 1:100



Geotehnički model terena		
OBRADIO:	RAZMERA:	BR. PRILOGA:
Aleksa Tomičić	1:100	8

Образац 1

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Aleksa Tomičić

Број индекса G643/23

И з ј а в љ у ј е м

да је завршни рад под насловом

Primena ubrzane konsolidacije kod izgradnje nasipa na deonici priključka Novi Beograd – Surčin autoputa Miloš Veliki

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, _____

Потпис студента

_____

Образац 2

И З Ј А В А

О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ЗАВРШНОГ РАДА

Име (име родитеља) и презиме студента Aleksa (Milan) Tomičić
Број индекса G643/23
Студијски програм Geotehnika
Наслов рада

Primena ubrzane konsolidacije kod izgradnje nasipa na deonici priključka Novi Beograd – Surčin autoputa Miloš Veliki

Ментор Prof. dr Gordana Hadzi-Niković

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, _____

Потпис студента

_____

Образац 3

ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

Primena ubrzane konsolidacije kod izgradnje nasipa na deonici priključka Novi Beograd – Surčin autoputa Miloš Veliki

_____

_____

_____

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је *(заокружити једну од две опције):*

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)

У Београду, _____

Потпис ментора **Потпис студента**

_____ _____

1. **Ауторство**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима**. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.

7.