

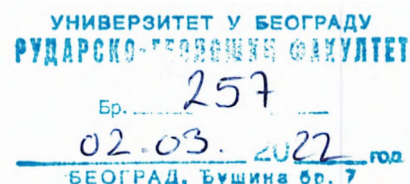


E1.2/1 NASLOVNA STRANA

E1.2 GEOTEHNIČKI ELABORAT O IZVOĐENJU GEOMEHANIČKIH I GEOTEHNIČKIH ISTRAŽNIH RADOVA ZA POTREBE IZGRADNJE MOSTA NA STAROM GRADU

Investitor: Grad Užice, Gradska uprava za infrastrukturu i razvoj
Dimitrija Tucovića 52, Užice

Objekat: Pešački most na Starom gradu



Vrsta tehničke dokumentacije: IDP i PGD

Naziv i oznaka elaborata: **E1.2 GEOTEHNIČKI ELABORAT O IZVOĐENJU
GEOMEHANIČKIH I GEOTEHNIČKIH ISTRAŽNIH RADOVA
ZA POTREBE IZGRADNJE MOSTA NA STAROM GRADU**

Za građenje / izvođenje radova: Nova gradnja

Projektant: Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Ђушина 7,
11000 Beograd, Srbija

Odgovorno lice projektanta: Dekan: Prof. dr. Biljana Abolmasov, dipl. inž. geol.

Pečat:



Potpis:

Odgovorni projektant:

Doc. dr. Zoran Berisavljević, dipl. inž. geol.
Broj licence: 391 L679 12

Lični pečat:



Potpis:

Broj tehničke dokumentacije: GT1

Mesto i datum: Beograd, januar, 2022.



E1.2/2 SADRŽAJ GEOTEHNIČKOG ELABORATA

E1.2/1	Naslovna strana
E1.2/2	Sadržaj elaborata
E1.2/3	Rešenje i obrazloženje iz registra privrednih subjekata
E1.2/4	Rešenje o određivanju odgovornog projektanta
E1.2/5	Izjava odgovornog projektanta
E1.2/6	Tekstualna dokumentacija
E1.2/7	Grafička dokumentacija / dokumentacioni materijal
E1.2/7.1	<i>Situacija sa položajem istražnih radova</i>
E1.2/7.2	<i>Geotehnički presek terena po osi mosta</i>
E1.2/7.3.1-4	<i>Zapisnici istražnog bušenja</i>
E1.2/7.4	<i>Rezultati laboratorijskih ispitivanja</i>
E1.2/7.5	<i>Izveštaj o ispitivanju cementne smeše za injektiranje</i>
E1.2/7.6	<i>Detalj oslonaca glave sidara</i>
E1.2/7.7	<i>Program ispitivanja i zapisnik o testu nosivosti geotehničkih prednapregnutih ankera</i>



E1.2/3 Rešenje i obrazloženje iz registra privrednih subjekata

3 Фи 240/2021

Посл. бр.

Привредни суд у Београду судија Драгана Ивановић

као судија појединац у судскорегистарској правној ствари предлагача „УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ -

РУДАРСКО ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ", Београд, ул. Ђушина бр. 7.

ради уписа промене лица овлашћеног за заступање.

04.10.2021. год.

дана , донео је

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев предлагача за упис у судски регистар и одређује се упис у судски регистар, у регистарски уложак

бр. 5-344-00, података садржаних у прилозима уз пријаву бр. 4

који су саставни део овог решења.

Судија

Драгана Ивановић с.р.


за тачност отправке оверава

Привредном апелационом

Поука о правном леку: Против овог решења може се изјавити жалба, преко овог суда,

Београду суду у у року од 8 дана од дана достављања преписа решења.

4. Препис решења

Фирма и седиште subjekta upisa	RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU, BEOGRAD, ul. Dušina br. 7			Прилог уз решење број	1
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5-344-00 TRGOVINSKI SUD U BEOGRADU			
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда		
13.04.2007.god.	I Fi 124/07	7	T.S.Beograd		
1.	Фирма и седиште субјекта уписа и његов матични број				
"UNIVERZITET U BEOGRADU - RUDARSKO GEOLOŠKI FAKULTET" BEOGRAD, ul. Dušina br. 7 Назив Fakulteta na engleskom jeziku je: "UNIVERSITY OF BELGRADE, FACULTY OF MINING AND GEOLOGY" Matični broj: 07045735 PIB: 100206244 Žiro-račun: 840-1812660-65					
2.	Овлашћење субјекта уписа у правном промету				
Sva ovlašćenja u granicama upisane delatnosti. Fakultet je pravno lice i ima pravo da u pravnom prometu zaključuje ugovore i preduzima druge pravne poslove i pravne radnje u okviru svoje pravne i poslovne sposobnosti.					
3.	Врста и обим одговорности за обавезе субјекта уписа у правном промету и врста и обим одговорности за обавезе других субјеката				
U pravnom prometu sa trećim licima Fakultet za svoje obaveze odgovara celokupnom imovinom kojom raspolaže (potpuna odgovornost)					
4.	Одговорност оснивача за обавезе субјекта уписа				
<div style="text-align: right;">  <p>Судија, Tatjana Vlaisavljević, s.r. за tačnost:otpravka:overava:.....</p> </div>					
Следи наставак број:				4. Прилог уз препис решења	

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 1



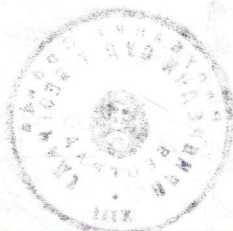
Број регистарског улошка регистарског
суда и његово седиште

5-344-00

PRIVREDNI SUD U BEOGRADU

Редни број	Фирма, односно назив и седиште, ознака регистра и број регистарског уписа, матични број и број рачуна оснивача односно име и адреса, лични број и број личне карте оснивача и члана	Број и датум акта о оснивању	Датум приступања
1	2	3	4
1	VLADA REPUBLIKE SRBIJE		
2			
3			
4			
5			

Уписани и уплаћени основни капитал; повећање, односно смањење основног капитала.



4. Прилог уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 2

Редни број	Укупан износ улога оснивача и члана	Врста и обим одговорности за обавезе subjекта уписа	Датум иступања
5	6	7	8
1			
2			
3			
4			
5			

Уписани и уплаћени основни капитал; повећање, односно смањење основног капитала.



Судија

JELJANA MILJAGIC

4. Прилог уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 2

			Прилог уз решење број	3
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5-344-00 ПРИВРЕДНИ СУД У БЕОГРАДУ		
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда	
27.09.2018.	1 Фи 600/2018	9	Привредни суд у Београду	
1.	Делатности, односно послови и послови спољнотрговинског промета субјекта уписа			
85.42 - Високо образовање 85.59 - Остало образовање 85.60 - Помоћне образовне делатности 43.13 - Испитивање терена бушењем и сондирањем 43.99 - Остали непоменути специфични грађевински радови 36.00 - Скупљање, пречишћавање и дистрибуција воде 39.00 - Санација, рекултивација и друге услуге у области управљања отпадом 71.12 - Инжењерске делатности и техничко саветовање 71.20 - Техничко испитивање и анализе 72.19 - Истраживање и развој у осталим природним и техничко-технолошким наукама 74.90 - Остале стручне, научне и техничке делатности 70.22 - Консултантске активности у вези са пословањем и осталим управљањем 08.99 - Експлоатација осталих неметаличних руда и минерала 37.00 - Уклањање отпадних вода 82.11 - Комбиноване канцеларијско-административне услуге 82.19 - Фотокопирање, припремање докумената и друга специјализована канцеларијска подршка 82.30 - Организовање састанака и сајмова 09.10 - Услуге делатности у вези са нафтом и гасом 09.90 - Услуге делатности у вези са осталим рудама 58.11 - Издавање књига 58.14 - Издавање часописа и периодичних издања 58.19 - Остала издавачка делатност 58.29 - Издавање осталих софтвера 47.61 - Трговина на мало књигама у специјализованим продавницама 62.01 - Рачунарско програмирање 62.02 - Консултантске делатности у области информационе технологије 62.03 - Управљање рачунарском опремом 62.09 - Остале услуге информационе технологије 63.11 - Обрада података, хостинг и сл. 63.12 - Веб портали 69.10 - Правни послови				
Следи наставак број:		СудијаИванка Козић Кнежевић, с.р..... за тачност отправку оверава		
		4. Прилог уз препис решења		

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 3

Наставак
прилога уз
пријаву
број

3

Број регистарског улошка регистарског
суда и његово седиште

5-344-00 ПРИВРЕДНИ СУД У БЕОГРАДУ

Наставак: 1

69.20 - Рачуноводствени, књиговодствени и ревизорски послови
70.10 - Управљање економским субјектом
71.11 - Архитектонска делатност
77.39 - Изнајмљивање и лизинг осталих машина, опреме и материјалних добара
91.01 - Делатност библиотека и архива
91.02 - Делатност музеја, галерија и збирки
94.12 - Делатност струковних удружења
94.20 - Делатност синдиката
94.99 - Делатност осталих организација на бази учлањења
56.10 - Делатности ресторана и покретних угоститељских објеката
56.30 - Услуге припремања и послуживања пића

Делатност се проширује са:

68.20 - Изнајмљивање властитих или изнајмљених некретнина и управљање њима


Судија
Иванка Козић Кнежевић, с.р.
за тачност отправка оверава



Следи наставак број: /

4.Наставак прилога уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија-прилог уз изворник решења и регистарски лист.
ОБРАЗАЦ : Наставак прилога уз решење

			Прилог уз решење број	4
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5-344-00		
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда	
04.10.2021.	3 Фи 240/2021	25	Привредни суд у Београду	
1.	Имена лица овлашћених за заступање субјекта уписа и границе њихових овлашћења			
<p>Уписује се:</p> <p>др Биљана Аболмасов, редовни професор, декан Факултета, има сва овлашћења лични број: 1011963715175</p> <p>Брише се:</p> <p>др Зоран Глигорић, редовни професор, декан Факултета, има сва овлашћења лични број: 2112965710043</p>				
2.	Имена лица овлашћених за заступање субјекта уписа у обављању послова спољнотрговинског промета и границе њихових овлашћења			
<p>Уписује се:</p> <p>др Биљана Аболмасов, редовни професор, декан Факултета, има сва овлашћења лични број: 1011963715175</p> <p>Брише се:</p> <p>др Зоран Глигорић, редовни професор, декан Факултета, има сва овлашћења лични број: 2112965710043</p>				
Следи наставак број:		<p>Судија, Драгана Ивановић, с.р. за тачност и отправку оверава</p> 		
		4. Прилог уз препис решења		

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 4

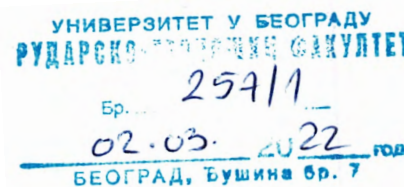


E1.2/4 Rešenje o određivanju odgovornog projektanta



Na osnovu Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima („Sl. glasnik RS“ br. 101/2015, 95/2018 - dr. zakon i 40/2021) i Zakona o planiranju i izgradnji objekata („Sl. glasnik RS“, br. 72/2009, 81/2009 ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr. zakon i 9/2020 i 52/2021) donosim sledeće:

РЕШЕЊЕ



za odgovornog projektanta na izradi:

GEOTEHNIČKOG ELABORATA

O IZVOĐENJU GEOMEHANIČKIH I GEOTEHNIČKIH ISTRAŽNIH RADOVA ZA POTREBE
IZGRADNJE MOSTA NA STAROM GRADU

određuje se

Doc. dr Zoran Berisavljević, dipl. inž. geol.

licenca br. 391 L679 12

Imenovani u pogledu stručne spreme i prakse ispunjava propisane uslove za odgovornog projektanta saglasno Zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima („Sl. glasnik RS“ br. 101/2015, 95/2018 - dr. zakon i 40/2021) i Zakona o planiranju i izgradnji objekata („Sl. glasnik RS“, br. 72/2009, 81/2009 ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr. zakon i 9/2020 i 52/2021).

Odgovorno lice projektanta:

Dekan: Prof. dr Biljana Abolmasov

Pečat:

Potpis: *Abolmasov*



Beograd, januar, 2022.



E1.2/5 Izjava odgovornog projektanta



IZJAVA

Na osnovu rešenja kojim sam određen za odgovornog projektanta na izradi:

GEOTEHNIČKOG ELABORATA

O IZVOĐENJU GEOMEHANIČKIH I GEOTEHNIČKIH ISTRAŽNIH RADOVA ZA POTREBE IZGRADNJE MOSTA NA STAROM GRADU

izjavljujem da sam se pri vršenju tehničke kontrole predmetne dokumentacije u svemu pridržavao Zakona o rudarstvu i geološkim istraživanjima („Sl. glasnik RS“ br. 101/2015 i 95/2018- dr. zakon i 40/2021) i Zakona o planiranju i izgradnji objekata („Sl. glasnik RS“, br. 72/2009, 81/2009 ispr., 64/2010 - odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014, 145/2014, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - dr. zakon i 9/2020 i 52/2021), kao i svih važećih propisa, standarda, tehničkih normativa i pravila struke koji se primenjuju za ovu vrstu radova.

Odgovorni projektant:

Doc. dr Zoran Berisavljević, dipl. inž. geol.

Pečat:



Potpis:

Beograd, januar, 2022.



E1.2/6 Tekstualna dokumentacija



SADRŽAJ ELABORATA

1. UVOD
2. VRSTA I OBIM IZVEDENIH ISTRAŽIVANJA I LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA
 - 2.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA
 - 2.2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA
3. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA
 - 3.1. STRUKTURNO-GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA U ZONI MOSTA
 - 3.2. PRIMENA FOTOGRAMETRIJSKOG POSTUPKA ZA ANALIZU STRUKTURNOG SKLOPA STENSKE MASE
 - 3.3. INTERPRETACIJA TESTA VODOPROPUSNOSTI POD PRITISKOM (LUGEON-OVA ILI VDP METODA)
 - 3.4. KATEGORIZACIJA STENSKE MASE I ODABIR MERODAVNIH GEOTEHNIČKIH PARAMETARA ZA PROJEKTOVANJE
4. GEOTEHNIČKI PRORAČUN
 - 4.1. PRORAČUN GEOTEHNIČKE NOSIVOSTI PREDNAPREGNUTIH SIDARA I KARAKTERISTIKE MIKROŠIPOVA
 - 4.2. NAPONSKO-DEFORMACIJSKA ANALIZA METODOM KONAČNIH ELEMENATA
 - 4.3. ANALIZA STABILNOSTI METODOM GRANIČNE RAVNOTEŽE
5. ZAKLJUČAK I PREPORUKE
6. SPISAK LITERATURE

PRILOZI:

- SITUACIJA SA POLOŽAJEM ISTRAŽNIH RADOVA
- POPREČNI PRESEK TERENA PO OSI MOSTA
- ZAPISNICI ISTRAŽNOG BUŠENJA
- REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA
- IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU CEMENTNE SMEŠE ZA INJEKTIRANJE
- DETALJ OSLOKACA GLAVE SIDARA
- PROGRAM ISPITIVANJA I ZAPISNIK O TESTU NOSIVOSTI GEOTEHNIČKIH PREDNAPREGNUTIH SIDARA



1. UVOD

Na osnovu ugovora o „*Izvođenju geomehaničkih i geotehničkih istražnih radova za potrebe izgradnje mosta na Starom gradu*“ potpisanog između grada Užice, Gradske uprave za infrastrukturu i razvoj i grupe ponuđača, koju čine: Nosilac posla (DB inženjering d.o.o.) i članovi grupe (Rudarsko-geološki fakultet, Univerziteta u Beogradu i Zajača ing. d.o.o.), potpisanog dana 28.10.2021. godine, krenulo se u izvođenje radova.

Istražni radovi počeli su transportom bušaće garniture (iz delova) na veoma nepristupačnu lokaciju, te pripremu radilišta i skele za izvođenje dve subhorizontalne bušotine u zoni obalnog stuba na strani Starog grada. Za to vreme je na suprotnoj strani (desna dolinska strana reke Đetinje) mehanizacijom (uz upotrebu hidrauličkog čekića) napravljen pristupni put kako bi se mogle izvesti još dve bušotine u zoni drugog obalnog stuba. Istraživanja su vršena u veoma teškim vremenskim uslovima (niske temperature i česte padavine). Kartiranje jezgra vršeno je paralelno sa bušenjem, a uzorci za laboratorijska ispitivanja uzimani su pri svakom dolasku na gradilište. Paralelno sa kartiranjem jezgra vršeno je i inženjerskogeološko kartiranje terena, na osnovu koga su prikupljeni podaci o karakteristikama pukotina i stenske mase. Kartiranje je izvršeno na 6 tačaka u široj okolini stubnog mesta na Starom gradu. Pored toga, kosina je snimljena dronom, što je omogućilo da se formira 3D model terena i da se izvrši analiza strukturnog sklopa stenske mase šireg područja.

Tokom izvođenja bušotina u zoni starog grada rađeni su i testovi vodopropusnosti (VDP) kako bi se utvrdila ispuicalost stenske mase i procenili utrošci injekcione mase.

Bušotine su, neposredno nakon što su sidra dostavljena na gradilište, proširene na prečnik Ø146mm, koji je omogućio da se sidra nesmetano ubace u bušotinu. Zidovi bušotina su sve vreme bili stabilni.

Nakon ubacivanja sidara u bušotinu pristupilo se izradi injekcione mase, za koju je recepturu sastavio Institut za ispitivanje materijala (IMS) iz Beograda. Mešanje i pripremu injekcione mase izvela je Zajača ing d.o.o. Injekciona masa je unošena u bušotinu sistemom creva predviđenih za tu namenu pod pritiskom od 5-10 bara. Nakon završeoeg injektiranja pristupilo se izradi oslonca za prenos opterećenja sa glave ankera na stensku masu, prema detaljima koji su prikazani u okviru ovog elaborata. S tim u vezi, napominjemo da je razmatrano nekoliko rešenja (sa čeličnim gredama i betonskim blokom), od kojih se izvođač radova (Zajača ing) odlučio za rešenje sa cementnim ekspanirajućim samorazlivajućim malterom (SikaGrout, velike čvrstoće).

Usled nepovoljnih vremenskih uslova testovi probnog opterećenja sidara izvedeni su tek krajem februara 2022. godine (pri čemu je protekao vremenski period od 28 dana potrebnih za očvršćavanje injekcione mase u delu sidrišne deonice) od strane Instituta za ispitivanje materijala (IMS) iz Beograda. Rezultati su prikazani u odgovarajućim prilogima.

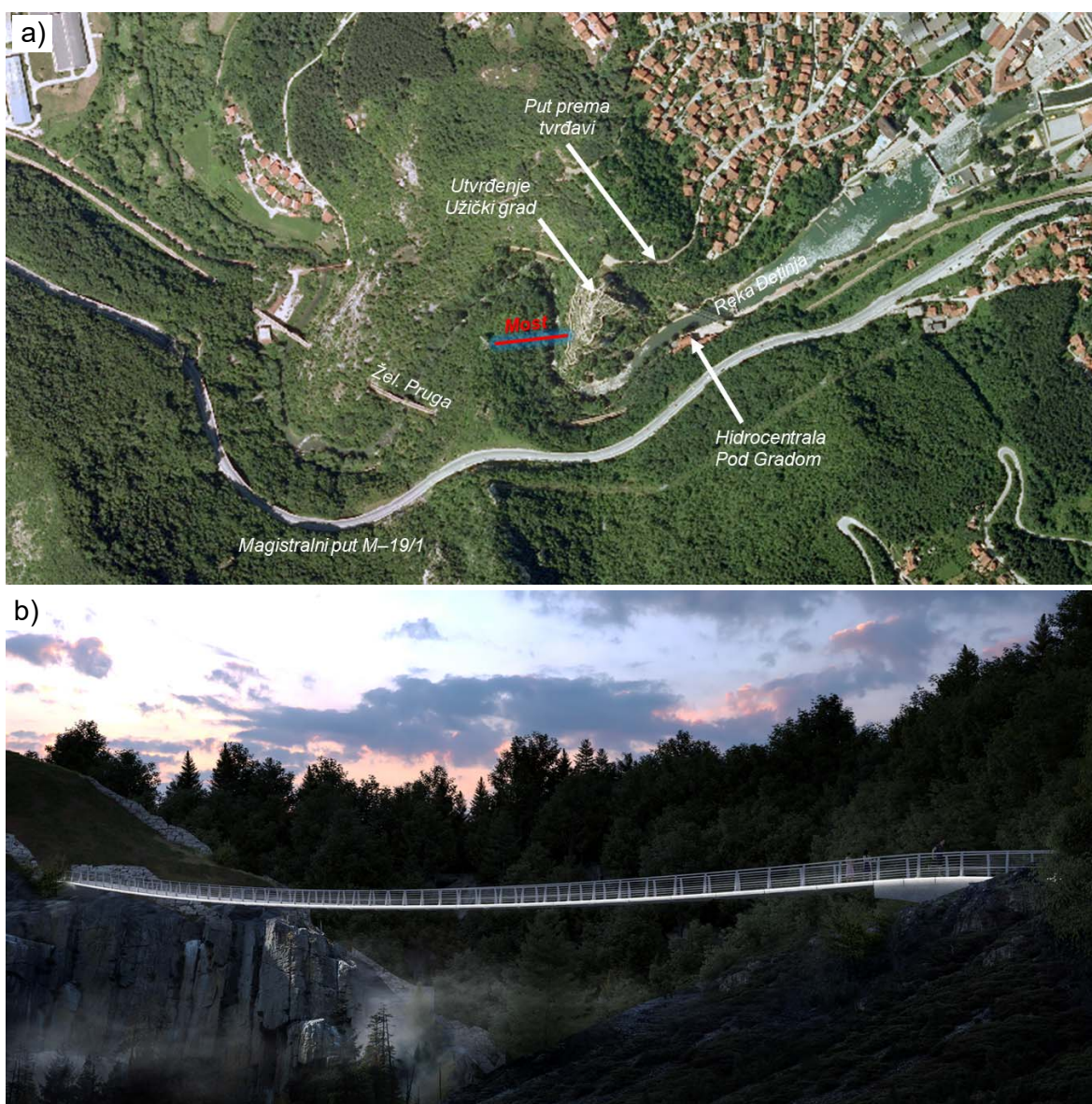
Pored istraživanja, koja su sastavni deo ovog elaborata, izvršena je analiza postojeće dokumentacije. Regionalna geološka građa terena je određena na osnovu Tumača i geološke karte lista Titovo Užice (OGK, 1:100 000, K 34-4) iz 1978. godine. Prethodnu fazu detaljnih geotehničkih istraživanja („*Geotehnički Elaborat za potrebe fundiranja*“

pešačkog mosta preko reke Đetinje od magistralnog puta M - 19 / 1 do Starog grada u Užicu“) izveo je Institut za ispitivanje materijala (IMS) iz Beograda tokom 2019. godine.

Tada su izvedene dve istražne bušotine koje su, zbog nemogućnosti prilaza, dislocirane u odnosu na položaj budućih obalnih stubova. U svakom slučaju, ovi podaci su detaljno sagledani i korišćeni zajedno sa rezultatima novih istraživanja.

Na slici 1.1, prikazan je izgled budućeg mosta i njegov položaj.

Rasponska konstrukcija mosta je statičkog sistema prednapregnute trake - tzv. “stress ribbon“. Sastoji se od podužnih ovešenih čeličnih kablova koji nose kolovoznu ploču male debljine. Kolovozna ploča je formirana od montažnih armirano-betonskih elemenata, ojačanih sa kablovima za prednaprezanje. Konstrukcija prati oblik katenarnog luka (lančanica).



Slika 1.1 a) Položaj mosta u zoni Starog grada, b) Izgled budućeg mosta - vizuelizacija



Tokom rekognosciranja terena ustanovljeno je da je litica iz pravca magistralnog puta M-19/I (desna dolinska strana reke Đetinje) veoma uska, te da se obalni stub mosta mora pomeriti u smeru ka Starom gradu kako bi fundiranje na mikrošipovima bilo moguće. U tom pogledu, stubovi mosta su translatorno pomereni pri čemu je prvobitna dužina mosta ostala nepromenjena.

U geotehničkom elaboratu prikazani su rezultati svih istraživanja i ispitivanja terena i konstruktivnih elemenata (prednapregnutih sidara i mikrošipova), te date preporuke projektantu konstrukcije mosta.

Pored odgovornog projektanta, učesnici u izradi elaborata bili su:

1. Doc. Uroš Đurić, dipl. inž. geol. (snimanje dronom i analiza podataka strukturnog sklopa stenske mase fotogrametrijskim postupkom)
2. Van. prof. Miloš Marjanović, dipl. inž. geol. (snimanje dronom i analiza podataka strukturnog sklopa stenske mase fotogrametrijskim postupkom)
3. Srđan Spasojević, dipl. inž. građ. (izrada detalja oslonca glave sidra)
4. Van. prof. Vladimir Čebaček, dipl. inž. rud. (laboratorijsko ispitivanje intaktnih uzoraka stenske mase i injekcije mase)
5. Bojan Arandžević i Milivoje Perić, dipl. inž. građ. (izrada metodologije za ispitivanje geotehničkih sidara prema SIA standardu, specifikacija injekcije mase i testiranje granične nosivosti prednapregnutih geotehničkih sidara)
6. Nenad Brodić, dipl. inž. geod. (geodetsko procesuiranje oblaka tačaka)
7. Prof. Radojia Lapčević, dipl. inž. geol. (konsultantske usluge)

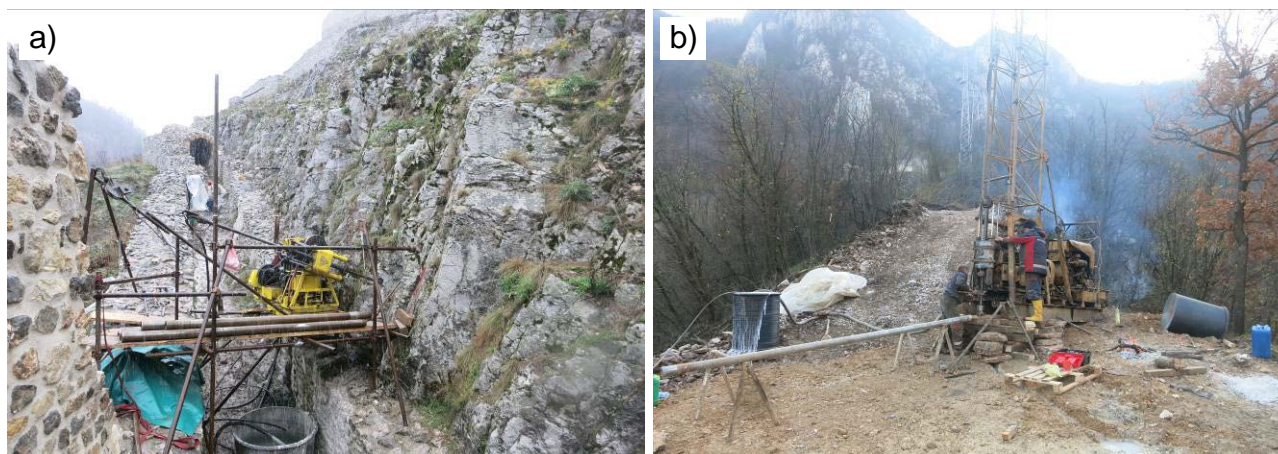
2. VRSTA I OBIM IZVEDENIH ISTRAŽIVANJA I LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA

Za potrebe izrade elaborata, u periodu novembar 2021. - januar 2022. godine izvedena su terenska istraživanja i laboratorijska ispitivanja. Terenska istraživanja sastojala su se u geotehničkom bušenju, pri čemu je paralelno vršeno inženjerskogeološko kartiranje jezgra i uzimani su uzorci za laboratorijska ispitivanja. Izvršeno je i inženjerskogeološko kartiranje terena u široj zoni oko obalnih stubova, gde je posebna pažnja bila posvećena definisanju strukturnog sklopa stenske mase.

2.1. TERENSKA ISTRAŽIVANJA

Od terenskih istražnih radova izvedene su četiri istražne bušotine, čije su karakteristike prikazne u tabeli 2.1. Ukupna dubina bušenja iznosila je 111,30 m. Subhorizontalne bušotine B1 i B2 izvedene su na strani Starog grada. U njih su ugrađena geotehnička sidra. Bušotine B3 i B4 su izvedene u zoni stubnog mesta na desnoj dolinskoj strani, pri čemu je bušotina B4 izvedena pod uglom od 85°, sa azimutom po dijagonali pravougaonog preseka stuba mosta. Jezgra istražnih bušotina su geotehnički kartirana, pri čemu je akcenat stavljen na određivanje karakteristika ispucalosti i svojstava intaktne stenske mase. Za svaki interval bušenja određeni su: RQD indeks, FF (učestalost pojavljivanja pukotina), RMR vrednost i procenjen TCR (procenat izvađenog jezgra). Pored ovoga, uzimani su i uzorci za laboratorijska ispitivanja.

Svi detalji vezani za izvođenje istražnog bušenja i podatke kartiranja prikazani su uz profile stubova bušotina, a trenutak izvođenja istražnog bušenja na slici 2.1. Od značaja je napomenuti činjenicu da je u bušotini B4 na dubini od 26,60 do 28,40 m konstatovano prisustvo kaverne. Pretpostavka je da je kaverna zapunjena materijalom, s obzirom na postupno propadanje pribora tokom bušenja. Kartiranjem stenske mase šire zone predmetne lokacije ustanovljeno je da na liticama ispod Starog grada i okolnim kosinama postoje kaverne približnih dimenzija (otvora) 2x3 m. Treba imati u vidu i da su bušotine B3 i B4 izvedene na veoma bliskom rastojanju, cca. 4 m, što ide u prilog uočenim dimenzijama kaverni, a s obzirom da u bušotini B3 ona nije konstatovana.



Slika 2.1 a) Garnitura za bušenje na skeli (bušotina B2), b) izvođenje subvertikalne bušotine B4

Tabela 2.1 Tehničke karakteristike bušotina

BR. BUŠOTINE	AZIMUT / PADNI UGAO	X	Y	Z	DUBINA (m)
B1	50 / 15	74006235,03	4857024,74	463,149	25,0
B2	70 / 18	7406231,74	4857012,93	459,046	25,5
B3	Vertikalna	7406116,27	4856998,62	453,563	30,0
B4	45 / 85	7406116,95	4856994,70	453,871	30,8

U bušotinama B1 i B2 izvedeni su i opiti nalivanja, čija će se interpretacija dati u posebnom poglavlju.

Inženjerskogeološko kartiranje terena izvedeno je u zoni Starog grada na šest lokacija. Položaji lokacija prikazani su na situaciji (prilog E1.2/7.1). Na svim lokacijama prikupljeni su podaci o: elementima pada diskontinuiteta; karakteristikama pukotina (rastojanje pukotina pojedinih familija, kontinualnost pukotina, hrapavost, čvrstoća zidova pukotina, zev, materijal ispune, vlažnost i kretanje vode); čvrstoći intaktne stene. Za ove potrebe korišćena je sledeća terenska oprema: geološki kompas, Bartonov profilometar i Šmitov čekić - sklerometar (proizvođača GeoHammer, L-tipa). Izgled stenske mase na pojedinim lokacijama prikazan je na slici 2.2.



Slika 2.2 a) Izgled stenske mase u zoni tačke T2, b) Izgled stenke mase u zoni tačke T3 (uz snimanje kosine dronom) , c) stenska masa u zoni tačke T4 (na ulazu u Stari grad), d) izgled stenske mase u zoni stubnog mesta na desnoj dolinskoj strani



Kartiranjem terena prikupljeno je 47 elemenata pada pukotina, 23 profila hrapavosti na jezgru istražnih bušotina, 28 profila hrapavosti kartiranjem okolne stenske mase, pri čemu je izmeren veliki broj odskoka Šmitovim čekićem (preko 150, na jegru i okolnoj stenskoj masi, kako na svežoj, tako i na alterisanoj steni).

2.2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Na uzorcim koji su uzeti iz jezgra istražnog bušenja izvršena su laboratorijska ispitivanja u laboratoriji za mehaniku stena Rudarsko-geološkog fakulteta. Broj i vrsta izvršenih opita prikazani su u tabeli 2.2.

Pored toga, uzimani su i uzorci za određivanje indeksa tačkaste čvrstoće (PLI), koji je izveden na 15 uzoraka. Ovi rezultati su korišćeni za korelaciju sa veličinom jednoaksijalne čvrstoće koja je dobijena laboratorijskim putem.

Čvrstoća injekcione mase određena je na dva uzorka 33 dana nakon uzimanja proba.

Tabela 2.2 Izvedeni laboratorijski opiti

VRSTA ISPITIVANJA	BROJ OPITA / PROBA PO OPITU	STANDARD PO KOME JE VRŠENO ISPITIVANJE
ODREĐIVANJE ZAPREMINSKE TEŽINE	8 / 1	ISRM. (2007) <i>The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974–2006</i> . In: Ulusay, R., Hudson, J.A. (eds)
OPIT JEDNOAKSIJALNE ČVRSTOĆE NA PRITIAK	8 / 1 do 2	
OPIT INDIRECTNE ZATEZNE ČVRSTOĆE . BRAZILIJANSKI OPIT	8 / 1 do 2	
TRIAKSIJALNI OPIT U HOEK-OVOJ ČELIJI	1 / 5	
OPIT JEDNOAKSIJALNE ČVRSTOĆE NA PRITIAK INJEKCIONE MASE	2 / 2	

Prilikom izvođenja opita vodilo se računa da odnos visine i prečnika uzorka bude u intervalu od 2:1 do 2,5:1.

Kod triaksijalnih ispitivanja na uzorku B2 (15,0 - 16,0 m) ispoštovane su preporuke da se bočni pritisci na pet probnih tela raspodele u intervalu od 0 - $0,5 \times \sigma_{ci}$ (gde je σ_{ci} - veličina jednoaksijalne čvrstoće na pritisak). Triaksijalna ispitivanja na uzorcima krečnjaka su omogućila da se odredi konstanta m_i Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma.

Najmanji prečnik ispitivanja iznosio je 54 mm na uzorcima stena i 34 mm na cilindrima injekcione mase (usled nemogućnosti uzimanja uzoraka većeg prečnika).

Rezultati svih ispitivanja prikazani su u sklopu priloga E1.2/7.4.

3. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

3.1. STRUKTURNO-GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA U ZONI MOSTA

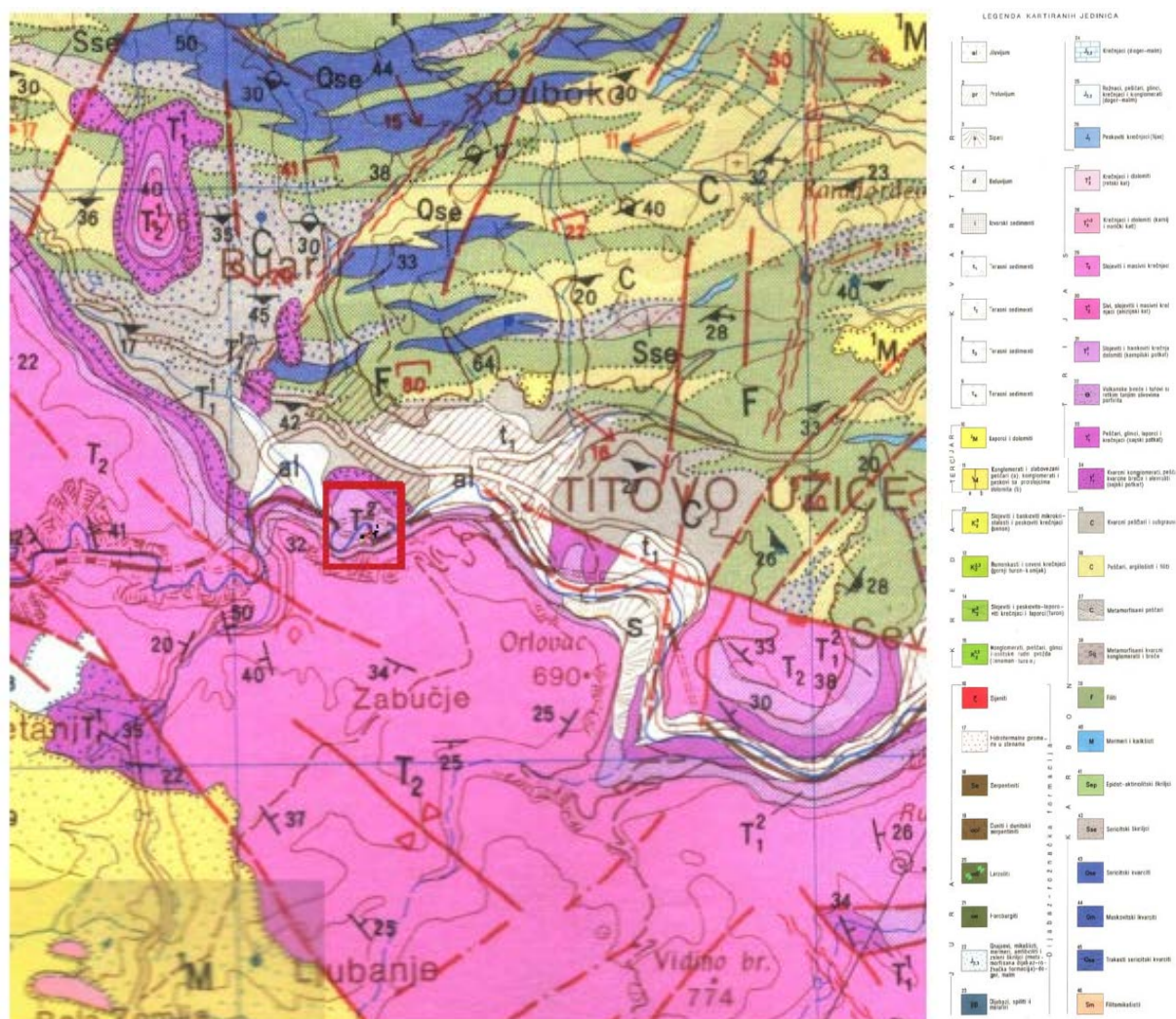
Geološku građu terena šireg područja istraživanja čine slojeviti do bankoviti krečnjaci donjeg trijasa (T_1^2 - kampilski podkat). Ovi krečnjaci su u celini veoma prekrystalisali, sive boje. Prožeti su kalcitskim žilama, retko su žile i pukotine zapunjene crvenim gvoždevitim vezivom. Kad kad je moguća pojava meke žute (prašinasto-glinovite) ispune. Pukotine su uglavnom umereno hrapave i umereno izmenjene, sa čestim pojavama fleka i skrama limonita, što ukazuje na intenzivnu cirkulaciju vode duž pukotina. Stisnute su ili sa zevom do nekoliko mm. U zoni neposredno ispod Starog grada subvertikalni krečnjački odsek je visine oko 40 m, što generalno ukazuje na dobre karakteristike stene. Primećena je česta pojava kaverni metarskih dimenzija. Stenska masa iznad obalnog stuba, u zoni Starog grada, je ispucalija i blažeg nagiba.

Desna obalna strana reke Đetine karakteriše se padinom blažeg nagiba koja je prekrivena deluvijalno-eluvijalnim prekrivačem debljine nekoliko metara. Osnovna stenska masa u ovoj zoni je predstavljena krečnjacima kampilskog podkata, do dubine od oko 18,0 m. Krečnjaci su identičnih karakteristika kao krečnjaci sa suprotne strane. Ispod ovih sedimenata u bušotinama B3 i B4 konstatovane su krečnjačke brečoidne tvorevine rumenkasto-crvene boje. Analizom osnovne geološke karte došlo se do zaključka da ova sredina može pripadati kvarcnim klastitima (T_1^1 - sajski podkat). Cement brečoidnih krečnjaka je silicijsko-gvoždeviti kontaktnog do pornog tipa. Pukotine su generalno sličnih karakteristika kao pukotine krečnjaka kampilskog podkata, s tim što neretko mogu biti hrapavije usled nepravilnog preloma brečoidne stenske mase. Klasti su jednorodnog litološkog sastava, što ukazuje da brečoidni krečnjak u pojedinim intervalima može činiti postupan prelaz ka monomikritskim brečama. Generalni utisak je da se intaktni delovi stenske mase kod ovih sedimenata mogu lakše odvajati po prslinama i pukotinama ispunjenim gvoždevitim vezivom. Ovo globalno doprinosi manjoj intaktnoj čvrstoći stenske mase. Na slici 3.1, prikazani su tipični predstavnici krečnjaka i brečoidnih krečnjaka na jezgru istražnih bušotina.



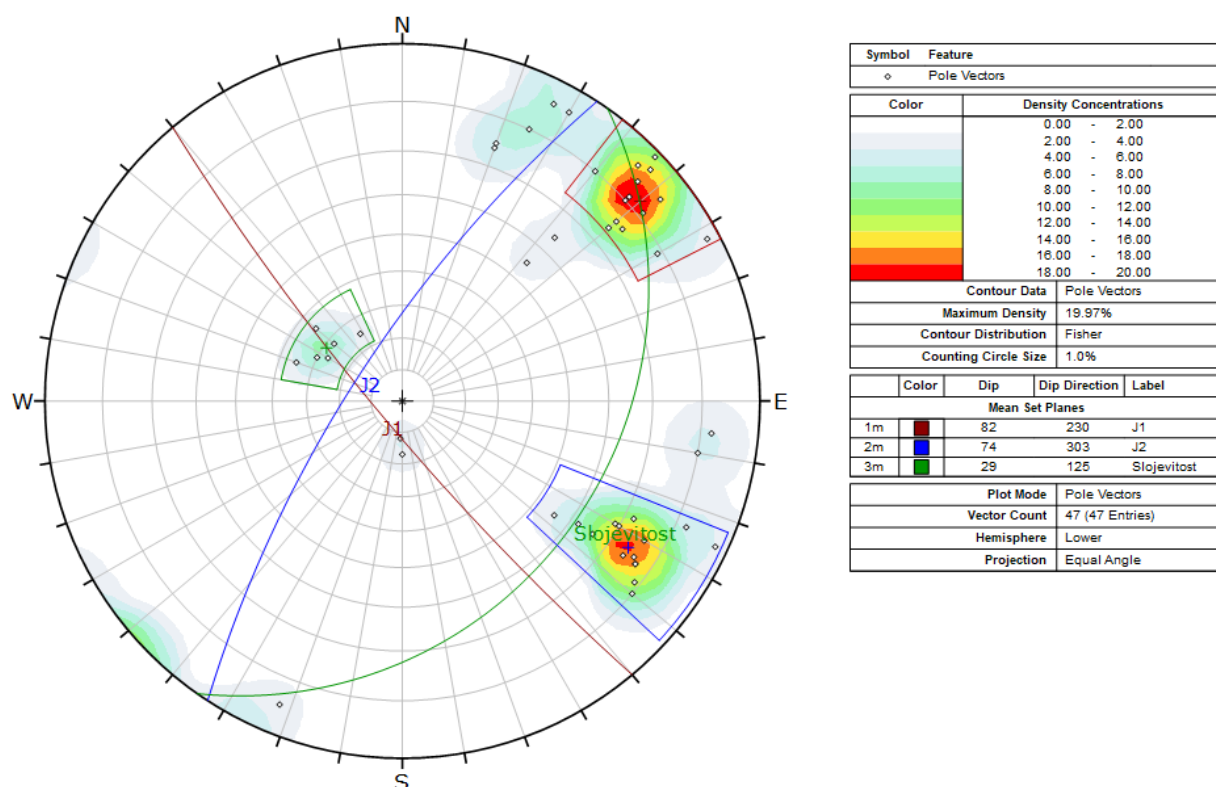
Slika 3.1 a) Izgled krečnjaka T_1^2 u bušotini B2, b) Izgled brečoidnog krečnjaka T_1^1 u bušotini B3

Na slici 3.2 prikazana je osnovna geološka karta (list Titovo Užice) sa položajem budućeg mosta.



Slika 3.2 Isečak lista Titovo Užice (OGK, 1:100 000, K 34-4), nije u razmeri

Inženjerskogeološkim kartiranjem prikupljeni su podaci o strukturnom sklopu stenske mase. Izmereni elementi pada prikazani su na strukturnom dijagramu na slici 3.3. Generalno se mogu izdvojiti 3 dominantne familije pukotina i pojedinačne pukotine. Dve strme (subvertikalne) familije konstatovane su u zoni svih tačaka na kojima je vršeno kartiranje. One međusobno formiraju klin. Familija pukotina blagog nagiba (subhorizontalna) dominantno rasprostranjenje ima u zoni subvertikalne litice ispod Starog grada, dok je u zoni iznad obalnog stuba na stani Starog grada teško uočljiva. Ova familija vrlo verovatno predstavlja međuslojne pukotine i njeno prisustvo je uočeno i na desnoj dolinskoj strani reke Đetinje. Na osnovu analize Šmitovog dijagrama sa slike 3.3, izdvojene su prosečne orijentacije dominantnih familija pukotina koje su prikazane u tabeli 3.1.



Slika 3.3 Polovi planara na Šmitovoj mreži sa izdvojenim trasama pojedinih familija pukotina

Tabela 3.1 Izdvojene familije pukotina sa orijentacijom

FAMILIJA PUKOTINA	J1	J2	SLOJEVITOST
AZIMUT / PADNI UGAO	230/82	303/74	125/29

Detaljna kinematska analiza na osnovu podataka o elementima pada prikupljenim na terenu nije urađena iz prostog razloga jer njeni rezultati nisu od prevelikog značaja za uslove fundiranja stubova mosta. Međutim, u okviru interpretacije rezultata fotogrametrijskim postupkom ona je svakako urađena. Strukturni sklop stenske mase uzet je u obzir prilikom numeričke analize metodom konačnih elemenata.

Za sve pukotine familije J1 karakteristično je da se nalaze na rastojanju od 10 do 40 cm.

Pukotine familije J2 nalaze se na rastojanju od 10 do 30 cm, mada njihovo rastojanje može biti i manje (oko 5 cm).

Rastojanje međuslojnih pukotina je od 1 do 40 cm.

Kontinualnost pukotina svih familija je od 1 - 5 m (retko preko 5 m).

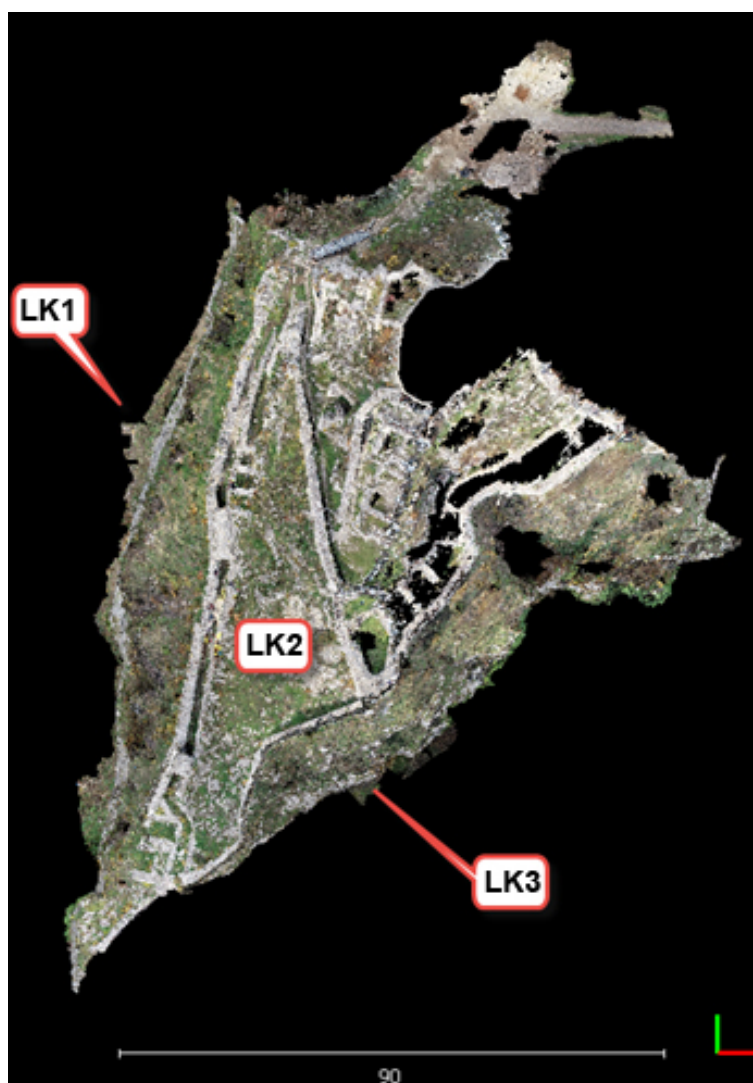
Metodologija kartiranja pukotinskog sklopa podrazumevala je da se na datoj lokaciji definišu familije pukotina, te da se za svaku odaberu najmanje dve karakteristične na kojima bi se izmerili profili hrapavosti, čvrstoća zidova (Šmitovim čekićem) i odredilo stanje diskontinuiteta. Zatim bi se na intaktnoj stenskoj masi odredila čvrstoća upotrebom Šmitovog čekića. Ovi podaci su kasnije upotrebljeni za definisanje Barton-Bandisovog kriterijuma loma. Pored toga, kartiranjem su određeni i ostali parametri neophodni za dobijanje RMR vrednosti.

3.2. PRIMENA FOTOGRAMETRIJSKOG POSTUPKA ZA ANALIZU STRUKTURNOG SKLOPA STENSKE MASE

Predmetnu lokaciju fotogrametrijskog snimanja predstavljaju stenske mase i kosine i ispod i oko Starog grada u Užicu (tvrđava) u kanjonu reke Đetinje. Približne dimenzije snimljenih kosina su date u tabeli 3.2.1, dok je njihova orijentacija u odnosu na Stari grad prikazana na slici 3.2.1.

Tabela 3.2 Osnovni morfometrijski podaci o snimljenim liticama i kosinama Starog grada u Užicu

OZNAKA	OPIS LOKACIJE LITICE/KOSINE	D (m)	Š (m)	V (m)
LK1	vertikalna litica gde je planiran viseći most	130	11	35
LK2	kosina unutar utvrđenja	85	20	25
LK3	vertikalna litica prema staroj centrali	73	8	40



Slika 3.4 Fotogrametrijski model Starog grada u Užicu (pogled odozgo) sa označenim snimljenim liticama/kosinama



Snimanje je izvršeno sa letelicom DJI Phantom 4 PRO koja nosi kameru sa jednoinčnim CMOS senzorom rezolucije 20Mpix, objektiv kamere sa žižnom daljinom od 24mm (35mm format ekvivalentnom), brzinom otvaranja $f/2.8 - f/11$ i mehaničkim zatvaračem blende.

Izvršene su tri misije snimanja (LK1, LK2 i LK3) kako bi se što bolje pokrilo područje od interesa i sa što manje mrtvih uglova na generisanom modelu. U prvoj misiji napravljeno je 344 snimaka, u drugoj 242, a u trećoj 155. Vremenski uslovi pri snimanju su bili optimalni, mestimično oblačno sa slabom snagom vetra. Snimanje je vršeno manuelno krećući se letelicom gore-dole po vertikalama na udaljenosti od 10-15 m od stena pri čemu je kamera bila nagnuta 15° od horizonta. Način snimanja je bio *freelflight*, pri čemu je podešeno da kamera okida na pređenih 2 m pri kretanju horizontalno i vertikalno kako bi se postigao dovoljan preklop od preko 80% između snimaka u svakom redu snimanja (podužni preklop) ili između redova snimanja (poprečni preklop). Snimci iz svih misija snimanja su iskorišćeni za dalje fotogrametrijsko procesiranje (sem snimaka dobijenih prilikom poletanja i sletanja).

Obeležavanje i merenje orijentacionih tačaka izvršeno je na terenu u cilju georeferenciranja modela. Osam orijentacionih tačaka je obeleženo na terenu crvenim sprejom sa oznakama odgovarajuće veličine kako bi bile jasno vidljive na snimcima. Koordinate tačaka u Državnom koordinatnom sistemu (projektovana Gaus-Krigerova projekcija 7 zona) izmerene su sa GNSS prijemnikom za RTK pozicioniranje (Slika 3.2.4). Sve orijentacione tačke su izmerene na snimcima i apsolutno georeferenciranje modela postignuto je na orijentacionim tačkama sa srednjom kvadratnom greškom od 0.12m.

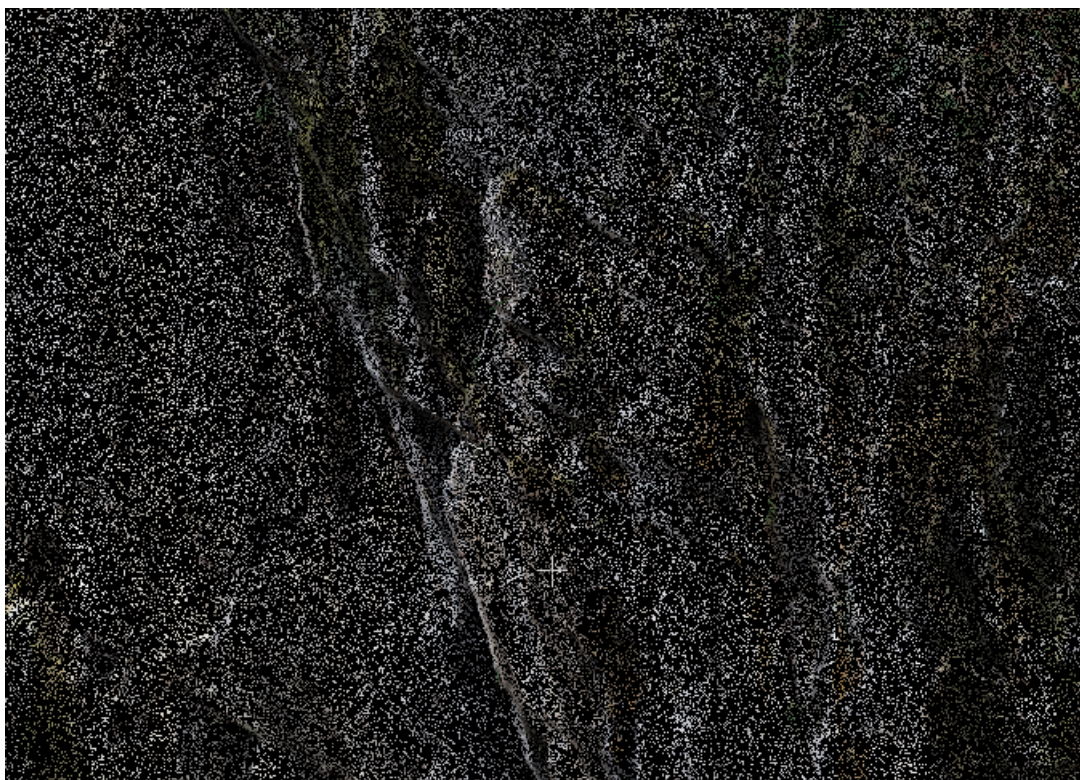
Radi određivanja orijentacije i povezivanja snimaka preko veznih tačaka SIFT metodom generisan je redak oblak tačaka od ukupno 389.899 veznih tačaka. Gust oblak tačaka od oko 127 miliona tačaka generisan je sa SFM metodom sa kojim je dobijena i tekstura svake tačke na osnovu slika (Slika 3.2.2). Kasnija klasifikacija oblaka tačaka na stene i vegetaciju izvršena je jednim delom automatski, a većinom ručno, kako bi se izdvojile stene od interesa sa vrlo malo niske vegetacije (mahovine) i koje su potrebne za dalje analiziranje i projektovanje (Slika 3.2.6). Nakon klasifikacije konačni oblak tačaka koji pripada stenama imao je 125.88 miliona tačaka. Model oblaka tačaka sa odgovarajućom teksturom dobijen je na osnovu oblaka tačaka i snimaka (Slika 3.2.5). Model predstavlja mrežu nepravilnih trouglova sa ukupno 25 miliona trouglova. Detalj gustog oblaka tačaka na kosini LK1 prikazan je na slici 3.2.3.

U sledećim fazama, na osnovu oblaka tačaka biće izvršena strukturna izdvajanje familija pukotina. Analiza će biti vršena manuelno i dobijeni rezultati biće upoređeni sa terenskim merenjima za potrebe verifikacije. Nakon strukturne analize biće izvršena kinematska analiza stabilnosti lica kosina. Na osnovu ovako generisanog oblaka tačaka, biće izrađeni i poprečni preseki terena koji će potom biti korišćeni za geotehničke proračune stabilnosti i analizu mogućnosti odronjavanja.

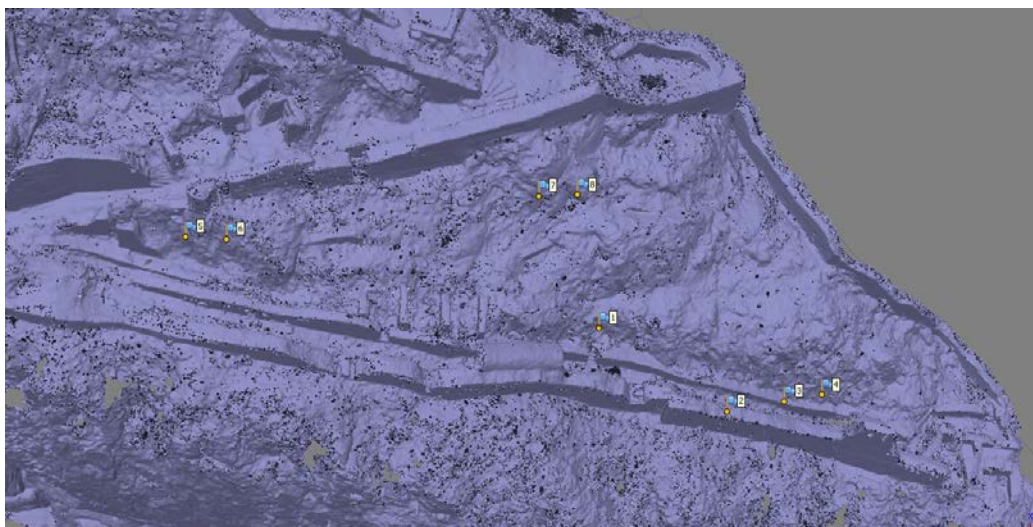
Na osnovu postojećeg oblaka tačaka moguće je raditi 3D rendere za potrebe prikazivanja i projektovanja. Pored segmentiranog tj. pročišćenog oblaka tačaka u .las formatu, sačuvan je i prvobitno klasifikovani oblak tačaka sa vegetacijom.



Slika 3.5 Gusti oblak tačaka Starog grada u Užicu (pogled na liticu LK1 i kosinu LK2)



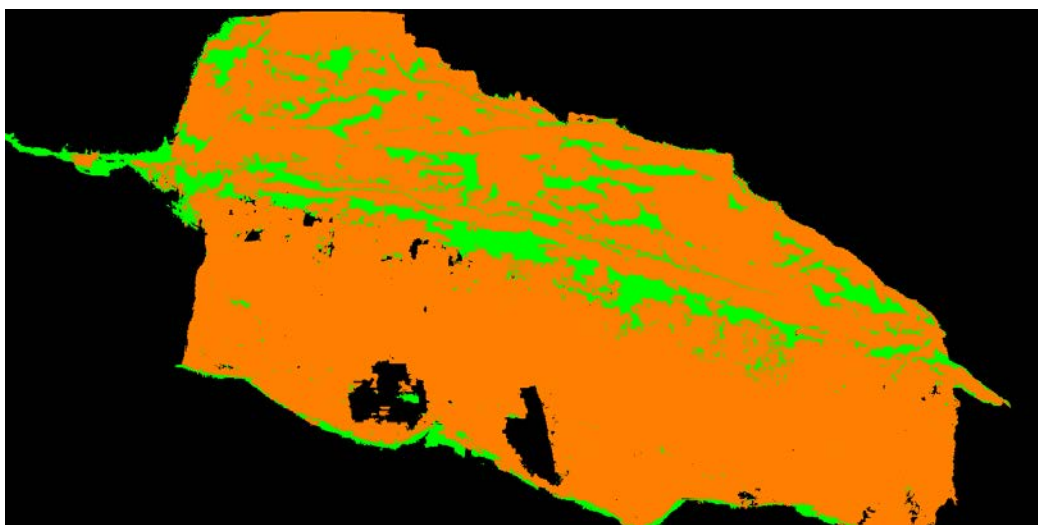
Slika 3.6 Detalj gustog oblaka tačaka (na kosini LK1)



Slika 3.7 Detalj senčenog modela terena sa označenim orijentacionim tačkama



Slika 3.8 Model terena sa teksturom (pogled na kosinu LK2)



Slika 3.9 Klasifikovan oblak tačaka, zelenom bojom su označeni uklonjeni delovi litica i kosina pokriveni vegetacijom dok su narandžastom bojom predstavljene ogoljene stenske mase

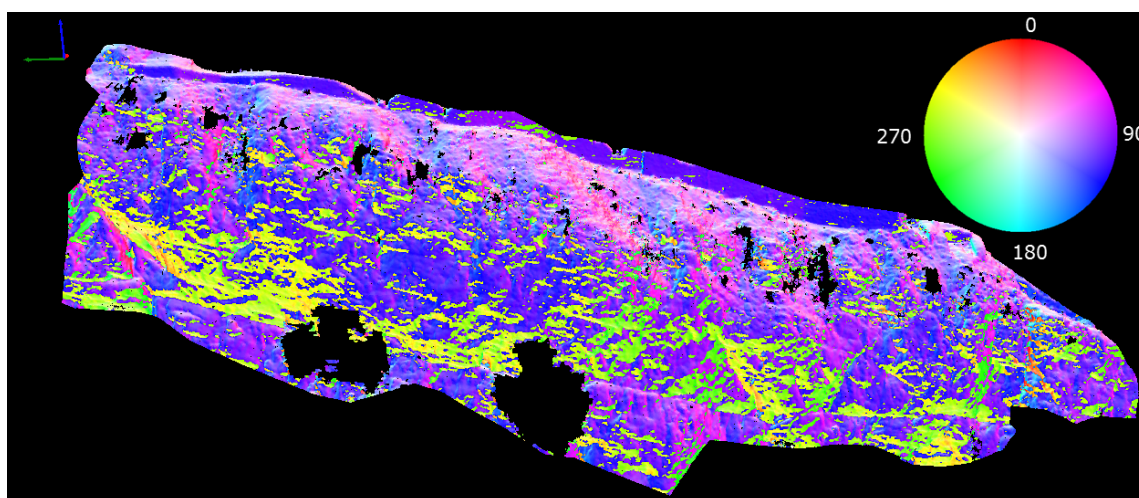
Strukturni sklop stenske mase na osnovu fotogrametrijskog postupka

Za potrebe analize strukturnog sklopa stenske mase na području Užičke tvrđave, formirana su tri zasebna oblaka tačaka koja su nezavisno analizirana. Navedni oblaci tačaka su izdvojeni na osnovu definisanih kosina i litica (LK1, LK2 i LK3 opisanih u tabeli 3.2).

Litica LK1 - Navedena litica je približno subvertikalna i pruža se ispod planirane zone sidrenja i fundiranja projektovanog visećeg mosta po pravcu sever – jug (EP 277/84), slika 3.10. Za potrebe formiranja oblaka tačaka ove kosine, gusti oblak tačaka je isečen i potom subsemplovan tako da je konačno formiran oblak tačaka činilo 3 miliona tačaka. Ovako formiran oblak tačaka je potom uvezen u programsko okruženje Coltop 3D za potrebe analize strukturnog sklopa gde je zabojen na osnovu orijentacije planara koje formiraju tačke oblaka (slika 3.11).



Slika 3.10 Pozicija i pružanje litice LK1 u odnosu na Užičku tvrđavu. Crvenim kvadratom je označena približna lokacija projektovanog visećeg mosta



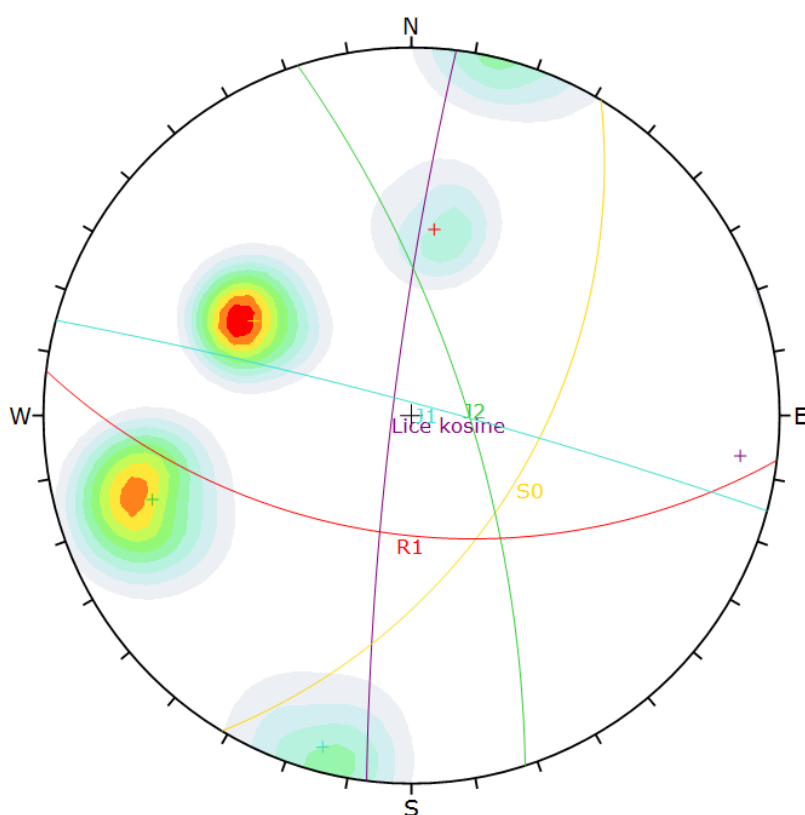
Slika 3.11 Oblak tačaka litice LK1 koji je uvezen u Coltop 3D programsko okruženje. Boje predstavljaju orijentaciju polova ravni koje se formiraju na osnovu oblaka tačaka

Strukturni sklop je analiziran polu-automatskom metodom, tako što su u okviru Coltop 3D okruženja prvo manuelno uočene i izdvojene karakteristične pukotine koje bi mogle da budu etalon za definisanje familije i potom je na osnovu njihovih prosečnih vrednosti izvršeno automatsko izdvajanje za ceo podskup oblaka tačaka LK1. Inženjerskogeološko kartiranje je delimično izvršeno vizuelnom datalnom morfometrijskom analizom svake etalon pukotine i njene neposredne okoline (kvazihomogene zone).






Na ovaj način je formirano ukupno 4 seta podataka (familija) čiji su osnovni elementi prikazani u tabeli 3.3 i na slici 3.12. Generalni prikaz izdvojenih orijentacionih trasa najznačajnijih predstavnika svake familije pukotina je prikazan na slici 3.21.

Tabela 3.3 Osnovni podaci o izdvojenim strukturnim elementima litice LK1

OZNAKA	OPIS	ELEMENTI PADA	BROJ AUTOMATSKI IZDVOJENIH TAČAKA	KOLORNA ŠEMA
LK1	Kosina	277/84	613,012	
S0	Slojevitost	121/53	53,439	
J1	Pukotine zatezanja	15/86	22,297	
J2	Pukotine zatezanja	72/73	47,858	
R1	Smičuće pukotine	187/54	22,797	



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.60
	1.60 - 3.20
	3.20 - 4.80
	4.80 - 6.40
	6.40 - 8.00
	8.00 - 9.60
	9.60 - 11.20
	11.20 - 12.80
	12.80 - 14.40
	14.40 - 16.00
Contour Data Pole Vectors	
Maximum Density	15.96%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

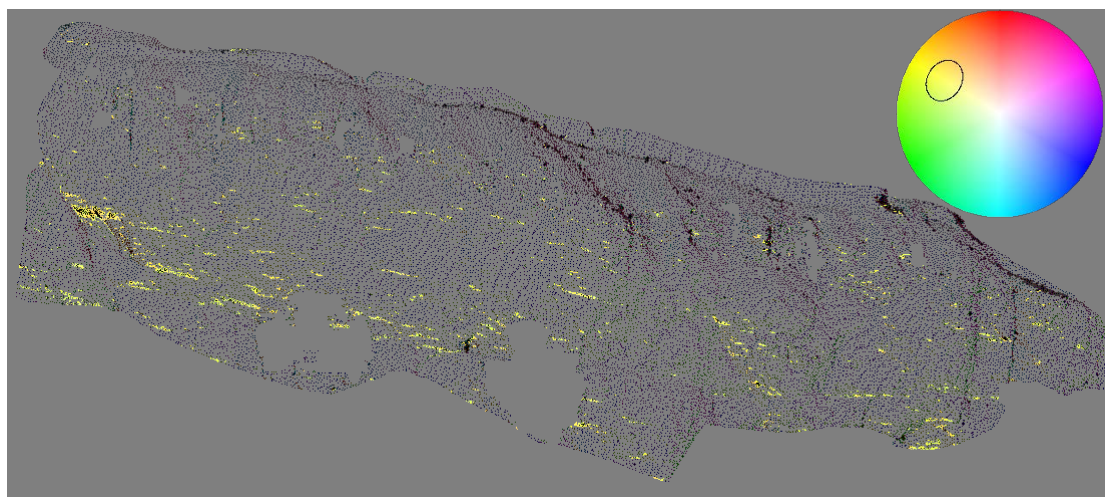
	Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes				
1		84	277	Lice kosine
Mean Set Planes				
1m		53	121	S0
2m		73	72	J2
3m		54	187	R1
4m		86	15	J1

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	146373 (146373 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Slika 3.12 Trase izdvojenih i grupisanih strukturnih elemenata na litici LK1

Familija S0 - међуслојне пукотине

Kroz celu stensku masu litice LK1 krečnjaci su slojeviti do bankoviti. Debljina slojeva iznosi od 2 cm do nekoliko desetina cm, dok se u pojedinim delovima stenske mase izdvajaju i banci debiljne do 2 m. Ravni slojevitosti su pretežno glatke, ispadanje slojeva i blokova se uglavnom odvija po podinskim delovima. Slojevi su mestimično provlažni, uočavaju se i manje kaverne, ispunjena slojeva je pretežno glinovita sa mahovinskom vegetacijom na površini. Slojevi se protežu uglavnom kontinualno duž cele kosine (lokalno i duže od 90 m) dok su na mestima ukrštanja sa tektonskim pukotinama familije R1 i pukotinama familije J1 delimično smaknuti tj. diskontinualni. Na osnovu automatske klasifikacije, prosečna vrednost EP slojeva je 121/53 dok je lokalno pad pojedinih slojeva oko 30°. Prikaz automatski izdvojenih ravni slojevitosti na osnovu oblaka tačaka dat je na slici 3.13, dok je detalj etalon slojevitosti u zoni neposredno ispod projektovane lokacije visećeg mosta dat na slici 3.14.



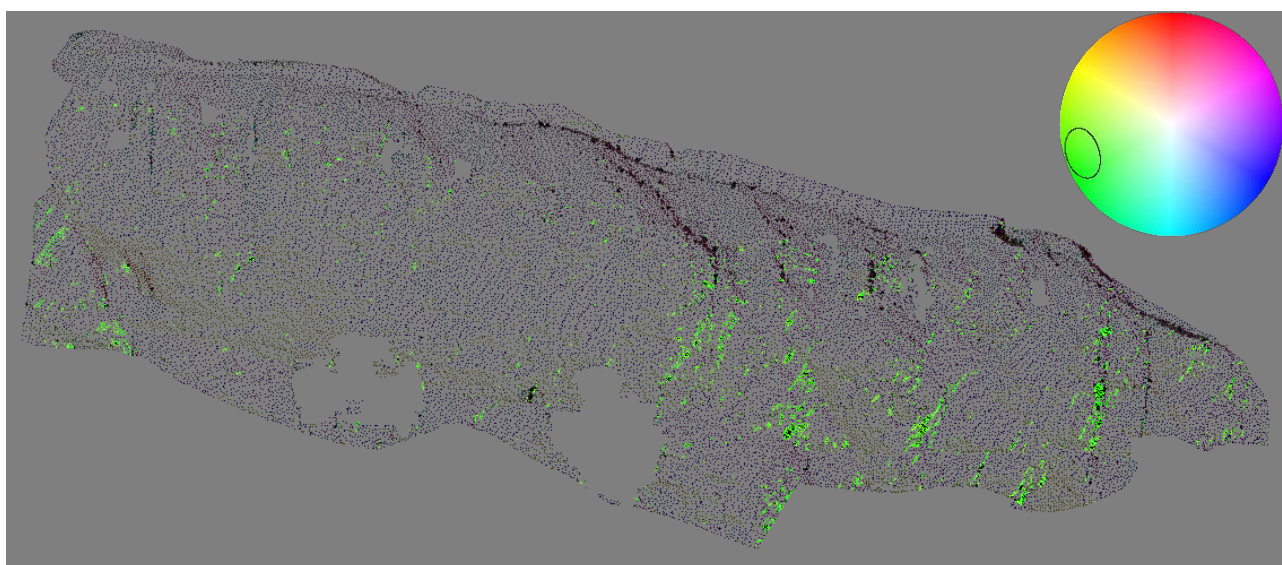
Slika 3.13 Automatski izdvojene tačke koje formiraju ravni slojevitosti - familiju S0 (EP 121/53)



Slika 3.14 Familija S0 u stenskom masivu litice LK1 – detalj fotogrametrijske analize

Familija pukotina J1 - pukotine smicanja

Pukotine ove familije predstavljaju pukotine smicanja koje se uočavaju na pojedinim delovima litice LK1. Presecaju familiju S0 i delimično ih smiču na mestima ukrštanja. Uglavnom su stisnute, dok se kod pojedinih uočava zev od nekoliko cm što može biti posledica karstifikacije tj. ispiranja. Dužine su do 20 m. Najverovatnije su umereno hrapave sa mestimičnim unduliranjem, mestimično provlažne i zapunjene u površinskim delovima. Na osnovu automatske klasifikacije, prosečna vrednost EP pukotina familije J1 je 72/73. Prikaz automatski izdvojenih ravni slojevitosti na osnovu oblaka tačaka dat je na slici 3.15. dok je detalj etalon pukotine u zoni neposredno ispod projektovane lokacije visećeg mosta dat na slici 3.16.



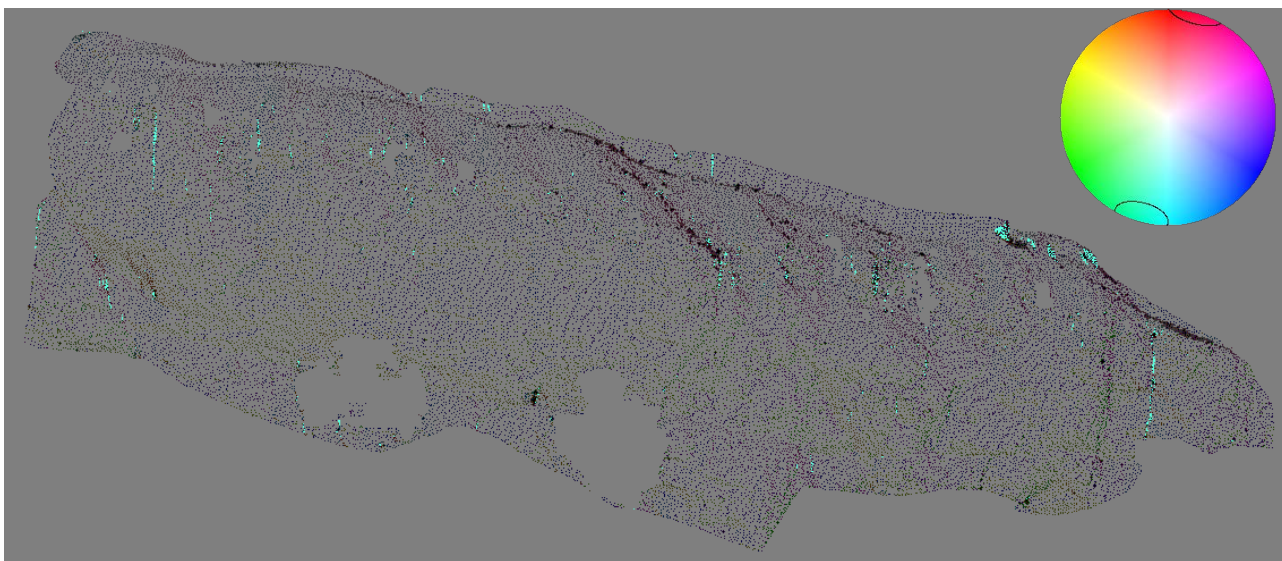
Slika 3.15 Automatski izdvojene tačke koje formiraju ravni familije pukotina J1 (EP 72/73)



Slika 3.16 Familija J1 u stenskom masivu litice LK1 - detalj fotogrametrijske analize

Familija J2 - tenzione pukotine

Pukotine ove familije predstavljaju pukotine zatezanja, otvorene su sa zjapom lokalno i do 10 cm. Duž ovih pukotina se odvija intenzivnije ispiranje tj. karstifikacija. Provlažne su i najverovatnije sa glinovitom skramom naročito u površinskom delu. Presecaju stensku masu i familiju S0 duž cele površine litice LK1 i predstavljaju najmlađe pukotine. Zbog njihove morfologije i položaja u stenskoj masi (ne formiraju topografiju) nije bilo moguće značajnije izdvajanje ovih pukotina automatskom klasifikacijom. Na osnovu automatske klasifikacije, prosečna vrednost EP familije J1 je 15/86. Prikaz automatski izdvojenih ravni koje formiraju pukotine J2 na osnovu oblaka tačaka dat je na slici 3.17. dok je detalj etalon pukotina u zoni neposredno ispod projektovane lokacije visećeg mosta dat na slici 3.18.



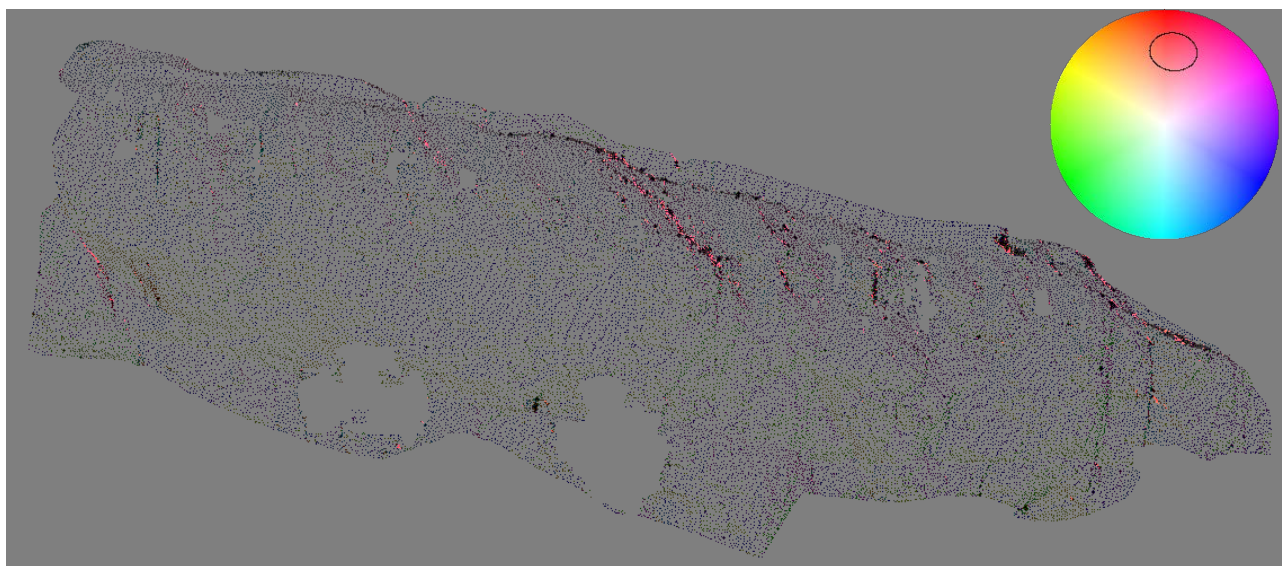
Slika 3.17 Automatski izdvojene tačke koje formiraju ravni familije pukotina J2 (EP 15/86)



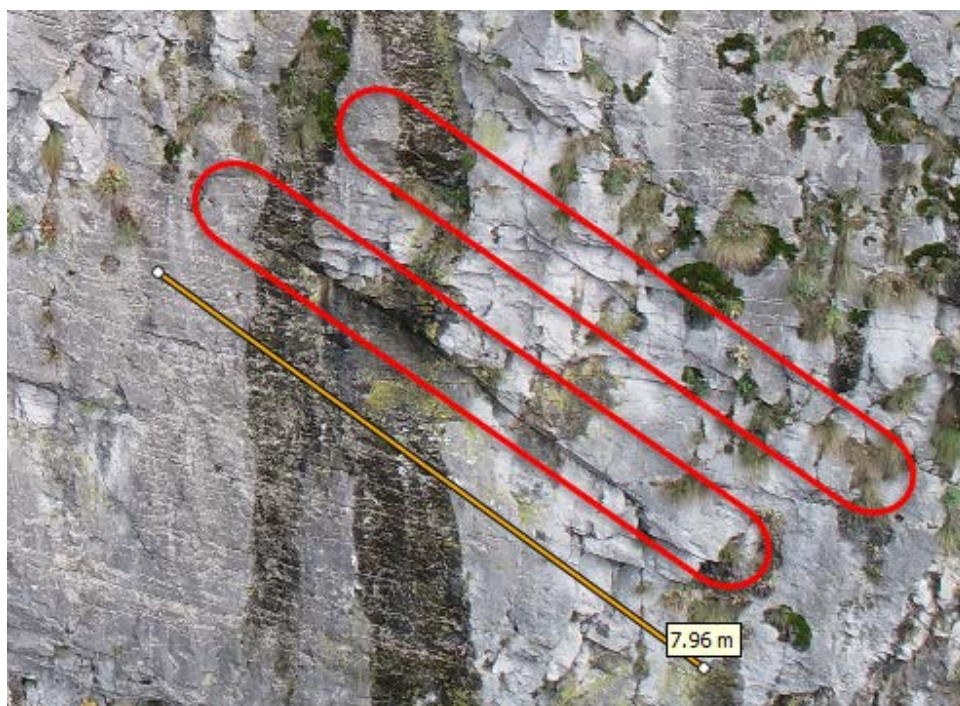
Slika 3.18 Familija J2 u stenskom masivu litice LK1 - detalj fotogrametrijske analize

Familija R1 - tektonske pukotine

Na dve lokacije litice LK1 uočavaju se dva značajnija raseda koje su praćene odgovarajućim pukotinama smicanja. Presecaju familiju S0 kao i pukotine familije J2. Stisnute su i hrapave, dok se u zonama rasedanja uočava izraženija degradacija i raspadanje okolne stenske mase kao i intenzivnije provlažavanje. Na osnovu automatske klasifikacije, prosečna vrednost ovog sistema je 187/54. Prikaz automatski izdvojenih tačaka koje formiraju pukotine ove familije na osnovu oblaka tačaka dat je na slici 3.19, dok je detalj odabranih površi u zoni neposredno ispod projektovane lokacije visećeg mosta dat na slici 3.20.



Slika 3.19 Automatski izdvojene tačke koje formiraju rasedne površi sistema R1 (EP 187/54)



Slika 3.20 Familija R1 u stenskom masivu litice LK1 - detalj fotogrametrijske analize



Slika 3.21 Orijentacione trase izdvojenih značajnijih strukturnih elemenata na licu litice LK1. Boje predstavljaju određene setove/familije koje su definisane u tabeli 3.3

Na osnovu fotogrametrijske i morfometrijske analize izvršeno je orijentaciono vrednovanje parametara RMR_{89} klasifikacije kao i GSI za svaku opisanu familiju pukotina (tabela 3.4).

Tabela 3.4 Orijentacione vrednosti parametara za RMR_{89} klasifikaciju i procena vrednosti GSI za svaku familiju pukotina

FAMILIJA PUKOTINA	S0	J1	J2	R1
RMR UCS ČVRSTOĆA NA PRITISAK	NP	NP	NP	NP
RMR RQD KVALITET JEZGRA (MIN-MAX)	14-19*	14-19*	14-19*	14-19*
RMR RASTOJANJE PUKOTINA (MIN-MAX)	5-15	15-20	10-15	15-20
RMR STANJE PUKOTINA - PROSTIRANJE	0-2	1	2	1
RMR STANJE PUKOTINA - ZEV	6*	4-5*	0*	1*
RMR STANJE PUKOTINA - HRAPAVOST	1*	3*	3*	3*
RMR ISPUNA PUKOTINA	NP	NP	NP	NP
RMR RASPADNUTOST ZIDOVA PUKOTINE	NP	NP	NP	NP
GSI (MIN-MAX)	25-65*	25-70*	30-70*	30-70*

* vrednosti veoma niske pouzdanosti; NP - nije primenljivo

Kinematska analiza mogućih mehanizama loma na litici LK1

Na slikama 3.22 - 3.25 prikazana je orijentaciona kinematska analiza mogućih mehanizama loma (planarno klizanje, klizanje klina i preturanje odnosno savijanje blokova) na osnovu usvojenih i prethodno opisanih strukturnih elemenata. Usvojeni elementi pada lica litice LK1 ka Đetinji su 277/84. Pretpostavljen je ugao smičuće otpornosti od 32° (rezidualni), na osnovu čega je formiran frikcioni konus. Bočne granice (trase vertikalnih ravni, sa određenom orijentacijom u odnosu na vektor padne prave lica kosine) su $\pm 20^\circ$.

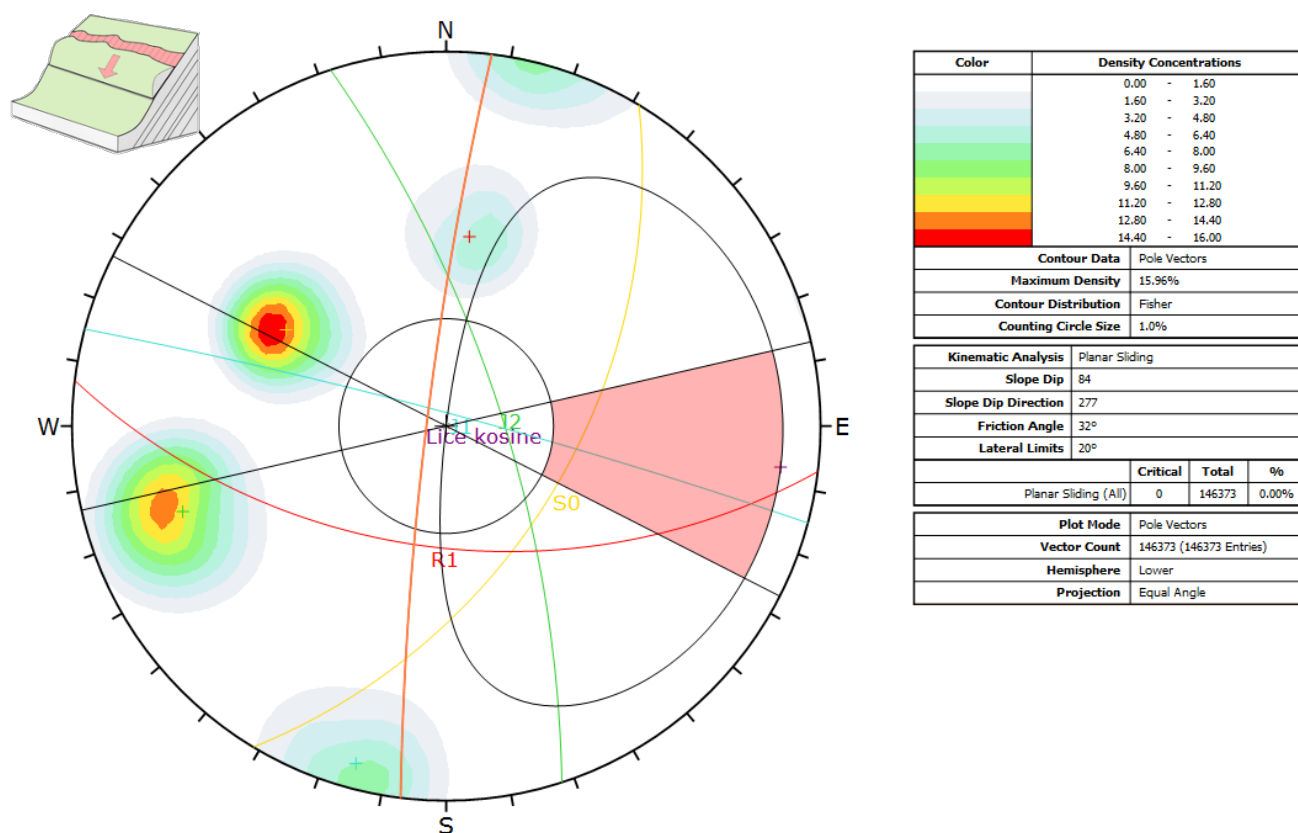
Analiza je vršena u programu Dips (Rocsience). Uporedne vrednosti rezultata analize su prikazane u tabeli 3.5. Usled automatskog načina prikupljanja podataka o elementima pada strukturnih elemenata, na dijagramima nije bilo moguće prikazivanje polova ravni.

Planarno smicanje - Rezultati analize (slika 3.22) pokazuju da ne postoji kinematska mogućnost za planarno klizanje (0% po svim ravnim). Ovo je u saglasnosti i sa merenjima i opažanjima na terenu gde je utvrđeno da slojevitost familije S0 pada u stensku masu čime je onemogućeno planarno klizanje tj. ispadanje stenskih blokova.

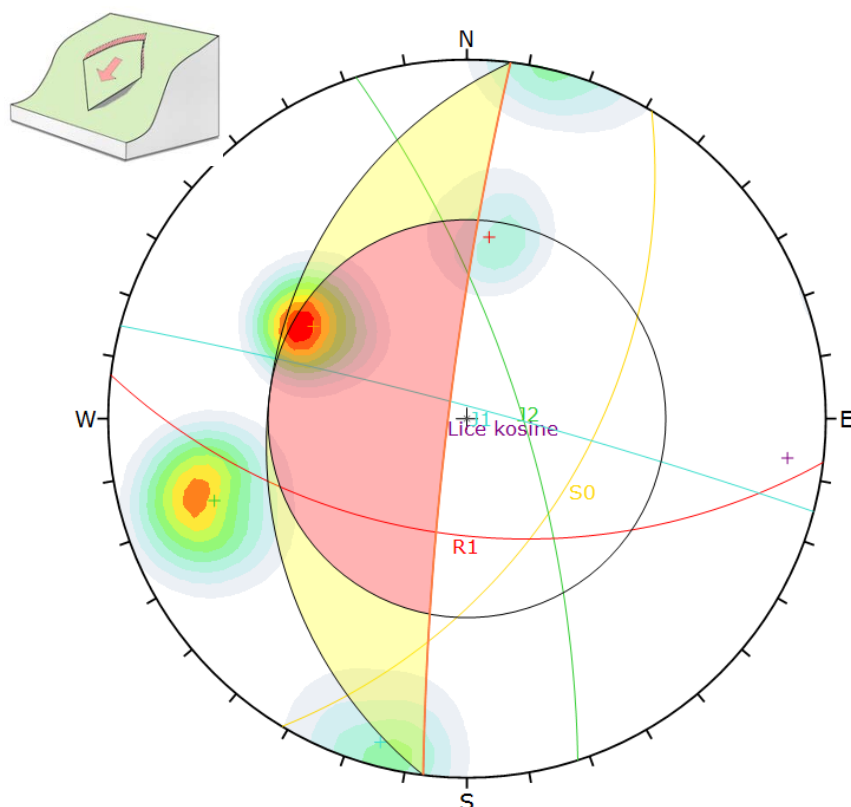
Smicanje klina - Rezultati analize (slika 3.23) pokazuju da **ne postoji** kinematska mogućnost za formiranje klinova koji bi mogli da ispadnu iz stenske mase.

Savijanje blokova - Kinematski uslovi savijanja blokova prikazani su na slici 3.24. Analiza je pokazala da od ukupnog broja podataka verovatnoća da dođe do savijanja blokova iznosi 24,42%, pri čemu je najkritična familija ravni slojevitosti S0 (36,5 % od svih automatski izdvojenih ravni iz ove familije), potom sledi familija pukotina iz sistema J2 (33,97 % od svih automatski izdvojenih ravni iz ove familije).

Direktno preturanje - Mogućnost direktnog preturanja prikazana je na slici 3.25. Na osnovu analize se može zaključiti da je verovatnoća da dođe do direktnog preturanja blokova 50%.



Slika 3.22 Dijagram kinematskih uslova za planarno klizanje na litici LK1



Symbol	Feature
+	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
0.00 - 1.60	
1.60 - 3.20	
3.20 - 4.80	
4.80 - 6.40	
6.40 - 8.00	
8.00 - 9.60	
9.60 - 11.20	
11.20 - 12.80	
12.80 - 14.40	
14.40 - 16.00	

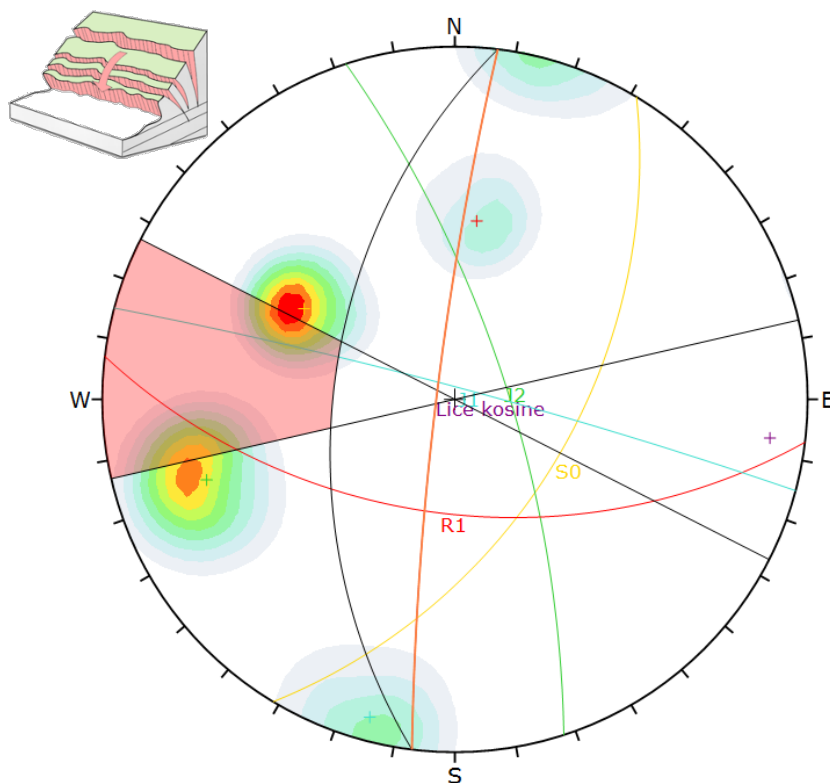
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	15.96%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	84
Slope Dip Direction	277
Friction Angle	32°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	0	0	0%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	146373 (146373 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	0
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Slika 3.23 Dijagram kinematskih uslova za za klizanje klina na litici LK1



Color	Density Concentrations
0.00 - 1.60	
1.60 - 3.20	
3.20 - 4.80	
4.80 - 6.40	
6.40 - 8.00	
8.00 - 9.60	
9.60 - 11.20	
11.20 - 12.80	
12.80 - 14.40	
14.40 - 16.00	

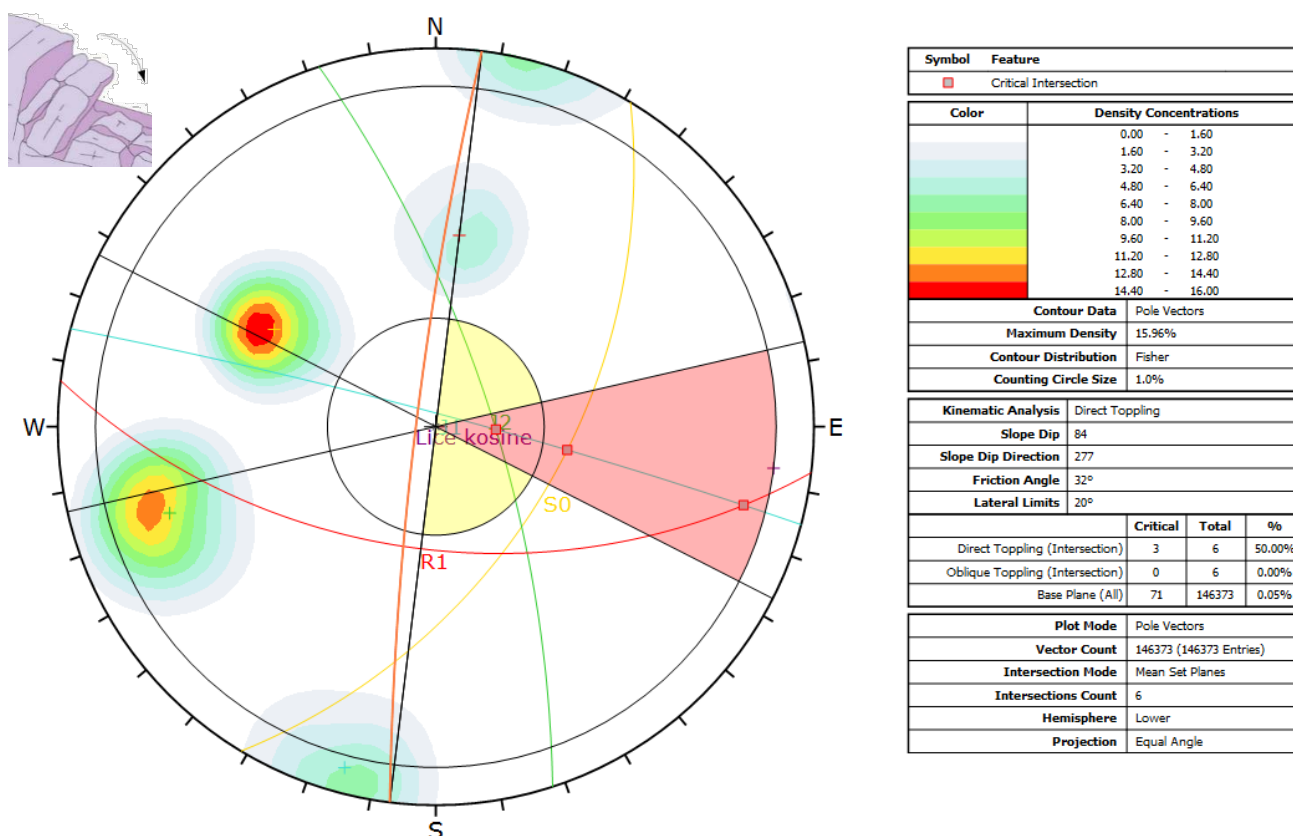
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	15.96%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	84
Slope Dip Direction	277
Friction Angle	32°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	35751	146373	24.42%
Flexural Toppling (Set 1: S0)	19497	53420	36.50%
Flexural Toppling (Set 2: J2)	16254	47842	33.97%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	146373 (146373 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Slika 3.24. Dijagram kinematskih uslova za za savijanje blokova na litici LK1



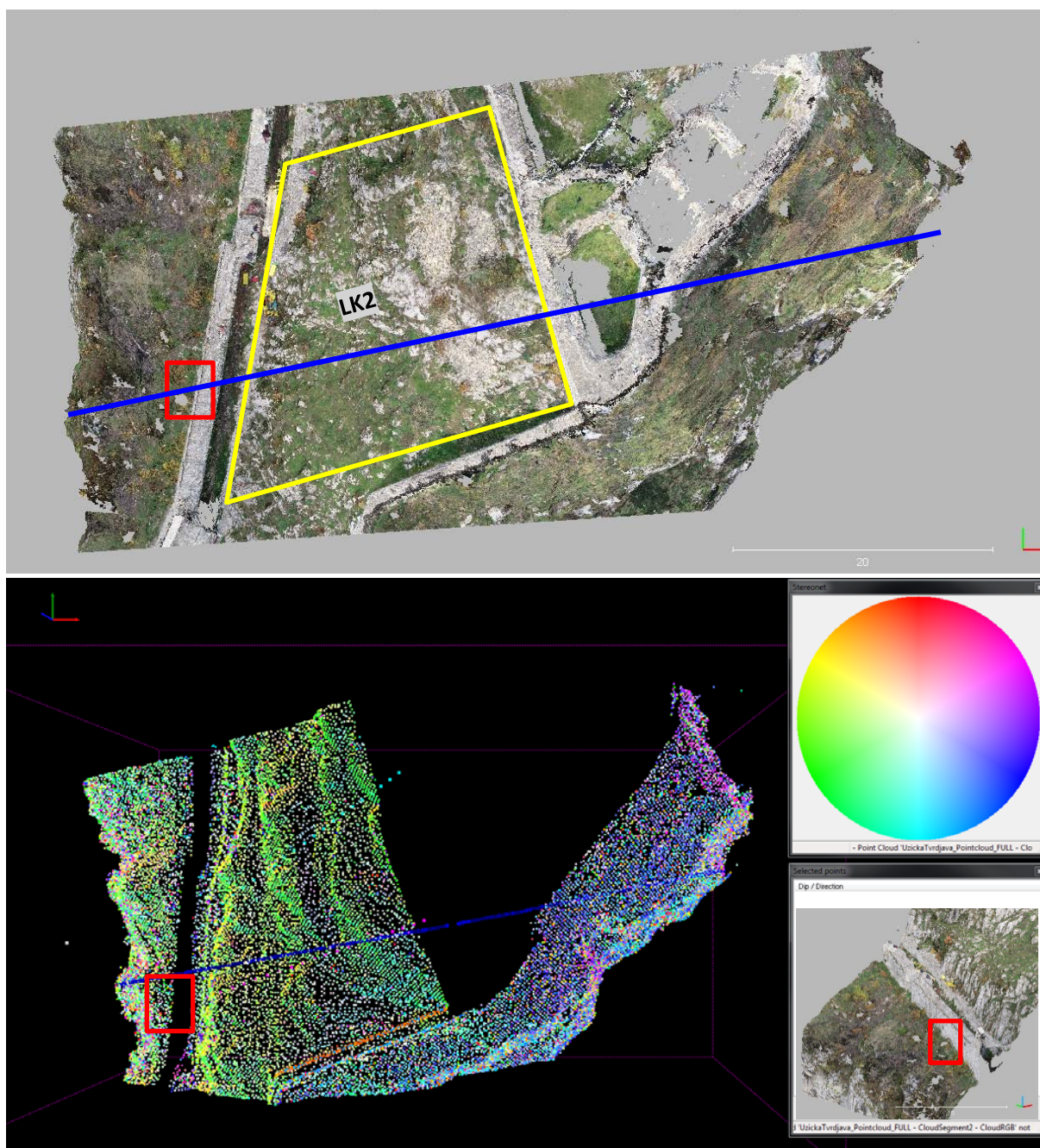
Slika 3.25. Dijagram kinematskih uslova za direktno preturanje blokova na licu litice LK1

Tabela 3.5 Rezultati kinematske analize pojedinih tipova nestabilnosti na licu litice LK1

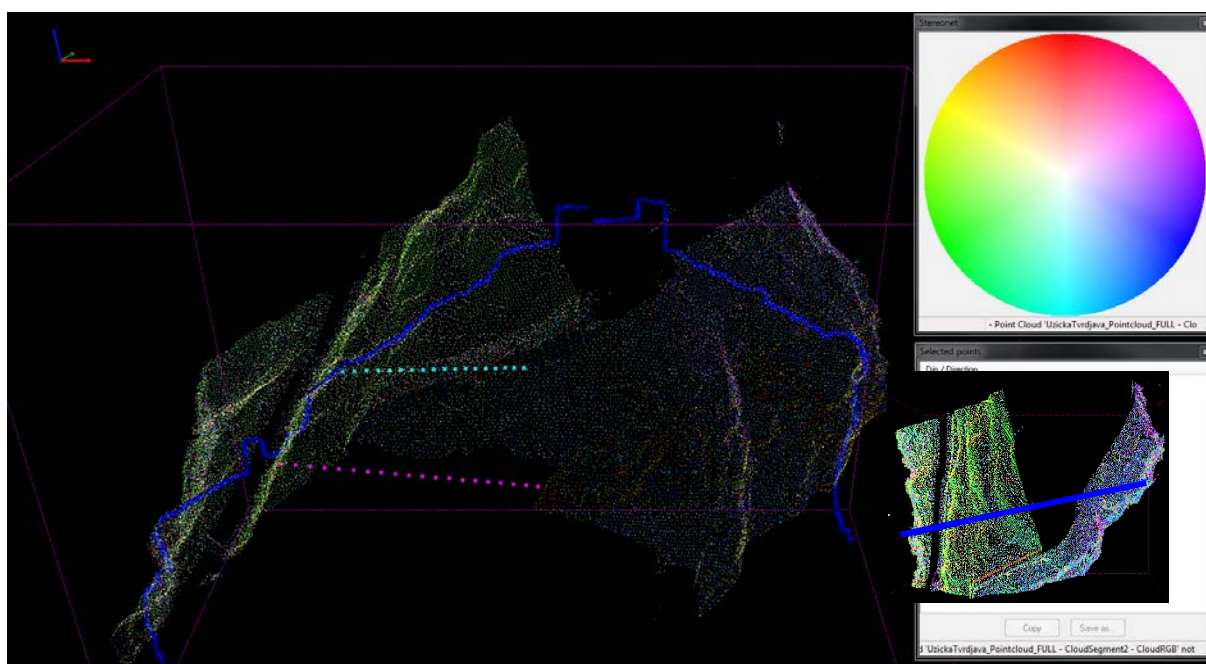
NESTABILNOST	KRITIČNIH / UKUPNO	FAMILIJA / UKUPNO	% UKUPNO	% FAMILIJA
PLANARNO KLIZANJE	0 / 146.373	/	/	/
KLIZANJE KLINA	0 / 6	/	/	/
SAVIJANJE BLOKOVA	35.751 / 146.373	S0 19.497 / 53.420 J2 16.254 / 47.842	24.42	S0 36.5 J1 33.97
DIREKTNOST PRETURANJE	3 / 6	Presečne ravni	50	/

Na osnovu kinematske analize, najzastupljeniji vidovi nestabilnosti su: direktno preturanje i savijanje što je potvrđeno terenskim opažanjem prilikom fotogramterijskog snimanja lica litice LK1.

Litica LK2 - Navedena kosina se pruža od prve linije bedema do vrha utvrđenja i promenljivog je nagiba sa dve jasne etaže. Ona se sa LK1 graniči upravo u zoni sidrenja (označeno crvenim pravougaonikom) levog oporca mosta (gledano nizvodno), i obuhvata stensku masu u kojoj je vršeno probno sidrenje, slika 3.26. Za potrebe analize korišćen je oblak tačaka čiji je fokus bila centralna linija preseka po osi mosta, sa leve dolinske strane i to po 10 m levo i desno od ose (slika 3.27). Isti je upotrebljen i za provizornu analizu kosine LK3.



Slika 3.26 Pozicija i pružanje kosine LK1 u odnosu na liniju preseka u planu. Crvenim pravougaonikom je označena približna lokacija oporca projektovanog visećeg mosta, plava linija predstavlja liniju preseka



Slika 3.27 Pozicija opitnih sidara (ljubičasto i cijan-plavo) u odnosu na liniju preseka (tamno plavo)

Treba napomenuti da je ovo bio intenzivno korišćen deo površine stene, verovatno i mehanički obrađivan tj. zaravnjen ili ublaživan, kako bi se formirale pristupačnije površi i etaže za funkcionisanje tvrđave. S tim u vezi, za očekivati je da se subhorizontalne površi ne mogu naročito uspešno rekonstruisati.

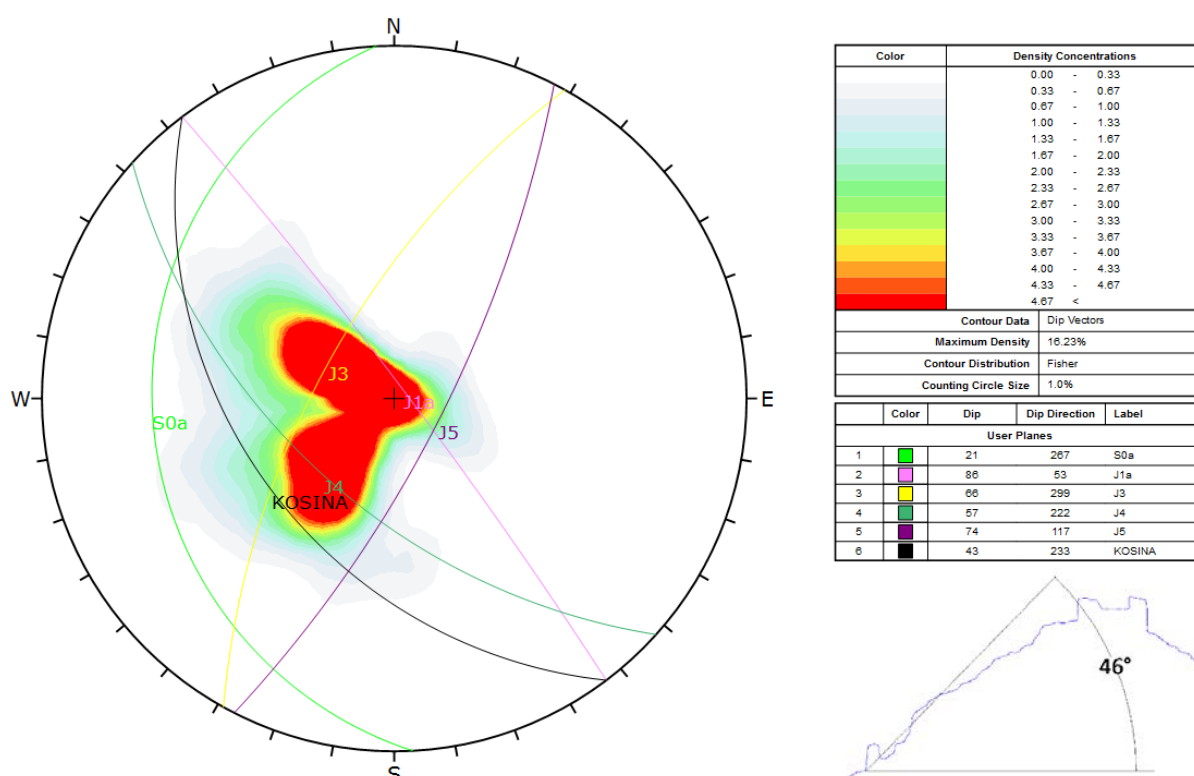
Tabela 3.6 Osnovni podaci o izdvojenim strukturnim elementima kosine LK2

OZNAKA	OPIS	ELEMENTI PADA	BROJ IZDVOJENIH TAČAKA	BROJ IZDVOJENIH POVRŠI	KOLORNA ŠEMA
LK2	Lice kosine	233/46	-	-	
S0A	Slojevitost	267/21	973	4	
J1A	Pukotine	53/86	11.100	39	
J3	Pukotine	299/66	143.500	16	
J4	Pukotine	222/57	140.700	28	
J5	Pukotine	117/74	9.900	27	

Analiza strukturnog sklopa podrazumevala je selekciju odgovarajućih delova oblaka tačaka radi izdvajanja reprezentativnih uzoraka zastupljenih familija diskontinuiteta. Uzorkovanje je većinski izvedeno manuelno, jer poluautomatska procedura nije dala željenu tačnost, odnosno došlo je do velikog rasipanja selektovanih familija, čime bi se ugrozila reprezentativnost uzoraka za slučaj glavne ose preseka i zona sidrenja (probnog i projektovanog). Izuzetak je jedino subhorizontalna do blago nagnuta familija S0 odnosno stratifikacija, koja je usled gore navedenih razloga (mehaničke prerade i vegetacije) ostala sa slabo uočljivim površima (manuelno je izdvojeno svega 4 površi, a ostalo automatski na osnovu tolerancije azimuta i padnog ugla padne prave od $\pm 5^\circ$). Parametri prostornog položaja površi diskontinuiteta su, dakle, prilagođeni lokaciji glavne ose i zona sidrenja, odnosno široj zoni oko linije preseka (tabela 3.6). U tom smislu, uzorkovane su samo pouzdano uočljive ravni u blizini preseka, dok su udaljene ravni, na kojima dolazi do

određenih devijacija kako se udaljavaju od linije preseka (usled geoloških i mehaničkih razloga) zanemarene kako ne bi statistički uticali na kasniju kinematsku analizu.

Prikazane vrednosti orijentacije predstavljaju medijane uzorkovanih površi i date su na položajnoj lopti na slici 3.28, u vidu osrednjenih trasa diskontinuiteta, zajedno sa trasom same kosine od 233/43. Evidentno je da je i na licu kosine došlo do promene geometrije (ublažavanja pada i otklona azimuta) u odnosu na LK1, kao i promene pružanja diskontinuiteta, pa se pojavljuju nove familije pukotina, neuočljive na SK1 (J3-J5), dok je jedna od familija ostaje relativno konzistentnog pružanja i ostalih svojstava, a to je J1 (15/86) preimenovana u J1a (53/86). Slojevitost S0 se značajno menja, i označena je sa S0a, međutim pouzdanost određivanja je znatno niža a rasipanje znatno veće na SK2.

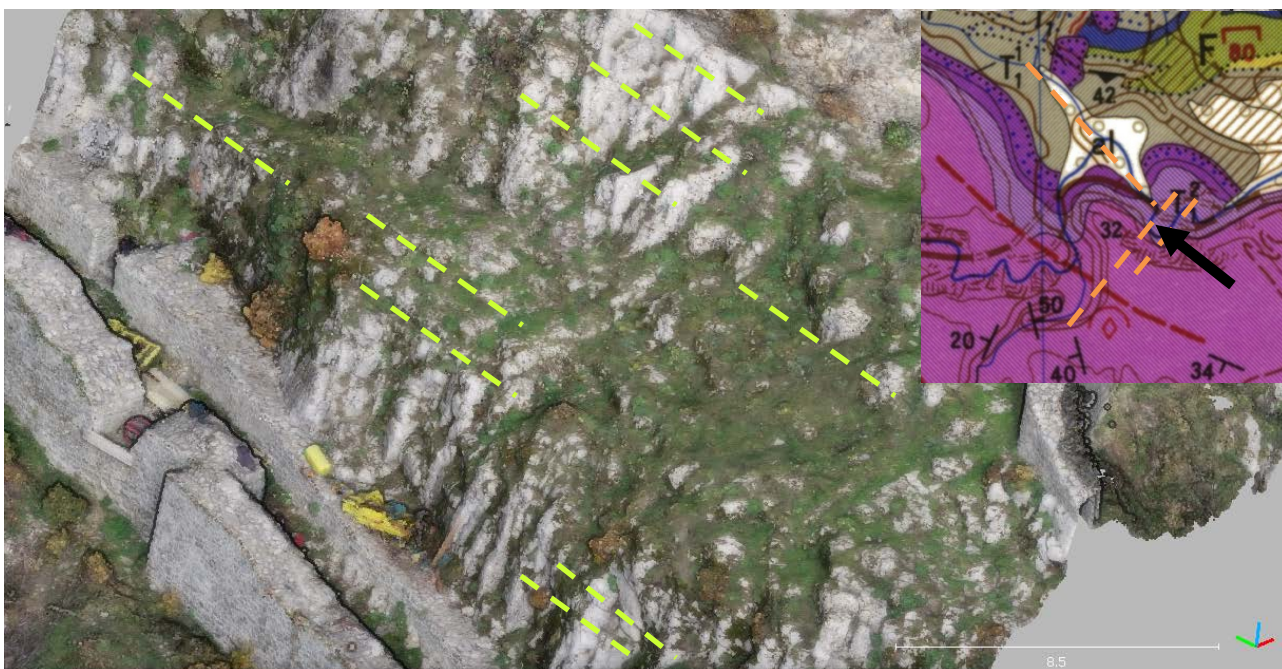


Slika 3.28 Trase izdvojenih i grupisanih strukturnih elemenata na kosini LK2 (u detalju presek kroz kosinu sa približnim uglom globalnog nagiba)

Familija S0a - međuslojne pukotine (267/21)

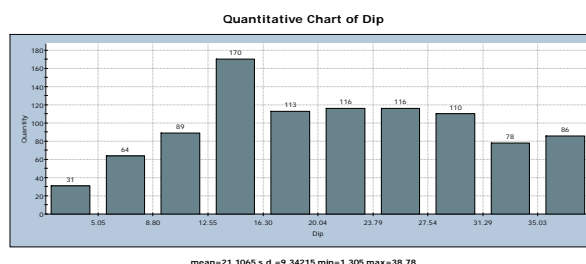
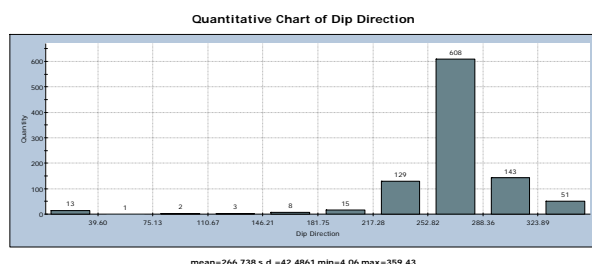
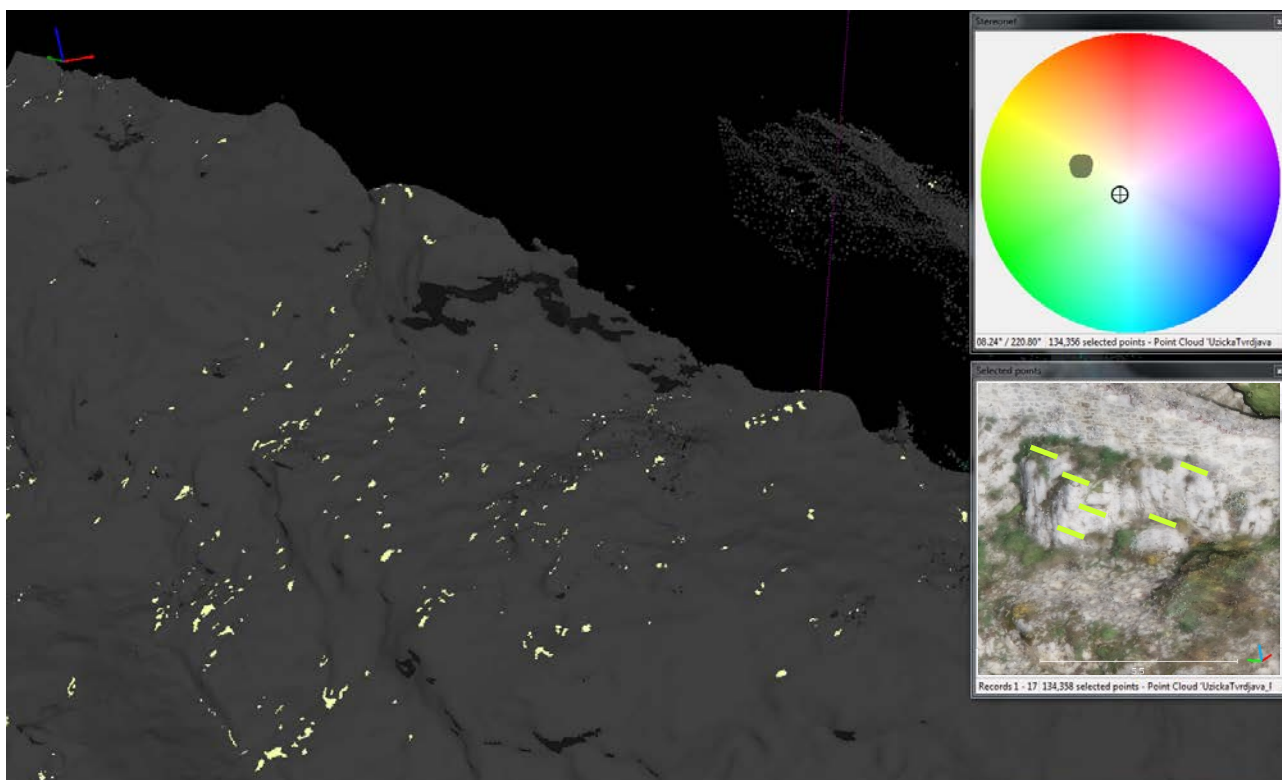
Kao i kod kosine LK1, međuslojne pukotine su opšteprisutne, penetrativne, ali sa znatno manjom jasnoćom na oblaku tačaka usled prerađenih i raspadnutih eksponiranih površi između donjeg i gornjeg bedema. Ipak, jasno se uočavaju u vidu stisnutih pukotina na fotogrametrijskom prikazu, naročito na bankovitim delovima, ali na oblaku tačaka, usled stisnutosti nisu uočljive. Moguće je takođe, da su i dve glavne etaže zapravo klesane duž ovih površi, ali to nije dovoljno pouzdana pretpostavka da bi se te površi uzorkovale kao reprezentativne za ovu familiju (S0a). Premda je prostorna orijentacija različita u slučaju kosine LK1 i kosine LK2, reč je o istoj familiji, jer ne treba isključiti mogućnost lokalnih fleksura, s obzirom na moguć uticaj lokalnog smicanja po familiji R1. U tom smislu može

se pretpostaviti da su u pitanju blago ubrani slojevi pa im je u ovoj gornjoj sekvenci (LK2 azimut 267°) pad približno suprotan i blaži u odnosu na dolju sekvencu (LK1 azimut 121°). Ubranje je moguće i usled prisustva raseda višeg reda koji je se nazire na osnovu morfologije terena, prisustva strmih litica na meandrirajućem delu reke, što su sve indikatori većeg regionalnog raseda (na slici 3.29 doctani su pretpostavljeni ešeloni rasedi narandžastom isprekidanom linijom, a strelicom markirana pozicija kosine, a vidi se takođe da su padovi slojeva od oko 30° saglasni sa S0a). Ostala svojstva su približno ista kao i u slučaju LK1: promenljivo rastojanje odnosno debljina slojeva od cm do decimetarskih raspona, ravne i kontinualne površi.



Slika 3.29 Familija S0a u stenskom masivu kosine LK2 – detalj na oblaku tačaka (pogled naniže iz pravca juga) na kojem se vide samo stisnute trase (isprekidane svetlo zelene linije), ali ne i jasne pripadajuće površi. Na detalju u gornjem desnom uglu dat je isečak geološke karte sa strukturama

Posledično, primenjena je vrlo lokalizovana manuelna selekcija uzorka ove familije na oblaku tačaka, sužena na prostor uz samo dno gornjeg bedema, koja se sastoji iz svega 4 (oko 1000 tačaka) jasne površi dm-m dimenzija, dok je ostatak izdvajan automatski na osnovu srednje orijentacije ove četiri površi sa tolerancijom od $\pm 5^\circ$ (slika 3.30). Rasipanje vrednosti azimuta i padnog ugla uzorka je evidentno, a raspodela jeste prirodna ali značajno asimetrična u slučaju azimuta (na šta ukazuje ogromna standardna devijacija od 42°) i nepravilna u slučaju padnog ugla, sa standardnom devijacijom od oko 9° . Pukotine su lokalno karstifikovane, undulirajuće, stisnute, 1-4 dm rastojanja, a može se pretpostaviti da imaju i ispunu u karstifikovanim sekvencama, kao i veću raspadnutost. U pitanju je svakako najstarija familija diskontinuiteta, s obzirom da je reč o primarnoj izdellenosti stenske mase usled procesa dijageneze, kada su diskontinuiteti formirani pri blagim promenama uslova sedimentacije koji su trajali kraće (centimetarske lamine) ili duže (bankovi). Prema osnovnoj geološkoj karti, u pitanju je donje-trijaska starost.

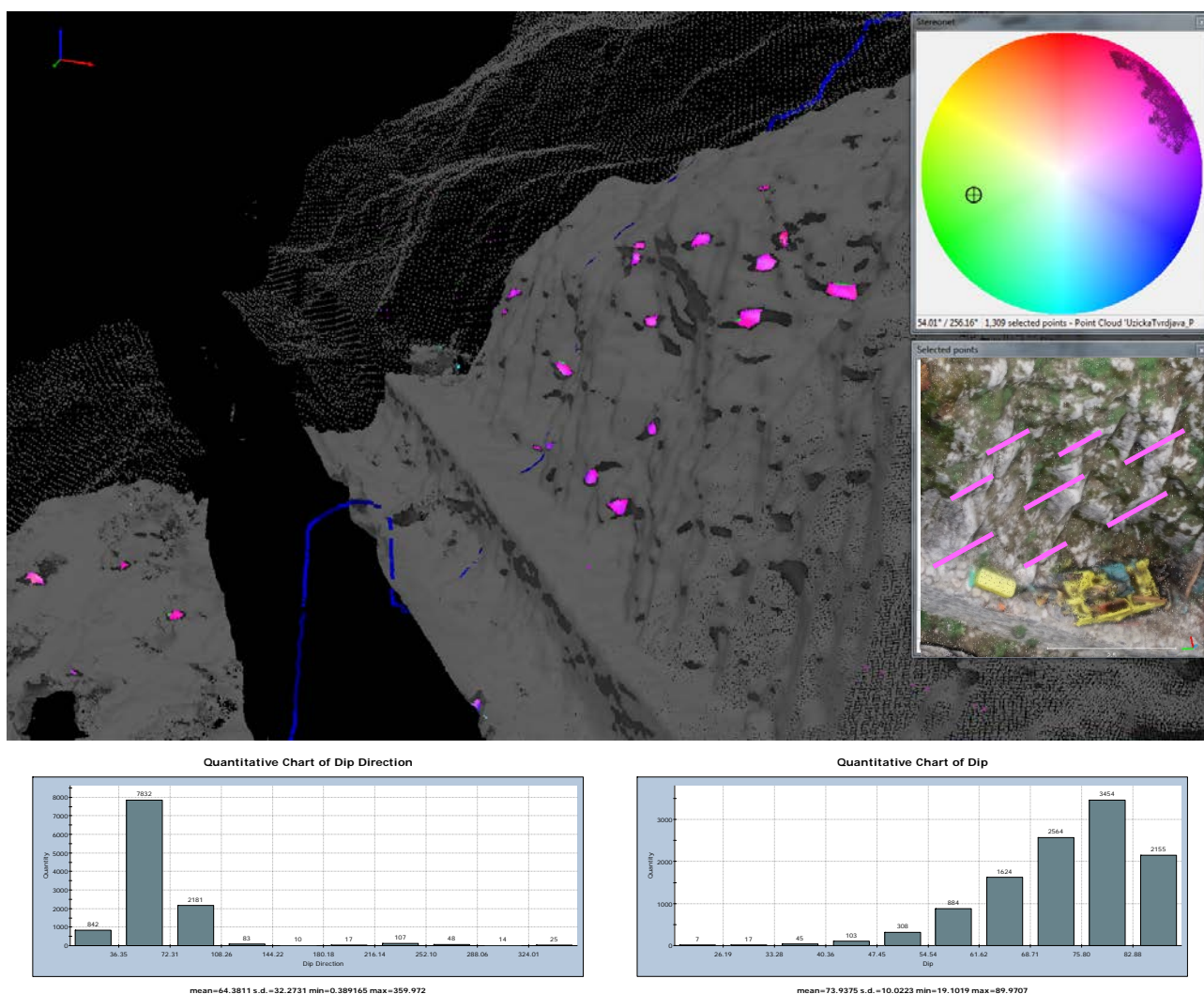


Slika 3.30 Uzorkovani delovi oblaka tačaka na kosini LK2 za familiju S0a sa raspodelama vrednosti azimuta i padnog ugla (ispod). Na detalju je prikazana sekcija u blizini gornjeg bedema sa slabo izraženim trasama ove familije na kosini (pogled sa iste visine sa zapada)

Familija pukotina J1a - pukotine smicanja (53/86)

Površni u ovoj familiji su znatno manje zastupljene u odnosu na slučaj sa familijom J1 na LK1, koja se može smatrati ekvivalentnom, uz određene razlike. Naime površi su manje i ima ih više (39 faceta), pa je manja perzistentnost (više materijalnih mostova), razmaci su im kratki (0,4 m) do veoma veliki (2,7 m), talasaste su i mlađe po postanku od S0/S0a, što se vidi na osnovu smaknutih međuslojnih pukotina duž ovih površi. Uzorak je pravilne ali pomerene raspodele sa velikim standardnim devijacijama od 32° po azimutu, i prihvatljivijih 10° po padu (slika 3.31).

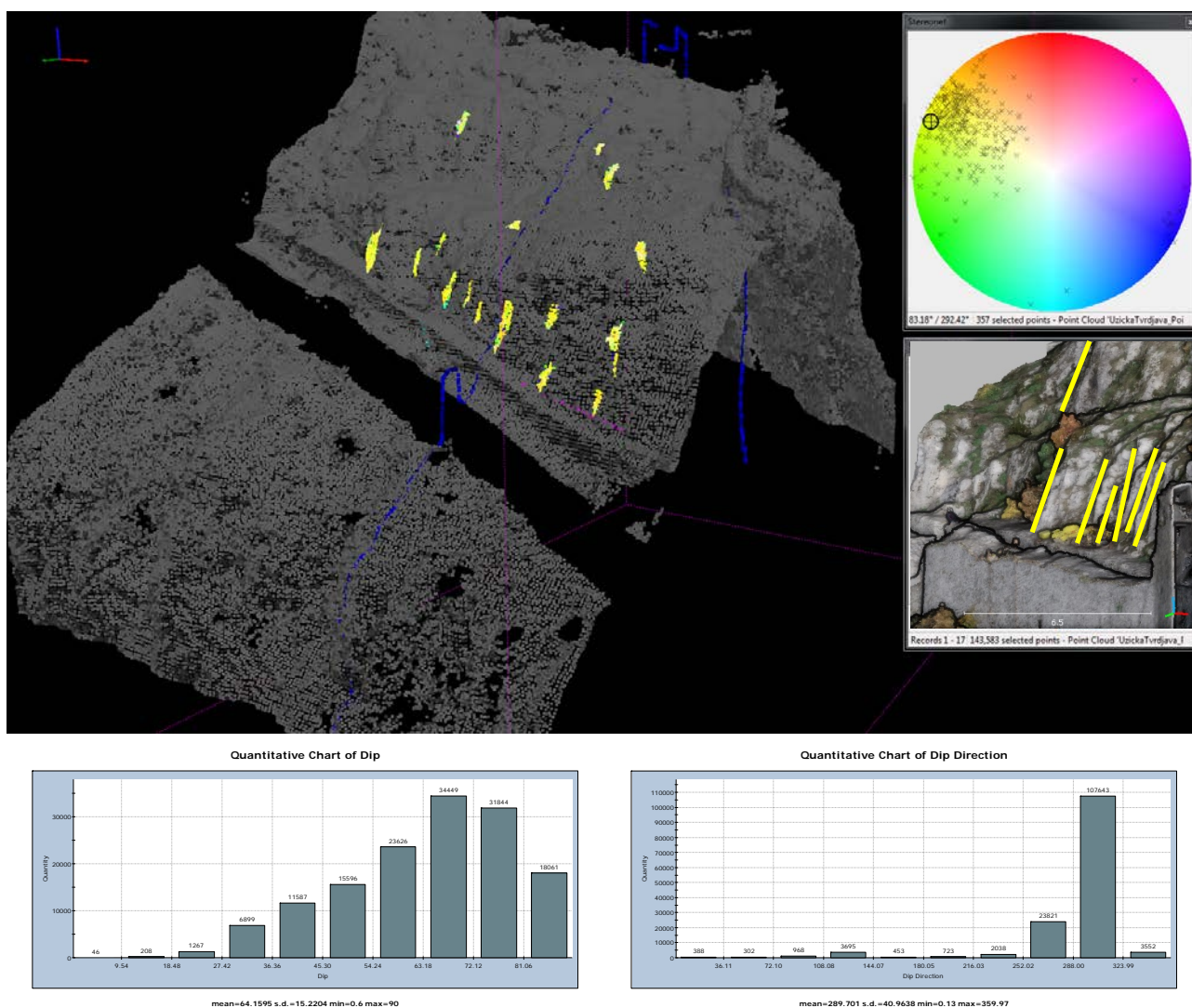
U odnosu na J1 diskutabilan je, ali ipak indikativan smičući karakter ove familije, jer je jasno smicanje zamaskirano vegetacijom. Na osnovu generalizovanih trasa na položajnoj lopti (slika 3.28), postoji mogućnost da su konjugovane sa familijom J4, sa kojom zaklapaju teoretski prihvatljiv prostorni položaj u smislu konjugovanog smičućeg mehanizma.



Slika 3.31 Uzorkovani delovi oblaka tačaka na kosini LK2 za familiju J1a sa raspodelama vrednosti azimuta i padnog ugla (ispod). Na detalju je prikazana sekcija u blizini opitnog sidra sa jasno izraženim trasama ove familije na kosini (pogled nadole sa zapada)

Familija pukotina J3 - pukotine smicanja (299/66)

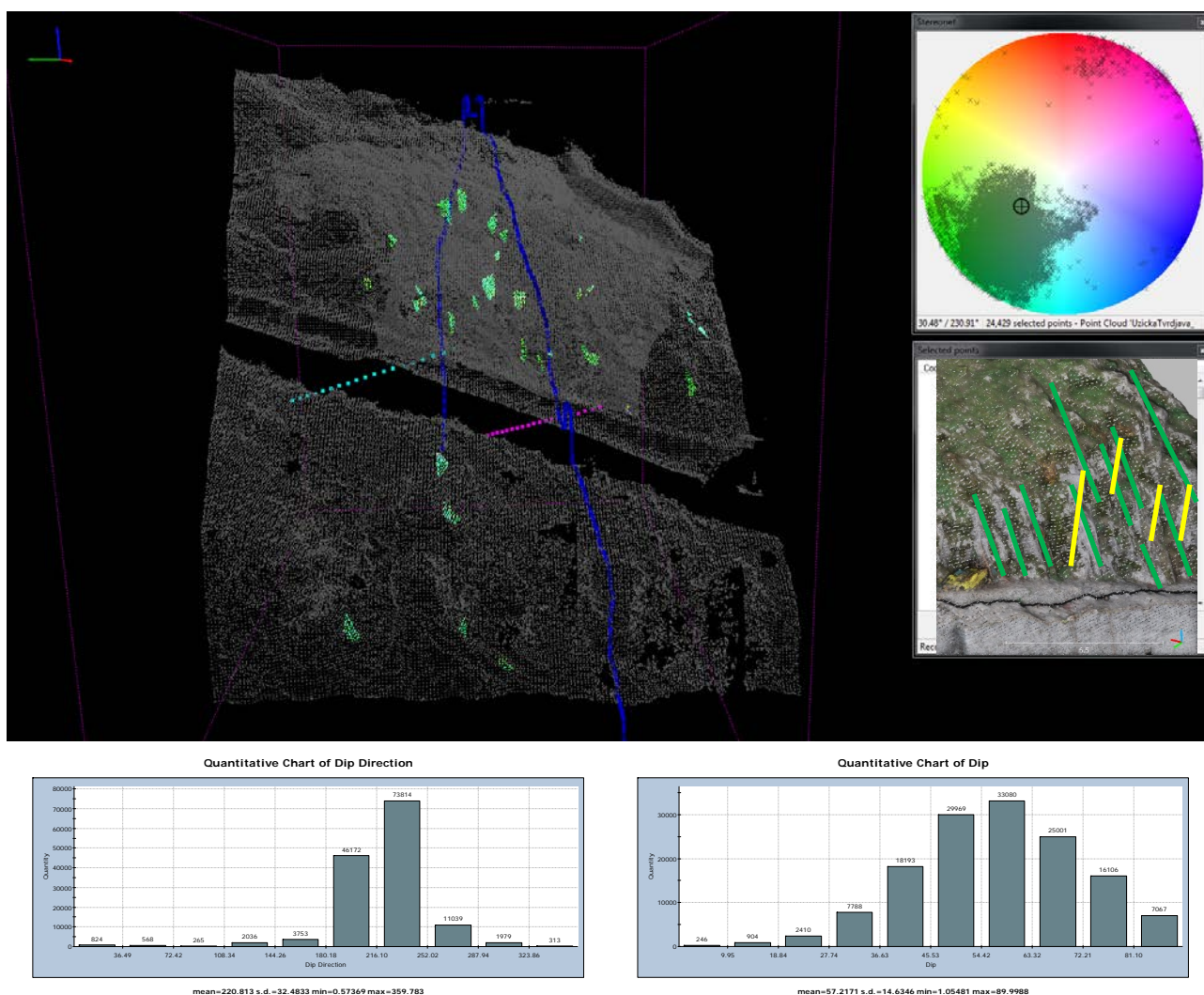
Ovo je familija koja nije zastupljena u donjem segmentu (tj. LK1) i po svoj prilici je konjugovana sa J4, koja je vrlo slična po svim svojstvima osim po orijentaciji, a i u pogledu orijentacije približno zaklapa teoretski ugao od 30-60°, tako da se vrlo pouzdano može reći da je reč o smičućim pukotinama. Karakteriše ih srednji razmak (0,25-1 m), glatke i ravne površi zidova, srednja dužina (1-5 m), upadljivo strm tj. subvertikalan pad, srednja kontinualnost. Ne može se tačno proceniti na osnovu oblaka tačaka, ali su stisnute i sa malo ili nimalo ispune, alteracije zidova. U pogledu raspodele podataka u uzorku, selektovano je 16 faceta sa preko 140.000 uzorkovanih tačaka (slika 3.32), koje imaju pravilnu raspodelu i po azimutu i po padu sa prihvatljivim standardnim devijacijama od 40 i 15°, respektivno. Reč je o relativno starim pukotinama, verovatno druge generacije, odmah nakon S0a, našta ukazuju njihove ravne i kontinualne površi, kao i činjenica da ih tenziona familija J5 seče pod približno pravim uglom, dok su J1a manje kontinualnosti i zatalasane, dakle mlađe.



Slika 3.32 Uzorkovani delovi oblaka tačaka na kosini LK2 za familiju J3 sa raspodelama vrednosti azimuta i padnog ugla (ispod). Na detalju je prikazana sekcija u blizini opitnog sidra i mesta projektovanog oporca sa jasno izraženim trasama ove familije na kosini (pogled sa iste visine sa severo-zapada)

Familija pukotina J4 - pukotine smicanja (222/57)

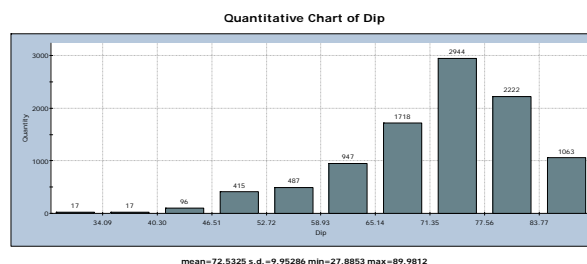
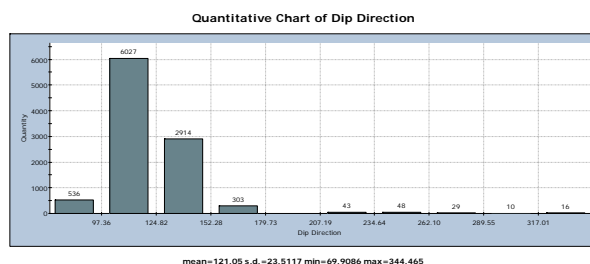
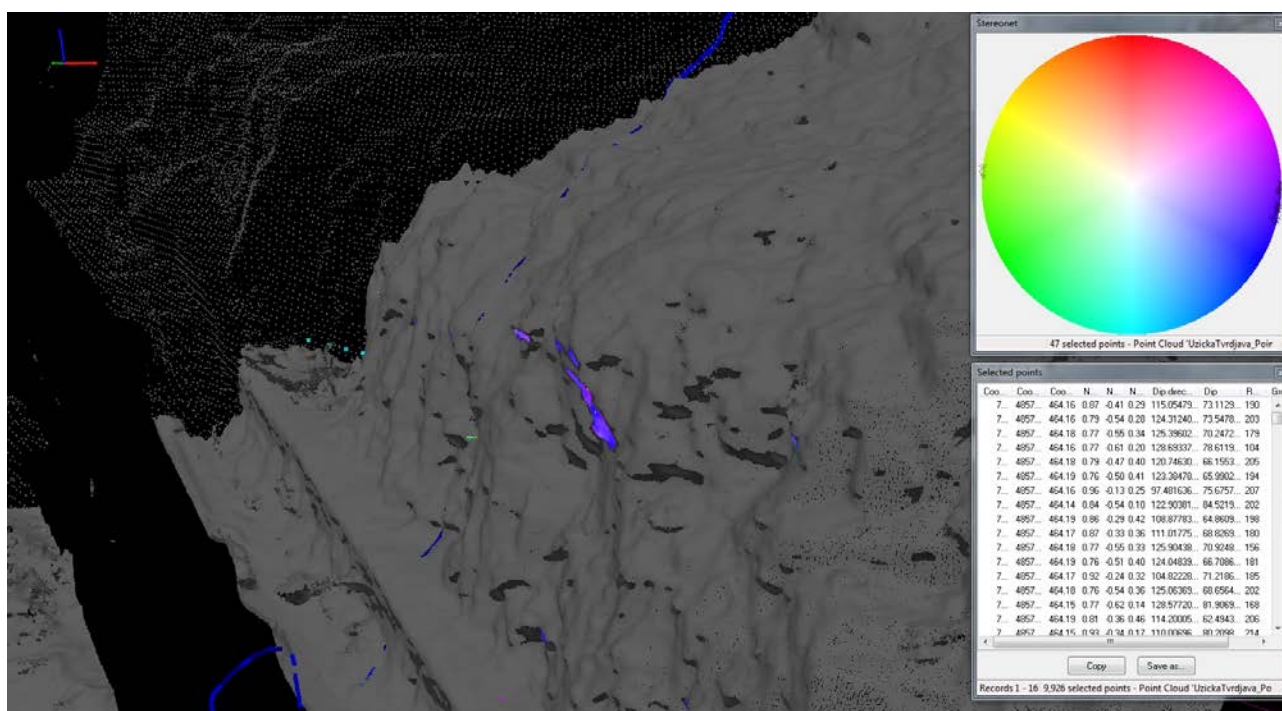
Približno ista svojstva kao za J3 važe i za ovu familiju, za koju se pretpostavlja da je konjugovana sa prethodnom u smičućem mehanizmu. U smislu kinematske analize, jasno je da u ovoj konjukciji treba očekivati pojave klinova, zavisno od lokalne geometrije lica kosine. Statističko rasipanje uzorka je nešto manje, pri čemu je slična veličina uzorka (140.000 tačaka), a više je izdvojenih faceta (28), koje su nešto manje kontinualnosti u odnosu na površi familije J3 (slika 3.33). Rastojanje je mestimično znatno veće i do 5 m, ali je prosečno to manje od 1 m. Starost, odnosno faza formiranja je ista kao u slučaju J3. Povoljno stoji u odnosu na sidrenje, praktično upravno na pravce sidara a sa strmim padom, za razliku od J3 koja stoji podužno i strmo.



Slika 3.33 Uzorkovani delovi oblaka tačaka na kosini LK2 za familiju J4 sa raspodelama vrednosti azimuta i padnog ugla (ispod). Na detalju je prikazana sekcija u blizini opitnog sidra i mesta projektovanog oporca sa jasno izraženim trasama ove familije na kosini (pogled sa iste visine sa severo-zapada), kao i prethodne familije (strmi klinovi)

Familija pukotina J5 - tenziona pukotine (117/74)

Površni ove familije su slabo zastupljene, ali ne zbog manjeg broja jasno uočljivih površi (u uzorku ima 27 faceta), već zbog njihove lokalizovanosti na nekih 5-10 m iznad projektovanog oporca, slika 3.34. Reč je o kratkim, nepravilnim i hrapavim površima, bliskog do srednjeg rastojanja, Lučni, undulirajući karakter ukazuje na tenzioni mehanizam nastanka, za koji je karakteristično da se progresivno povija ka već formiranim, starijim površima, poput J3 ili J5. Uprkos undulirajućem karakteru, statistička raspodela je pravilna sa više nego prihvatljivim standardnim devijacijama: 23 po azimutu i 10 po padu.



Slika 3.34 Uzorkovani delovi oblaka tačaka na kosini LK2 za familiju J5 sa raspodelama vrednosti azimuta i padnog ugla (ispod). Na detalju je prikazana sekcija u zoni opitnog sidra sa jasno izraženim trasama ove familije na kosini (pogled odozgo sa juga)

Na osnovu fotogrametrijsko-morfometrijske analize, moguće je delimično i orijentaciono procenjivanje vrednosti određenih parametara stenske mase u cilju njene kvantifikacije kroz RMR i GSI sisteme bodovanja. Relevantne vrednosti date su u tabeli 3.7.

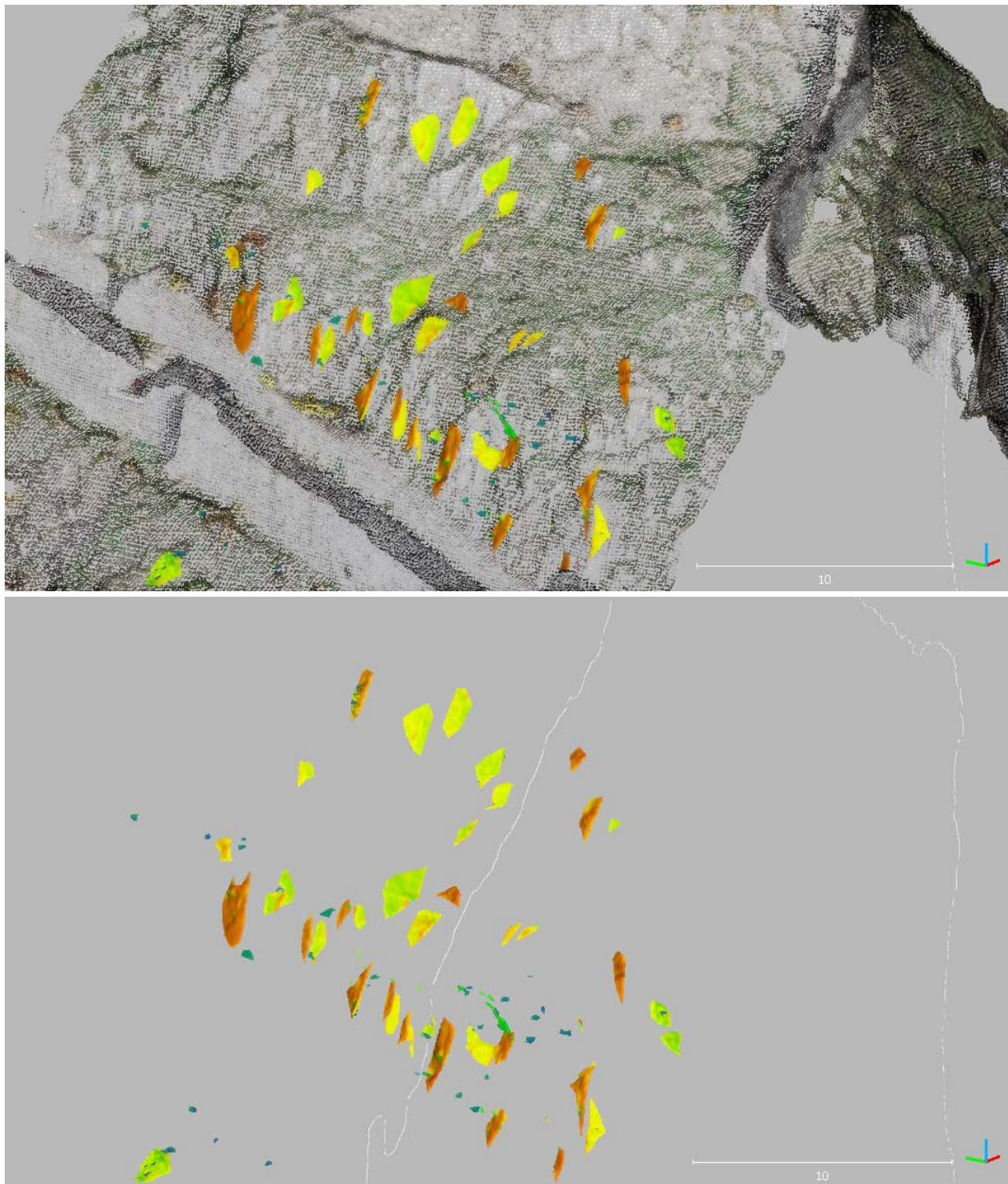
Tabela 3.7 Orijentacione vrednosti parametara za RMR89 klasifikaciju i procena GSI vrednosti

FAMILIJA	J3	J4	J5	J1A	S0A
RMR UCS ČVRSTOĆA NA PRITISAK	-	-	-	-	-
RMR RQD KVALITET JEZGRA (MIN-MAX)	7-19*	7-19*	7-19*	7-19*	7-19*
RMR RASTOJANJE PUKOTINA (MIN-MAX)	8-14	8-20	7-17	10-20	7-10*
RMR STANJE PUKOTINA - PROSTIRANJE	2	4	6	6	6
RMR STANJE PUKOTINA - ZEV	4*	4*	1*	1*	1*
RMR STANJE PUKOTINA - HRAPAVOST	1*	1*	3*	3*	3*
RMR ISPUNA PUKOTINA	NP	NP	NP	NP	NP
RMR RASPADNUTOST ZIDOVA PUKOTINE	NP	NP	NP	NP	NP
GSI (MIN-MAX)	25-65*	25-70*	30-70*	30-70*	30-70*

* vrednosti veoma niske pouzdanosti; NP – nije primenljivo

Kinematska analiza mogućih mehanizama loma na kosini LK2

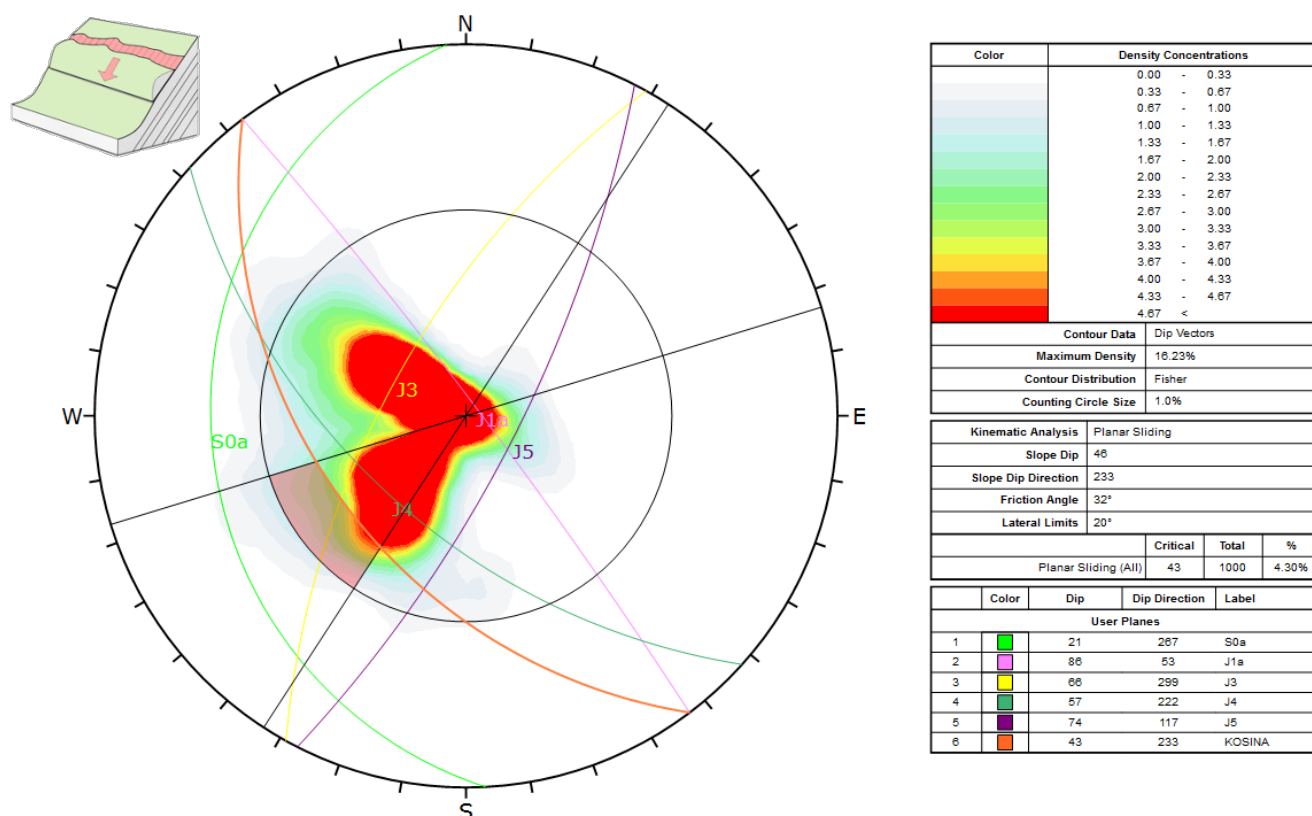
Sve familije zajedno mogu se predstaviti u perspektivi u odnosu na kosinu LK2 i presek po glavnoj osi mosta, radi lakšeg sagledavanja mogućih pojava nestabilnosti (slika 3.35).



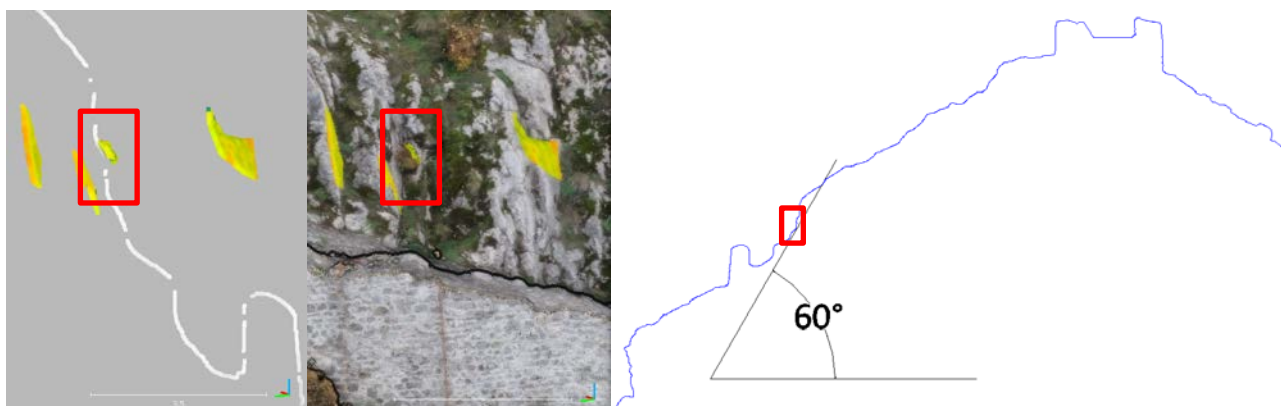
Slika 3.35 Uzorkovani delovi oblaka tačaka na kosini LK2 za sve familije (gore) i u odnosu na osu preseka (dole)

Na slikama 3.36 - 3.42 prikazana je statistička kinematska analiza mogućih mehanizama loma (planarno klizanje bloka, klizanje klina i preturanje odnosno savijanje blokova) na osnovu usvojenih i prethodno opisanih strukturnih elemenata, osrednjenih i predstavljenih reprezentativnim ravnima. Usvojeni elementi pada lica kosine LK2 su 233/46 (malo zakrenuto ka jugu i dosta blažeg pada u odnosu na LK1). Pretpostavljen je ugao smičuće otpornosti od 32° (rezidualni). Bočne granice tolerancije postavljene su na $\pm 20^\circ$. Analiza je vršena u programu Dips (Rocscience). Zbog velike gustine podataka i strmih padnih pravih, konture vektora padne prave su donekle nepregledne. Iz tehničkih razloga, veliki uzorci od preko 100.000 tačaka redukovani su na 1000 nasumično izabranih.

Planarno smicanje blokova - prema kinematskoj analizi ne postoje uslovi za globalno blokovsko, planarno klizanje. Eventualno se može očekivati takva pojava u familiji J4 gde se lokalno dogodi da je pad lica kosine veći od 60° , što jeste slučaj na najnižem delu LK2 uz donji rov (Slika 3.3.28). Na tom mestu se zapravo nalazi oslabljeni blokovski izdijeljeni deo stene, dimenzija 0,3x0,3x0,15 m, mase približno 30 kg, koji je sklon ispadanju, pa bi se potencijalno mogao okavati. Isto može da se pojavi u budućnosti ako zbog tehničkih potreba dođe do zasecanja u zoni donjeg bedema. Ako se vrši analiza bez osrednjavanja, tj. nad sirovim podacima, samo 43 pojave (43 tačke uzorka), odnosno 4.3% mogu da zadovolje ovaj kinematski uslov. Svakako je relevantnija prethodna analiza, jer se ne može rekonstruisati gde se nalaze te kritične pojave, kojoj familiji pripadaju i da li im je uslov zadovoljen u odnosu na lokalnu geometriju.

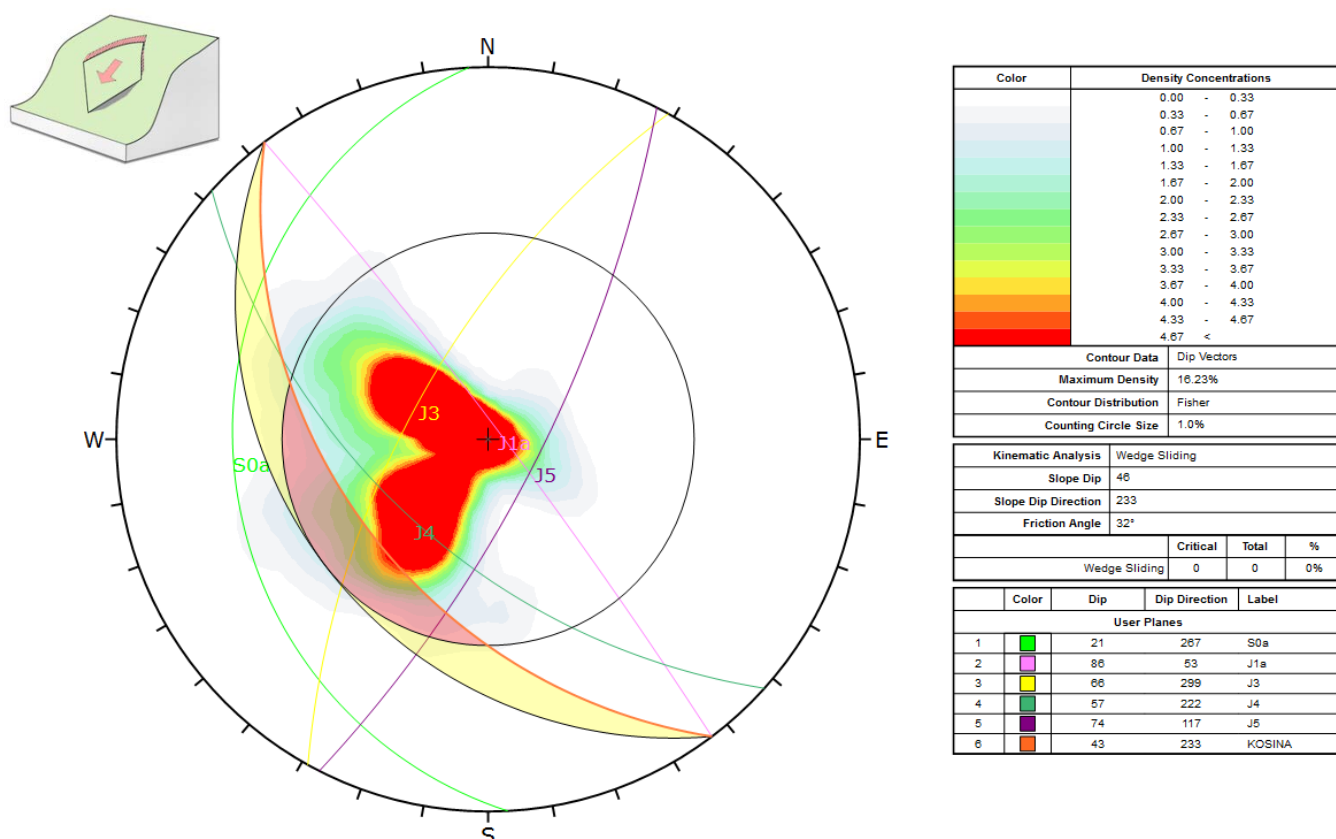


Slika 3.36 Dijagram kinematskih uslova za planarno klizanje na kosini LK2



Slika 3.37 Realno nestabilan manji blok za planarno klizanje na kosini LK2 (uokvireno crvenom)

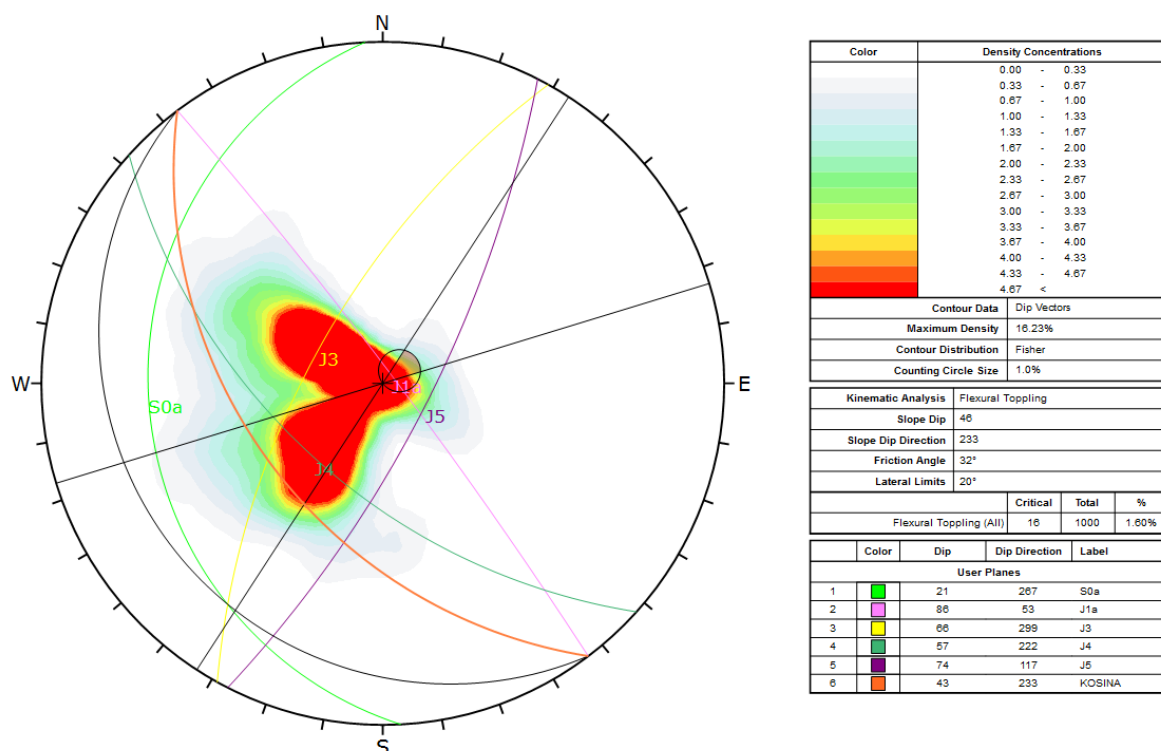
Smicanje klina - Rezultati analize (Slika 3.38) pokazuju da **ne postoji** kinematska mogućnost za formiranje klinova koji bi mogli da ispadnu iz stenske mase iako postoje konjugovane familije smičućih pukotina, ali su im presečnice prilično strme, npr. J3 i J4 formiraju klin sa presekom u 247/54, što je strmije od globalnih 46° nagiba i blago desno u odnosu na tolerantnu zonu od $\pm 20^\circ$. Kao i u prethodnom slučaju, potrebno je ograditi se od budućih slučajeva kod kojih bi se moglo pojaviti ispadanje klina usled zasecanja.



Slika 3.38 Dijagram kinematskih uslova za smicanje klina na kosini LK2

Savijanje blokova - Načelno, tj. statistički gledano, jesu zadovoljeni uslovi savijanja blokova u slučaju familije J1a ali su veoma malo zastupljeni (Slika 3.39).

Analiza je pokazala da od ukupnog broja podataka verovatnoća da dođe do savijanja blokova iznosi 1,6%. Međutim, treba imati na umu da zatezna čvrstoća stene nije zanemarljiva, i da su blokovi duž ose glavnog preseka kratki (karakteristično za celu familiju J1a), ali i to da ovu familiju približno upravno preseca slojevitost S0a. Dva realna bloka su nestabilna po ovom pitanju (slika 3.40) i oba su kraća od 30 cm, oba se nalaze relativno nisko, a jedan od njih je već prikazan u okviru planarnog smicanja duž J4, gde ima veću verovatnoću pojavljivanja, odnosno manje ograničavajućih faktora. Obe pozicije su prilično niske i relativno malih dimenzija, i ne predstavljaju značajnu pretnju (nemaju veliki domet niti mogu da uspostave veliku brzinu).



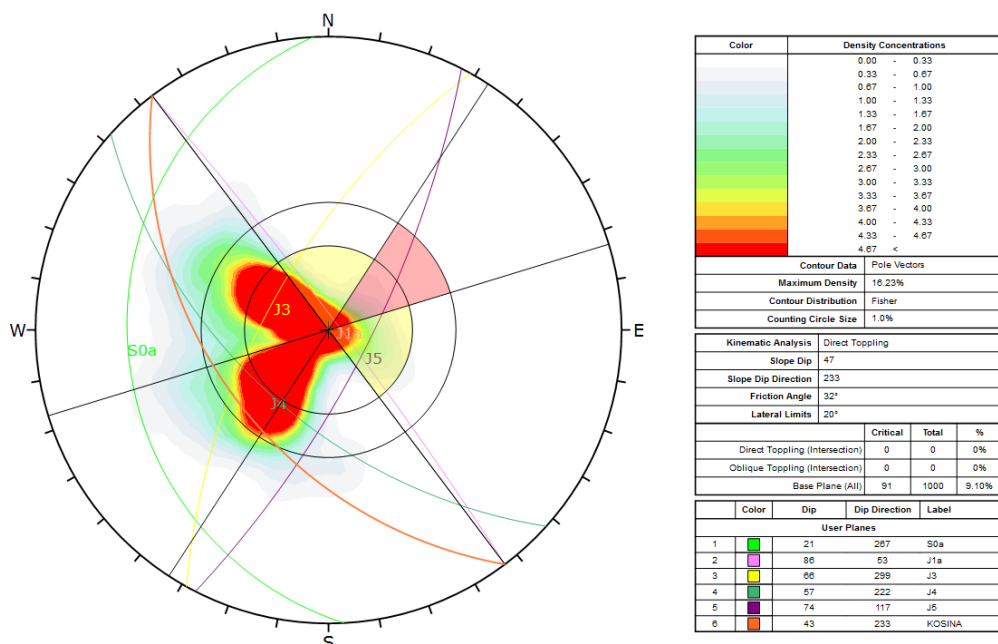
Slika 3.39 Dijagram kinematskih uslova za savijanje blokova na kosini LK2



Slika 3.40 Realno nestabilni manji blokovi na savijanje na kosini LK2 (uokvireno crvenom)

Ako se vrši analiza bez osrednjavanja, tj. na sirovim podacima, samo 16 pojava (16 tačaka uzorka), odnosno 1.6% mogu da zadovolje ovaj kinematski uslov. Svakako je relevantnija prethodna analiza, jer se ne može rekonstruisati gde se nalaze te kritične pojave, kojoj familiji pripadaju (potencijalno i po koja pukotina iz familije J5 bi mogla da uđe u kritičnu zonu) i da li im je uslov zadovoljen u odnosu na lokalnu geometriju.

Direktno preturanje - Na osnovu analize (slika 3.41) se može zaključiti da je verovatnoća da dođe do direktnog preturanja blokova zanemarljiva. Jedini lokalni izuzetak bi mogle biti pojave manjih blokova (slika 3.42), koji imaju lokalno značajnu promenu azimuta kosine, pa se može pojaviti koso preturanje. Dimenzije ovih blokova su 30x25x25 cm, dakle prizmatičnog oblika, a nalaze se i na nešto većim visinama, pa je kavanje ovih delova potencijalno potrebno. Inače, uslov podsecanja subhorizontalnom familijom pukotina jeste zadovoljen, i tu ulogu obavlja verovatno opšteprisutna slojevitost S0a.



Slika 3.41. Dijagram kinematskih uslova za direktno preturanje na kosini LK2



Slika 3.42 Realno nestabilni manji blokovi na preturanje na kosini LK2 (uokvireno crvenom)

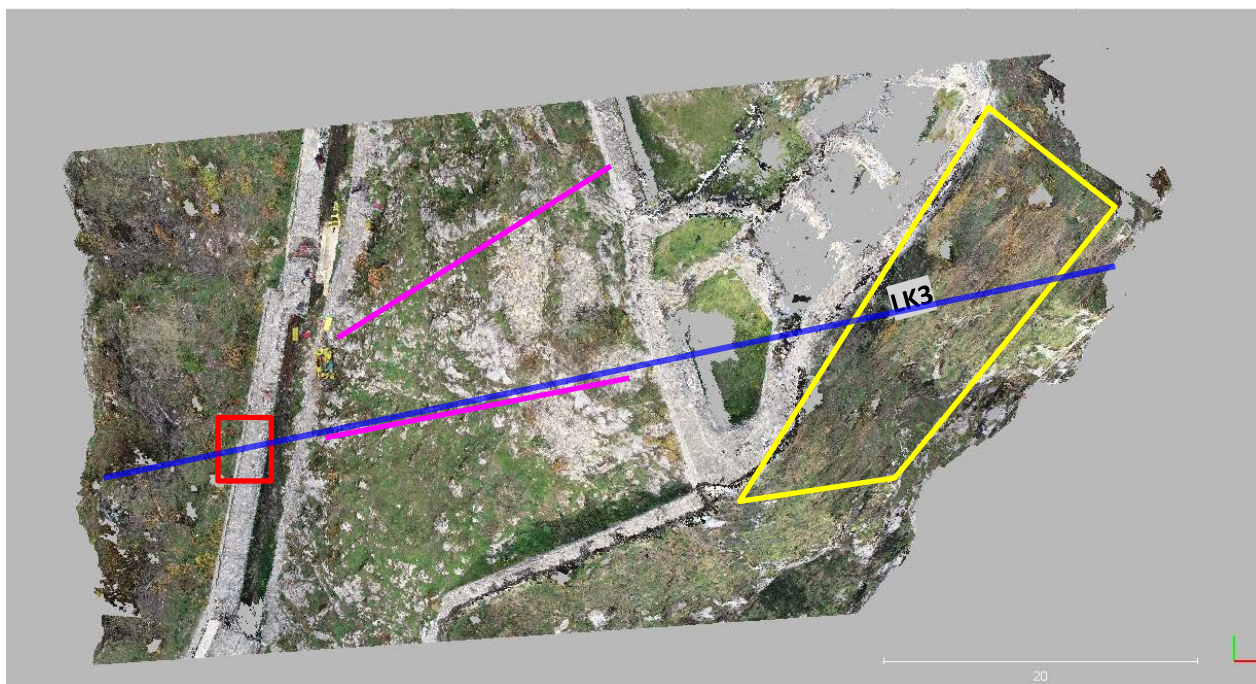
Na osnovu kinematske analize, najzastupljeniji vidovi nestabilnosti na LK2 su (tabel 3.8): planarno smicanje bloka, i uslovno savijanje i preturanje. Sve vrste pojava su lokalnog tipa i analizirane su u odnosu na realan položaj površi prema glavnom preseku po osi mosta.

Tabela 3.8 Pregled rezultata kinematske analize različitih tipova nestabilnosti na licu litice LK2

NESTABILNOST	KRITIČNIH / UKUPNO	FAMILIJA	% UKUPNO	% FAMILIJA
PLANARNO KLIZANJE	43 / 1000	J4	4,3	/
KLIZANJE KLINA	0 / 1000	/	/	/
SAVIJANJE BLOKOVA	16 / 1000	J1a	1.6	/
DIREKTNO PRETURANJE	0 / 1000	J5	/	/

Za standardne intervale od $\pm 5^\circ$, osetljivost na promenu parametara kinematske analize je neznatna za planarno smicanje bloka (1-2% na sve parametre kosine i ugao trenja), 10% na promenu nagiba kosine i 5% na promenu ugla trenja za slučaj smicanja klina, neznatna za savijanje i preturanje (<1%).

Litica LK3 - Navedena kosina se pruža sa zadnje, nizvodne strane masiva u vidu veoma strme litice (Slika 3.43). Kako je prostorno utvrđeno da injekciona zona geotehničkih ankera, i probnih i projektovanih za oporac leži podalje od ovog lica, nije se javila direktna potreba za strukturnom i kinematskom analizom. Ukoliko se tokom izvođenja radova na izgradnji trajnih sidara mosta utvrdi da je došlo do pojavljivanja injekcione mase ili sličnih pojava (prljanje lica, provlažavanje), moguće je dopuniti ovaj deo analize.



Slika 3.43 Pozicija kosine LK3 u odnosu na presek (plava linija), mesto oporca (crvena kontura) i ortogonalne projekcije sidara (mangenta)



3.3. INTERPRETACIJA TESTA VODOPROPUSNOSTI POD PRITISKOM (LUGEON-OVA ILI VDP METODA)

Ova metoda ispitivanja vodopropusnosti zasniva se na principu utiskivanja vode pod pritiskom u nezacevljenu bušotinu, na određenim izolovanim dužinama (etažama) u dva ciklusa. Prvi, tzv. uzlazni ciklus, podrazumeva stupnjevito povećanje pritiska (do određene prethodno definisane veličine pritiska) i merenje protoka (u litrima) na manometru na svaki minut (u trajanju od 10 minuta ili dok se protok ne ustali). Silazni ciklus podrazumeva stupnjevito snižavanje protoka (u istim koracima kao i u slučaju uzlaznog ciklusa) do neke minimalne vrednosti.

Lugeon-ova metoda (u jedinicama l/min/m'/1 MPa) je inicijalno nastala za potrebe ispitivanja vodopropusnosti kod izgradnje injekcionih zavesa brana, ali je kasnije njena primena proširena na ispitivanje svojstava ispucale stenske mase i oceni kvaliteta injektiranja. Prema prvobitnoj zamisli Lugeon-ova metoda se na samom početku izvodila do pritiska od 10 bara (1 MPa), ali se u kasnijem razvoju pritisak injektiranja nije striktno vezivao za ovu vrednost, već on može biti niži ili viši, što je uslovljeno svojstvima sredine koja se ispituje. Prilikom ispitivanja najveći pritisak, tzv. p_{max} , ne sme biti veći od vrednosti koja bi dovela do hidrauličkog loma, tj. širenja postojećih pukotina.

U konkretnom slučaju primenjen je silazni način ispitivanja (sa jednim pakerom), pri čemu je zbog relativno male visine nadsloja, maksimalni pritisak ispitivanja usvojen od 6 bara. Ispitivanje je izvršeno na tri izolovane dužine u bušotinama B1 i B2 i to u zonama gde će se nalaziti sidrišna deonica prednapregnutih geotehničkih sidara.

Intervali (etaže) na kojima je vršeno ispitivanje su 5 m dužine, i to:

10 - 15 m, 15 - 20 m i 20 - 25 m.

Ciklusi ispitivanja u bušotini B1 su izvedeni u 5 faza (pri čemu je svaka trajala od 5 do 12 min, tj. do ustaljenja protoka), i to sledećim redosledom: 0 - 2 - 4 - 6 - 4 - 2 bar.

Ciklusi ispitivanja u bušotni B2 izvedeni su u 3 faze i to sledećim redosledom: 0 - 2 - 3 - 2 bar.

Rezultati ispitivanja VDP-a prikazani su na slikama 3.44 - 3.48.

Rezultati analiza u bušotini B1, u intervalu od 10 - 15 m, ukazuju da je prilikom ispitivanja došlo do pojave ispiranja pukotina. Vodopropusnost stenske mase (Lugeon-ova vrednost) postupno raste bez obzira na porast pritiska, što ukazuje da je prilikom ispitivanja došlo do ispiranja postojećih pukotina ili delimičnog pomeranja stenske mase. Za ocenu vodopropusnosti merodavna je najveća Lu vrednost, koja u ovom slučaju iznosi **21,14**.

Analizom dijagrama u intervalu 20 - 25 m, dolazi se do zaključka da Lu vrednost opada sa porastom pritiska, te da je nastao turbulentni tok. U ovom slučaju merodavna Lu vrednost je u fazi sa maksimalnim pritiskom (6 bara) i ona iznosi **23,29**.

Rezultati analiza u bušotini B2, u intervalima od 10 - 15 m i od 15 - 20 m, ukazuju da je prilikom ispitivanja došlo do pojave ispiranja pukotina. Vodopropusnost stenske mase (Lugeon-ova vrednost) postupno raste bez obzira na porast pritiska, što ukazuje da je prilikom ispitivanja došlo do ispiranja postojećih pukotina. Za ocenu vodopropusnosti



merodavna je najveća Lu vrednost, koja u ovom slučaju iznosi **70,40** (10-15 m) i **37,0** (15-25 m).

Analizom dijagrama u intervalu 20 - 25 m, dolazi se do zaključka da Lu vrednost opada sa porastom pritiska, te da je nastao turbulentni tok. U ovom slučaju merodavna Lu vrednost je u fazi sa maksimalnim pritiskom (6 bara) i ona iznosi **23,40**.

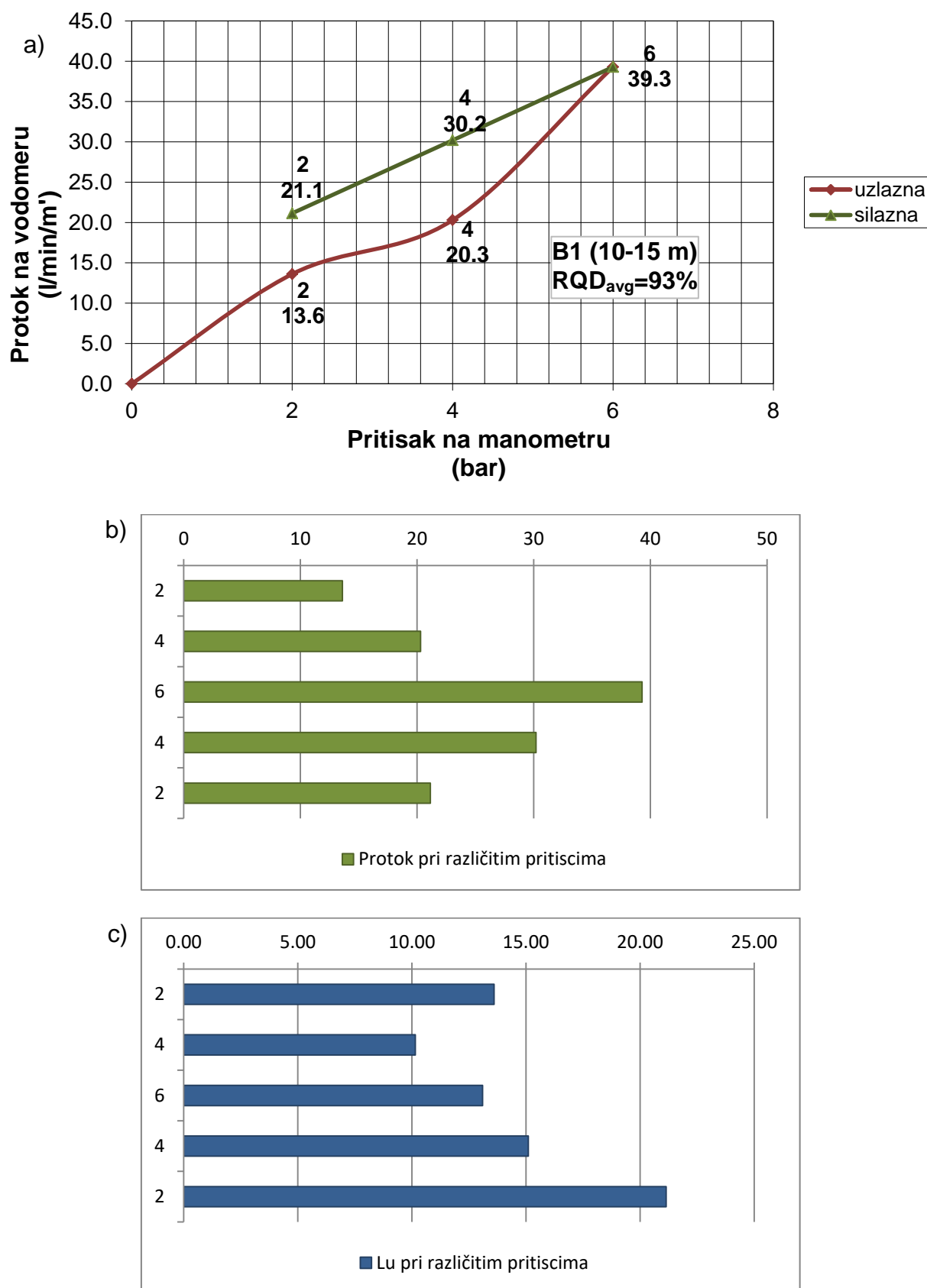
U tabeli 3.9 prikazana je klasifikacija ispucalih stenskih masa prema Lu vrednosti.

Može se zaključiti da u svim slučajevima (osim u slučaju intervala od 10-15 m u bušotini B2) stenska masa pripada grupi sa ponekom otvorenom pukotinom, pri čemu je vrednost Lu na donjoj granici razmatanog intervala. U intervalu ispitivanja od 10 do 15 m u bušotini B2 Lu vrednost iznosi 70,40, što stensku masu svrstava u grupu sa velikim brojem otvorenih pukotina i velikom vodopropusnosti. Kartiranjem jezgra bušotina određene su prosečne RQD vrednosti u svim intervalima ispitivanja VDP-a i one su prilično uniformne, a kreću se u rasponu od 92 do 95%, što ukazuje na masivnu neispucalu stensku masu. Međutim, u delovima stenske mase bližim površini terena pukotine su otvorenije (sa većim zevom), te otuda mogućnost za povećano oticanje vode, tj. višu Lu vrednost u intervalu 10-15 m bušotine B2.

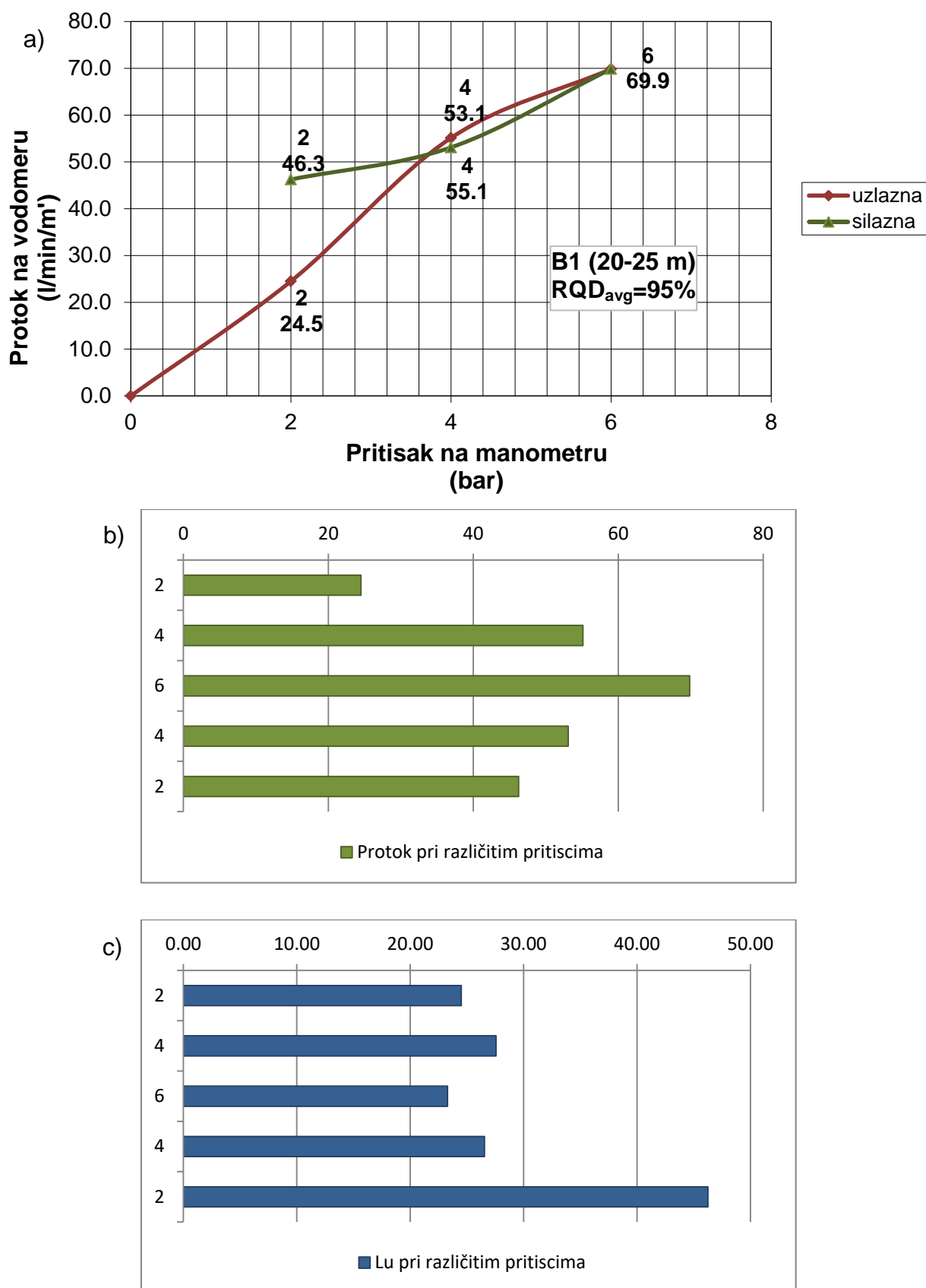
Napominjemo da rezultati ispitivanja VDP-a u intervalu od 15 - 20 m u bušotini B1 nisu analizirani usled problema koji su se javili tokom merenja.

Tabela 3.9 Stanje diskontinuiteta stenske mase na osnovu Lu vrednosti

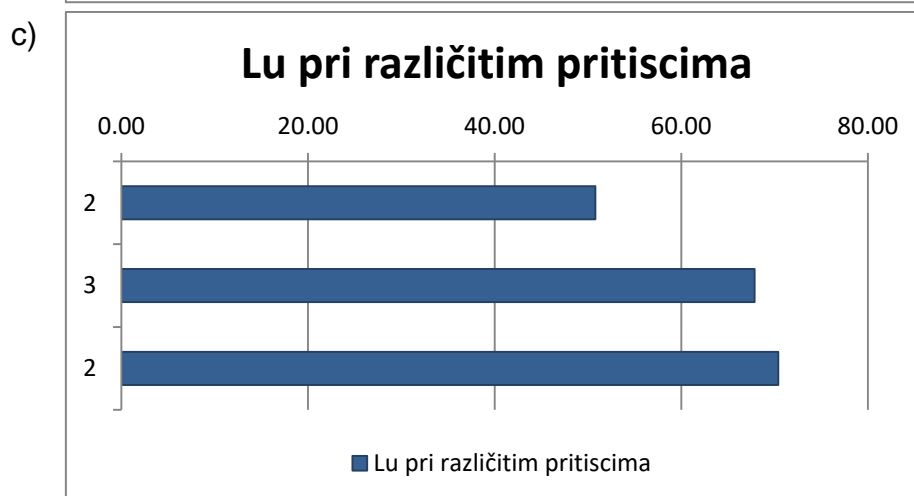
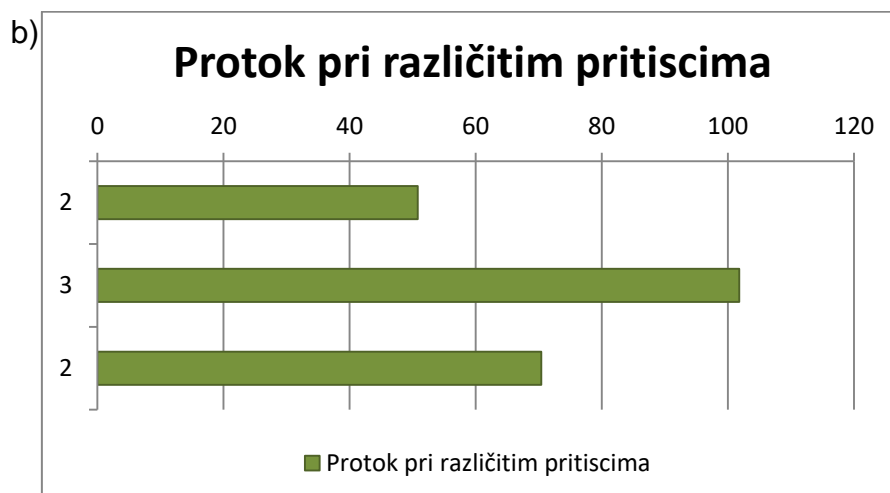
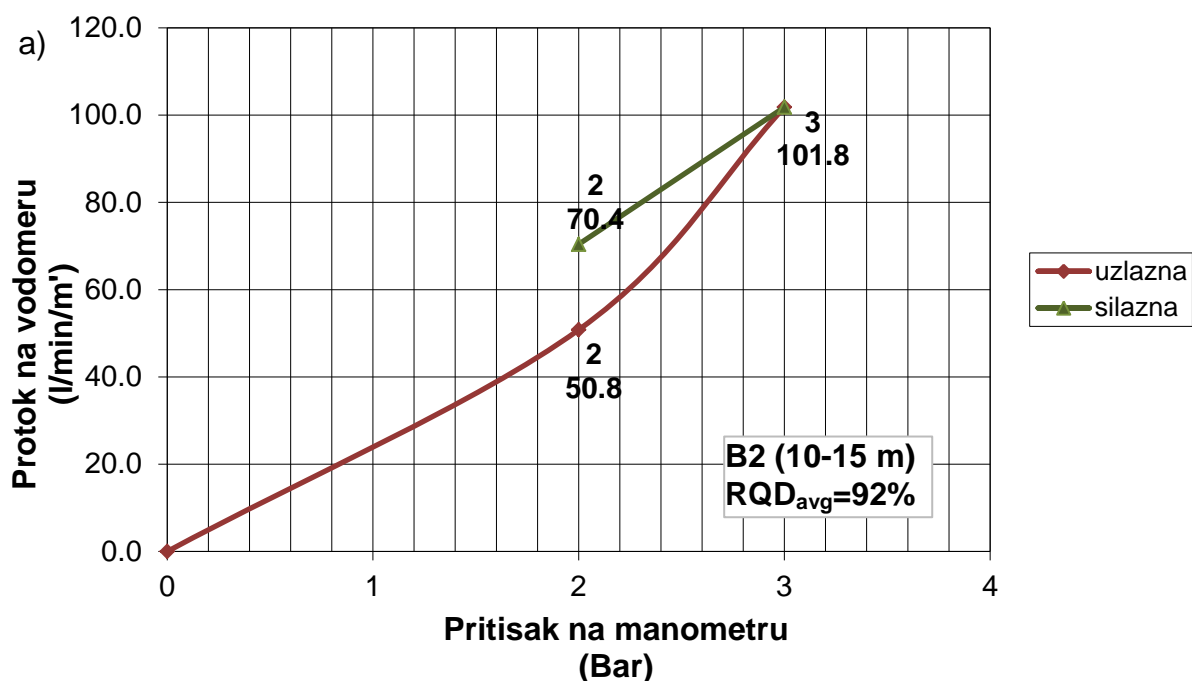
INTERVAL VREDNOSTI LU	KLASIFIKACIJA VODOPROPUSNOSTI	INTERVAL KOEFICIJENTA VODOPROPUSNOSTI (CM/S)	STANJE DISKONTINUITETA STENSKE MASE
< 1	Veoma niska	$< 1 \times 10^{-5}$	Izrazito stisnute
1 - 5	Niska	$1 \times 10^{-5} - 6 \times 10^{-5}$	Stisnute
5 - 15	Umerena	$6 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$	Nekoliko delimično otvorenih
15 - 50	Srednja	$2 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-4}$	Neke su otvorene
50 - 100	Visoka	$6 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	Veliki broj otvorenih
> 100	Veoma visoka	$> 1 \times 10^{-3}$	Veliki broj otvorenih blisko raspoređenih pukotina ili šupljina



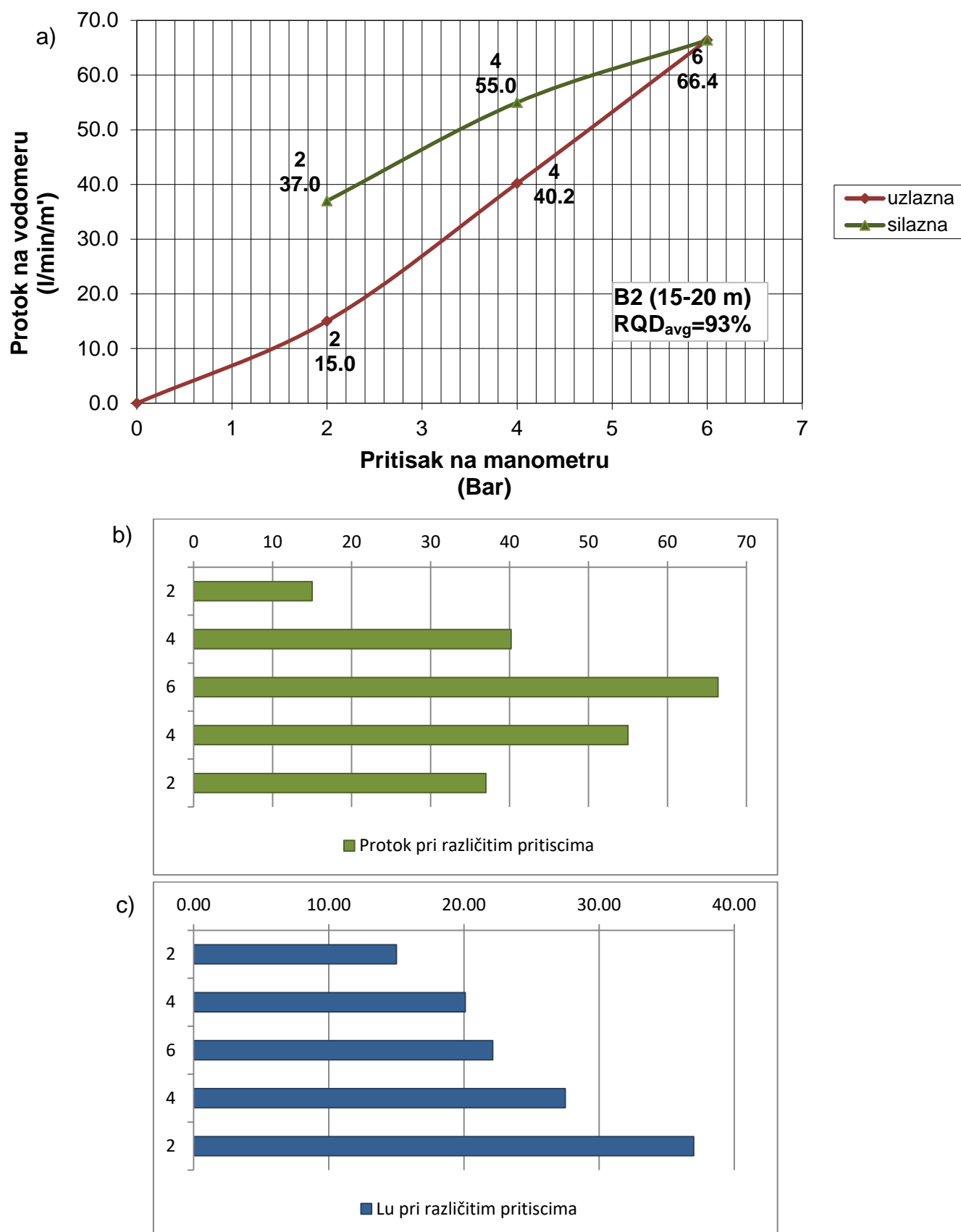
Slika 3.44 Rezultati opita VDP-a za bušotinu B-1 u intervalu 10 - 15 m a) dijagram zavisnosti protoka i pritiska, b) protok u različitim ciklusima, c) Lugeon-ova jedinica (Lu) za različite cikluse



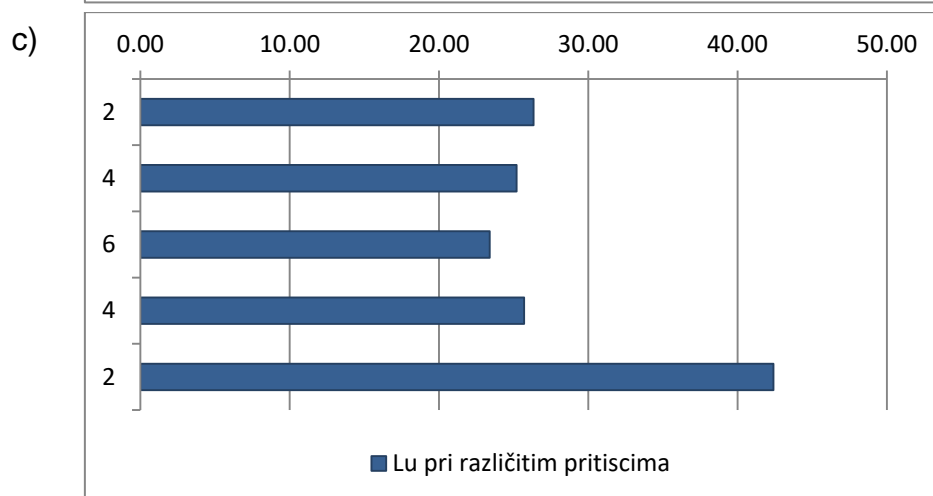
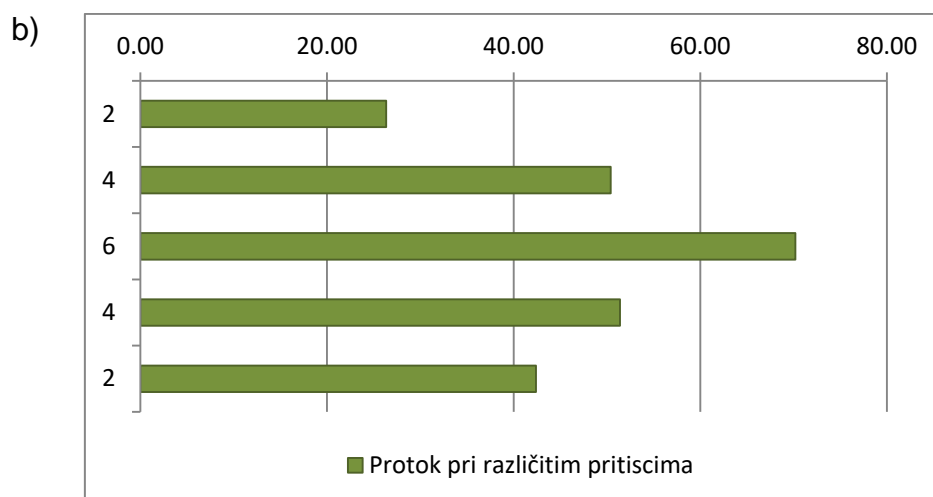
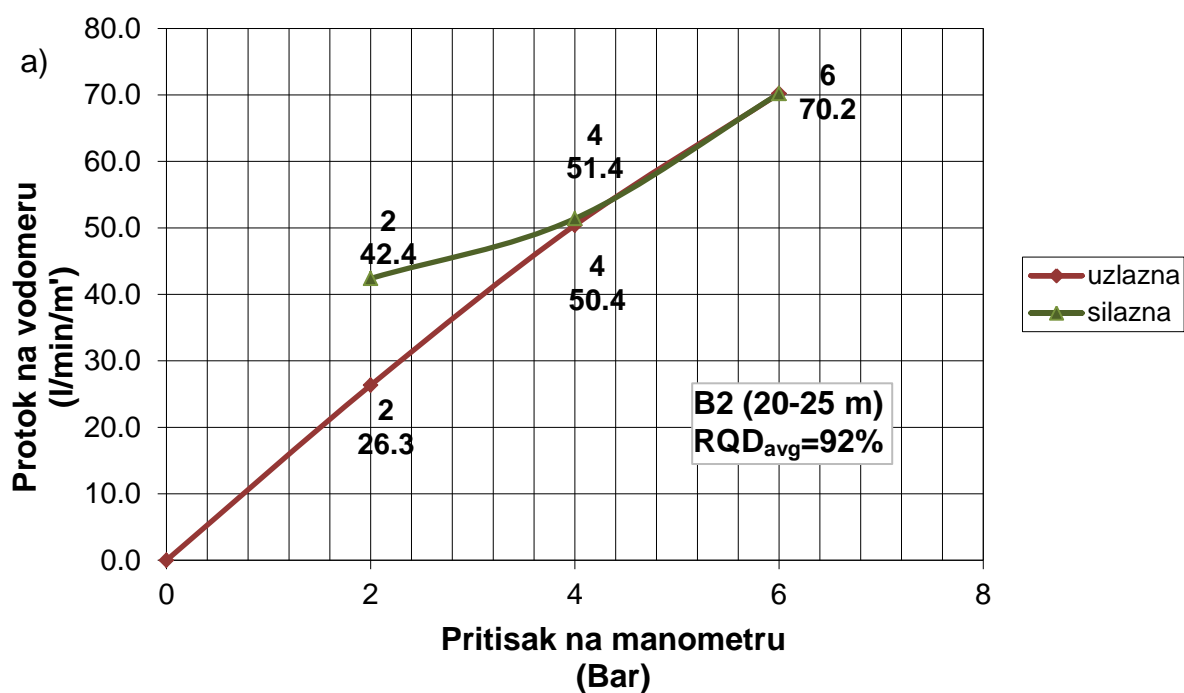
Slika 3.45 Rezultati opita VDP-a za bušotinu B-1 u intervalu 20 - 25 m a) dijagram zavisnosti protoka i pritiska, b) protok u različitim ciklusima, c) Lugeon-ova jedinica (Lu) za različite cikluse



Slika 3.46 Rezultati opita VDP-a za bušotinu B-2 u intervalu 10 - 15 m a) dijagram zavisnosti protoka i pritiska, b) protok u različitim ciklusima, c) Lugeon-ova jedinica (Lu) za različite cikluse



Slika 3.47 Rezultati opita VDP-a za bušotinu B-2 u intervalu 15 - 20 m a) dijagram zavisnosti protoka i pritiska, b) protok u razlicitim ciklusima, c) Lugeon-ova jedinica (Lu) za razlicite cikluse

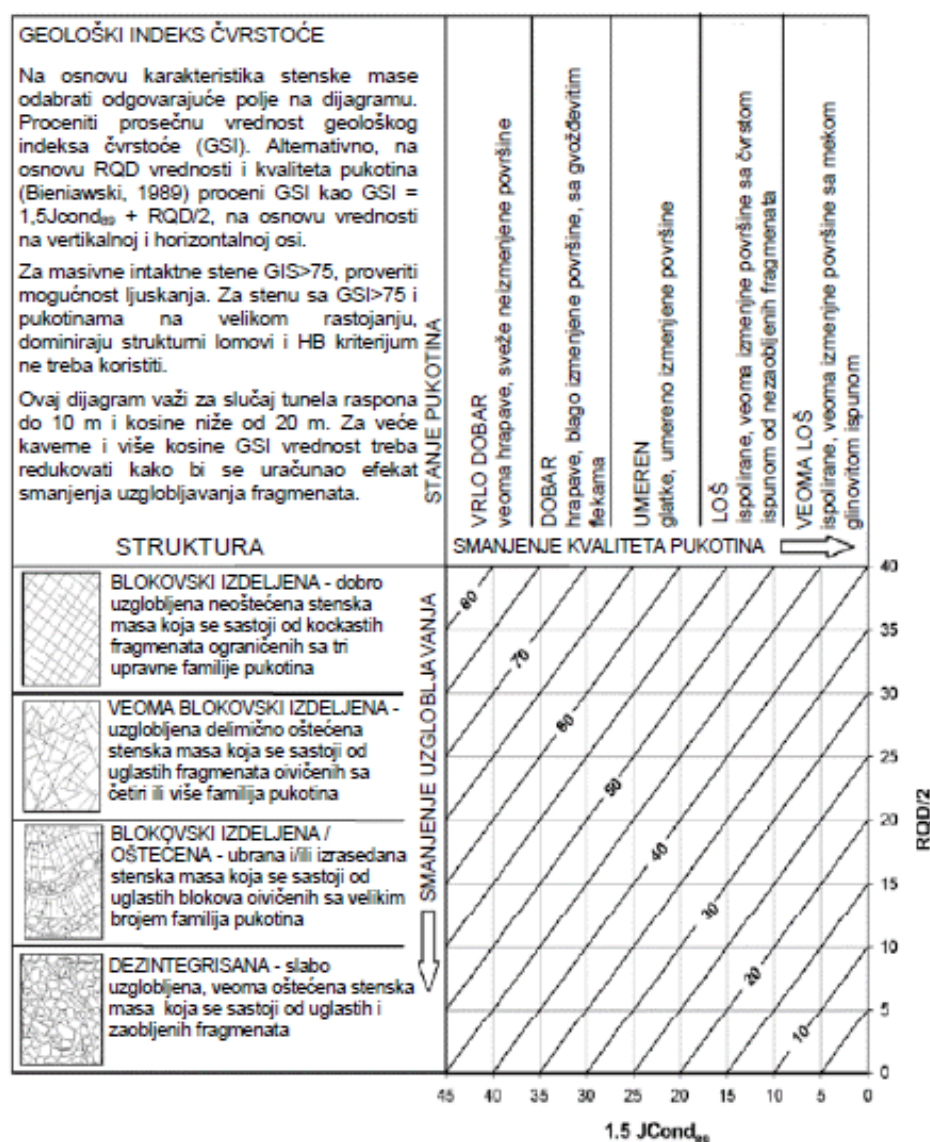


Slika 3.48 Rezultati opita VDP-a za bušotinu B-2 u intervalu 20 - 25 m a) dijagram zavisnosti protoka i pritiska, b) protok u razlicitim ciklusima, c) Lugeon-ova jedinica (Lu) za razlicite cikluse

3.4. KATEGORIZACIJA STENSKE MASE I ODABIR MERODAVNIH GEOTEHNIČKIH PARAMETARA ZA PROJEKTOVANJE

Da bi se odredili geotehnički parametri za projektovanje potrebno je poznavati karakteristike intaktnih delova stenske mase i pukotina. Njihovom kombinacijom, najčešće na osnovu primene klasifikacionih sistema, određuju se parametri stenske mase. Da bi se odredili parametri stenske mase korišćen je GSI klasifikacioni sistem i Hoek-Brown-ov (HB) kriterijum loma.

GSI vrednost je određena na osnovu tzv. kvantifikovanog GSI dijagrama (Hoek i dr., 2013), slika 3.49. Da bi se odredila GSI vrednost na ovaj način potrebno je poznavati RQD vrednost stenske mase i parametar za stanje pukotina iz RMR klasifikacije (J_{cond89}), koji se dobija sabiranjem bodova za kontinualnost, zev, hrapavost, izmenu i ispunu. Na ovaj način GSI indeks se može relativno precizno odrediti bez potrebe za subjektivizmom.



Slika 3.49 Kvantifikovani GSI dijagram



Parametri za stanje pukotina određeni su inženerskogeološkim kartiranjem izdanaka stenske mase i jezgra bušotina, pri čemu je korišćena najnepovoljnija situacija, tj. slučaj najgoreg stanja diskontinuiteta. Za date stenske mase (bilo da se radi o krečnjaku ili brečoidnim krečnjacima) okolnosti su takve da su sve familije pukotina sličnih karakteristika, što je prikazano u tabelama 3.10 - 3.12. Najveće razlike leže u RQD vrednosti, koja direktno utiče na RMR vrednost, ali ne i na parametar J_{cond89} . RMR vrednosti ispisane su uz stubove bušotina za intervale od 3 m dužine.

Tabela 3.10 Vrednovanje parametara RMR klasifikacije (bušotine B1 i B2)

PARAMETAR		RASPON VREDNOSTI / BODOVANJE						
1	Čvrstoća intaktnog materijala	Indeks tačkastog opterećenja	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	U ovom rasponu bolje je koristiti rezultate jednoaksijalne čvrstoće na pritisak	
		Jednoaksijalna čvrstoća na pritisak	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa < 1 MPa
	Broj bodova		15	12	7	4	2	1 0
2	Kvalitet izvađenog jezgra		90 - 100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%	
	Broj bodova		20	17	13	8	5	
3	Rastojanje između diskontinuiteta		> 2 m	0,6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm	
	Broj bodova		20	10	15	8	5	
4	Stanje diskontinuiteta	Kontinualnost	< 1,0 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m	
		Broj bodova	6	4	2	1	0	
		Zev	Stisnute	< 0,1 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm	
		Broj bodova	6	5	4	1	0	
		Hrapavost	Veoma hrapava	Hrapava	Umereno hrapava	Glatka	Klizava	
		Broj bodova	6	5	3	1	0	
		Ispuna	Bez ispune	Tvrda ispuna < 5 mm	> 5 mm	Meka ispuna < 5 mm	> 5 mm	
		Broj bodova	6	4	2	2	0	
		Izmena	Neizmenjene	Delimično izmenjene	Umereno izmenjene	Veoma izmenjene	Raspadnute	
		Broj bodova	6	5	3	1	0	
5	Podzemna voda	Priliv na 10 m dužine tunela	Bez priliva	< 10 l/min	10 - 25 l/min	25 - 125 l/min	> 125 l/min	
		Pritisak vode / veći glavni napon	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5	
		Opšte stanje	potpuno suvo	vlaži	mokro	kaplje	teče	
		Broj bodova	15	10	7	4	0	

Napomena: Za orijentaciju diskontinuiteta usvojen je najnepovoljniji slučaj (-12 bodova)



Tabela 3.11 Vrednovanje parametara RMR klasifikacije (bušotina B3)

PARAMETAR		RASPON VREDNOSTI / BODOVANJE						
1	Čvrstoća intaktnog materijala	Indeks tačkastog opterećenja	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	U ovom rasponu bolje je koristiti rezultate jednoaksijalne čvrstoće na pritisak	
	Jednoaksijalna čvrstoća na pritisak	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Broj bodova	15	12	7	4	2	1	0
2	Kvalitet izvađenog jezgra	90 - 100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%		
	Broj bodova	20	17	13	8	5		
3	Rastojanje između diskontinuiteta	> 2 m	0,6 - 2 m		60 - 200 mm	< 60 mm		
	Broj bodova	20	10	15	8	5		
4	Kontinualnost	< 1,0 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
	Broj bodova	6	4	2	1	0		
	Zev	Stisnute	< 0,1 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
	Broj bodova	6	5	4	1	0		
	Hrapavost	Veoma hrapava	Hrapava	Umereno hrapava	Glatka	Klizava		
	Broj bodova	6	5	3	1	0		
	Ispuna	Bez ispune	Tvrda ispuna < 5 mm	> 5 mm	Meka ispuna < 5 mm	> 5 mm		
	Broj bodova	6	4	2	2	0		
	Izmena	Neizmenjene	Delimično izmenjene	Umereno izmenjene	Veoma izmenjene	Raspadnute		
	Broj bodova	6	5	3	1	0		
5	Priliv na 10 m dužine tunela	Bez priliva	< 10 l/min	10 - 25 l/min	25 - 125 l/min	> 125 l/min		
	Pritisak vode / veći glavni napon	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
	Opšte stanje	potpuno suvo	vlaži	mokro	kaplje	teče		
	Broj bodova	15	10	7	4	0		

Napomena: Za orijentaciju diskontinuiteta usvojen je najnepovoljniji slučaj (-12 bodova)

Da bi se definisao HB kriterijum loma, pored GSI vrednosti, potrebno je odrediti konstantu m_i i jednoaksijalnu čvrstoću na pritisak. Ove vrednosti su određene na osnovu laboratorijskih triaksijalnih i jednoaksijalnih opita. Vrednost konstante m_i određena je fitovanjem nelinearne HB jednačine za 5 tačaka dobijenih ispitivanjima probnih tela u Hoek-ovoj triaksijalnoj ćeliji za različite nivoe bočnog napona. U zavisnosti od tehnike fitovanja konstanta m_i za krečnjak ima vrednost od 10 do 12. Kao merodavan parametar usvojena je vrednost od $m_i=12$. Ova vrednost je u saglasnosti sa preporukama iz literature. Na osnovu literaturnih podataka za brečoidne sedimente usvojena je nešto viša vrednost, $m_i=14$.

Jednoaksijalna čvrstoća na pritisak usvojena je kao prosečna vrednost svih ispitivanja za pojedine sredine. U obzir su uzete i vrednosti jednoaksijalne čvrstoće dobijene na osnovu opita tačkastog opterećenja.



Tabela 3.12 Vrednovanje parametara RMR klasifikacije (bušotina B4)

PARAMETAR		RASPON VREDNOSTI / BODOVANJE						
1	Čvrstoća intaktnog materijala	Indeks tačkastog opterećenja	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	U ovom rasponu bolje je koristiti rezultate jednoaksijalne čvrstoće na pritisak	
	Jednoaksijalna čvrstoća na pritisak	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa
	Broj bodova	15	12	7	4	2	1	0
2	Kvalitet izvađenog jezgra	90 - 100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%		
	Broj bodova	20	17	13	8	5		
3	Rastojanje između diskontinuiteta	> 2 m	0,6 - 2 m		60 - 200 mm	< 60 mm		
	Broj bodova	20	10	15	8	5		
4	Kontinualnost	< 1,0 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
	Broj bodova	6	4	2	1	0		
	Zev	Stisnute	< 0,1 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm		
	Broj bodova	6	5	4	1	0		
	Hrapavost	Veoma hrapava	Hrapava	Umereno hrapava	Glatka	Klizava		
	Broj bodova	6	5	3	1	0		
	Ispuna	Bez ispune	Tvrda ispuna < 5 mm	> 5 mm	Meka ispuna < 5 mm	> 5 mm		
	Broj bodova	6	4	2	2	0		
	Izmena	Neizmenjene	Delimično izmenjene	Umereno izmenjene	Veoma izmenjene	Raspadnute		
	Broj bodova	6	5	3	1	0		
5	Priliv na 10 m dužine tunela	Bez priliva	< 10 l/min	10 - 25 l/min	25 - 125 l/min	> 125 l/min		
	Pritisak vode / veći glavni napon	0	0 - 0,1	0,1 - 0,2	0,2 - 0,5	> 0,5		
	Opšte stanje	potpuno suvo	vlaži	mokro	kaplje	teče		
	Broj bodova	15	10	7	4	0		

Napomena: Za orijentaciju diskontinuiteta usvojen je najnepovoljniji slučaj (-12 bodova)

HB kriterijum, tj. GSI indeks se može koristiti i za određivanje modula deformacije stenske mase. Za ove potrebe usvojene su vrednosti konstante MR (modulnog broja, koji predstavlja odnos Intaktnog modula elastičnosti i intaktne jednoaksijalne čvrstoće) od 400 za krečnjake i 300 za brečoidne krečnjake. Ovo su tipične vrednosti modulnog broja za ove vrste materijala. Modul deformabilnosti stenske mase je određen na osnovu jednačine koju su predložili Hoek i Diederichs (2006).

Ovako dobijeni HB parametri iskorišćeni su da se za date nivoe napona odrede ekvivalentni Mohr-Coulomb-ovi parametri.

Smičuća čvrstoća pukotina definisana je na osnovu Barton-Bandisovog (BB) kriterijuma loma, za koji su podaci dobijeni prema proceduri opisanoj u podpoglavlju 3.1.

Veličine rezidualnog ugla trenja (ϕ_r) i Poisson-ovog koeficijenta (ν) su procenjene na osnovu literaturnih podataka. Vrednosti svih geotehničkih parametara u zoni leve i desne dolinske strane prikazane su u tabeli 3.13 i 3.14.



Tabela 3.13 Vrednosti geotehničkih parametara stenske mase u zoni stubnog mesta 1 (desna dolinska strana reke Đetinje)

GEOTEHNIČKA SREDINA	USVOJENI PARAMETRI												
	γ kN/m ³	c MPa	φ (°)	σ_i MPa	m_i	GSI	RMR	JRC	JCS MPa	φ_r (°)	E _m (opt.) MPa	E _m (rast.) MPa	ν
Kr - Krečnjak krupnokristalasti	26,5	0,417 (0,25)	56 (49)	55	12	47	31-42	10	45	29	1876 (650)	5603 (1950)	0,25
Kr(Br) - Krečnjak brečoidan	26,5	0,332 (0,209)	56 (47)	45	14	44	31-42	10	35	32	2997 (1056)	2825 (3170)	0,30
d-e - deluvijalno-eluvijalni pokrivač	20	0,01	25	-	-	-	-	-	-	-	20	60	0,30
al - aluvion	22	0,005	35	-	-	-	-	-	-	-	40	120	0,30

Napomena: kohezija i ugao smičuće otpornosti su određeni kao ekvivalentni Mohr-Coulomb-ovi parametri iz Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma za procenjenu vrednost normalnog napona od 500 kPa; Parametri u zagradi su određeni za faktor oštećenja stenske mase $D=0,7$ i potrebno ih je usvojiti na licu kosine do 2 m dubine u slučaju miniranja

Tabela 3.14 Vrednosti geotehničkih parametara stenske mase u zoni stubnog mesta 2 (strana Starog grada)

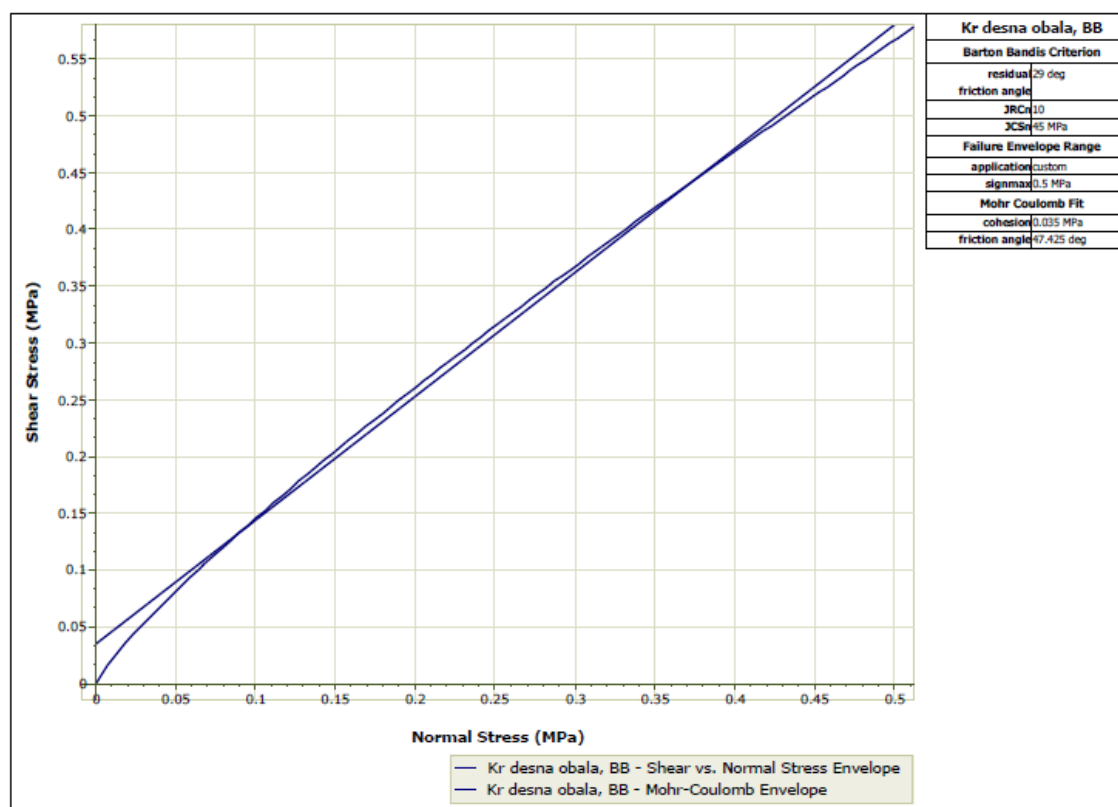
GEOTEHNIČKA SREDINA	USVOJENI PARAMETRI												
	γ (kN/m ³)	c (MPa)	φ (°)	σ_i (MPa)	m_i	GSI	RMR	JRC	JCS (MPa)	φ_r (°)	E _m (opt.) (MPa)	E _m (rast.) (MPa)	ν
Kr - Krečnjak krupnokristalasti	26,5	0,583 (0,339) 0,98	58 (52) 59	65	12	52 62	41 50	10	55	31	2997 (1056) 4899	8990 (3170) 14698	0,25
d-e - deluvijalno-eluvijalni pokrivač	20	0,01	25	-	-	-	-	-	-	-	20	60	0,30
al - aluvion	22	0,005	35	-	-	-	-	-	-	-	40	120	0,30

Napomena: kohezija i ugao smičuće otpornosti su određeni kao ekvivalentni Mohr-Coulomb-ovi parametri iz Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma za procenjenu vrednost normalnog napona od 500 kPa; Parametri u zagradi su određeni za faktor oštećenja stenske mase $D=0,7$ i potrebno ih je usvojiti na licu kosine do 2 m dubine u slučaju miniranja; Vrednosti u crvenoj boji se odnose na sidrišnu deonicu

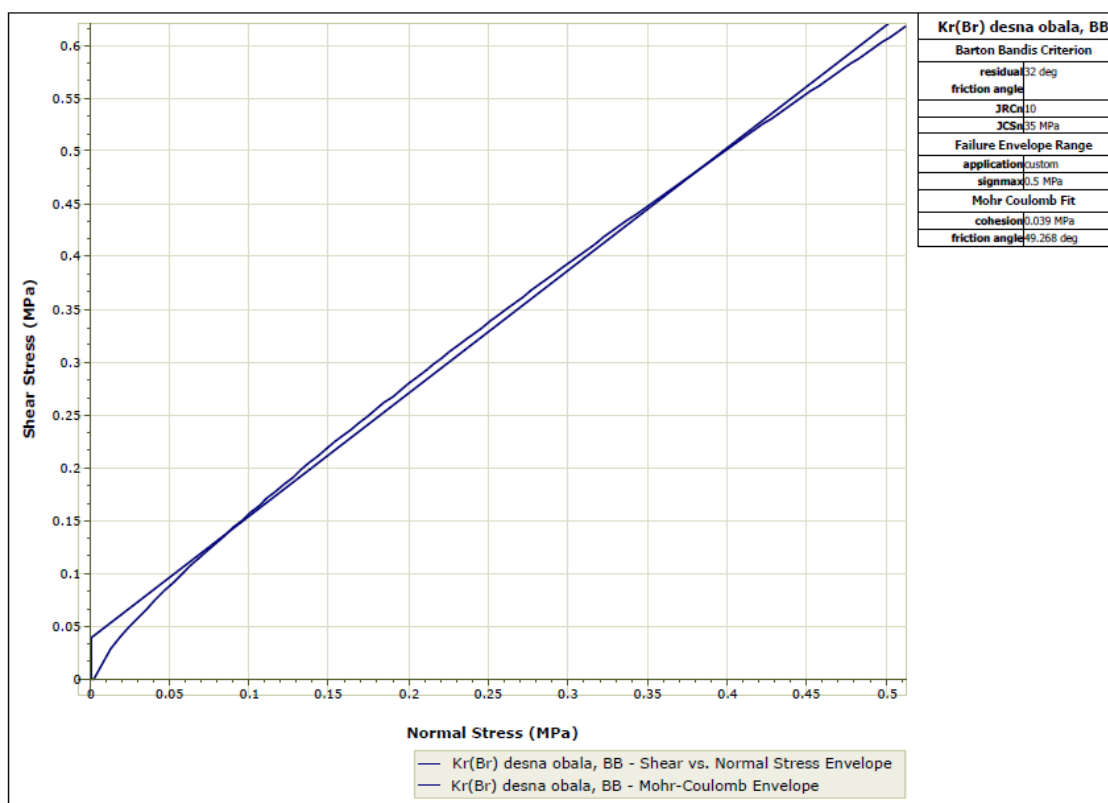
U tabeli 3.14 su crvenom bojom prikazane vrednosti parametara u delu sidrišne deonice, tj. prosečne vrednosti na dubini od 10 do 25 m u bušotinama B1 i B2. Zasebno određivanje parametara stenske mase u delu sidrišne deonice urađeno je zbog potrebe za procenom nosivosti na kontaktu stenska masa - injekciona masa, koja će biti prikazana u narednom podpoglavlju.

Otporno-deformabilni parametri aluvijalnih i deluvijalno-eluvijalnih sedimenata su procenjeni. Napominje se da oni nemaju velikog uticaja na stabilnost obalnih stubova jer će se njihovo fundiranje vršiti isključivo u stenskoj masi. Međutim, sa aspekta globalne stabilnosti prisustvo deluvijalno-eluvijanog pokrivača utiče na veličinu faktora sigurnosti.

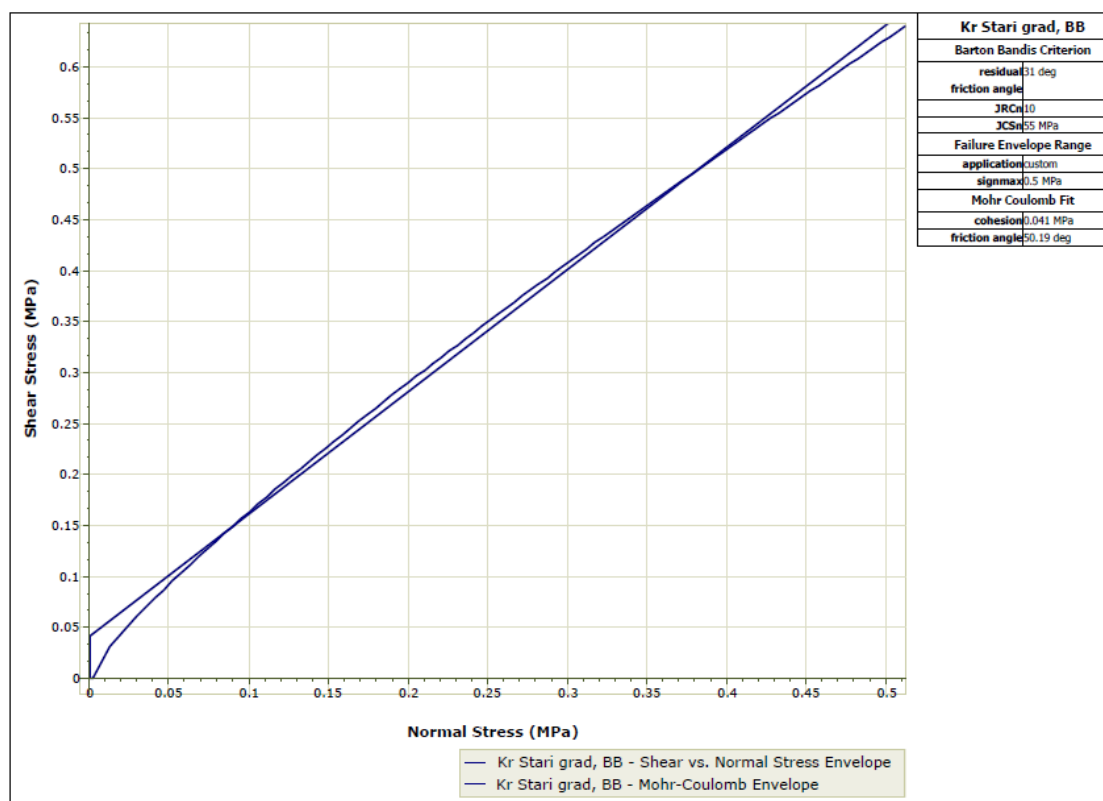
U nastavku (slike 3.50 - 3.56) prikazane su anvelope napona loma za stensku masu i pukotine za pojedine sredine. Napominje se da su prikazane anvelope dobijene pod pretpostavkom parametra oštećenja stenske mase $D=0$, dok su u tabelama 3.13 i 3.14 prikazane i vrednosti u zgradama koje se odnose na faktor $D=0,7$.



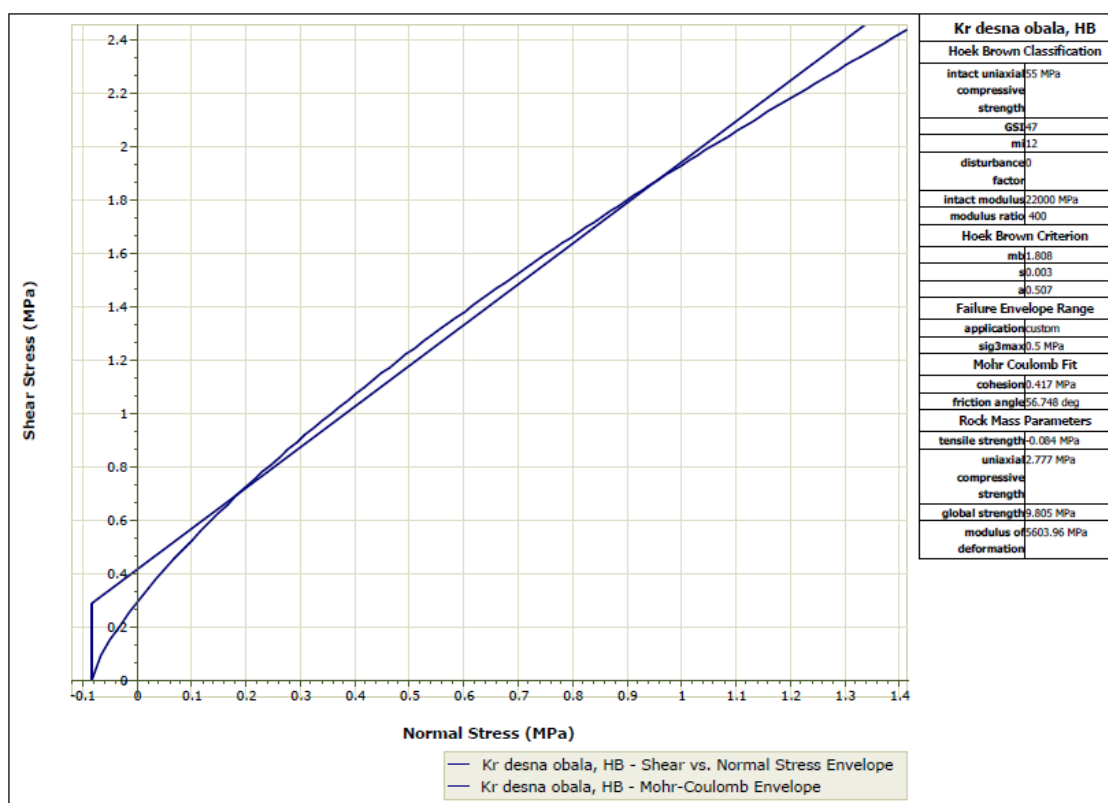
Slika 3.50 Parametri Barton-Bandis-ovog kriterijuma loma za krečnjake desne dolinske strane



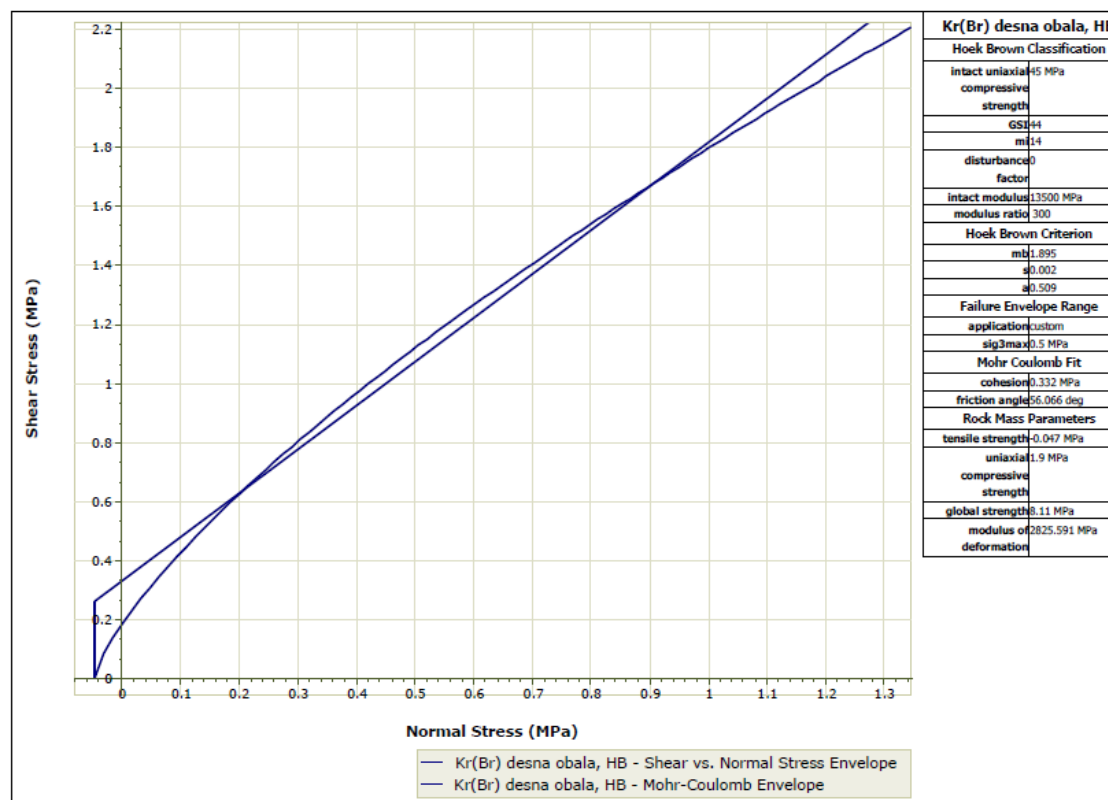
Slika 3.51 Parametri Barton-Bandis-ovog kriterijuma loma za brečoidne sedimente desne dolinske strane



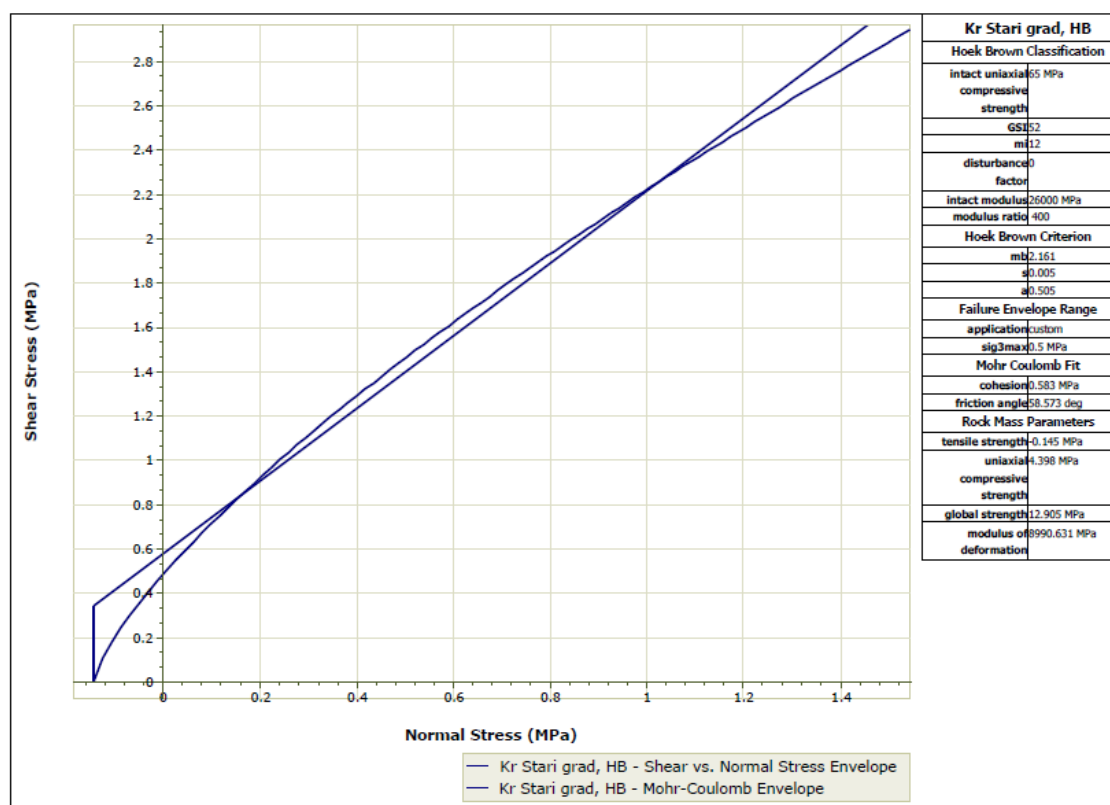
Slika 3.52 Parametri Barton-Bandis-ovog kriterijuma loma za krečnjake leve dolinske strane



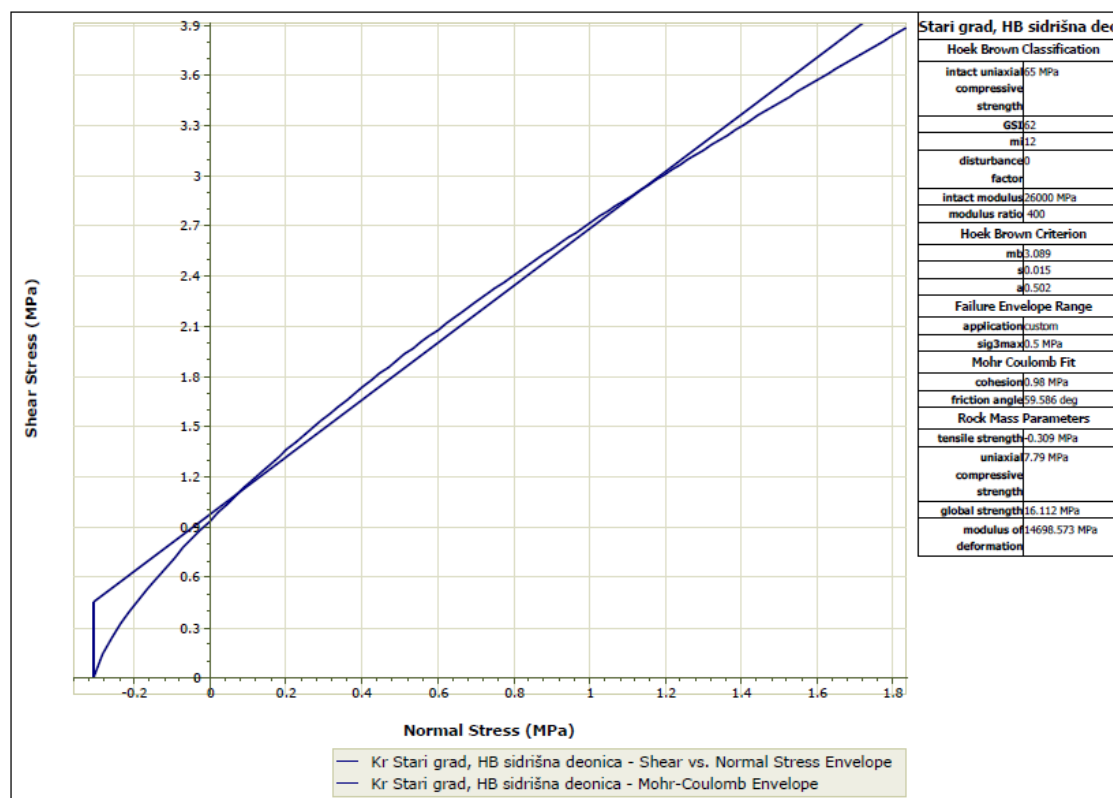
Slika 3.53 Parametri Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma za krečnjake desne dolinske strane



Slika 3.54 Parametri Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma za brečoidne sedimente desne dolinske strane



Slika 3.55 Parametri Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma za krečnjake leve dolinske strane



Slika 3.56 Parametri Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma za krečnjake u zoni sidrišne deonice leve dolinske strane



4. GEOTEHNIČKI PRORAČUN

4.1. PRORAČUN GEOTEHNIČKE NOSIVOSTI PREDNAPREGNUTIH SIDARA I KARAKTERISTIKE MIKROŠIPOVA

Programom radova predviđena je ugradnja i ispitivanje (investigation test) dva testna sidra u zoni oporca mosta na strani Starog grada.

Prvobitno je bilo zamišljeno da geotehnička sidra budu sačinjena od 7 sajli, međutim tokom izrade projektne dokumentacije u međusobnoj komunikaciji Projektanta mostovske konstrukcije (DB Inženjering) i Projektanta geotehničkog projekta (RGF) dogovoreno je da se broj sajli poveća na 12 kako bi se simulirala trajna sidra koja će biti sastavni deo konstrukcije mosta. U tom pogledu su sidra sa prvobitnih 30 m skraćena na 25 m dužine (jer će sidra ove dužine biti ugrađena u oporac mosta).

U komunikaciji sa izvođačem geotehničkih istražnih radova (Zajača Ing.) ustanovljeno je da je moguće naknadnim proširivanjem bušotine, na prečnik Ø146mm, održati stabilnost zidova, te ugraditi sidro sa 12 sajli, čiji je maksimalni prečnik ograničen prečnikom spoljašnjih distancera i silikonskih prstenova (Ø135-139mm).

Na gradilište su dostavljena dva sidra sledećih karakteristika:

- 12x15,7mm - Y1860 S7
- $F_{pk}=279\text{kN}$, $F_{p0,1k}=246\text{kN}$, $S_0=150\text{mm}^2$
- $L_g=26,50\text{m}$ (od čega je 1,50m za hvatanje presom)
- $L_b=15\text{m}$ (dužina sidrišne deonice)
- Crevo za injektiranje 13x2mm sa otvorima na svakih 1,0m u sidrenoj zoni, povratno crevo i sekundarno crevo
- Glava privremenog geotehničkog sidra tip 12X0,62", koja se sastoji od:
 - podložne ploče 340/340/50 h.Ø136mm
 - ankerne čaure
 - 12 klinova i 12 PE prstenova

Sidra su privremenog karaktera, tj. nemaju dodatnu antikorozivnu zaštitu potrebnu da bi vršila funkciju trajnih sidara.

Izgled sidara na gradilištu i u toku ugradnje prikazan je na slici 4.1.

Položaj sidara prikazan je na situacionom planu izvedenih radova. Testno sidro 1 je nagnuto pod uglom od 15° stepeni u odnosu na horizontalu, sa azimutom od 50°. Testno sidro 2 se nalazi u zoni oporca mosta i nagnuto je pod uglom od 17°, sa azimutom od 70°. Oslonac glave sidra je dimenzionisan u dve varijante:

1. Sa čeličnim profilima i
2. Sa betonskom kapom.

Međutim, Izvođač radova je zbog nemogućnosti izvođenja prema navedenim crtežima (detaljima) odabrao varijantu sa SikaGrout-314RS (Visokokvalitetni, cementni, ekspanzirajući, samorazlivajući malter sa kompenzovanim skupljanjem) komponentom i ankerom pločom, koju je sam osmislio. Svi neophodni detalji prikazani su u prilogu

E1.2/7.6. Specifikaciju injekcione mase dostavio je Institut IMS iz Beograda, a izveštaj o ispitivanju, tj. dokazu kvaliteta, predstavlja poseban prilog ovog elaborata.



Slika 4.1 Donošenje i ugradnja geotehničkih sidara u bušotine a) prelaz sa slobodne na sidrišnu deonicu, b) izgled distancera i unutrašnjeg raspoređivača, c) proces uvlačenja sidra u bušotinu, d) izgled sidra položenog na zemlju, e) donošenje sidara na gradilište



Institut IMS iz Beograda je po osnovu zahteva Rudarsko-geološkog fakulteta dostavio metodologiju i izvršio kontrolna ispitivanja (test granične nosivosti) ankera (prema SIA normama). Kao maksimalna sila testiranja usvojena je vrednost od $P=2678$ kN (pogledati proračun granične nosivosti sidra u nastavku). Ispitivanje je vršeno u osam prirasta od po $\Delta P=291$ kN (641, 932, 1223, 1514, 1805, 2096, 2387, 2678 kN). Kod početne sile ispitivanja ($P_a=350$ kN) izmerena je početna deformacija, nakon čega je sidro napregnuto na sledeći nivo opterećenja. Na svakom stupnju opterećenja merene su defomracije u periodu od 15 min (u vremenskim intervalima od 1, 2, 5, 10 i 15 min). Nakon toga vršeno je rasterećenje na početnu silu od 350 kN. Za silu testiranja od 2678 kN opterećenje je trajalo 60 min. Pri svakom nivou opterećenja kontrolisana je granična nosivost i kriterijum puzanja.

Metodologija i rezultati testa granične nosivosti prikazani su u prilogu E1.2/7.7.

U nastavku će se dati kratak osvrt na rezultate ispitivanja.

Rezultati ispitivanja na probnom sidru 2 (bušotina B2) pokazuju da je za sve nivoe opterećenja sidro zadovoljilo zadate kriterijume nosivosti i puzanja. Sidro 1 (bušotina B1) već pri prvom nivou opterećenja (641 kN) nije zadovoljilo kriterijum puzanja, pa je vreme ispitivanja sa 15 min produženo na 20 min. Pri drugom nivou opterećenja (932 kN) kriterijumi nosivosti i puzanja nisu zadovoljeni. S obzirom da je izvođač prilikom ugradnje sidra 1 imao izvesnih poteškoća (prestanak rada klipne pumpe tokom injektiranja na nekoliko sati i nemogućnost postizanja zahtevanog pritiska injektiranja), a da razlika u geološkim uslovima u sidrišnoj zoni dva sidra gotovo da ne postoji, smatramo da je posledica nedovoljne nosivosti sidra 1 (svega 42 kN/m' sidrišne deonice, što odgovara tlu, a ne stenskoj masi) posledica problema prilikom ugradnje. U tom pogledu može se zaključiti da za date uslove ispitivanja stenska masa poseduje dovoljnu nosivost, te da će za sidra u budućoj konstrukciji mosta kritičnu nosivost predstavljati zatezna čvrstoća sajli. Izgled stenske mase u zoni sidrišne baze bušotina B1 i B2 prikazan je na slici 4.2a,b. Sa slike se može videti da je stenska masa relativno dobrih karakteristika, gotovo neispucala, sa prosečnim RQD indeksom većim od 90%.

Na slici 4.2c,d prikazan je izgled prese kojom je vršeno ispitivanje i trenutak ispitivanja sidra 2.



Slika 4.2 a), b) Izgled stenske mase u sidrišnoj zoni sidra br. 1 (bušotina B1) i br. 2 (bušotina B2),
respektivno, c) postavljanje prese (multijack-a) i d) trenutak ispitivanja sidra br. 2



Proračun granične nosivosti sidra

Za sidro ranije prikazanih karakteristika sila loma (i sila pri 0,1% deformacije) može da se odredi iz sledeće jednačine:

$$P_{t,k}(P_{t0,1k}) = \frac{\pi d^2}{4} \cdot f_{pk}(f_{p0,1k})$$

gde je, $f_{p0,1k}$ - granica razvlačenja čelične armature pri 0,1% deformacije (1640 MPa), f_{pk} - granica kidanja čelika (1860 MPa); d - nominalni prečnik užadi (za površinu od 150 mm²).

Za sidro sa 12 užadi karakteristične sile iznose:

$$P_{t,k}=12 \times 150 \text{ mm}^2 \times 1860 \text{ MPa} = \mathbf{3348 \text{ kN}} \text{ i } P_{t0,1k}=12 \times 150 \text{ mm}^2 \times 1640 \text{ MPa} = \mathbf{2952 \text{ kN}}$$

Uobičajeno je da se kod testa čupanja sila ispitivanja usvoji kao manja od dve vrednosti:

$$0,95 \times P_{t0,1k} = \mathbf{2804,4 \text{ kN}} \text{ ili } 0,8 \times P_{t,k} = \mathbf{2678,4 \text{ kN}}$$

U krajnjem slučaju sidro se moglo izložiti opterećenju koje će dovesti do loma sajli (3348 kN), ukoliko se prethodno ne prekorači čvrstoća na kontaktu injekciona masa - stenska masa. Rezultati ispitivanja prikazani su u prilogu E1.2/7.7.

Proračun otpora prema izvlačenju (kontakt injekciona masa - stenska masa)

Otpor prema izvlačenju po m' ankera može da se izračuna preko efektivnih napona:

$$R_{e,k,1m} = \pi \cdot d_h \cdot (K_a \cdot \sigma \cdot \tan \varphi + c)$$

pri čemu je,

$$K_a = \frac{1 + (1 - \sin \varphi)}{2}$$

gde je, σ - vertikalni geostatički napon. Obično se usvaja za visinu nadsloja na polovini dužine ankera; d_h - prečnik bušotine; φ - efektivni ugao smičuće otpornosti stenske mase; c - kohezija stenske mase.

Parametri korišćeni u proračunu su sledeći:

$$\sigma = \gamma \times H = 26 \text{ kN/m}^3 \times 15 \text{ m} = 390 \text{ kPa}$$

$$d_h = 146 \text{ mm}$$

$$c = 980 \text{ kPa (za bolji slučaj stenske mase) ili } c = 583 \text{ kPa (za lošiji slučaj stenske mase)}$$

$$\varphi = 59^\circ \text{ (za bolji slučaj stenske mase) ili } \varphi = 58^\circ \text{ (za lošiji slučaj stenske mase)}$$

Na osnovu ovako definisanih parametara otpor prema izvlačenju po m' ankera iznosi:

$$K_a = \frac{1 + (1 - \sin 59^\circ)}{2} = 0,571, \text{ odakle sledi,}$$

$$R_{e,k,1m} = \pi \times 0,146 \times (0,571 \times 390 \times 1,664 + 980) = \mathbf{619,15 \text{ kN/m'}} \text{ (bolji slučaj) ili}$$



$$R_{e,k,1m} = \pi \times 0,146 \times (0,576 \times 390 \times 1,60 + 583) = \mathbf{432,07 \text{ kN/m}'} \text{ (lošiji slučaj)}$$

Na 12 m dužine sidrišne deonice otpor prema izvlačenju iznosi (smatramo da povećanje sidrišne deonice na više od 12 m dužine nema uticaja na povećanje vezivne čvrstoće):

$$L \times R_{e,k,1m} = 12 \times 619,15 = \mathbf{7429,78 \text{ kN}} \text{ (bolji slučaj) ili}$$

$$L \times R_{e,k,1m} = 12 \times 432,07 = \mathbf{5184,95 \text{ kN}} \text{ (lošiji slučaj)}$$

Proračun otpora prema izvlačenju može da se izračuna i na osnovu empirijskih jednačina (tabela 4.1) koje u obzir uzimaju odnos jediničnog bočnog trenja i jednoaksijalne čvrstoće stenske mase σ_{rm} .

Na osnovu Hoek-Brown-ovog kriterijuma loma, veličina jednoaksijalne čvrstoće stenske mase u zoni sidrišne deonice iznosi $\sigma_{rm}=7,79 \text{ MPa}$.

Tabela 4.1 Empirijske jednačine za proračun jediničnog bočnog trenja τ_u

AUTORI	JEDNAČINA	VELIČINA τ_u (kPa)	$R_{e,k,1m} = \pi \cdot d_h \cdot \tau_u$ (kN/m')	$L \times R_{e,k,1m}$ (kN)
Meigh i Wolski (1979)	$0.22 \times (\sigma_{rm})^{0.6}$	753,95	345,64	4147,69
Carter i Kulhawy (1987)	$0.15 \times (\sigma_{rm})$	1168,5	535,68	6428,16
BS 8081	$10\% \times (\sigma_{rm})$	779	357,12	4285,44

Iz prikazane analize može se zaključiti da je vezivna čvrstoća na kontaktu stenska masa injekciona masa veća od zatezne čvrstoće sajli u svim proračunskim varijantama, pa bi se u slučaju ispitivanja do otkaza sidra moglo očekivati da dođe do pucanja kablova.

Naravno, ovakva pretpostavka podrazumeva da je sidro propisno ugrađeno u bušotinu, a sidrišna deonica kvalitetno injektirana (što nažalost nije slučaj sa sidrom br. 1).

Karakteristike mikrošipova

Za potrebe numeričkih analiza mikrošipovi su predstavljeni kao čelične cevi 26 m dužine sa sledećim karakteristikama:

Prečnik 508 mm; debljina cevi 12,7 mm; površina poprečnog preseka 18400 mm^2 ; moment inercije $566 \times 10^6 \text{ mm}^4$; težina po m' 229 kg; $E_c=200 \text{ GPa}$; $\nu=0,25$; zatezna čvrstoća čelika 400 MPa.

Čelične cevi se nakon izrade bušotine prečnika 600 mm postavljaju u nju i zalivaju betonom klase C20/25 sa spoljašnje i unutrašnje strane.

Za potrebe numeričkog proračuna usvojene su sledeće karakteristike betona:

$E_b=30 \text{ GPa}$; $\nu=0.15$; $f_{ck,cube}=30 \text{ MPa}$; $f_{ctm}=2,2 \text{ MPa}$; $\gamma_b=24 \text{ kN/m}^3$.

Raspored mikrošipova prikazan je u prilogima E1.2/7.1 i E1.2/7.2.

Na projektantu konstrukcije je da odluči o konačnim dimenzijama i karakteristikama mikrošipova.



4.2. NAPONSKO-DEFORMACIJSKA ANALIZA METODOM KONAČNIH ELEMENATA

Kako bi se odredila stabilnost obalnih stubova usled dejstva sile tzv. prednapregnute trake (stress ribbon) izvršena je naponsko-deformacijska analiza metodom konačnih elemenata (MKE). Prilikom proračuna korišćen je program RS2 (Rocscience inc.) koji je namenjen za geotehničke proračune. Analize su urađene pod pretpostavkom 2D ravnog stanja deformacija. Prilikom generisanja mreže konačnih elemenata korišćeni su šestočvorni trougaoni konačni elementi, sa veličinama koje su odabrane tako da se održi njihova kontinualnost i kvalitet u geometrijskom smislu.

S obzirom da je stenska masa ispucala sredina u analizu su uključeni kontaktni (interface) elementi kako bi se oponašao uticaj pukotina (slike 4.3 i 4.4). Elementi pada i parametri pukotina su određeni opitima/merenjima na terenu. Intaktni delovi stenske mase predstavljeni su kao Hoek-Brown-ov materijal, dok je rastojanje između pukotina (zbog numeričke stabilnosti) usvojeno od 1,0 m za međuslojne i 3,0 m za dve subvertikalne familije na strani Starog grada (odnosno 2,0 m na suprotnoj strani). Kontinualnost međuslojnih pukotina procenjena je da iznosi 80% (20% : 80% = materijalni mostovi : pukotine), pri čemu su njihove dužine 5 m. Dužine subvertikalnih pukotina su 5 m, a kontinualnost je 50%. Svi parametri koji su korišćeni pri naponsko-deformacijskoj analizi prikazani su u tabelama 3.6 i 3.7.

Geotehnička prednapregnuta sidra su predstavljena opcijom "tieback" gde se mogu uneti sve karakteristike geotehničkog sidra (vezivna čvrstoća, prečnik bušotine, zatezna čvrstoća užadi, dužina sidiršne deonice itd.). Sila prednaprezanja je usvojena kao $0,65\% \times P_{t,01k}$ (napominjemo da parcijalni faktor od 1,15 nije korišćen prilikom analiza).

Proračuni su izvršeni za oba stubna mesta i to u nekoliko faza:

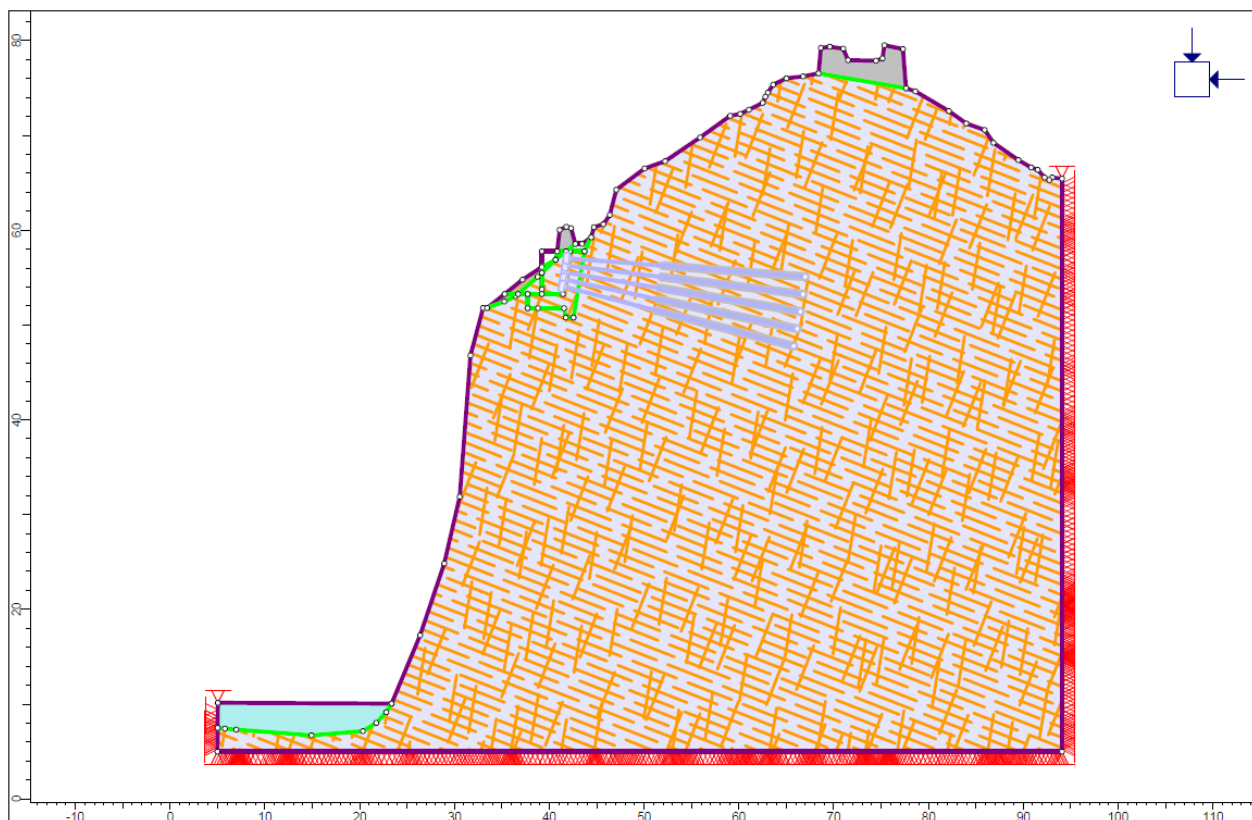
1. Generisanje inicijalnog naponskog stanja (pretpostavljeno je da su horizontalni i vertikalni naponi jednaki, tj. $K_0=1.0$)
2. Iskop za izgradnju obalnih stubova
3. Formiranje stubova
4. Ugradnja geotehničkih sidara i prednaprezanje (na strani Starog grada) ili mikrošipova na suprotnoj strani
5. Dodavanje sile od prednapregnute trake u vidu jednakopodeljenog opterećenja

Za svaku od navedenih faza dobijena su pomeranja, koja su prikazana na slikama 4.5, 4.6 i 4.7. Na slici 4.6 su, pored pomeranja, prikazane i zatežuće sile u ankerima nakon prihvatanja sile prednapregnute trake.

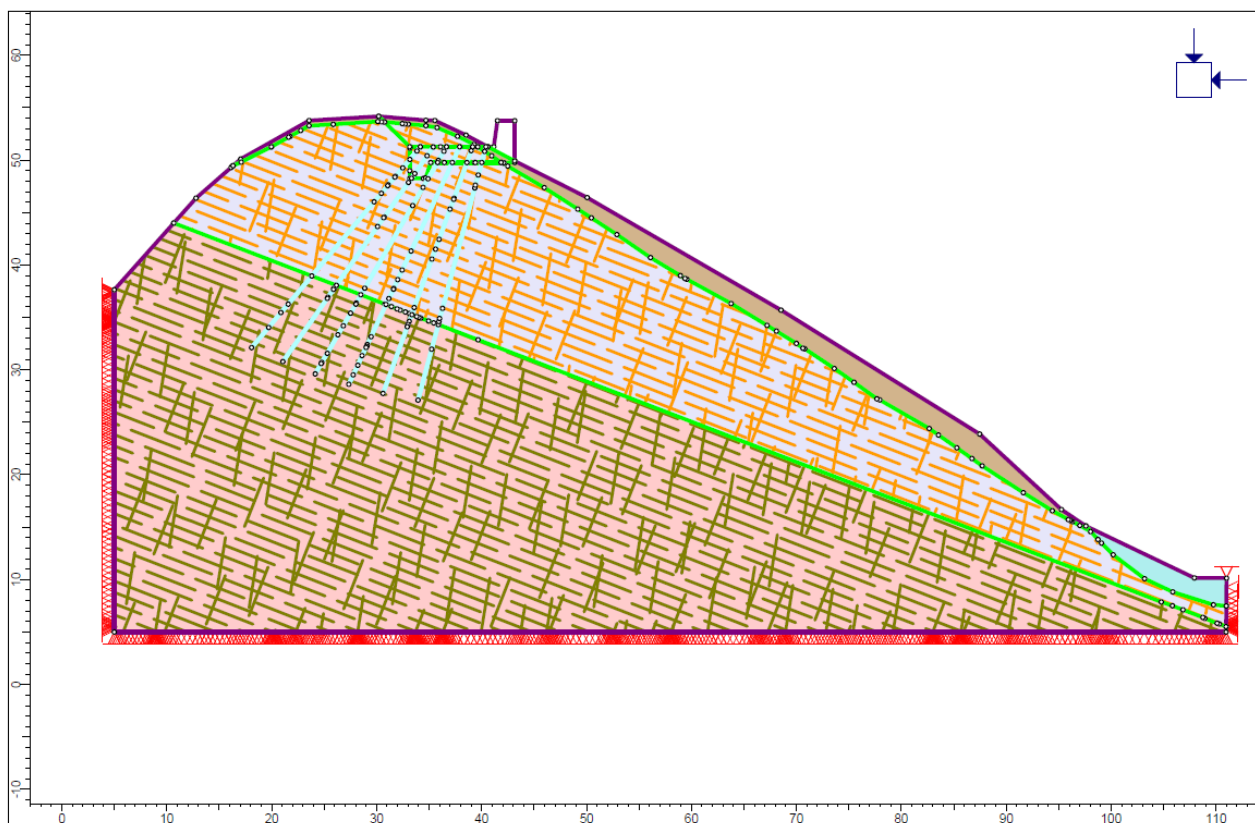
Veličine faktora sigurnosti određene su za slučaj:

1. Prirodnog stanja kosina (pre iskopa)
2. Privremene stabilnosti iskopa za obalni stub
3. Stabilnosti nakon izgradnje obalnih stubova

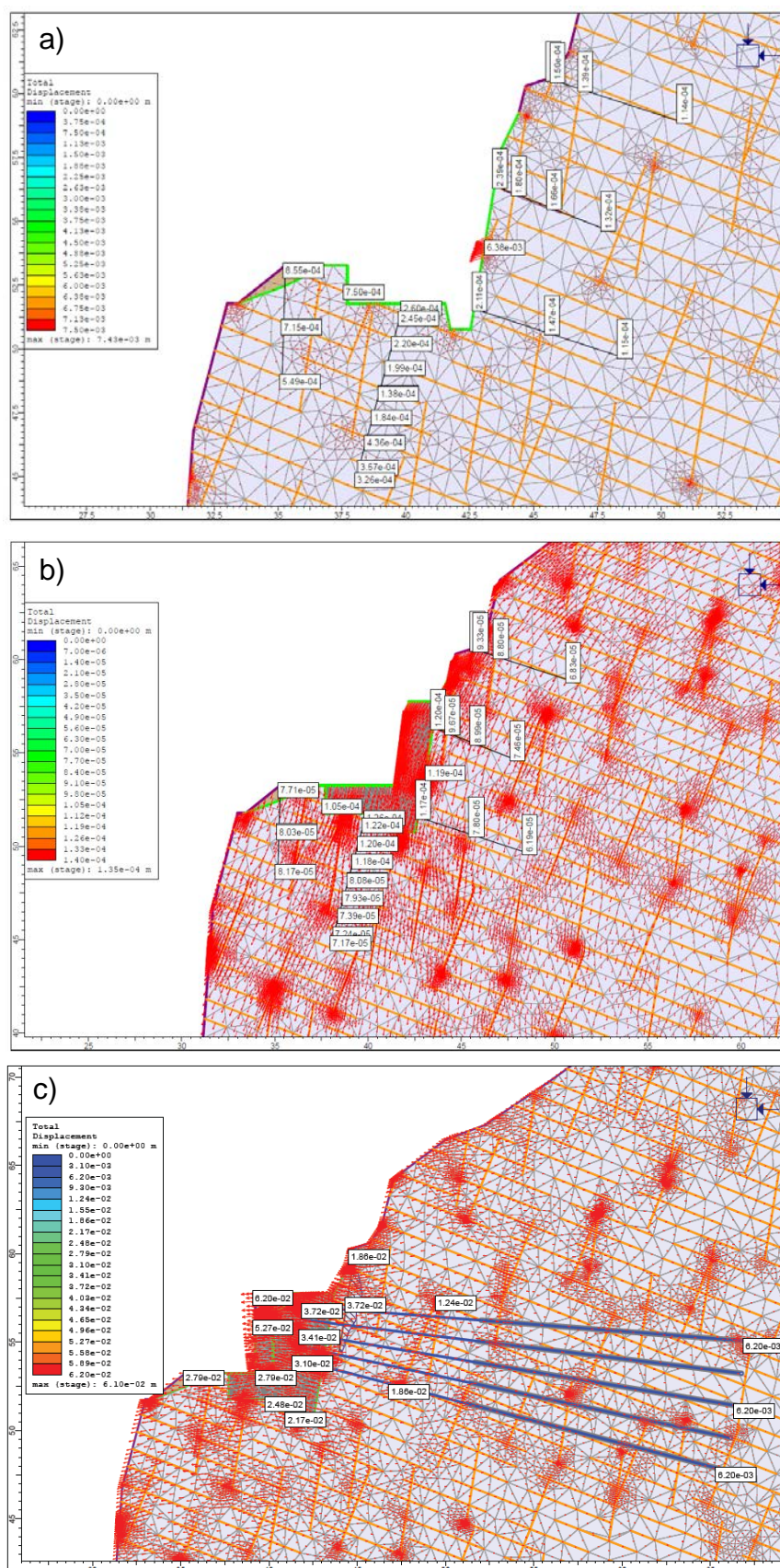
U proračunu metodom konačnih elemenata korišćen je postupak redukcije čvrstoće (SSR).



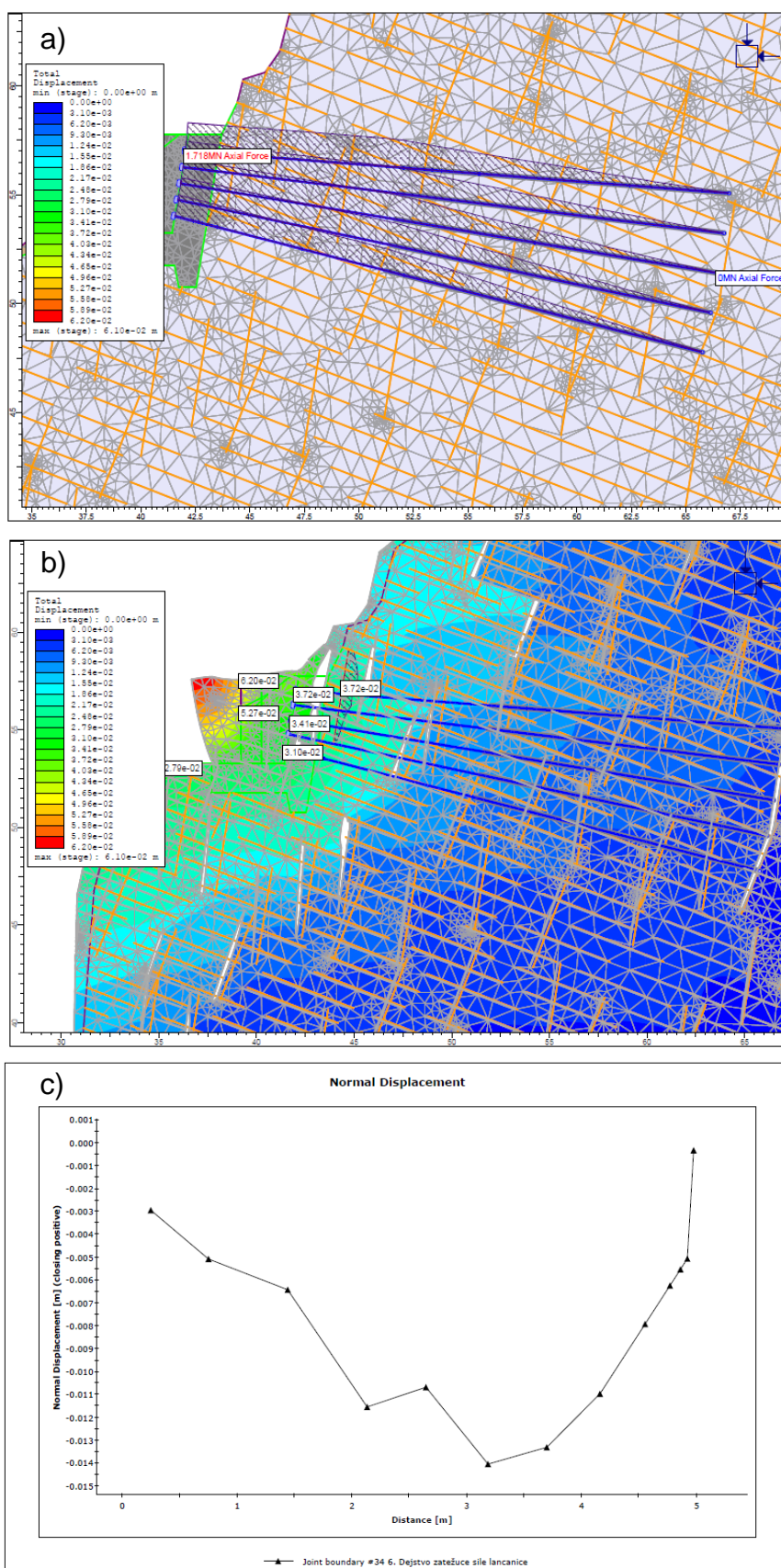
Slika 4.3 MKE model na strani Starog grada



Slika 4.4 MKE model na desnoj dolinskoj strani



Slika 4.5 Relativna pomeranja u pojedinim fazama a) iskop za izgradnju obalnog stuba, b) izgradnja stuba, c) uticaj sile prednapregnute trake



Slika 4.6 a) Sile zatezanja u ankerima nakon dejstva stress-ribbon-a, b) prikaz „otvaranja“ subvertikalnih pukotina usled dejstva sile prednapregnute trake, c) normalno pomeranje - otvaranje pukotine prikazane na slici pod b)



Na osnovu rezultata proračuna na strani Starog grada očekivana pomeranja u toku izrade obalnog stuba su reda veličine nekoliko mm, dok nakon prihvatanja opterećenja od prednapregnute trake pomeranja rastu na cca. 6,20 cm. Usled dejstva sile prednapregnute trake dolazi do otvaranja pukotina, što značajno povećava pomeranja. Ovde se napominje da na veličinu otvaranja pukotina značajnu ulogu ima njihova krutost (normalna i smičuća). Napominjemo da su analize urađene i za varijantu bez pukotina, kada je stenska masa predstavljena kao ekvivalentni kontinuum (HB materijal). Ukupna pomeranja su tada značajno manja (nekoliko mm), jer ne dolazi do otvaranja pukotina.

Na desnoj dolinskoj strani pomeranja su reda veličine nekoliko mm pre prihvatanja sile od lančанице, a nakon prihvatanja sile od prednapregnute trake iznose 2,30 cm, slika 4.7. Uticaj otvaranja pukotina se u ovom slučaju ne oseća u tolikoj meri.

Sile i otporni momenti u mikrošipovima prikazani su na slici 4.8. Ove vrednosti treba uporediti sa dozvoljenim vrednostima sila i momenata u konstruktivnom elementu. Ukoliko prikazane vrednosti prevazilaze dozvoljene, mogu se iterativno menjati dimenzije mikrošipova do zadovoljavanja navedenog uslova.

Veličine faktora sigurnosti koji su dobijeni prema postupku redukcije čvrstoće prikazani su na slikama 4.9 i 4.10, kao i u tabeli 4.2.

Tabela 4.2 Veličine faktora sigurnosti u pojedinim fazama izgradnje obalnih stubova

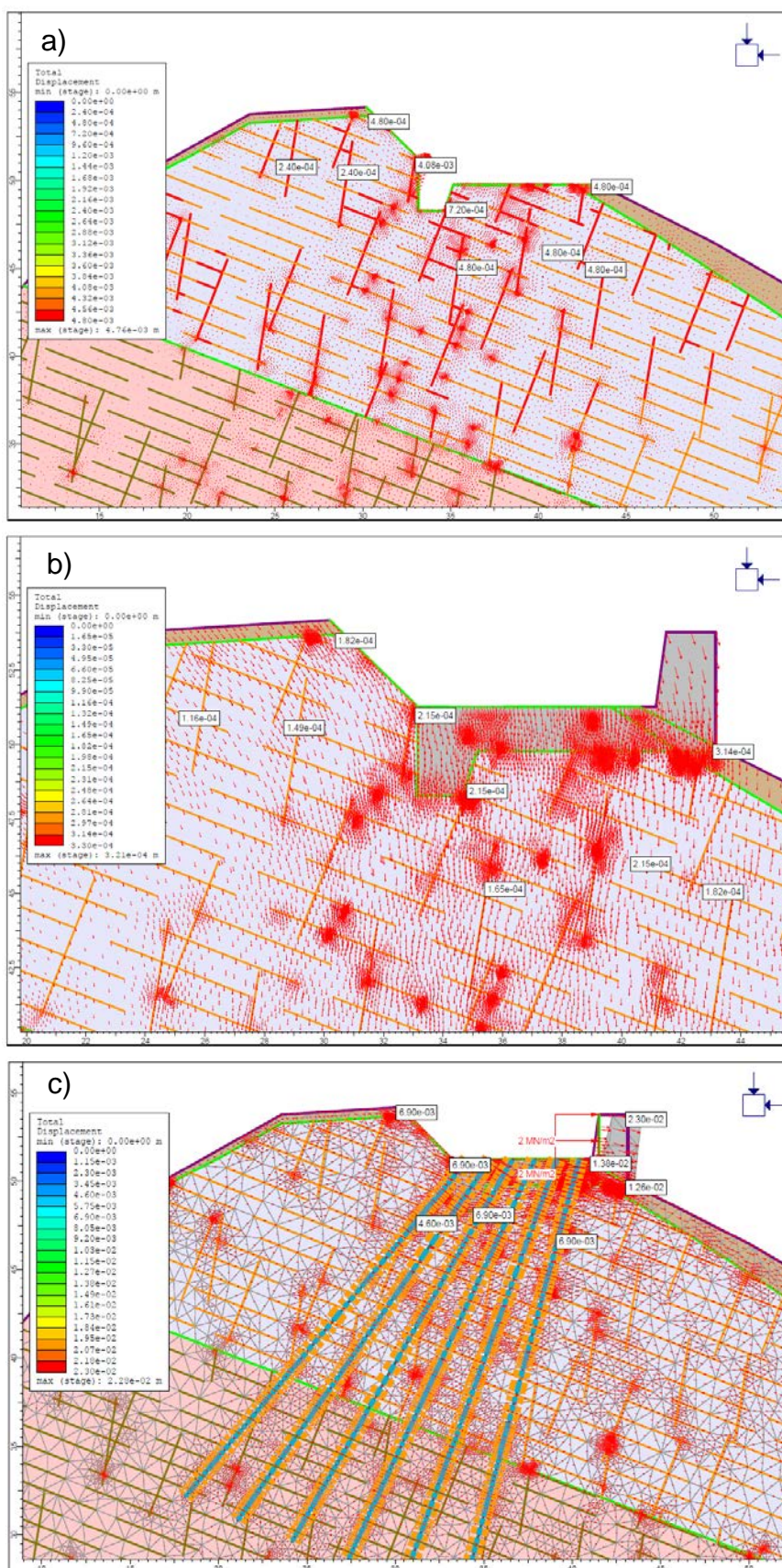
VELIČINA FAKTORA SIGURNOSTI	LEVA DOLINSKA STRANA - STARI GRAD	DESNA DOLINSKA STRANA
STABILNOST KOSINE PRE ISKOPA	2,71	1,06 (u sloju deluvijuma)
STABILNOST PRIVREMENOG ISKOPA ZA OBALNI STUB	1,25	3,23
STABILNOST NAKON IZGRADNJE OBALNOG STUBA I DEJSTVA ZATEŽUĆE SILE	1,52	2,39 (lokalno) / 1,25 (globalno)

Na osnovu prikazanih analiza može se zaključiti da globalna stabilnost kosina nije ugrožena. Relativno niska vrednost faktora sigurnosti ($FoS=1,06$) na desnoj dolinskoj strani, u prirodnim uslovima posledica je usvojenih parametara za deluvijalno-eluvijalni pokrivač. Naime, mehanizam loma je takav da se hipotetička klizna površ stvara u ovom materijalu. Ovakav rezultat samo ukazuje na to da su proračunski parametri deluvijalno-eluvijalnog pokrivača adekvatno usvojeni.

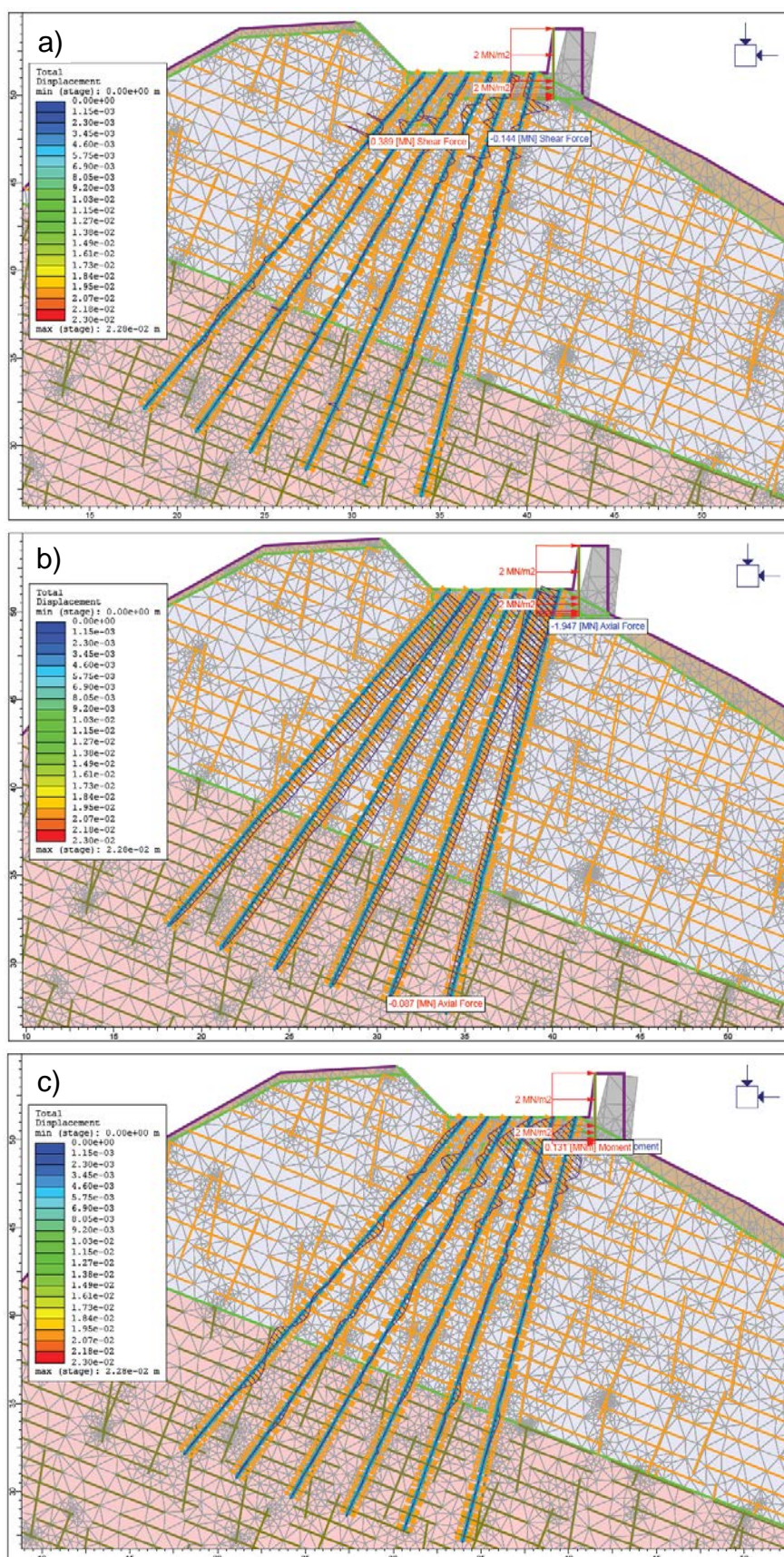
Privremena stabilnost iskopa za obalne stubove nije ugrožena, ali u zavisnosti od orijentacije diskontinuiteta i njihovog položaja u odnosu na privremeni iskop postoji mogućnost da dođe do ispadanja manjih blokova. Ovo se može sprečiti nanošenjem sloja prskanog betona u debljini od 5 cm.

Napominje se da je prilikom analize stabilnosti privremenog iskopa obalnih stubova korišćena opcija koja omogućava da se ograniči zona u kojoj se vrši SSR redukcija. Na ovaj način je izvršen odabir lokacije (zona privremenog iskopa) od interesa za određivanje veličine faktora sigurnosti.

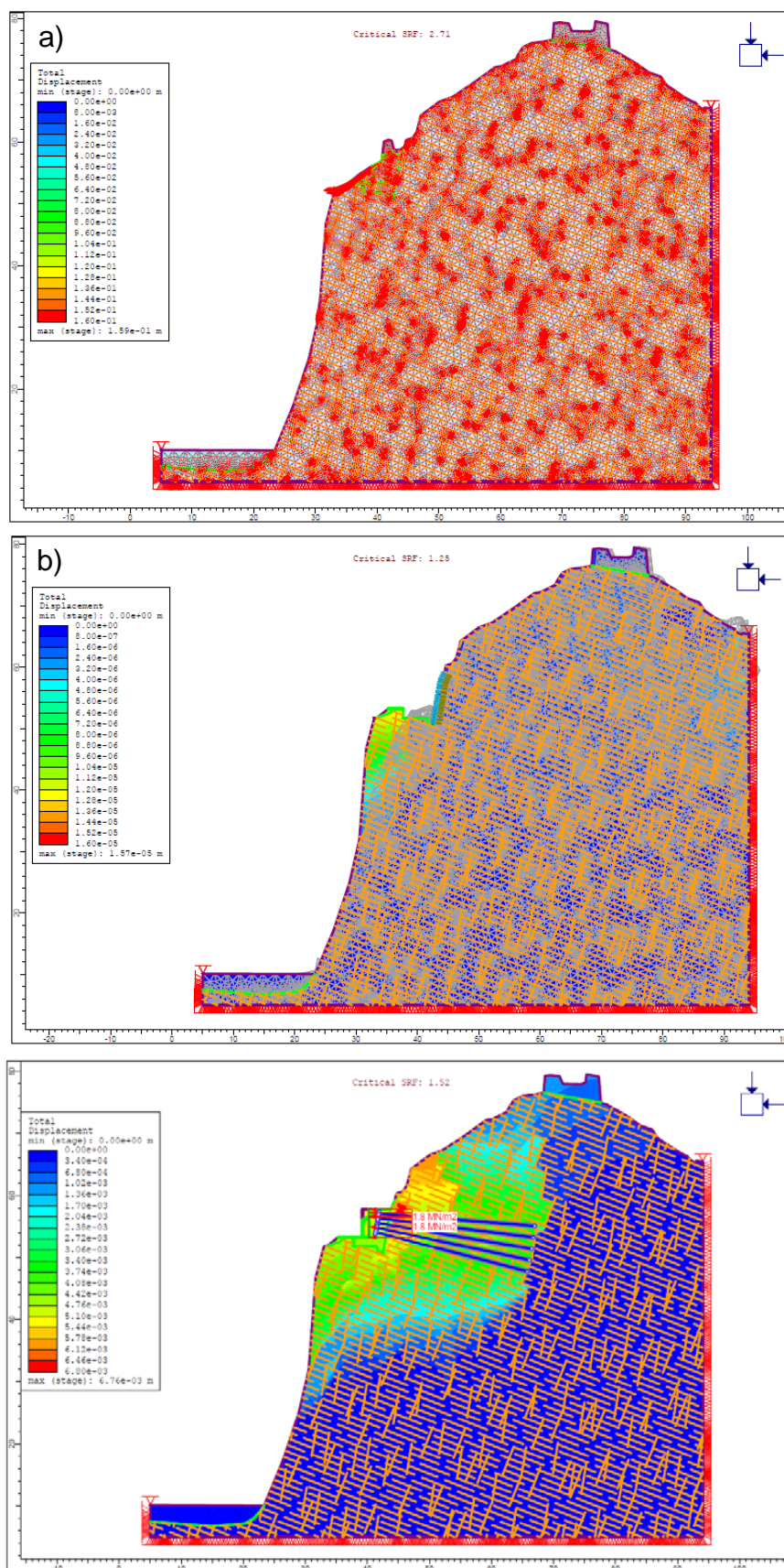
Može se zaključiti da se izgradnjom obalnih stubova, uz predviđene mere njihovog fundiranja, obezbeđuje trajna stabilnost mostovske konstrukcije.



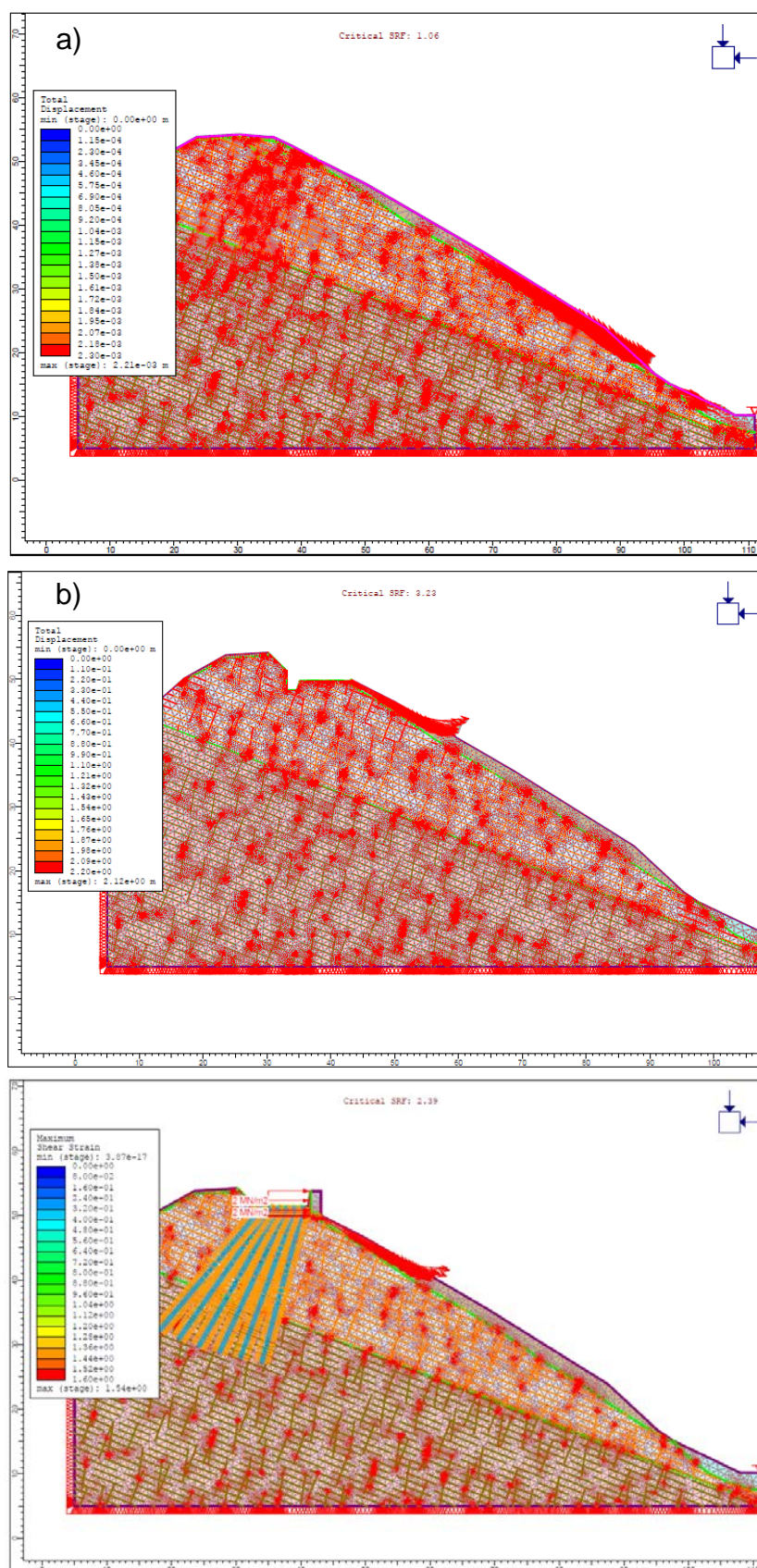
Slika 4.7 Relativna pomeranja u pojedinim fazama a) iskop za izgradnju obalnog stuba, b) izgradnja stuba, c) uticaj sile prednapregnute trake



Slika 4.8 Momenti i sile u mikrošipovima a) transversalna sila, b) aksijalna (normalna) sila (zatezanje je negativno), c) momenti savijanja



Slika 4.9 Rezultati analiza stabilnosti na strani Starog grada a) stabilnost kosine pre iskopa, b) stabilnost privremenog iskopa za obalni stub, c) stabilnost nakon izrade obalnog stuba



Slika 4.10 Rezultati analiza stabilnosti na desnoj dolinskoj strani a) stabilnost kosine pre iskopa, b) stabilnost privremenog iskopa za obalni stub, c) stabilnost nakon izrade obalnog stuba

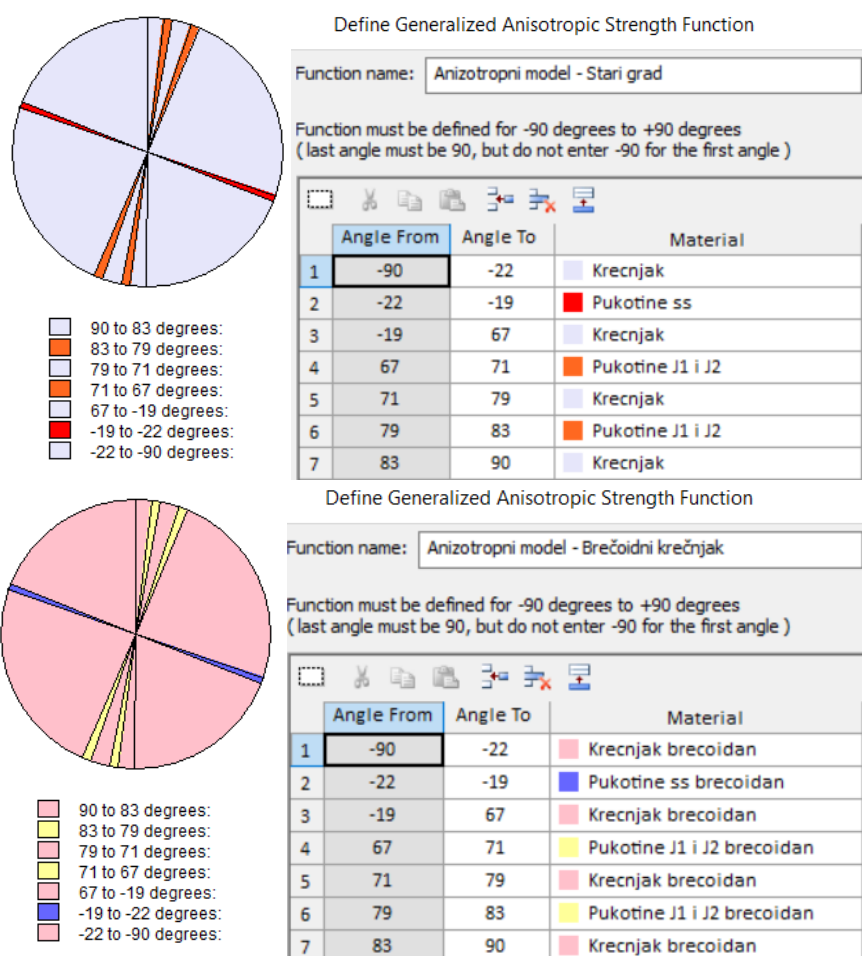
4.3. ANALIZA STABILNOSTI METODOM GRANIČNE RAVNOTEŽE

Radi provere i upoređivanja rezultata analize stabilnosti urađene su i metodom granične ravnoteže (MGR) u programskom paketu Slide2 (Rocscience inc.). Kako bi se pokazalo kako zatežuća sila prednapregnute trake utiče na veličinu faktora sigurnosti urađene su analize sa obalnim stubom pre i nakon dejstva sile. Prilikom proračuna stenska masa je predstavljena generalizovanim anizotropnim modelom sa tri familije pukotina, pri čemu su parametri usvajani kao ponderisane vrednosti u odnosu na procenutalno učešće materijalnih mostova i pukotina, slika 4.11.

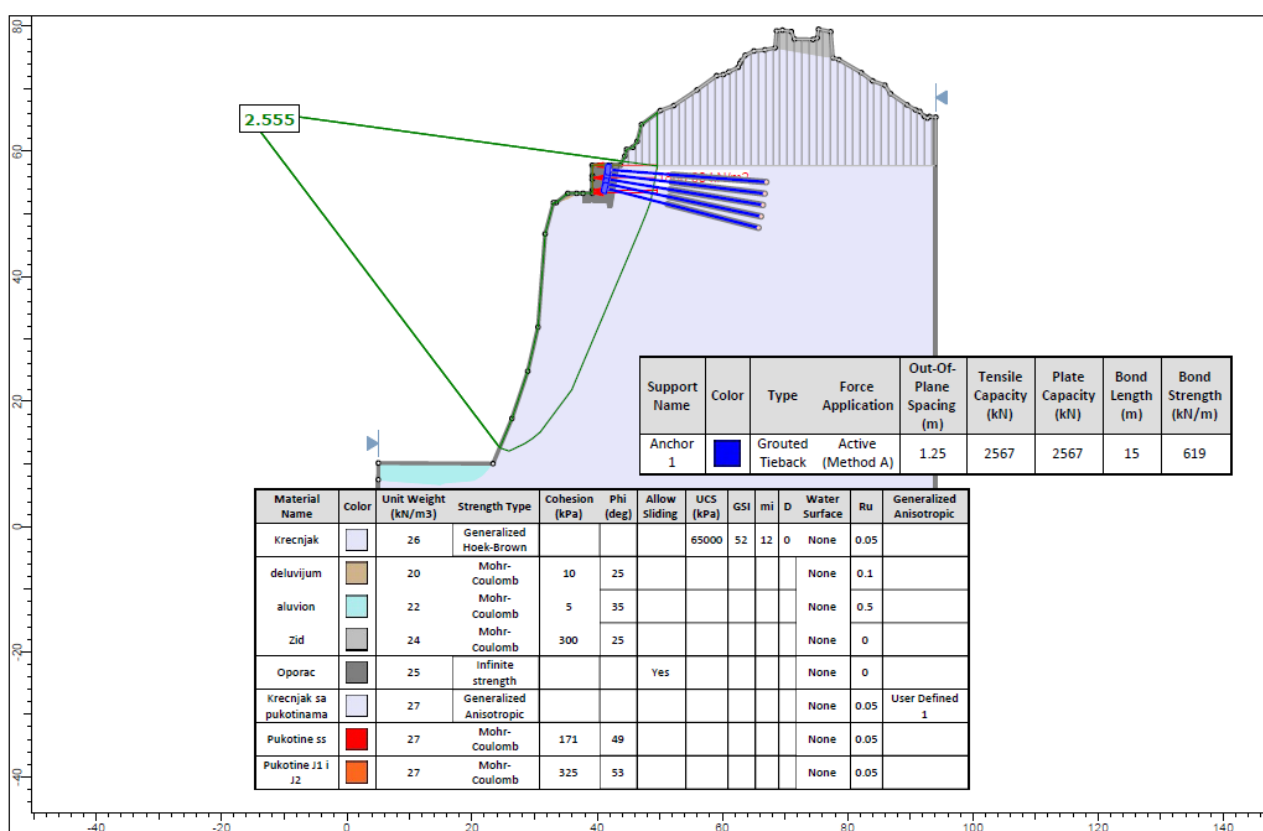
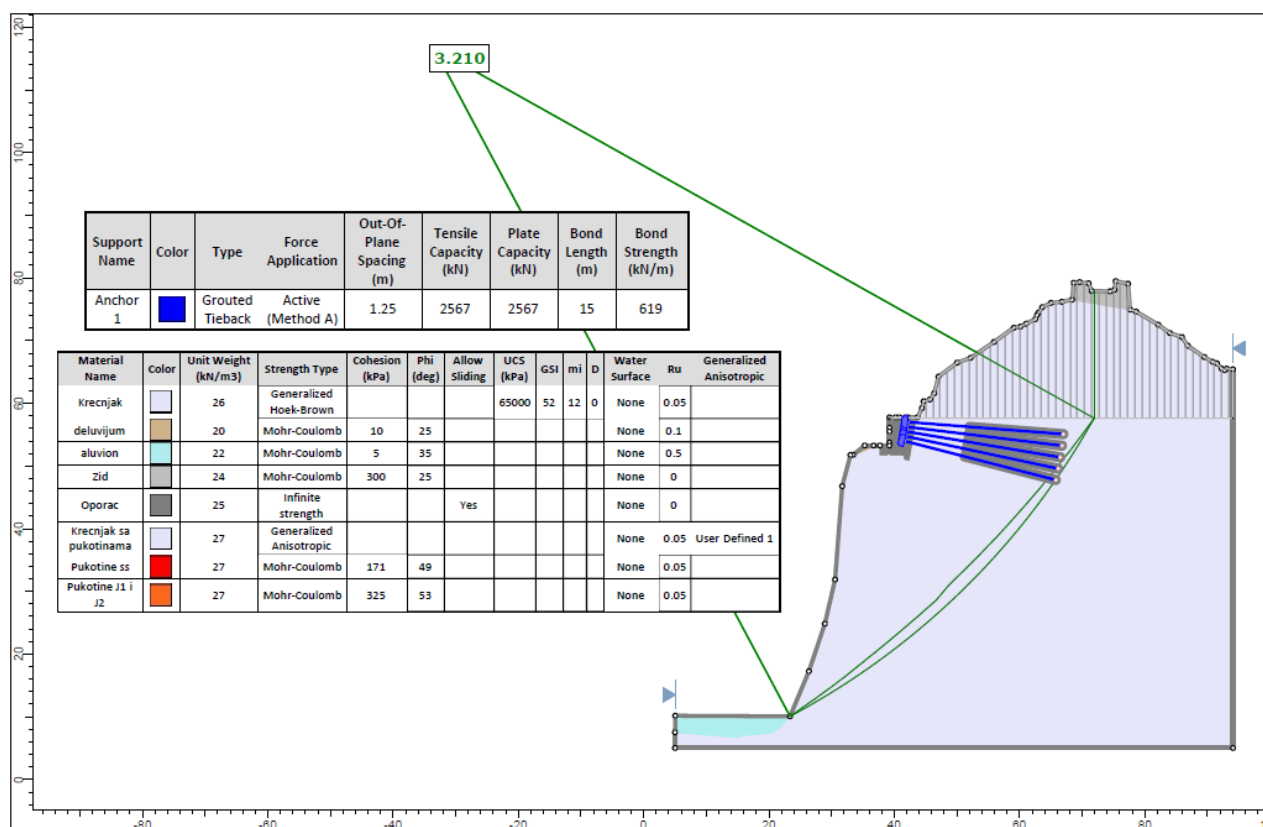
Kako bi se eliminisalo zatezanje i potporna linija međulamelarnih sila održala u ravnoteži na strani Starog grada je uvedena pukotina zatezanja.

Rezultati proračuna prikazani su na slikama 4.12 i 4.13, za levu i desnu dolinsku stranu, respektivno.

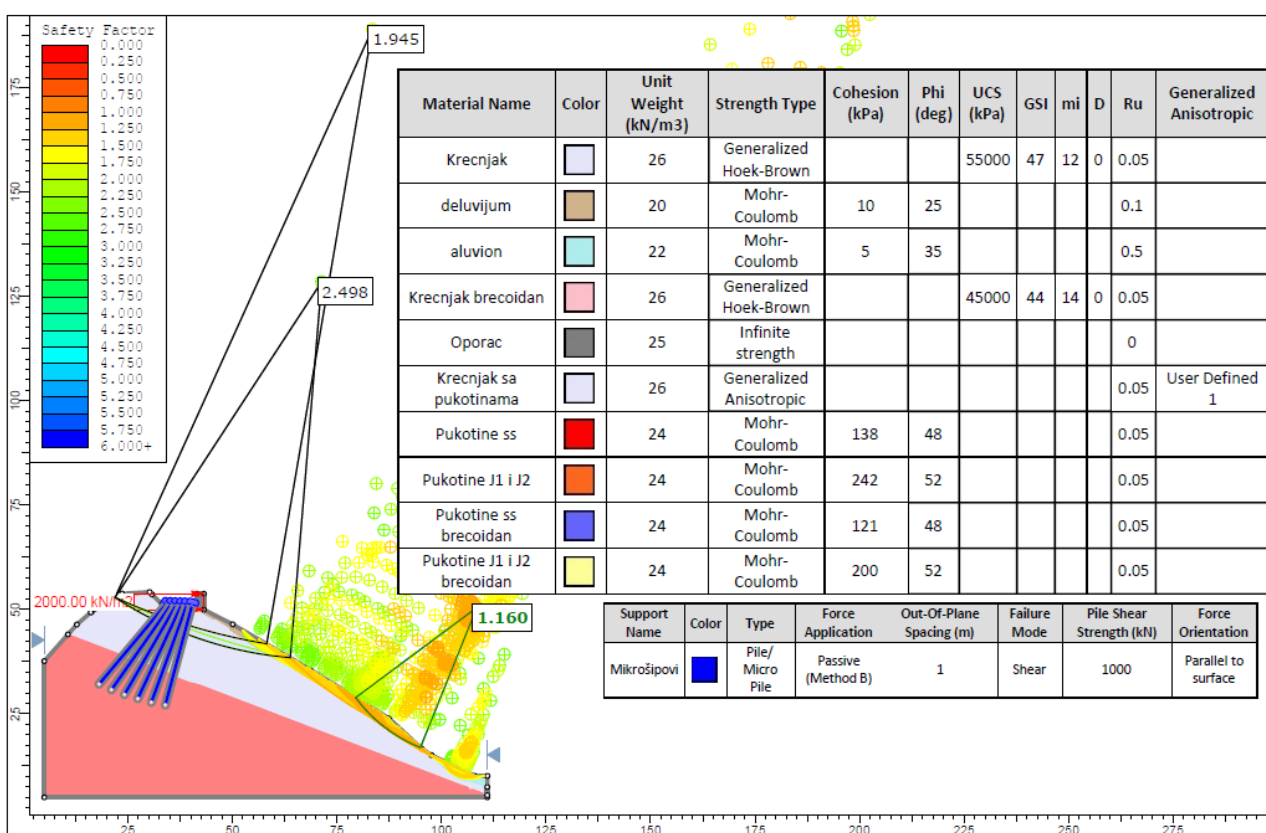
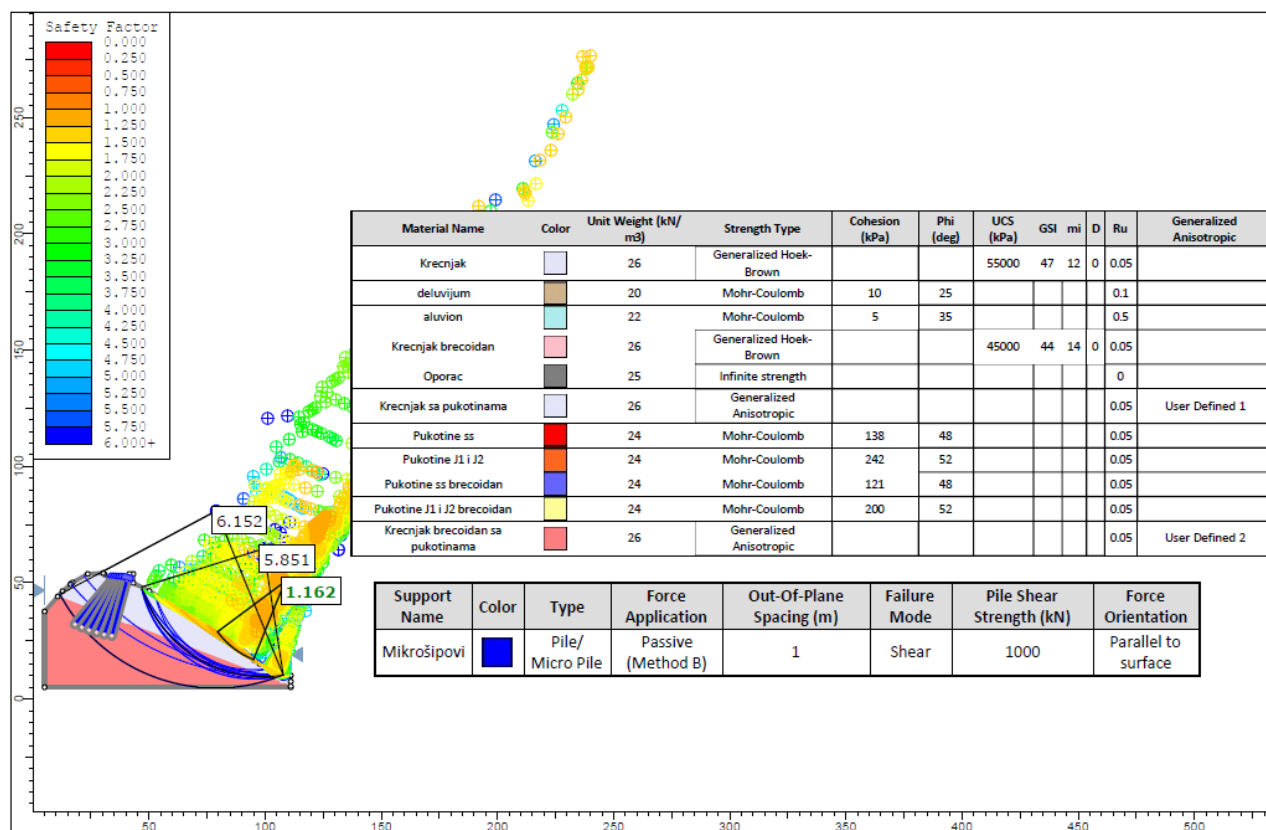
Na osnovu prikazanih analiza može se zaključiti da dejstvo zatežuće sile smanjuje veličinu faktora sigurnosti, ali je ona i dalje dovoljno visoka, čime nije ugrožena globalna stabilnost. Veličine faktora sigurnosti između MKE i MGR su različite i posledica su različitih pretpostavki i formulacije samih metoda, a što se najviše odnosi na način na koji su pukotine tretirane u jednom i u drugom slučaju.



Slika 4.11 Generalizovani anizotropni model a) strana Starog grada, b) desna dolinska strana



Slika 4.12 Rezultati analiza stabilnosti MKG na strani Starog grada a) kosine pre dejstva sile lančaniće, b) kosine sa silom od lančaniće



Slika 4.13 Rezultati analiza stabilnosti MKG na desnoj dolinskoj strani a) kosine pre dejstva sile lančанице, b) kosine sa silom od lančанице



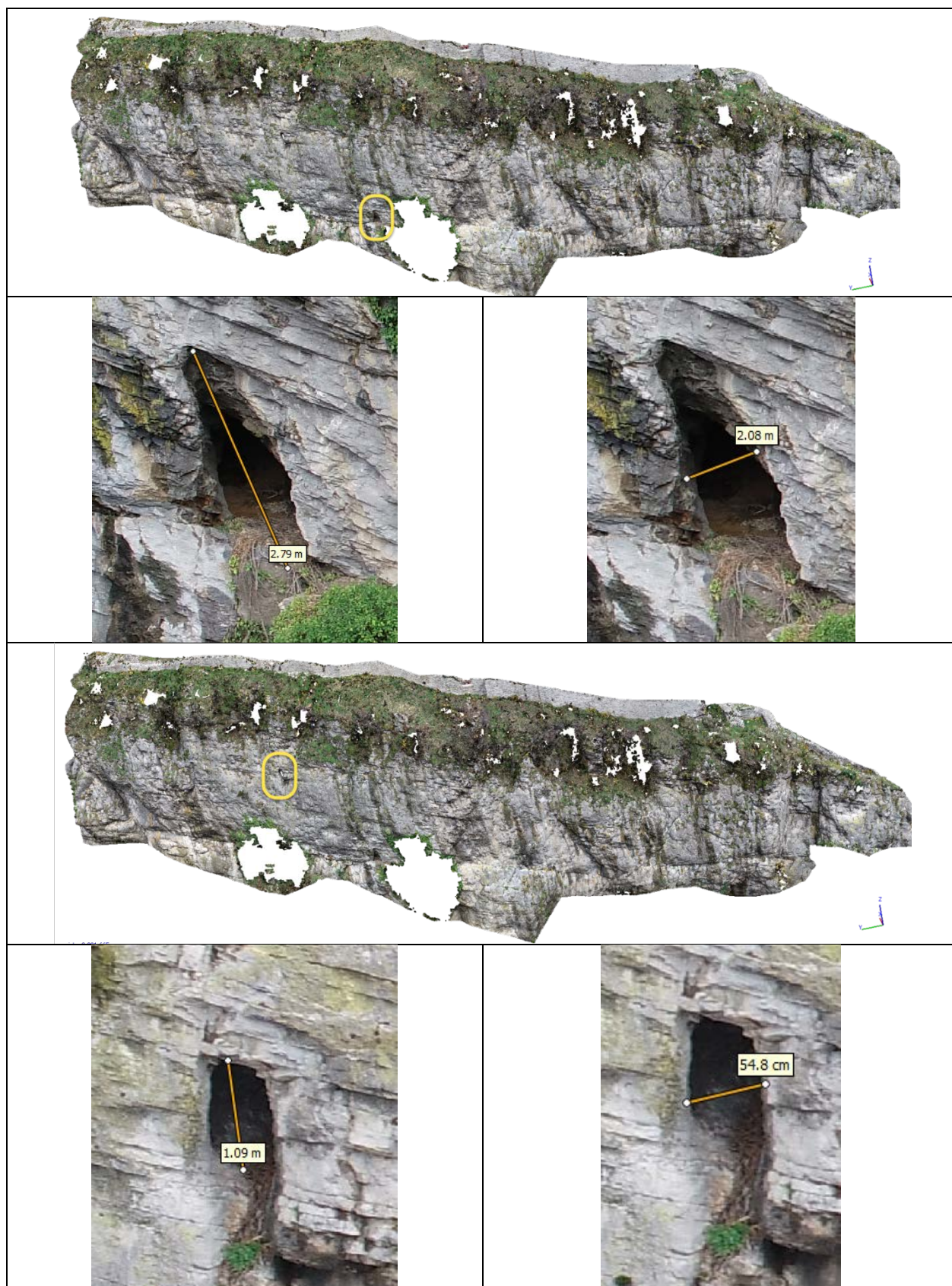
5. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Na osnovu izvršenih geotehničkih istraživanja terena i ispitivanja sidara, te numeričkih analiza metodom konačnih elemenata i metodom granične ravnoteže mogu se doneti sledeći zaključci:

- Stenska masa je povoljnih otporno-deformabilnih karakteristika i pogodna je za fundiranje obalnih stubova pešačkog mosta (prednapregnute trake).
- Opiti vodopropusnosti (VDP) na strani Starog grada pokazali su da je stenska masa srednje vodopropusna. Sa aspekta injektiranja sidara ona predstavlja povoljnu sredinu, pod pretpostavkom da pritisci injektiranja neće prelaziti 15 bara. Napominjemo da, prilikom izvođenja bušotina za ugradnju trajnih sidara u sklopu konstrukcije mosta postoji mogućnost nailaska na kaverene. Tada se mogu očekivati značajni gubici injekcione mase. U bušotini B4 je na dubini od 26,6 do 28,4 m konstatovano prisustvo kaverne. Očekivane dimenzije kaverni, na osnovu rezultata istražnog bušenja i snimanjem lica kosine LK1 fotogrametrijskim postupkom, su reda veličine nekoliko m³, slika 5.1.
- Test čupanja sidra br. 2 pokazao je da je za ispitana sidra merodavna granična nosivost čelika, odnosno da je nosivost na kontaktu stenska masa - injekciona masa veća od zatezne čvrstoće svih sajli. Mala nosivost sidra br. 1 posledica je neadekvatno zainjektirane sidrišne deonice (usled kvara klipne pumpe i problema koji su se javili prilikom ugrađivanja injekcione mase).
- Očekivana pomeranja konstrukcije usled dejstva zatežuće sile prednapregnute trake kreću se u intervalu od 2,30 cm u zoni obalnog stuba na desnoj dolinskoj strani, do 6,20 cm u zoni obalnog stuba u zoni Starog grada.
- Veličine faktora sigurnosti su zadovoljavajuće u svim fazama iskopa i izgradnje mosta.

Preporuke se ogledaju u sledećem:

- Privremene kosine u zoni stubnih mesta potrebno je štititi slojem prskanog betona od najmanje 5 cm, kako bi se sprečilo ispadanje manjih blokova stenske mase.
- Karakteristike sidara i injekcione mase u fazi izvođenja radova na izgradnji mosta treba da odgovaraju karakteristikama sidara ispitanih i prikazanih u ovom elaboratu, pri čemu se mora voditi računa da ona budu trajna, tj. da imaju odgovarajuću antikorozivnu zaštitu.
- Radi ubrzanja procesa izrade mikrošipova, oni se mogu izvoditi udarnim bušenjem bez jezgrovanja. Na ovaj način zidovi bušotina bi ostali stabilni do postavljanja armature i zapunjavanja međuprostora betonom. Kao alternativa rešenju sa mikrošipovima, može se razmotriti i varijanta sa sidrima i na desnoj dolinskoj strani.
- Sila prednaprezanja trajnih sidara treba da iznosi $0,65\% \times P_{t,01k}$. Broj sidara u stubu mosta treba da bude takav da se silom prednaprezanja primi ukupno opterećenje od sile lančanice.



Slika 5.1 Izgled, položaj i dimenzije kaverni snimljenih na licu kosine LK1



6. SPISAK LITERATURE

Hoek, E., Diederichs, M.S. (2006) Empirical estimation of rock mass modulus. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 43, 203-215

Hoek, E., Carter, T.G., Diederichs, M.S. (2013) Quantification of the Geological Strength Index Chart 47th US Rock Mechanics / Geomechanics Symposium, San Francisco

Geotehnički Elaborat za potrebe fundiranja pešačkog mosta preko reke Đetinje od magistralnog puta M-19/1 do Starog grada u Užicu (2019) Institut za ispitivanje materijala (IMS), Beograd

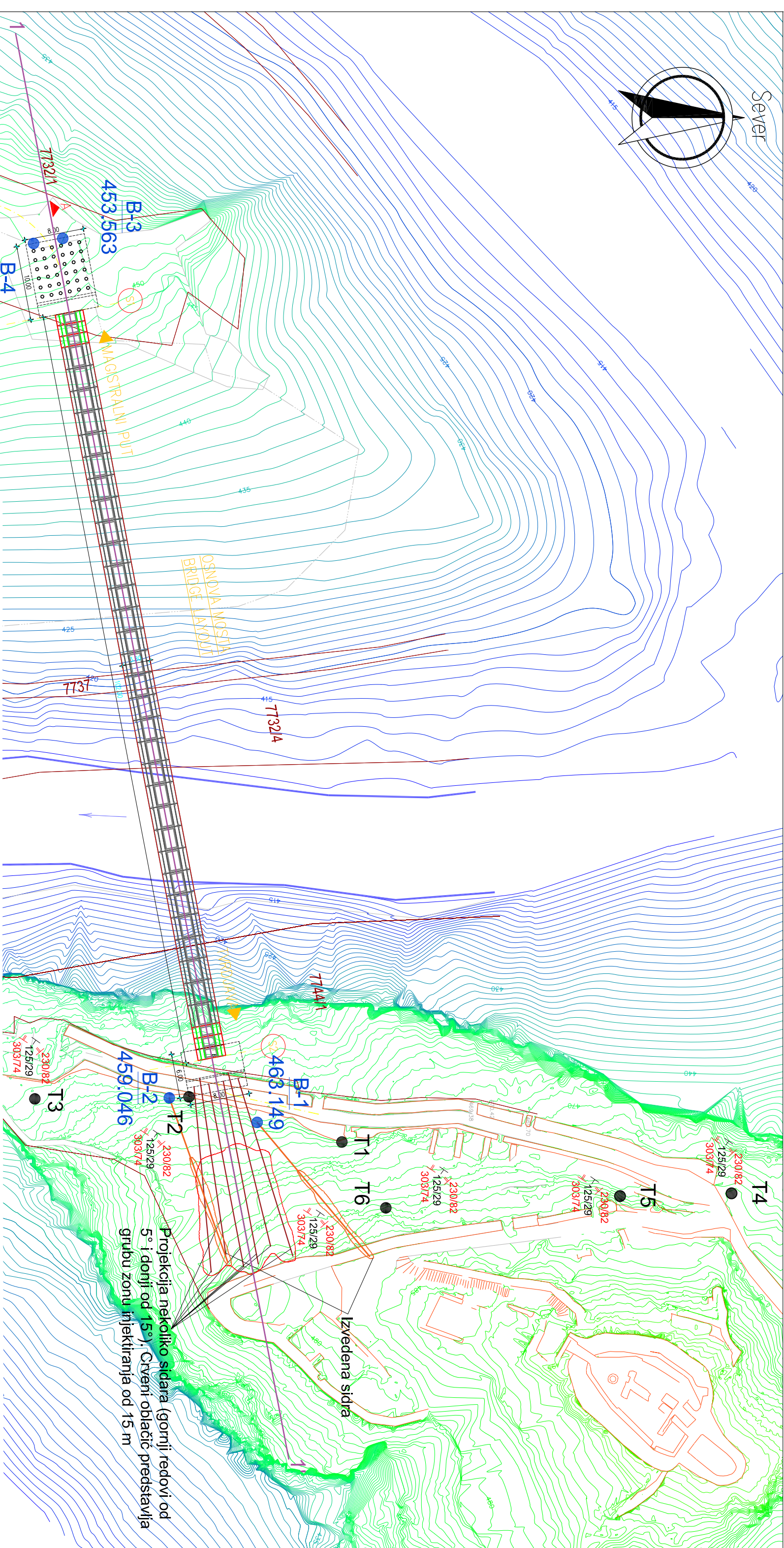
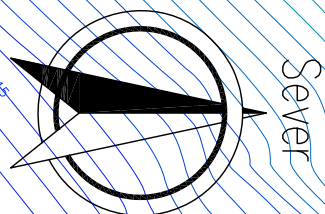
Mojsilović, S., Baklajić, D., Đoković, I., Avramović, V. (1978) Tumač i karta lista Titovo Užice, 1:100 000. Savezni geološki zavod, Beograd, str. 49

Odgovorni projektant:

dr Zoran Berisavljević, dipl. inž.geol.



E1.2/7 Grafička dokumentacija / dokumentacioni materijal



LEGENDA:

- T3** ● \times 230/82
125/29
303/74
- Položaj tačke gde je vršeno detaljno inženjersko-geološko kartiranje sa elementima pada slojevitosti i pukotina**
- B-1** ● 467.25
- Izvedena istražna bušotina**

Izvedeno sidro

Približan položaj budućih sidara u konstrukciji mosta



Tehnička dokumentacija:

GEOTEHNIČKI ELABORAT ZA POTREBE IZGRADNJE PEŠAČKOG MOSTA KOD STAROG GRADA U UŽICU

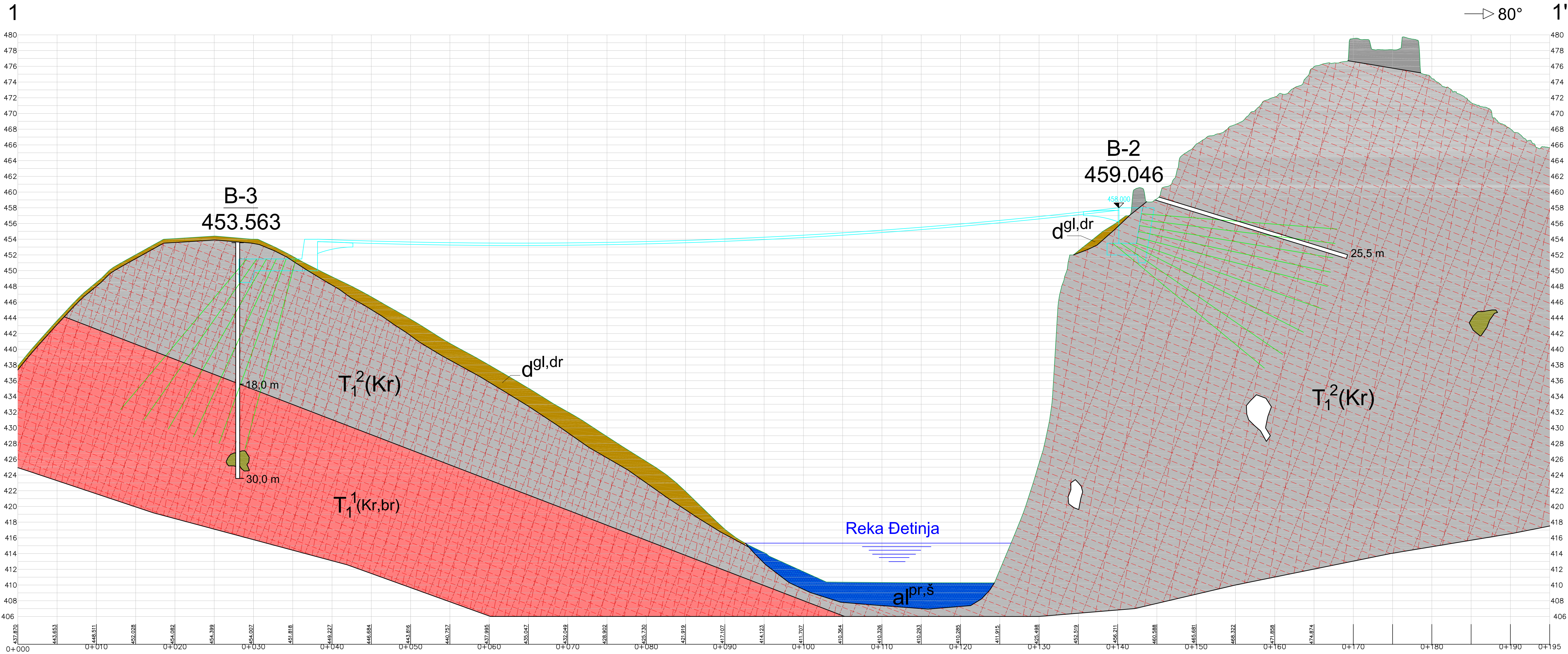
Naziv priloga:	Razmera:	Datum:	Odgovorni projektant:	Potpis:	Br. Priloga:
SITUACIJA SA POLOŽAJEM ISTRAŽNIH RADOVA	1:500	Januar 2022	dr Zoran Bećanović,	<i>Zoran Bećanović</i>	E1.2/7.1

Naručilac:	Nosilac posla:
JP UŽICE RAZVOJ Vukole Dabica 1 - 3 Užice	DB INŽENJERING d.o.o Golovordijeva 36, Beograd



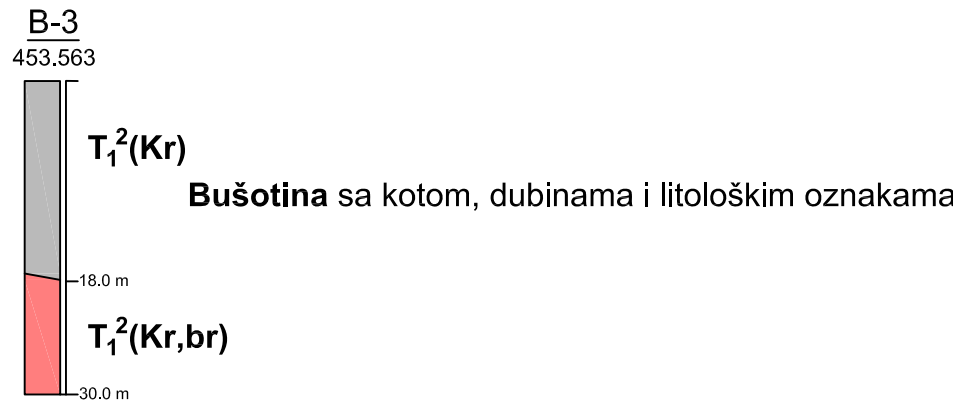
Projektant:
UNIVERZITET U BEOGRADU, RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
Beograd, Dušina 7

GEOTEHNIČKI PRESEK TERENA PO OSI MOSTA
1:250






LEGENDA:

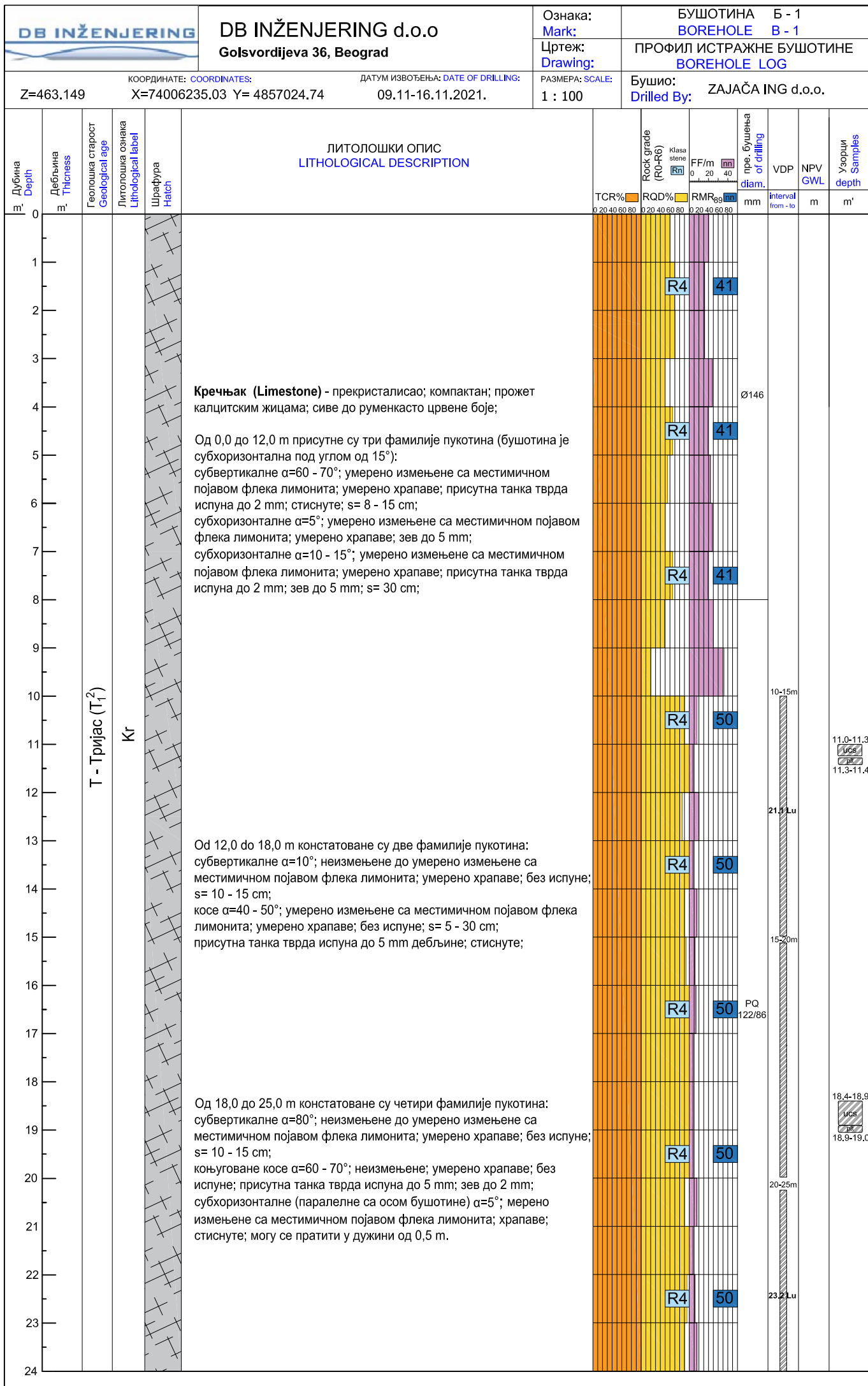
- n** Nasip - potporni zid, kamen u cementnom malteru
- al^{pr,š}** Aluvion reke Đetinje - prašinsto-šljunkovit sa odlomcima stenske mase
- T₁²(Kr)** Krečnjak - sive boje; prožet kalcitskim žicama, prekristalisao, silifikovan; kompaktan; mogu se javiti zapunjene ili nezapunjene kaverne metarskih dimenzija.
- T₁¹(Kr,br)** Krečnjak brečoidan - rumenkaste boje; krupnokristalast, brečoidan; prožet mikrodefektima - žilama koje su zapunjene gvožđevitom ili mekom glinovitom ispunom; može biti prožet i kalcitskim žicama; moguće su pojave kaverni metarskih dimenzija.



Litološka granica

Sklop stenske mase:
J₁ (međuslojne pukotine, α=20-30°) - umereno izmenjene sa mestimičnom pojavom fleka limonita; umereno hrapave; bez ili sa tankom tvrdom ispunom; zev do 5 mm; s= 5 - 30 cm;
J₂ (kose, α=70°) - umereno izmenjene; umereno hrapave; bez ispune; zev do 5 mm; s= 10 - 30 cm;
J₃ (subvertikalne, α=85°) - umereno izmenjene sa mestimičnom pojavom fleka limonita; umereno hrapave do hrapave; bez ispune; zev do 2 mm.

	Naručilac: JP UŽICE RAZVOJ Vukole Dabića 1 - 3 Užice		Nosilac posla: DB INŽENJERING d.o.o Golsvordijeva 36, Beograd		
Projektant: UNIVERZITET U BEOGRADU, RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET Beograd, Đušina 7					
Tehnička dokumentacija: GEOTEHNIČKI ELABORAT ZA POTREBE IZGRADNJE PEŠAČKOG MOSTA KOD STAROG GRADA U UŽICU					
Naziv priloga:	Razmera:	Datum:	Odgovorni projektant:	Proje:	Br. Priloga:
GEOTEHNIČKI PRESEK TERENA PO OSI MOSTA	1:250	Januar 2022	dr Zoran Berislavić, dip. inž. geol.		E1.2/7.2



<div>DB INŽENJERING</div>					<div>DB INŽENJERING d.o.o</div> <div>Golsvordijeva 36, Beograd</div>		<div>Ознака: Mark:</div>		<div>БУШОТИНА Б - 1</div> <div>BOREHOLE B - 1</div>				
					<div>Цртеж: Drawing:</div>		<div>ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ</div> <div>BOREHOLE LOG</div>						
<div>КООРДИНАТЕ: COORDINATES:</div> <div>Z=463.149 X=74006235.03 Y= 4857024.74</div>					<div>ДАТУМ ИЗВОЂЕЊА: DATE OF DRILLING:</div> <div>09.11-16.11.2021.</div>		<div>РАЗМЕРА: SCALE:</div> <div>1 : 100</div>		<div>Бушио: Drilled By:</div> <div>ЗАЈАЧА ING d.o.o.</div>				
<div>ЛИТОЛОШКИ ОПИС</div> <div>LITHOLOGICAL DESCRIPTION</div>										<div>Rock grade (R0-R6)</div> <div>Rock grade Rn</div> <div>FF/m</div> <div>mm</div> <div>пре. бушења of drilling diam.</div> <div>VDP</div> <div>NPV GWL</div> <div>Узорци Samples depth</div>			
<div>TCR%</div> <div>RQD%</div> <div>RMR₈₉</div> <div>mm</div> <div>interval from - to</div> <div>m</div> <div>m'</div>													
<div>24</div> <div>25</div>										<div>Кречњак (Limestone) - прекристалисао; компактан; прожет калцитским жицама.</div>		<div>24.5-24.6</div> <div>24.6-24.85</div>	



Опис посла: Геомеханички и геотехнички истражни радови за потребе изградње моста на Старом граду
Job description: Construction of bridge in Užice Old town - Geotechnical investigations

Техничка документација: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ
Technical documentation: GEOTECHNICAL REPORT

Фаза пројекта: ПГД/ПЗИ
Design stage:

ФОТОГРАФИЈЕ ЈЕЗГРА БУШОТИНЕ Б-1
BOREHOLE B-1 PHOTO DOCUMENTATION



3.0

6.0

9.0

12.0

15.0

18.0

21.0

Напомена: Поремећен узорак / disturbed sample
Note: Непоремећен узорак / undisturbed sample

КАРТИРАО: MAPPED BY:
др Зоран Берисављевић, дипл.инж.геол.

Прилог бр.
E1.2/7.3.1



Опис посла: **Геомеханички и геотехнички истражни радови за потребе изградње моста на Старом граду**
Job description: **Construction of bridge in Užice Old town - Geotechnical investigations**

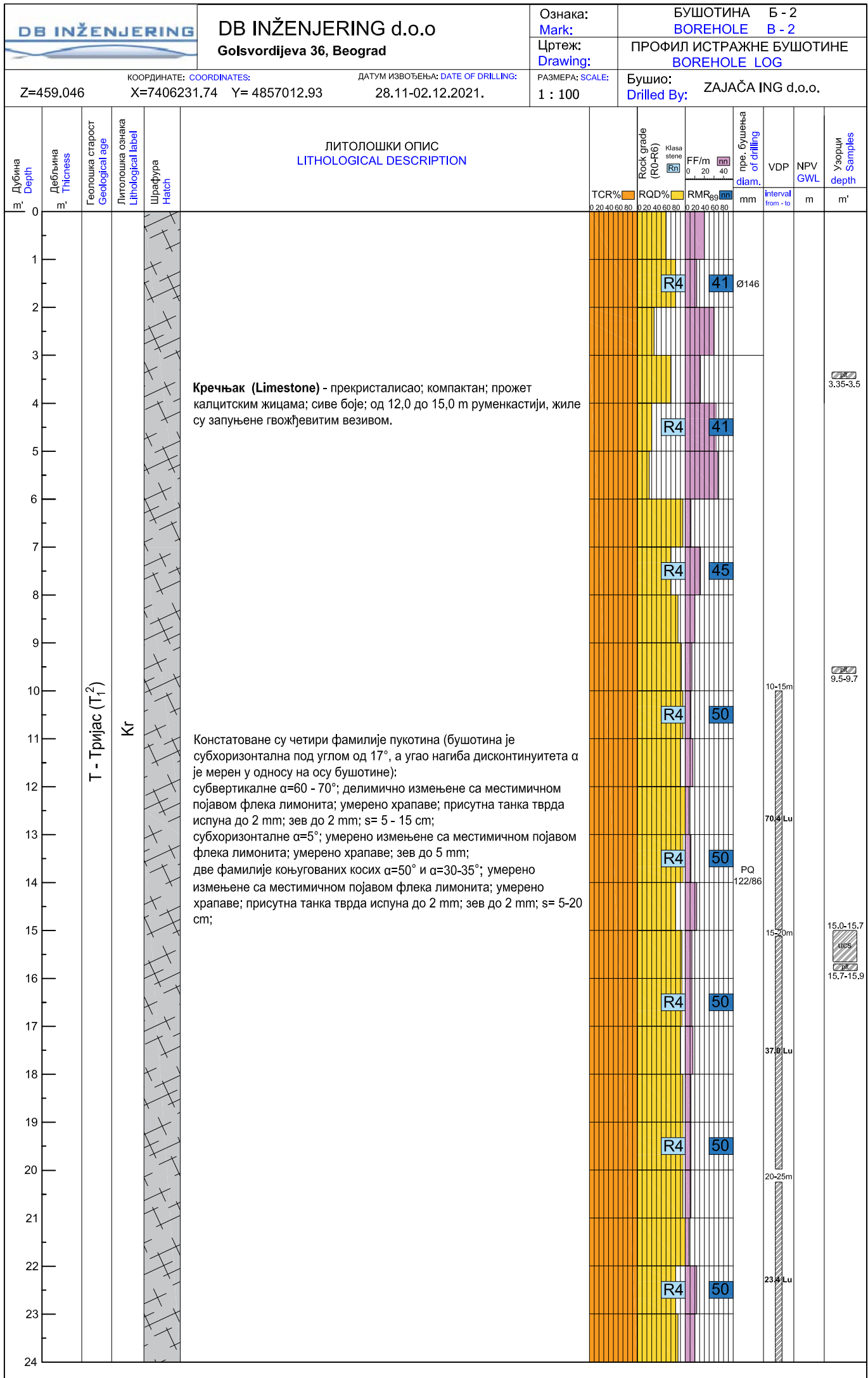
Техничка документација: **ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ**
GEOTECHNICAL REPORT

Фаза пројекта: **ПГД/ПЗИ**
Design stage:

ФОТОГРАФИЈЕ ЈЕЗГРА БУШОТИНЕ Б-1
BOREHOLE B-1 PHOTO DOCUMENTATION



25.0



<div><div>DB INŽENJERING</div><div></div></div>					Ознака: Mark:					БУШОТИНА Б - 2 BOREHOLE B - 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
DB INŽENJERING d.o.o Golsvordijeva 36, Beograd					Цртеж: Drawing:					ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ BOREHOLE LOG																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
КООРДИНАТЕ: COORDINATES: Z=459.046 X=7406231.74 Y= 4857012.93										ДАТУМ ИЗВОЂЕЊА: DATE OF DRILLING: 28.11-02.12.2021.					РАЗМЕРА: SCALE: 1 : 100					Бушио: Drilled By: ЗАЈАЧА ING d.o.o.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Дубина Depth															Дебљина Thickness															Геолошка старост Geological age															Литолошка ознака Lithological label															Шрафура Hatch															ЛИТОЛОШКИ ОПИС LITHOLOGICAL DESCRIPTION															Rock grade (RQ-R6) Rock grade															FF/m mm															пре. бушења of drilling diam.															VDP															NPV GWL															Узорци Samples depth																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
m'															m'																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

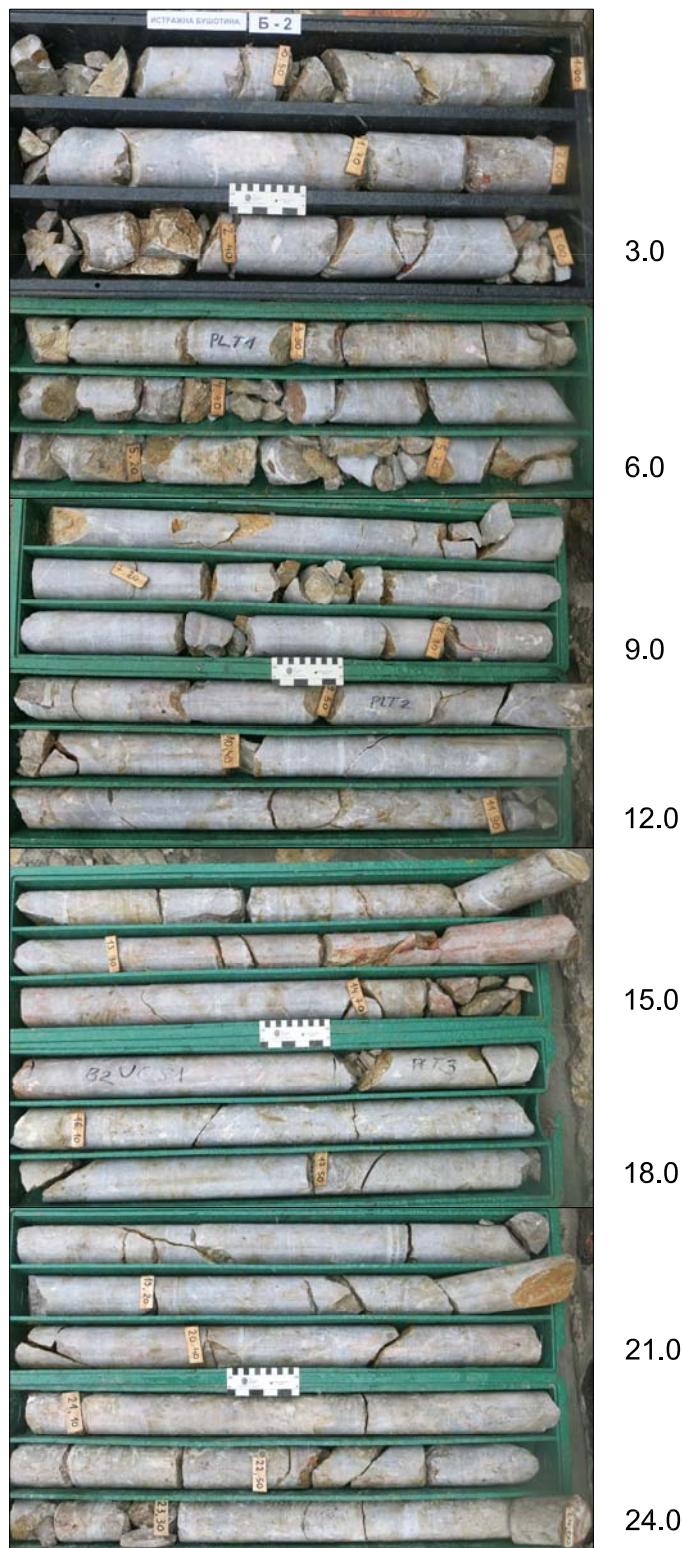


Опис посла: Геомеханички и геотехнички истражни радови за потребе изградње моста на Старом граду
Job description: Construction of bridge in Užice Old town - Geotechnical investigations

Техничка документација: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ
Technical documentation: GEOTECHNICAL REPORT

Фаза пројекта: ПГД/ПЗИ
Design stage:

ФОТОГРАФИЈЕ ЈЕЗГРА БУШОТИНЕ Б-2
BOREHOLE B-2 PHOTO DOCUMENTATION



Напомена: Поремећен узорак / disturbed sample
Note: Непоремећен узорак / undisturbed sample

КАРТИРАО: MAPPED BY:
др Зоран Берисављевић, дипл.инж.геол.

Прилог бр.
Е1.2/7.3.2



Опис посла: Геомеханички и геотехнички истражни радови за потребе изградње моста на Старом граду
Job description: Construction of bridge in Užice Old town - Geotechnical investigations

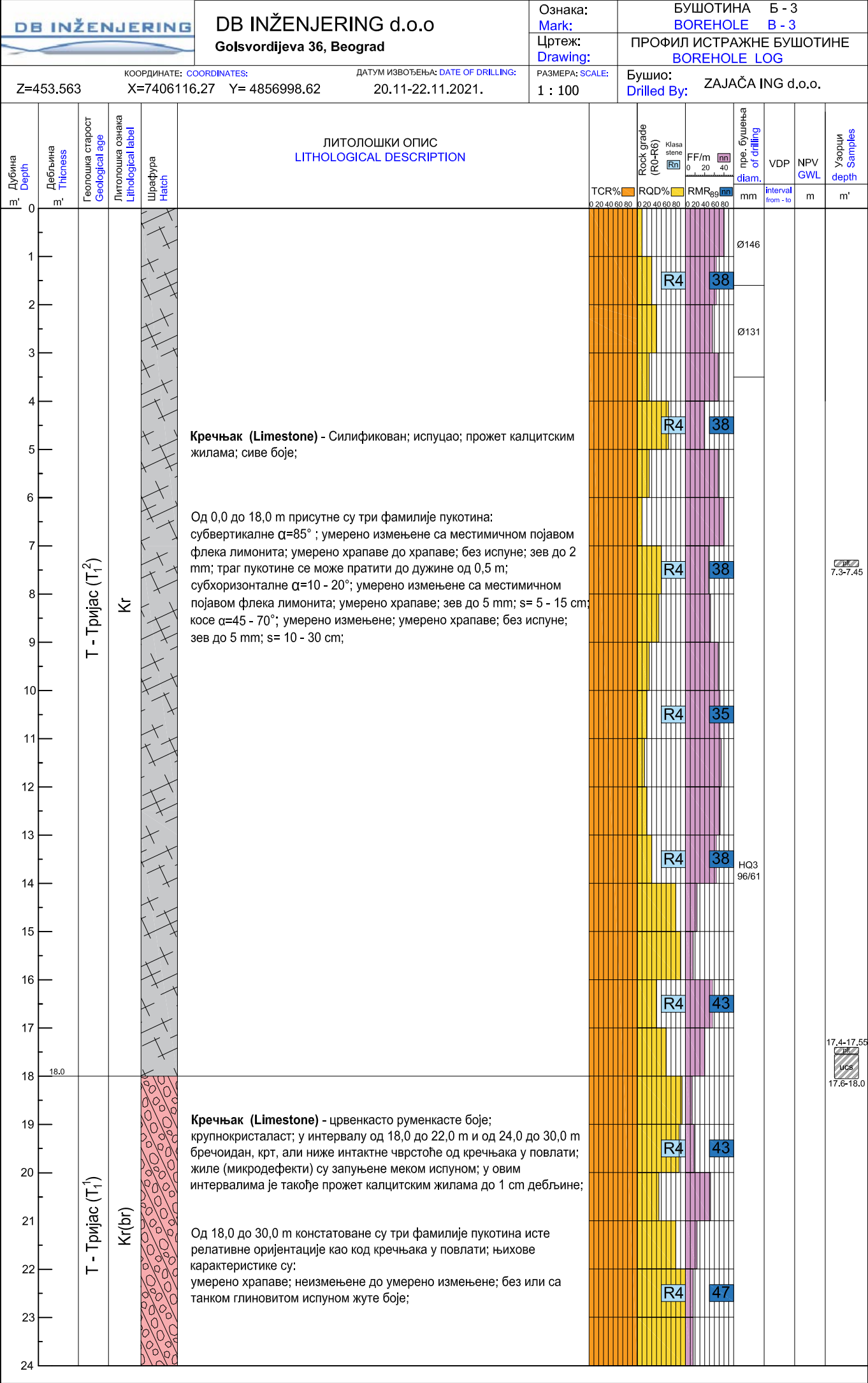
Техничка документација: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ
GEOTECHNICAL REPORT

Фаза пројекта: ПГД/ПЗИ
Design stage:

ФОТОГРАФИЈЕ ЈЕЗГРА БУШОТИНЕ Б-2
BOREHOLE B-2 PHOTO DOCUMENTATION



25.50



<div>DB INŽENJERING</div>				DB INŽENJERING d.o.o Golsvordijeva 36, Beograd		Ознака: Mark:		БУШОТИНА Б - 3 BOREHOLE B - 3					
						Цртеж: Drawing:		ПРОФИЛ ИСТРАЖНЕ БУШОТИНЕ BOREHOLE LOG					
КООРДИНАТЕ: COORDINATES:				ДАТУМ ИЗВОЂЕЊА: DATE OF DRILLING:		РАЗМЕРА: SCALE:		Бушио: Drilled By:					
Z=453.563				X=7406116.27 Y= 4856998.62		1 : 100		ЗАЈАЧА ING d.o.o.					
Дубина Depth	Дебљина Thickness	Геолошка старост Geological age	Литолошка ознака Lithological label	Шрафтура Hatch	ЛИТОЛОШКИ ОПИС LITHOLOGICAL DESCRIPTION		TCR%	Rock grade (R0-R6) Rock grade Rn	пре. бушења of drilling diam.	VDP	NPV GWL	Узорци Samples depth	
m'	m'						0 20 40 60 80	0 20 40 60 80	0 20 40	mm	interval from - to	m	m'
24	12.0	Т - Тријас (T ₁)	Kr(br)		Кречњак (Limestone) - бречоидан; руменкасто црвене боје; прожет калцитским жилама; препун је микродефеката (прслина запуњених глиновитом или гвожђевитом испуном).			R3	40	HQ3 96/61		28.0-28.3 28.3-28.4	
25													
26													
27													
28													
29													
30													

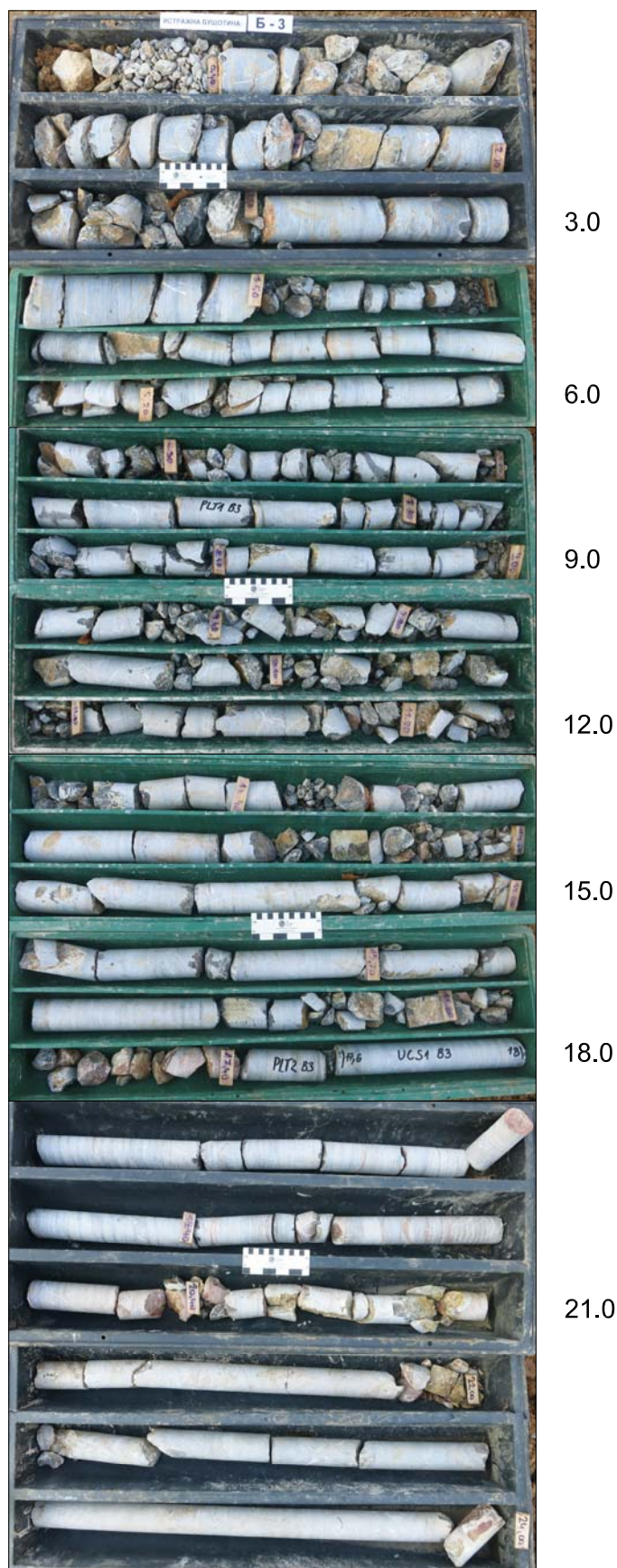


Опис посла: Геомеханички и геотехнички истражни радови за потребе изградње моста на Старом граду
Job description: Construction of bridge in Užice Old town - Geotechnical investigations

Техничка документација: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ
Technical documentation: GEOTECHNICAL REPORT

Фаза пројекта: ПГД/ПЗИ
Design stage:

ФОТОГРАФИЈЕ ЈЕЗГРА БУШОТИНЕ Б-3
BOREHOLE B-3 PHOTO DOCUMENTATION



Напомена: Поремећен узорак / disturbed sample
Note: Непоремећен узорак / undisturbed sample

КАРТИРАО: MAPPED BY:
др Зоран Берисављевић, дипл.инж.геол.

Прилог бр.
Е1.2/7.3.3



Опис посла: **Геомеханички и геотехнички истражни радови за потребе изградње моста на Старом граду**
Job description: **Construction of bridge in Užice Old town - Geotechnical investigations**

Техничка документација: **ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ**
GEOTECHNICAL REPORT



Фаза пројекта: **ПГД/ПЗИ**
Design stage:

ФОТОГРАФИЈЕ ЈЕЗГРА БУШОТИНЕ Б-3
BOREHOLE B-3 PHOTO DOCUMENTATION



25.0

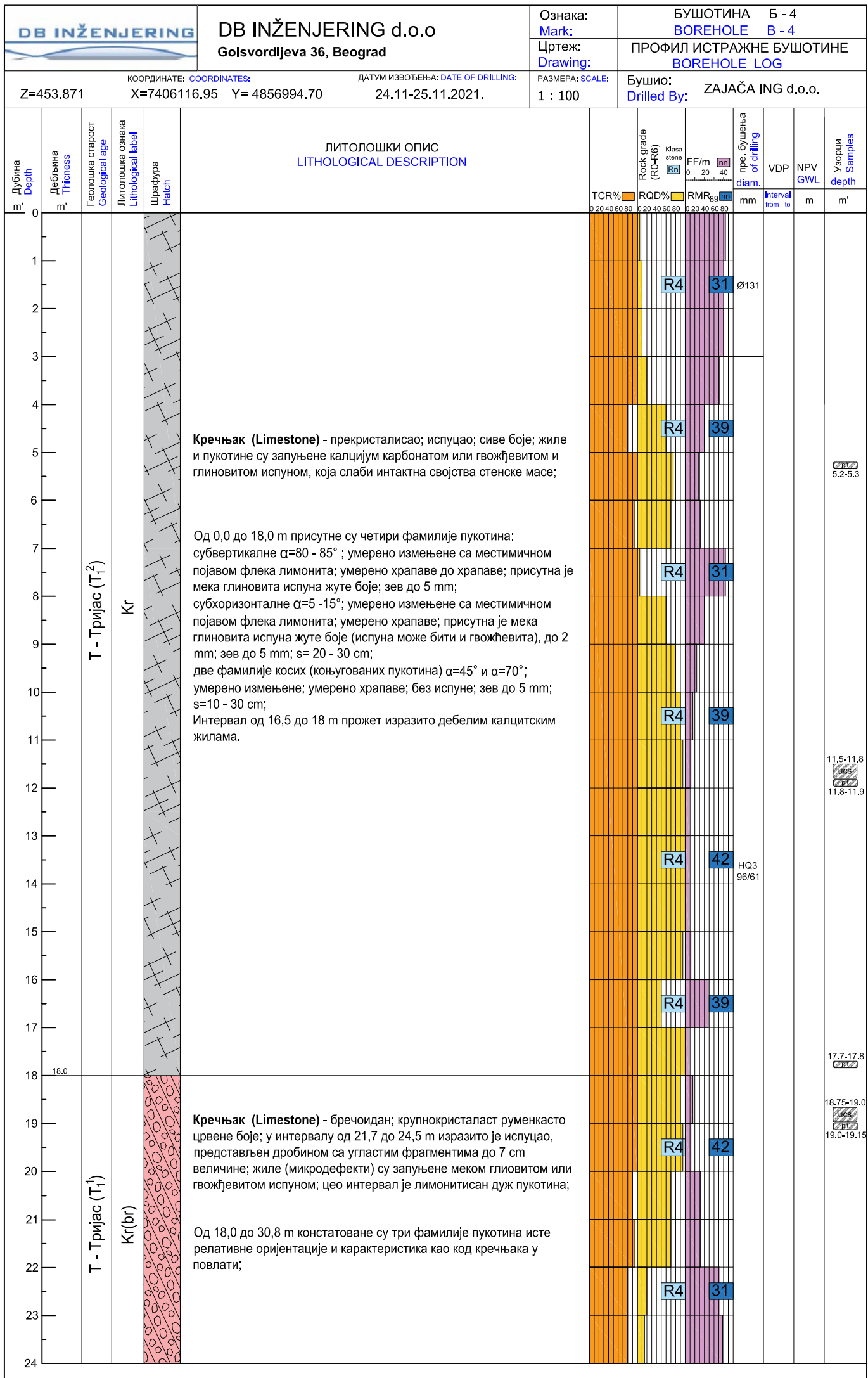
28.0

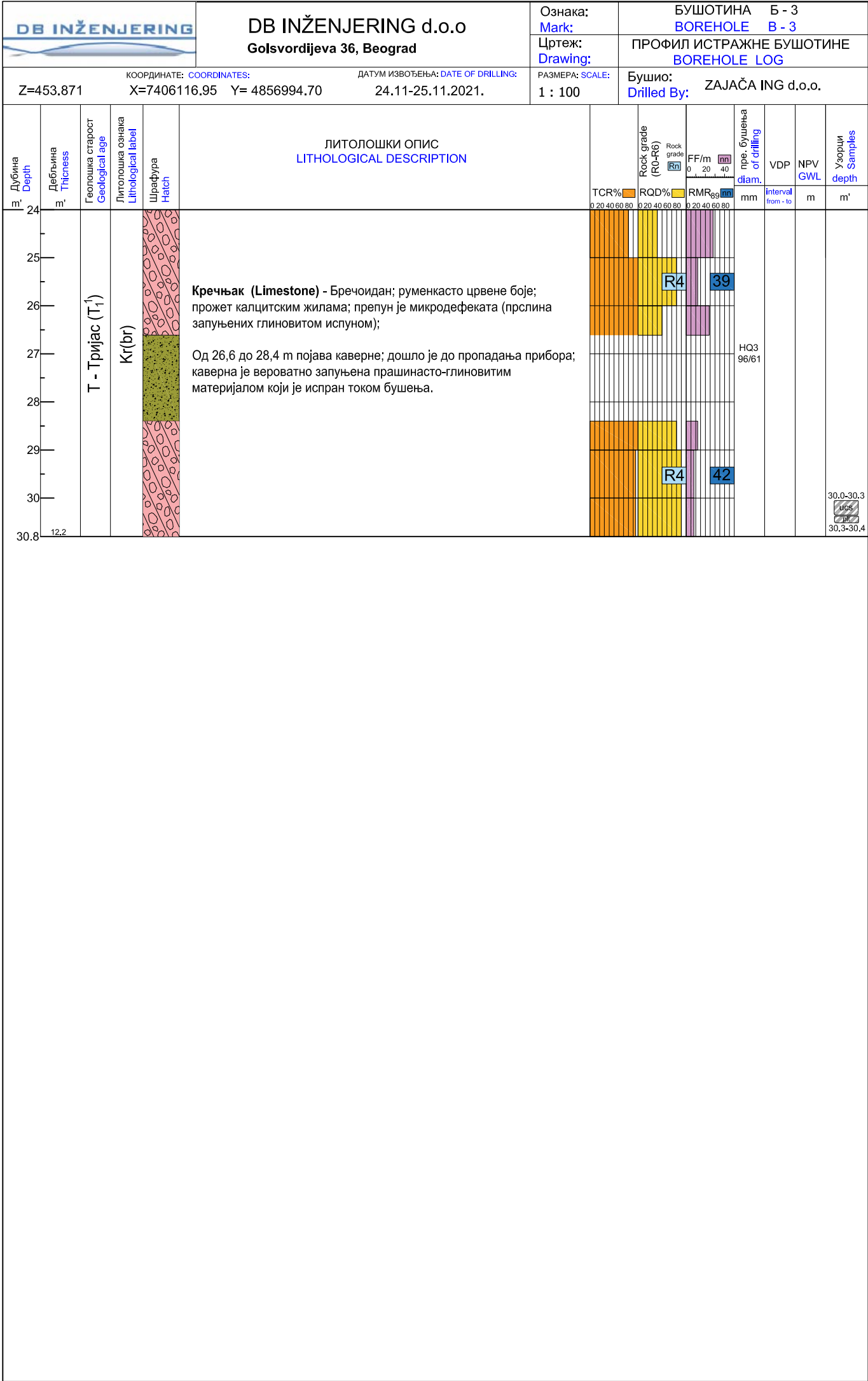
Напомена:  Поремећен узорак / **disturbed sample**
Note:  Непоремећен узорак / **undisturbed sample**

КАРТИРАО: **MAPPED BY:**
др З. Берисављевић, дипл.инж.геол.

Прилог бр.

E1.2/7.3.3





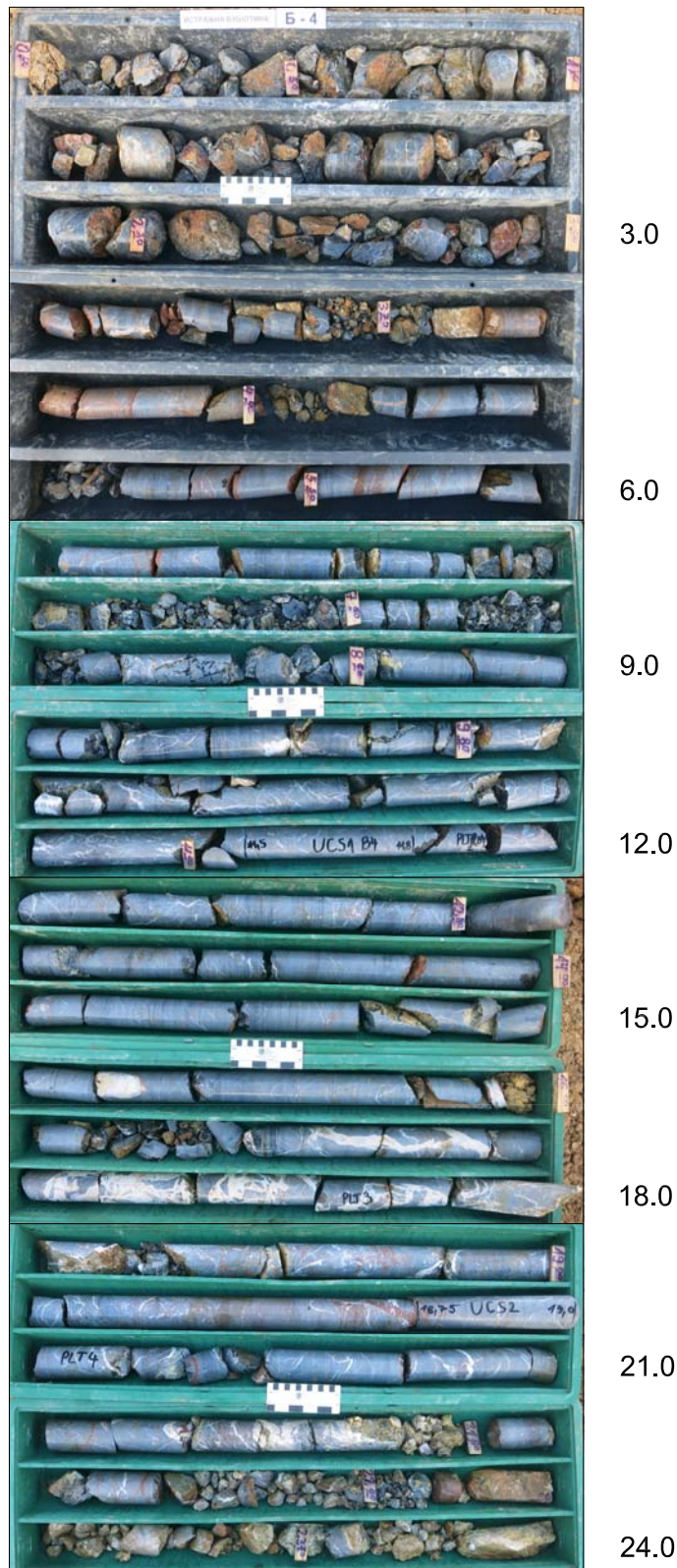


Опис посла: Геомеханички и геотехнички истражни радови за потребе изградње моста на Старом граду
Job description: Construction of bridge in Užice Old town - Geotechnical investigations

Техничка документација: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ
Technical documentation: GEOTECHNICAL REPORT

Фаза пројекта: ПГД/ПЗИ
Design stage:

ФОТОГРАФИЈЕ ЈЕЗГРА БУШОТИНЕ Б-4
BOREHOLE B-4 PHOTO DOCUMENTATION



Напомена: Поремећен узорак / disturbed sample
Note: Непоремећен узорак / undisturbed sample

КАРТИРАО: MAPPED BY:
др Зоран Берисављевић, дипл.инж.геол.

Прилог бр.
Е1.2/7.3.4



Опис посла: Геомеханички и геотехнички истражни радови за потребе изградње моста на Старом граду
Job description: Construction of bridge in Užice Old town - Geotechnical investigations

Техничка документација: ГЕОТЕХНИЧКИ ЕЛАБОРАТ
GEOTECHNICAL REPORT

Фаза пројекта: ПГД/ПЗИ
Design stage:

ФОТОГРАФИЈЕ ЈЕЗГРА БУШОТИНЕ Б-4
BOREHOLE B-4 PHOTO DOCUMENTATION



25.0

28.0



ZAPREMINSKA TEŽINA

Oznaka:

Materijal:

Poreklo:

Ostali podaci:

Krečnjak

Užice

Oznaka uzorka	Masa uzorka (g)	Masa uzorka sa parafinom (g)	Masa suda sa vodom (g)	Masa suda sa potopljenim uzorkom (g)	Zapremina uzorka sa parafinom $V_{up} = (5) - (4) \text{ (cm}^3\text{)}$	Masa parafina $m_p = (3) - (2) \text{ (g)}$	Zapremina parafina $V_p = (7) / 0.892 \text{ (cm}^3\text{)}$	Zapremina uzorka $V_u = (6) - (8) \text{ (cm}^3\text{)}$	Zapreminska težina $\gamma = ((2) / (9)) \cdot 9.81$ (kN/m ³)	Zapreminska težina $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B1 (11.00-11.30)	31.77	32.47	1249.15	1261.65	12.50	0.70	0.78	11.72	26.60	26.58
	37.75	38.55	1249.15	1263.95	14.80	0.80	0.90	13.90	26.64	
	31.62	32.27	1249.15	1261.57	12.42	0.65	0.73	11.69	26.53	
	84.57	85.84	1249.14	1281.78	32.64	1.27	1.42	31.22	26.58	
	29.85	30.42	1249.14	1260.81	11.67	0.57	0.64	11.03	26.55	
B1 (18.40-18.90)	39.45	40.20	1249.11	1264.47	15.36	0.75	0.84	14.52	26.65	26.73
	52.25	53.21	1249.09	1269.32	20.23	0.96	1.08	19.15	26.76	
	40.87	41.50	1249.10	1264.81	15.71	0.63	0.71	15.00	26.72	
	26.91	27.36	1249.08	1259.46	10.38	0.45	0.50	9.88	26.73	
	29.46	29.97	1249.09	1260.46	11.37	0.51	0.57	10.80	26.76	
B1 (24.60-24.90)	35.07	35.57	1249.08	1262.52	13.44	0.50	0.56	12.88	26.71	26.71
	34.66	35.26	1249.06	1262.47	13.41	0.60	0.67	12.74	26.69	
	42.96	43.67	1249.04	1265.62	16.58	0.71	0.80	15.78	26.70	
	35.62	36.24	1249.02	1262.79	13.77	0.62	0.70	13.07	26.73	
	27.97	28.46	1249.00	1259.82	10.82	0.49	0.55	10.27	26.72	

Beograd. 23.11.2021. godine

Ispitao:

Pregledao:

P. M. M. M. M.



ZAPREMINSKA TEŽINA

Oznaka:

Materijal:

Poreklo:

Ostali podaci:

Krečnjak

Užice

Oznaka uzorka	Masa uzorka (g)	Masa uzorka sa parafinom (g)	Masa suda sa vodom (g)	Masa suda sa potopljenim uzorkom (g)	Zapremina uzorka sa parafinom $V_{up} = (5) - (4) \text{ (cm}^3\text{)}$	Masa parafina $m_p = (3) - (2) \text{ (g)}$	Zapremina parafina $V_p = (7) / 0.892 \text{ (cm}^3\text{)}$	Zapremina uzorka $V_u = (6) - (8) \text{ (cm}^3\text{)}$	Zapreminska težina $\gamma = ((2) / (9)) \cdot 9.81$ (kN/m ³)	Zapreminska težina $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B3 (17.60-18.00)	25.75	26.62	1273.21	1283.63	10.42	0.87	0.98	9.44	26.75	26.73
	38.65	39.83	1273.18	1288.71	15.53	1.18	1.32	14.21	26.69	
	21.38	22.05	1273.18	1281.77	8.59	0.67	0.75	7.84	26.76	
	24.84	25.53	1273.15	1283.01	9.86	0.69	0.77	9.09	26.82	
	42.63	43.63	1273.16	1289.97	16.81	1.00	1.12	15.69	26.66	
B3 (28.00-28.30)	53.75	54.97	1273.13	1294.07	20.94	1.22	1.37	19.57	26.94	26.82
	59.50	60.76	1273.13	1296.20	23.07	1.26	1.41	21.66	26.95	
	40.82	41.91	1273.12	1289.37	16.25	1.09	1.22	15.03	26.65	
	23.53	24.28	1273.08	1282.62	9.54	0.75	0.84	8.70	26.53	
	39.69	40.57	1273.05	1288.45	15.40	0.88	0.99	14.41	27.01	

Beograd, 28.11.2021. godine

Ispitao:

Pregledao:

P. M. M. M. M.



Z A P R E M I N S K A T E Ź I N A

Oznaka:

Materijal:

Poreklo:

Ostali podaci:

Krečnjak

Užice

<i>Oznaka uzorka</i>	<i>Masa uzorka (g)</i>	<i>Masa uzorka sa parafinom (g)</i>	<i>Masa suda sa vodom (g)</i>	<i>Masa suda sa potopljenim uzorkom (g)</i>	<i>Zapremina uzorka sa parafinom $V_{up} = (5) - (4) \text{ (cm}^3\text{)}$</i>	<i>Masa parafina $m_p = (3) - (2) \text{ (g)}$</i>	<i>Zapremina parafina $V_p = (7) / 0.892 \text{ (cm}^3\text{)}$</i>	<i>Zapremina uzorka $V_u = (6) - (8) \text{ (cm}^3\text{)}$</i>	<i>Zapreminska težina $\gamma = ((2) / (9)) \cdot 9.81$ (kN/m³)</i>	<i>Zapreminska težina $\gamma \text{ (kN/m}^3\text{)}$</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>
B4 (11.50-11.80)	43.93	44.84	1213.99	1231.16	17.17	0.91	1.02	16.15	26.68	26.65
	34.09	34.99	1213.99	1227.53	13.54	0.90	1.01	12.53	26.69	
	59.97	61.09	1213.97	1237.32	23.35	1.12	1.26	22.09	26.63	
	75.71	76.84	1213.95	1243.06	29.11	1.13	1.27	27.84	26.67	
	71.51	72.86	1213.90	1241.79	27.89	1.35	1.51	26.38	26.60	
B4 (18.75-19.00)	74.15	75.19	1213.85	1241.81	27.96	1.04	1.17	26.79	27.15	27.06
	83.15	84.41	1213.85	1245.51	31.66	1.26	1.41	30.25	26.97	
	60.88	62.01	1213.78	1236.93	23.15	1.13	1.27	21.88	27.29	
	47.71	48.67	1213.71	1232.08	18.37	0.96	1.08	17.29	27.06	
	65.55	66.81	1213.69	1239.08	25.39	1.26	1.41	23.98	26.82	
B4 (30.00-30.30)	40.53	41.39	1213.64	1229.52	15.88	0.86	0.96	14.92	26.66	26.80
	30.85	31.53	1213.63	1225.72	12.09	0.68	0.76	11.33	26.72	
	27.54	28.24	1213.62	1224.39	10.77	0.70	0.78	9.99	27.06	
	70.19	71.39	1213.61	1240.57	26.96	1.20	1.35	25.61	26.88	
	34.60	35.99	1213.56	1227.83	14.27	1.39	1.56	12.71	26.70	

Beograd. 01.12.2021. godine

Ispitao:

Pregledao:

P. M. M. M. M.




ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Broj uzorka	Dimenzije uzorka		Sila koja dovodi do loma P (kN)	Površina uzorka A (m ²) $\frac{(2)^2 \cdot \pi}{4}$	Čvrstoća na pritisak σ_c (MN/m ²) (4) / (5)	Čvrstoća na pritisak σ_c (MN/m ²)
	d (mm)	h (mm)				
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
B1 (11.00-11.30)	82.2	162.9	346	0.0053068	65.20	65.20
B1 (18.40-18.90)	82.2	162.9	346	0.0053068	65.20	65.20
B1 (24.60-24.90)	82.2	162.8	204	0.0053068	38.44	38.44

Beograd. 23.11.2021. godine













Ispitao: 
Pregledao: _____

Oznaka:

Materijal:	Krečnjak
------------	----------

Poreklo: Užice

Ostali podaci:

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja		Posle ispitivanja	
B1 (11.00-11.30)				
B1 (18.40-18.90)				
B1 (24.60-24.90)				

Ispitao:
Pregledao:

Bo Maman



Rudarsko-geološki fakultet
Katedra za mehaniku stena
Beograd

Prilog E1.2/7.4

ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Broj uzorka	Dimenzije uzorka		Sila koja dovodi do loma P (kN)	Površina uzorka A (m ²) $\frac{(2)^2 \cdot \pi}{4}$	Čvrstoća na pritisak σ_c (MN/m ²) (4) / (5)	Čvrstoća na pritisak σ_c (MN/m ²)
	d (mm)	h (mm)				
1	2	3	4	5	6	7
B3 (17.60-18.00)	60.5	121.7	132	0.0028748	45.92	46.09
	60.5	121.8	133	0.0028748	46.26	
B3 (28.00-28.30)	60.8	121.8	113	0.0029033	38.92	38.92

Beograd. 28.11.2021. godine







Ispitao: _____

Pregledao: _____



ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
B3 (17.60-18.00)		
		
B3 (28.00-28.30)		

Beograd, 28.11.2021. godine

Ispitao: _____
Pregledao: _____







Božidar

Bohannon



ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
B4 (11.50-11.80)		
		
B4 (18.75-19.00)		

Beograd. 01.12.2021. godine

Ispitao: _____
Pregledao: Božidar



Rudarsko-geološki fakultet

Katedra za mehaniku stena

Beograd



ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Oznaka:

Materijal: Krečnjak

Poreklo: Užice

Ostali podaci:

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
B4 (30.00-30.30)		

Beograd. 01.12.2021. godine

Ispitao:

Pregledao:

P. Mutanen



ČVRSTOĆA NA ISTEZANJE

Oznaka:

Materijal:

Poreklo:

Ostali podaci:

Krečnjak

Užice

Broj uzorka	Dimenzije uzorka		Sila koja dovodi do loma P (kN)	Površina uzorka A (m ²) (2) · (3)	Čvrstoća na istezanje σ_t (MN/m ²) (2 · (4) / (π · (5)))	Čvrstoća na istezanje σ_t (MN/m ²)
	d (mm)	l (mm)				
l	2	3	4	5	6	7
B1 (11.00-11.30)	82.2	84.0	58	0.0069048	5.35	5.35
B1 (18.40-18.90)	82.2	84.0	57	0.0069048	5.26	5.26
B1 (24.60-24.90)	82.5	49.9	20	0.0041168	3.09	3.09

Beograd, 23.11.2021. godine

Ispitao:

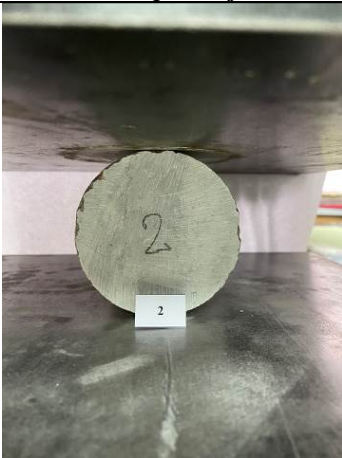

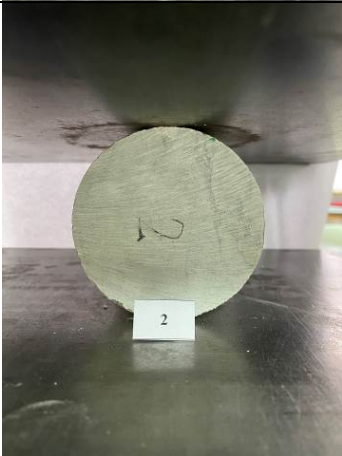
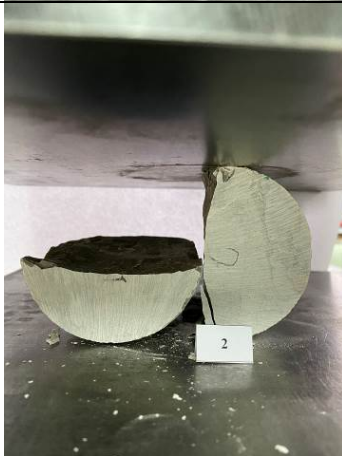
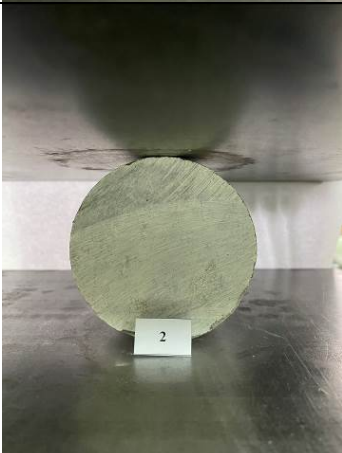
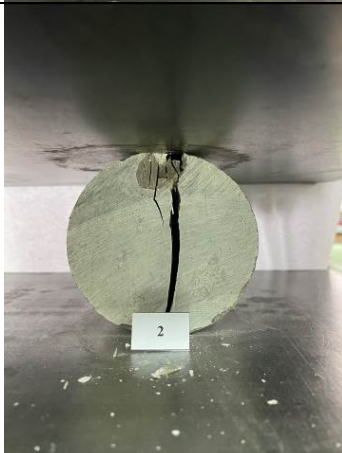
Pregledao:

Božidar



ČVRSTOĆA NA ISTEZANJE

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
B1 (11.00-11.30)		
B1 (18.40-18.90)		
B1 (24.60-24.90)		

Beograd, 23.11.2021. godine

Ispitao: _____
Pregledao: _____

P. M. M. M. M.



ČVRSTOĆA NA ISTEZANJE

Oznaka:

Materijal:

Poreklo:

Ostali podaci:

Krečnjak

Užice

Broj uzorka	Dimenzije uzorka		Sila koja dovodi do loma P (kN)	Površina uzorka A (m ²) (2) · (3)	Čvrstoća na istezanje σ_t (MN/m ²) (2 · (4) / (π · (5)))	Čvrstoća na istezanje σ_t (MN/m ²)
	d (mm)	l (mm)				
1	2	3	4	5	6	7
B3 (17.60-18.00)	60.5	61.3	32	0.0037087	5.49	5.39
	60.6	47.6	24	0.0028846	5.30	
B3 (28.00-28.30)	60.8	60.8	28	0.0036966	4.82	4.73
	60.8	60.9	27	0.0037027	4.64	

Beograd. 28.11.2021. godine

Ispitao:

Pregledao:

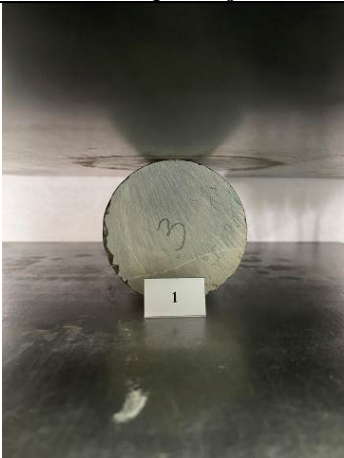
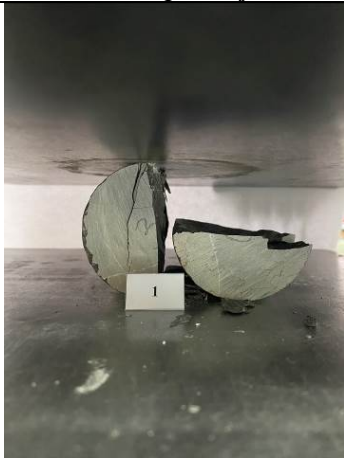
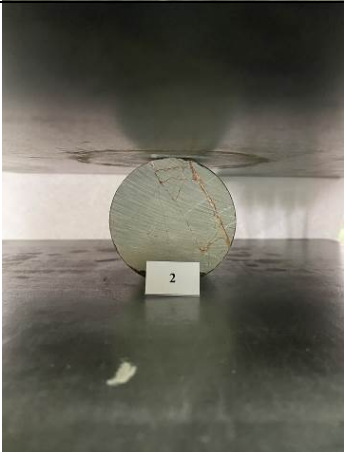
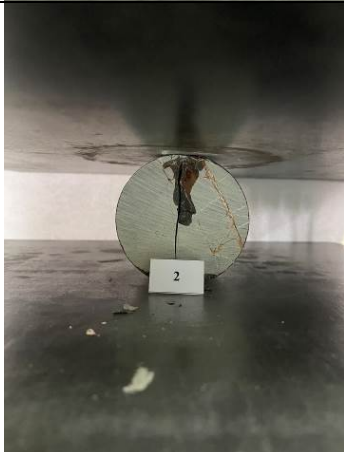


Rudarsko-geološki fakultet
Katedra za mehaniku stena
Beograd

Prilog E1.2/7.4

ČVRSTOĆA NA ISTEZANJE

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja		Posle ispitivanja	
B3 (17.60-18.00)				
				

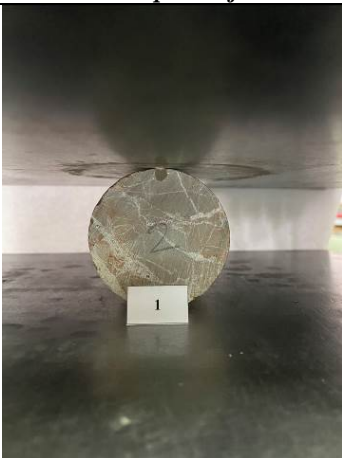

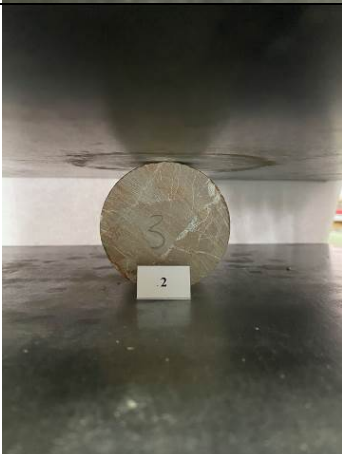

Beograd, 28.11.2021. godine

Ispitao: _____
Pregledao: 



ČVRSTOĆA NA ISTEZANJE

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
B3 (28.00-28.30)		
		

Beograd, 28.11.2021. godine

Ispitao: _____
Pregledao: Božidar



ČVRSTOĆA NA ISTEZANJE

Oznaka:

Materijal:

Poreklo:

Ostali podaci:

Krečnjak

Užice

Broj uzorka	Dimenzije uzorka		Sila koja dovodi do loma P (kN)	Površina uzorka A (m ²) (2) · (3)	Čvrstoća na istezanje σ_t (MN/m ²) (2 · (4) / (π · (5)))	Čvrstoća na istezanje σ_t (MN/m ²)
	d (mm)	l (mm)				
1	2	3	4	5	6	7
B4 (11.50-11.80)	60.9	32.0	18	0.0019488	5.88	5.88
B4 (18.75-19.00)	60.9	32.0	21	0.0019488	6.86	6.87
	60.9	31.9	21	0.0019427	6.88	
B4 (30.00-30.30)	60.9	32.3	17	0.0019671	5.50	5.37
	60.9	31.9	16	0.0019427	5.24	

Beograd, 01.12.2021. godine

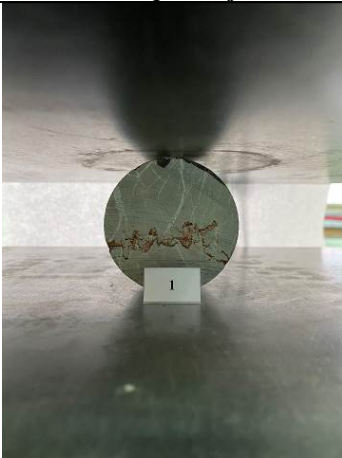

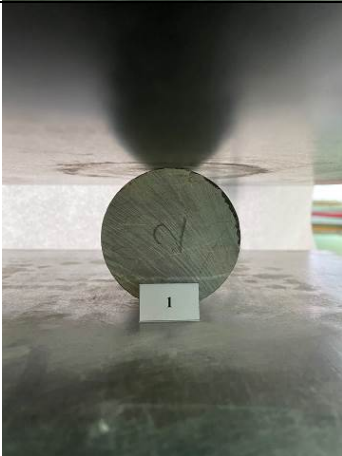
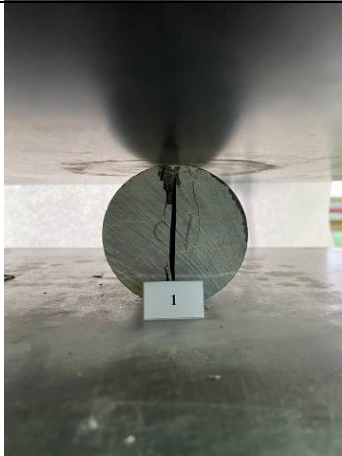
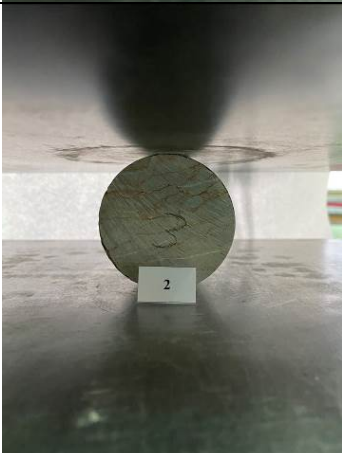
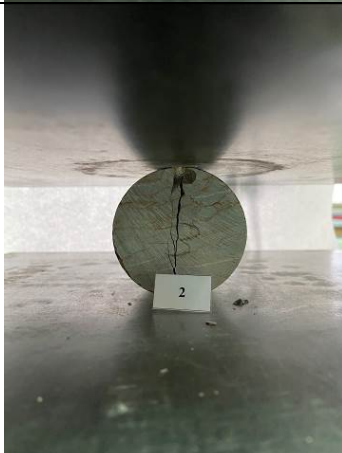
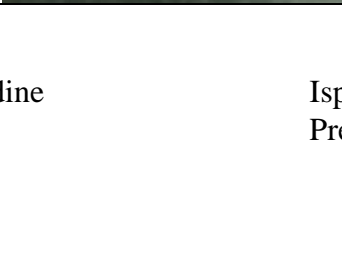
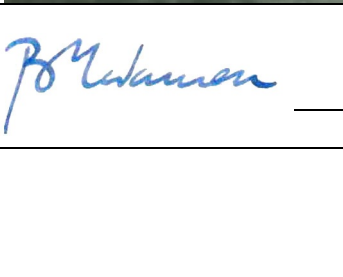
Ispitao:

Pregledao:



ČVRSTOĆA NA ISTEZANJE

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja		Posle ispitivanja	
B4 (11.50-11.80)				
				
B4 (18.75-19.00)				
				

Beograd. 01.12.2021. godine

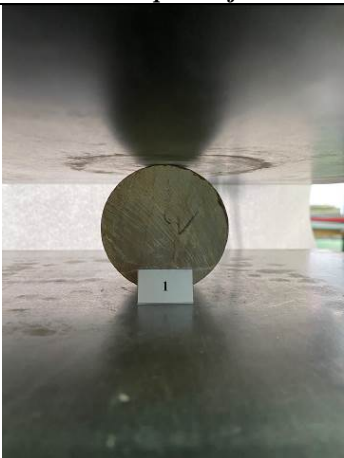
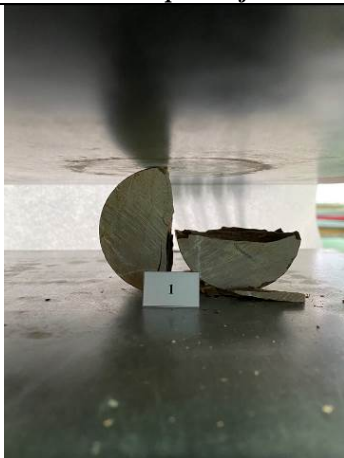
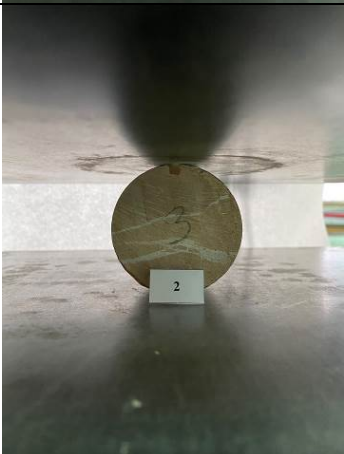
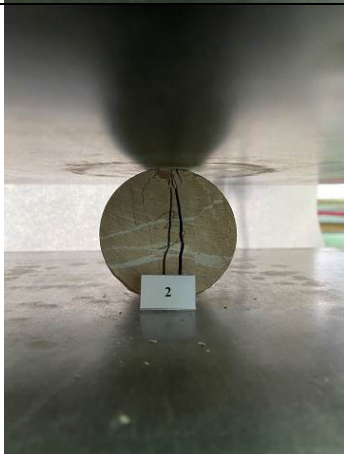
Ispitao: _____
Pregledao: _____

Božidar



ČVRSTOĆA NA ISTEZANJE

Oznaka: _____
Materijal: Krečnjak
Poreklo: Užice
Ostali podaci: _____

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
B4 (30.00-30.30)		
		

Beograd, 01.12.2021. godine

Ispitao: _____
Pregledao: P. M. M. M. M.



Rudarsko-geološki fakultet

Katedra za mehaniku stena

Beograd

TROOSNA ČVRSTOĆA NA PRITISAK (TRIAKSIJALNI OPIT)

Oznaka:

Materijal:

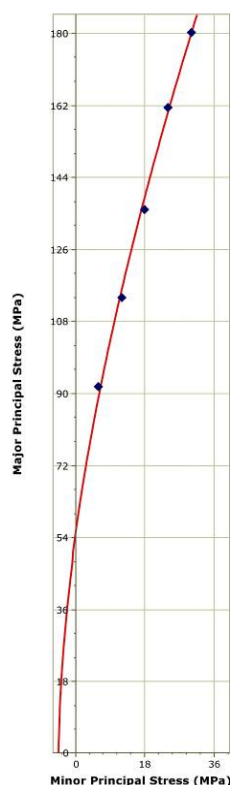
Poreklo:

Ostali podaci:

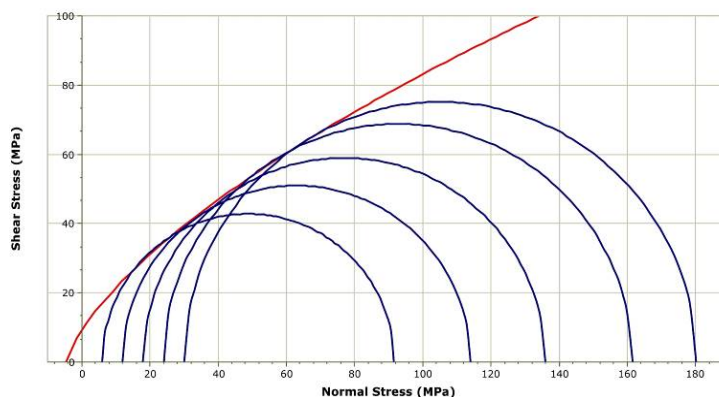
Krečnjak

Užice

Broj uzorka	Bočno opterećenje σ_3 (MN/m ²)	Vertikalno opterećenje σ_1				
		Dimenzije uzorka		Sila koja dovodi do loma P (kN)	Površina uzorka A (m ²) $\frac{(2)^2 \cdot \pi}{4}$	Čvrstoća na pritisak σ_1 (MN/m ²) $(5) / (4)$
		d (mm)	h (mm)			
1	2	3	4	5	6	7
B2 (15.00–16.00)	6	54.4	110.6	213	0.0023243	91.64
	12	54.3	110.2	264	0.0023157	114.00
	18	54.4	110.1	316	0.0023243	135.96
	24	54.3	110.1	374	0.0023157	161.50
	30	54.4	110.0	419	0.0023243	180.27



Krečnjak - Užice	
Results (Triaxial)	
intact uniaxial compressive strength (sigci)	54.122 MPa
mi	12.009
residuals	1.037e+006
Prediction Interval	
interval	none
Curve Fit Parameters	
fit algorithm	linear regression
error summation	vertical
error type	absolute
Tensile Cutoff	
cutoff option	none



Beograd. 08.12.2021. godine

Ispitao:

Pregledao:

_____ *P. M. M. M. M.* _____
 _____ _____



Rudarsko-geološki fakultet

Katedra za mehaniku stena

Beograd

TROOSNA ČVRSTOĆA NA PRITISAK
(TRIAKSIJALNI OPIT)

Oznaka:







Materijal:

Poreklo:

Ostali podaci:

Krečnjak

Užice

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
B2 (15.00–16.00) $\sigma_3 = 6 \text{ MPa}$		
B2 (15.00–16.00) $\sigma_3 = 12 \text{ MPa}$		
B2 (15.00–16.00) $\sigma_3 = 18 \text{ MPa}$		

Beograd. 08.12.2021. godine

Ispitao:

Pregledao:



Rudarsko-geološki fakultet

Katedra za mehaniku stena

Beograd

TROOSNA ČVRSTOĆA NA PRITISAK
(TRIAKSIJALNI OPIT)

Oznaka:





Materijal:

Poreklo:

Ostali podaci:

Krečnjak

Užice

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
B2 (15.00–16.00) $\sigma_3 = 24 \text{ MPa}$		
B2 (15.00–16.00) $\sigma_3 = 30 \text{ MPa}$		

Beograd. 08.12.2021. godine

Ispitao:

Pregledao:



Табеларни преглед резултата опита тачкасте чврстоће

РЕДНИ БРОЈ	ОЗНАКА УЗОРКА	ВРСТА СТЕНЕ	ВРСТА УЗОРКА / ТИП ЛОМА	D	I_s	ЈЕДНООКСИЈАЛНА ЧВРСТОЋА НА ПРИТИСАК σ_{c50}
				(cm)	MPa	MPa
1	Б1(11,3-11,5)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	8,25	3,03	68,27
2	Б1(18,9-19,0)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	82,3	2,84	64,02
3	Б1(24,5-24,6)	Кречњак силификован, крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	82,7	3,04	68,68
4	Б3(7,3-7,45)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	6,11	3,2	63,31
5	Б3(17,4-17,55)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т3	6,08	2,33	45,76
6	Б3(28,3-28,4)	Кречњак руменкаст, бречоидан	дијаметрални / Т1	6,05	1,74	34,23
7	Б4(5,2-5,3)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	6,08	3,11	61,20
8	Б4(11,8-11,9)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	6,08	1,79	35,31
9	Б4(17,7-17,8)	Кречњак силификован, крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	6,08	4,09	80,39
10	Б4(19,0-19,15)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	6,1	3,27	64,38
11	Б4(30,3-30,4)	Кречњак руменкаст, бречоидан	дијаметрални / Т1	6,1	3,09	60,89
12	Б2(3,35-3,5)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	8,16	3,07	69,05
13	Б2(9,5-9,7)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	8,22	2,72	61,21
14	Б2(15,7-15,9)	Кречњак силификован, крупнокристаласт	дијаметрални / Т1	8,22	3,72	83,83
15	Б2(24,0-24,15)	Кречњак крупнокристаласт	дијаметрални / Т3	8,24	2,21	49,72

Напомена: Усвојен је фактор корекције између PLI и σ_c од $K=18$; Т1 - лом кроз масу, Т3 - лом кроз цементовану пукотину

Фотодокументација изведених опита

Бр. узорка	Изглед пре опита	Изглед након опита
Б1(11,3-11,5)		
Б1(18,9-19,0)		
Б1(24,5-24,6)		
Б3(7,3-7,45)		
Б3(17,4-17,55)		

B3(28,3-28,4)	 B3(28,3-28,4)	 B3(28,3-28,4)
B4(5,2-5,3)	 B4(5,2-5,3m)	 B4(5,2-5,3m)
B4(11,8-11,9)	 B4(11,8-11,9m)	 B4(11,8-11,9m)
B4(17,7-17,8)	 B4(17,7-17,8m)	 B4(17,7-17,8m)
B4(19,0-19,15)	 B4(19,0-19,15m)	 B4(19,0-19,15m)

B4(30,3-30,4)	 B4(30,3-30,4m)	 B4(30,3-30,4m)
B2(3,35-3,5)	 B2(3,35-3,5)	 B2(3,35-3,5)
B2(9,5-9,7)	 B2(9,5-9,7)	 B2(9,5-9,7)
B2(15,7-15,9)	 B2(15,7-15,9)	 B2(15,7-15,9)
B2(24,0-24,15)	 B2(24,0-24,15)	 B2(24,0-24,15)



Rudarsko-geološki fakultet

Katedra za mehaniku stena

Beograd

Prilog E1.2/7.4

ZAPREMINSKA TEŽINA

Oznaka: U - 1, U - 2
Materijal: Injekciona masa
Poreklo: Užice
Ostali podaci:

Broj uzorka	Dimenzije uzorka		Masa uzorka m (g)	Zapremina uzorka V (m ³) $\frac{(2)^2 \cdot \pi}{4} \cdot (3)$	Zapreminska težina γ (kN/m ³) $((4) / (5)) \cdot 9.81$	Zapreminska težina γ (kN/m ³)
	d (mm)	h (mm)				
l	2	3	4	5	6	7
U - 1	34.2	62.2	109.68	0.000057	18.83	18.94
	34.0	65.3	115.15	0.000059	19.05	
U - 2	34.0	65.2	108.48	0.000059	17.98	18.07
	34.0	65.3	109.75	0.000059	18.16	

Beograd. 12.01.2022. godine

Ispitao:

Pregledao:



Rudarsko-geološki fakultet

Katedra za mehaniku stena

Beograd

Prilog E1.2/7.4

ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Oznaka: U - 1, U - 2
Materijal: Injekciona masa
Poreklo: Užice
Ostali podaci:

Broj uzorka	Dimenzije uzorka		Sila koja dovodi do loma P (kN)	Površina uzorka A (m ²) $\frac{(2)^2 \cdot \pi}{4}$	Čvrstoća na pritisak σ_c (MN/m ²) (4) / (5)	Čvrstoća na pritisak σ_c (MN/m ²)
	d (mm)	h (mm)				
<i>l</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
U - 1	34.2	62.2	27	0.0009186	29.39	28.46
	34.0	65.3	25	0.0009079	27.54	
U - 2	34.0	65.2	26	0.0009079	28.64	26.98
	34.0	65.3	23	0.0009079	25.33	

Beograd. 12.01.2022. godine

Ispitao:

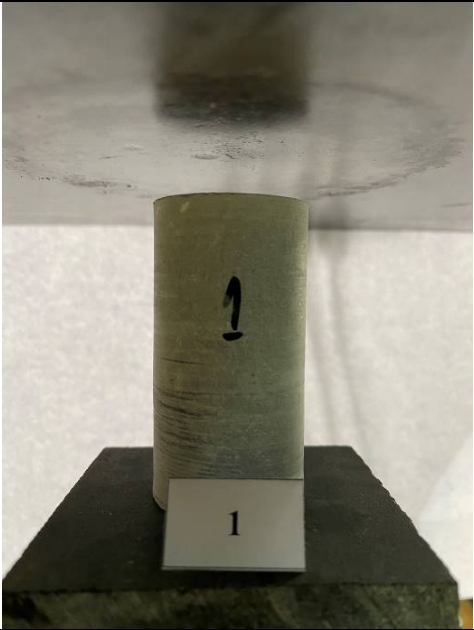
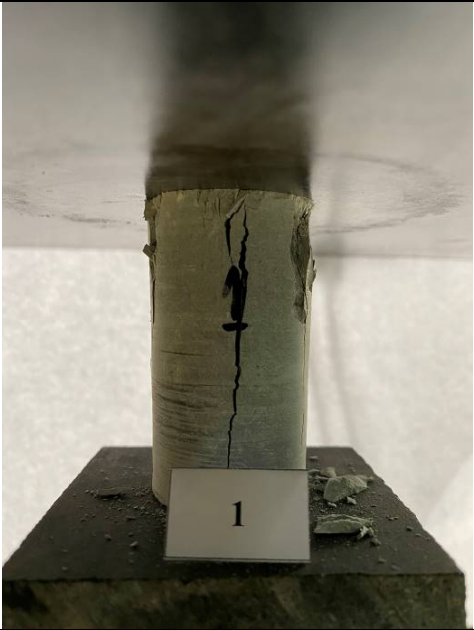
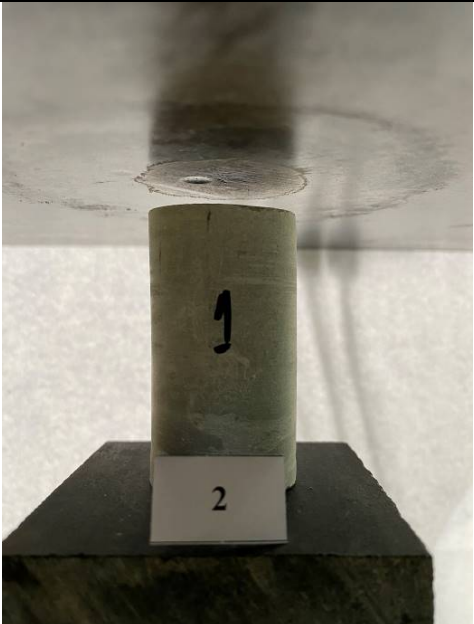
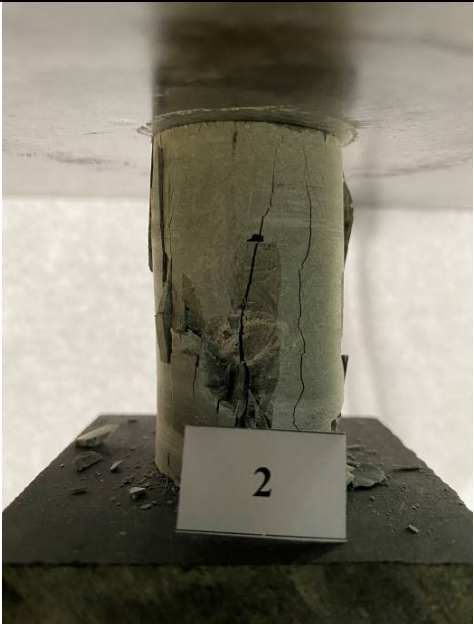
Pregledao:

Božidar



ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Oznaka: U - 1
Materijal: Injekciona masa
Poreklo: Užice
Ostali podaci:

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
U - 1	 A cylindrical concrete sample with a black number '1' on its side, resting on a black base.	 The same cylindrical concrete sample after a compression test, showing a vertical crack and some surface spalling. It is still on the black base.
U - 1	 A cylindrical concrete sample with a black number '1' on its side, resting on a black base.	 The same cylindrical concrete sample after a compression test, showing a vertical crack and some surface spalling. It is still on the black base.

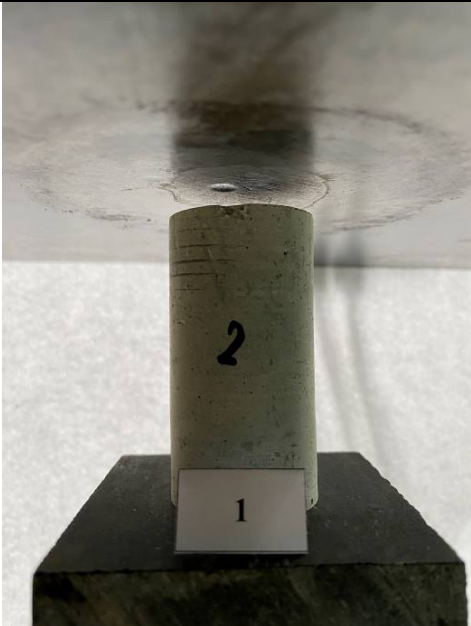
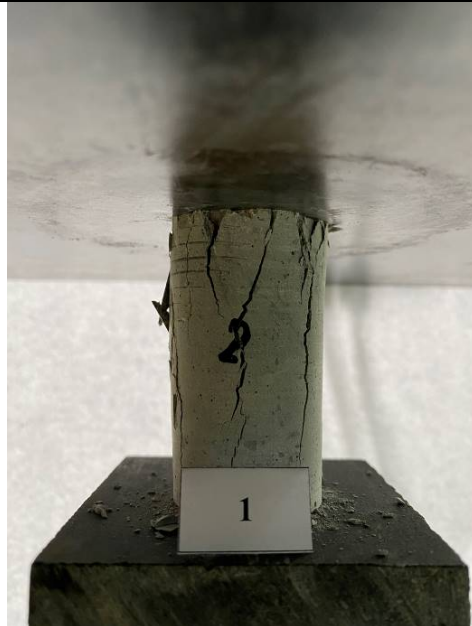
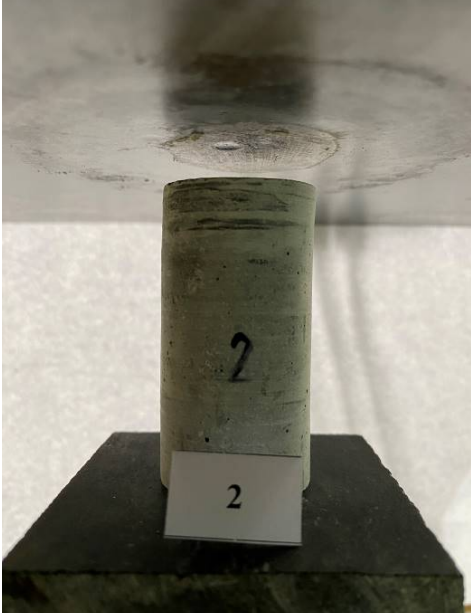
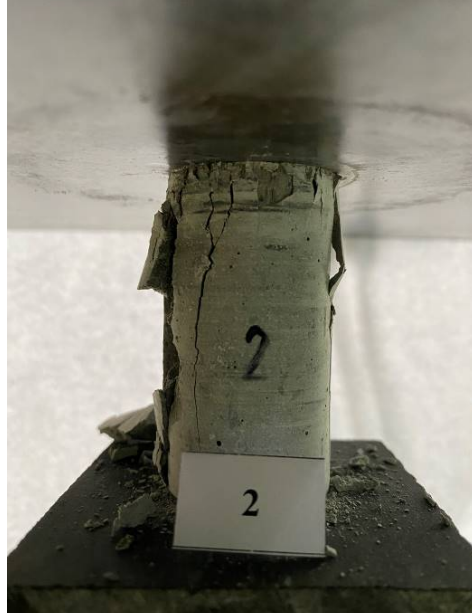
Beograd. 12.01.2022. godine

Ispitao:
Pregledao:



ČVRSTOĆA NA PRITISAK

Oznaka:	U - 2
Materijal:	Injekciona masa
Poreklo:	Užice
Ostali podaci:	

Oznaka uzorka	Pre ispitivanja	Posle ispitivanja
U - 2		
U - 2		

Beograd. 12.01.2022. godine

Ispitao: _____
Pregledao: _____

Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd

Centralna laboratorija za ispitivanje materijala

Laboratorija za veziva, hemiju i maltere

Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43
tel: (011) 2650 322 fax: (011) 3692 772, 3692 782
e-mail: office@institutims.rs, www.institutims.rs

IZVEŠTAJ O ISPITIVANJU

Br. VHM – 1349/18

Predmet ispitivanja:

Cementna smesa za injektiranje kablova

Naručilac:

«ADING» d.o.o., Beograd

Zahtev/Ponuda/Ugovor:

Zahtev broj - od 02.10.2018.

Sadržaj:

Ukupno 3 strane

Izveštaj odobrio:

Laboratorija za veziva, hemiju i maltere

Rukovodilac


Ljiljana Miličić, dipl.hem.

Beograd, 01.11.2018. godine



Podaci o uzorku:

Proizvođač: -

Vrsta proizvoda: Cementna smeša za injektiranje kablova

Projekat: -

Objekat: -

Cement: Portland cement

Voda: PC 42,5R - CRH (Srbija) d.o.o., Popovac

Dodatak: Gradski vodovod

- 0.3% „INJEKTING K2“, „Ading“, R.Makedonija

- 1.0% „SUPERFLUID 21 M EKO“, „Ading“, R.Makedonija

Datum i mesto uzimanja uzorka: -,-

Datum prijema uzorka na ispitivanje: 02.10.2018.

Uzorkovanje izvršio: Predstavnik Naručioca

Metode ispitivanja: SRPS EN 445:2010
SRPS U.M8.022:1985.,
SRPS U.M8.023:1985.,
SRPS U.M8.024:1985.,
SRPS U.M8.025:1985.

Merna i regulaciona oprema:

- Automatska vaga tip RJ 1220 METTLER, Švajcarska, mernog opsega 0,05 - 2/12 kg, rezolucije 0,1/1 g
- Presa tip 2560 proizvođača TONINDUSTRIE, Nemačka, opsega sile 60/200/600 kN, rezolucije 0,2/0,5/2 kN

Izloženi rezultati se odnose isključivo na ispitani uzorak. Ne preuzima se nikakva odgovornost u pogledu verodostojnosti uzorkovanja, osim u slučaju kada je ono obavljeno pod direktnom kontrolom predstavnika laboratorije. Izveštaj se ne sme umnožavati, izuzev u celini, uz odobrenje Laboratorije za ispitivanje materijala.

REZULTATI ISPITIVANJA

Fizičko- mehanička svojstva smese za injektiranje

I.	PODACI O SMEŠI	Rezultati ispitivanja
1.	Količina injekcione smeše, kg	15 kg
2.	W/S	0.40
3.	Količina dodatka, % - „INJEKTING K2“ - „SUPERFLUID 21 M EKO“	0.3 1.0
4.	Temperatura injekcione smeše, °C	20.2
5.	Temperatura vode, °C	19.8
6.	Temperatura smeše, °C	26.8
7.	Temperatura sredine za vreme izrade smeše, °C	20.6
8.	Temperatura sredine za vreme negovanja opitnih tela, °C	20.0
9.	Tip mešalice	M 4
10.	Vreme mešanja, min	4
II.	REZULTATI ISPITIVANJA SMEŠE	
1.	Protočnost 1700 cm ³ (Ø = 12.7 mm), s, posle ▪ 0 ▪ 30	11.2 12.0
2.	Protočnost 1000 cm ³ (Ø = 12.7 mm), s, posle ▪ 0 ▪ 30	7.6 8.4
3.	Protočnost 1000 cm ³ (Ø = 5.0 mm), s ▪ 0 ▪ 30	11.4 12.4
4.	Zapreminska masa, kg/m ³	1920
5.	Promena zapremine nakon 24 h, %	+ 0.26
6.	Otpornost na dejstvo mraza, promena zapremine na -20°C, ‰	- 26.5
7.	Pritisna čvrstoća MPa, • nakon 7 dana • nakon 28 dana,	50.9 57.0

Rukovodilac ispitivanja


Ljiljana Miličić/ dipl.hem.

SUPERFLUID 21M EKO

Superplastifikator za betone, proizveden na bazi polikarboksilata

Odgovara: EN 934-2 T11.1&T11.2

OBLAST PRIMENE

Superplastifikator namenjen proizvodnji betona za transport, kod kojih je potrebno dugotrajno održavanje konzistencije i reoloških osobina svežeg betona;

Superfluid 21M EKO omogućuje visoku redukciju vode u betonu i proizvodnju razlivnih betona, visoke klase konzistencije;

Omogućuje održavanje konzistencije betona do 90 minuta;

Transport i ugrađivanje u uslovima visokih ambientalnih temperatura;

Proizvodnja betona koji se ugrđuju pumpanjem na velike visine i razdaljine, betoniranje gusto armiranih preseka;

Priprema betona sa visokim stepenom vodonepropusnosti i otpornosti na atmosferske i druge uticaje i agresije;

Priprema betona namenjenog za betoniranje pod vodom;

OSOBINE

- Redukcija vode do 20%;
- Povećava rane i krajnje čvrstoće betona na pritisak i savijanje;
- Povećava kompaktnost i vodonepropusnosti betona;
- Poboljšava fizička i mehanička svojstva betona;
- Omogućuje veću otpornost betona na dejstvo mraza i soli;
- Omogućuje veću trajnost betona;
- Omogućuje veću otpornost na karbonizaciju betona;
- Omogućuje veću otpornost betona na atmosferske uticaje;
- Olakšava ugradnju betona;

TEHNIČKE KARAKTERISTIKE

OSOBI NA	METOD	DEKLARISANA VREDNOST
Zapreminska masa (na 20°C)	ISO 758	(1.03÷1.07) g/cm ³
pH-faktor (na 20°C)	ISO 4316	3,5-5,5
Sadržaj hloriga	EN 480-10	≤0,1%
sadržaj alkalije	EN 480-12	≤2.0%

DOZIRANJE I PERFORMANSE

Optimalna dozaža Superfluid 21M EKO iznosi od 0,4% do 1,2% od mase cementa. Za datu dozažu postiže se redukcija vode od 15% do iznad 20% (Dijagram 1); Pri tome, povećavaju se inicijalne i finalne čvrstoće betona (Dijagram 2).

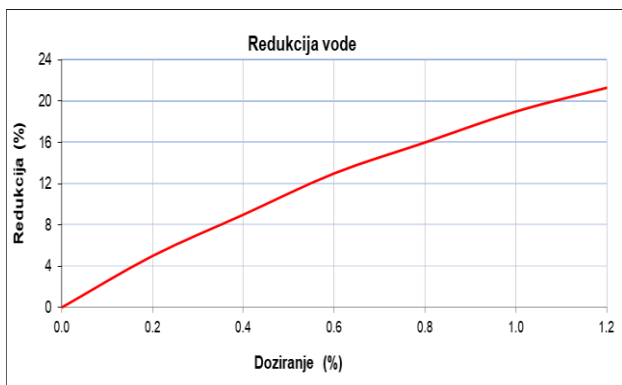


Diagram 1

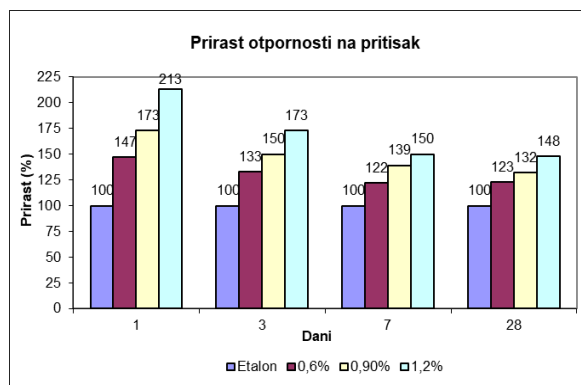


Diagram 2

Optimalno doziranje na Superfluid 21M EKO najbolje se određuje uz pomoć predhodnih laboratorijskih ili industrijskih ispitivanja.

U slučaju visoki ambientalnih temperatura ili ako proizvodnja, transport i ugrađivanje betona traju duže od 60 minuta, sveži beton u proizvodnju treba pripremiti sa visokom klasom konzistencije – S4 ili S5.

U uslovima ekstremnih ambientalnih temperatura, ili u slučaj kada proizvodnja, transport i ugradnja betona traje duže od 120 minuta, u betonu pored Superfluid 21M EKO preporučljivo je da se dozira aditiv za usporivnje vezivanja betona – Usporivač-D2, sa dozažom koja zavisi od konkretni uslova tokom ugradnje.

Doziranje aditiva vrši se ručno ili automatski, u toku proizvodnje betona. Za najbolje rezultate, plastifikator Superfluid 21M EKO dodaje se zajedno sa zadnjom količinom potrebne vode u betonu (20-30%), nakon mešanja agregata, cementa i 80% od potrebne količine vode u betonu. Vreme mešanja sveže betonske smeše koja sadrži Superfluid 21M EKO ne treba da bude kraće od 90 sekundi.

Efekti predoziranja: Predoziranje plastifikatora Superfluid 21M EKO može izazvati segregaciju betona.

KOMPATIBILNOST

Superfluid 21M EKO je kompatibilan sa više tipova aditiva iz proizvodnog programa ADING-a iz grupe ubrzivača i usporivača vezivanja, aditivi za vodonepropusnost, aditivi za zimsko betoniranje, aeranti, itn. Ukoliko se u betonskoj smeši koriste dva ili više aditiva, potrebno je da se prije toga urade prethodna ispitivanja. Doziranje različitih aditiva u betonu vrši se odvojeno, odnosno aditivi se ne smeju mešati međusobno pre nego što se ubace u betonsku smešu. Superfluid 21M EKO nije kompatibilan i ne sme da se koristi u kombinaciji sa aditivima koji sadrže polinaftalen sulfonat, kao što su: Fluiding, Superfluid, Superfluid-M1, Superfluid-M1M, Superfluid T, Hidrofob Fluid i Hidrofob-T.

PAKOVANJE

Plastične kante: 5 i 20 kg


Burad: 200 kg

Kontejneri: 1000 kg

SKLADIŠTENJE

U originalnom pakovanju na temperaturi od 5°C do 35°C. Rok upotrebe 12 meseci

OZNAKA ZA SERTIFIKOVANI PROIZVOD

 2032	
ADING AD Skoplje Novoselski pat (ulica 1409) br. 11, 1060 Skoplje, Makedonija 14 2032-CPR-08.40B	
EN 934-2:2009+A1:2012 SUPERFLUID 21M EKO Aditiv za betone, superplastifikator/usporivač EN 934-2: T11.1&11.2 Maksimalna količina jone hlora: 0.1% Maksimalna količina alkalija: 2.0% Korozivno delovanje: Sadrži sledeće komponente od EN 934-1:2008, Aneks A.1	

Opasnost po zdravlje: Superfluid 21M EKO ne sadrži toksične materije, ali i pored toga, treba izbegavati kontakt sa kožom, očima i paziti da se ne proguta. U slučaju kontakta sa kožom ili ako dospe u oči potrebno je ispirati čistom tekućom vodom. Ukoliko se proguta, potražiti medicinsku pomoć. Za dodatne informacije, pogledajte Bezbednosni list.

Zapaljivost: Superfluid 21M EKO nije zapaljiva tečnost. Za dodatne informacije, pogledajte Bezbednosni list.

Čišćenje i deponovanje: Otpad proizvoda Superfluid 21M EKO očistiti vodom. Staru iskorišćenu ambalažu deponirati u skladu sa lokalnim propisima i regulativima za tu vrstu otpada. Za dodatne informacije, pogledajte bezbednosni list.

INJEKTING-K2

Aditiv za cementne injekcione smese, smese za injektiranje kablova za prednaprezanje i smese za zalivanje i reparaciju. Odgovara na EN 934-4;T1

Oblasti primene:

Upotrebljava se kao aditiv za pripremu cementne injekcione smese namenjene za injektiranje kablova kod prednapregnutih nosača, kao i za injektiranje ili zalivanje prslina u betonskim elementima i dr.

Osobine:

- Omogućuje redukciju vode za pripremanje cementnih injekcionih smesa;
- Omogućuje postizanje visoke fluidnosti injekcionih smesa sa niskim W/C-faktorom ($W/C < 0,45$);
- U zavisnosti od primenjene doze, umanjuje/kompenzira skupljanje cementne injekcione smese ili izaziva blagu ekspanziju;
- Povećava čvrstoće očvršle injekcione smese;
- Povećava otpornost na mraz i soli injekcione smese.

Tehničke karakteristike:

Svojstva:	Deklarirana vrednost
Izgled:	Siva praškasta masa
Sadržaj hlorida:	ne sadrži

Metodologija rada i doziranje:

U zavisnosti od traženih performansi, Injektinga-K2 se dozira od 0,2 do 1,0% od mase cementa. Injektinga-K2 se dodaje u suhu cementnu mešavinu. Pri konstantnim mešanjem dodaje se voda do postizanja tražene konzistencije. Pritom se kontroliše količina vode da se ne bi nadmašio projektovani W/C faktor. Mešanje se vrši mašinski, do dobijanja homogene smese, ali ne duže od pet minuta. Injekciona smesa mora proći kroz sito pre nego što se unese u injektor. Ceo proces mešanja i ugrađivanja injekcione smese ne treba da traje duže od 30 minuta. Pre svake upotrebe potrebno je da se izvrše prethodna ispitivanja da bi se utvrdila kompatibilnost aditiva sa upotrebjenom vrstom cementa, kao i zbog podešavanja tačne doze aditiva sa kojom će biti ispunjeni željeni uslovi kvaliteta injekcione smese.

Pakovanje:

U vrećama od 15 kg.

Čišćenje:

Alat i oprema odmah nakon upotrebe čiste se vodom.

Skladištenje:

U originalnoj ambalaži, u suvim prostorijama, na temperaturi od $+5^{\circ}\text{C}$ do $+35^{\circ}\text{C}$ i zaštićen od direktne izloženosti suncu. Rok upotrebe: 12 meseci.

Opasnost po zdravlje: Potrebno je paziti da materijal ne dođe u kontakt sa kožom i očima, ili da dođe do udisanja materijala. U slučaju kontakta sa kožom, potrebno je oprati vodom i sapunom. U slučaju kontakta sa očima, potrebno je odmah oprati sa čistom tekućom vodom, i zatražiti medicinsku pomoć. Dodatne informacije pogledati u bezbednosnom listu ovog proizvoda.

Požar: Injekting-K2 nije zapaljiv. Dodatne informacije pogledati u bezbednosnom listu ovog proizvoda.

Čišćenje i deponiranje: Čišćenje se vrši vodom. Staru iskorišćenu ambalažu deponirati u skladu sa lokalnim propisima i regulativima za tu vrstu otpada. Preporučujemo da se način nanošenja i potrebne količine prilagode uslovima objekta, kao i obaveznu primenu odgovarajuće opreme. Dodatne informacije pogledati u bezbednosnom listu ovog proizvoda.

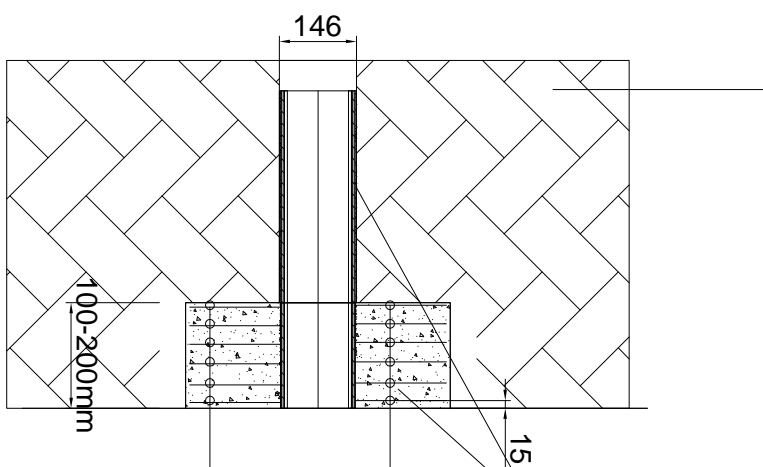
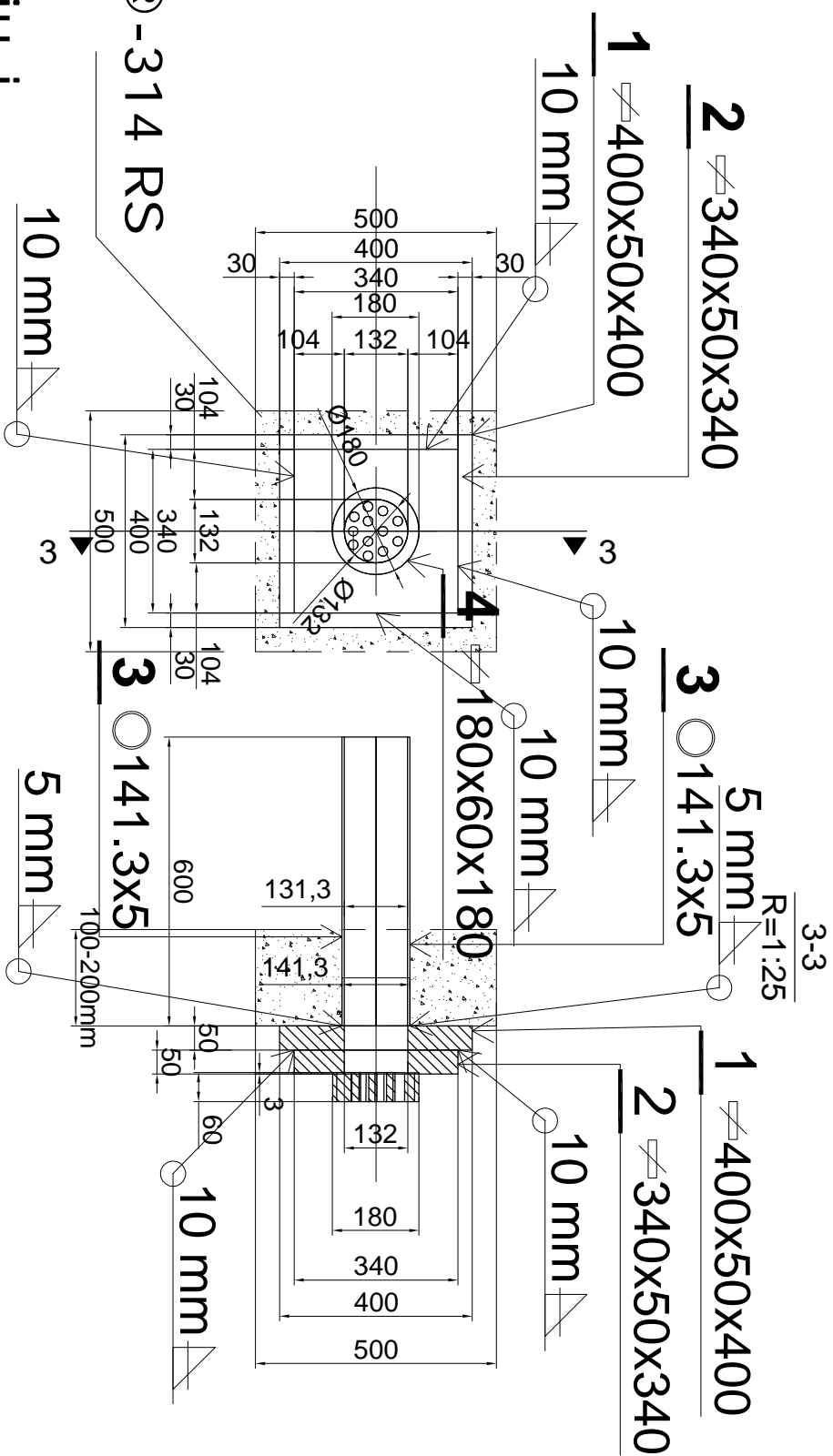
ADING

Novoselski pat (ul.1409) br.11. 1060 Skopje, R. Makedonija, ading@ading.com.mk,
Tel: + 389 / 02 2034 840, 2034 820, Faks: 2034 821



www.ading.com.mk

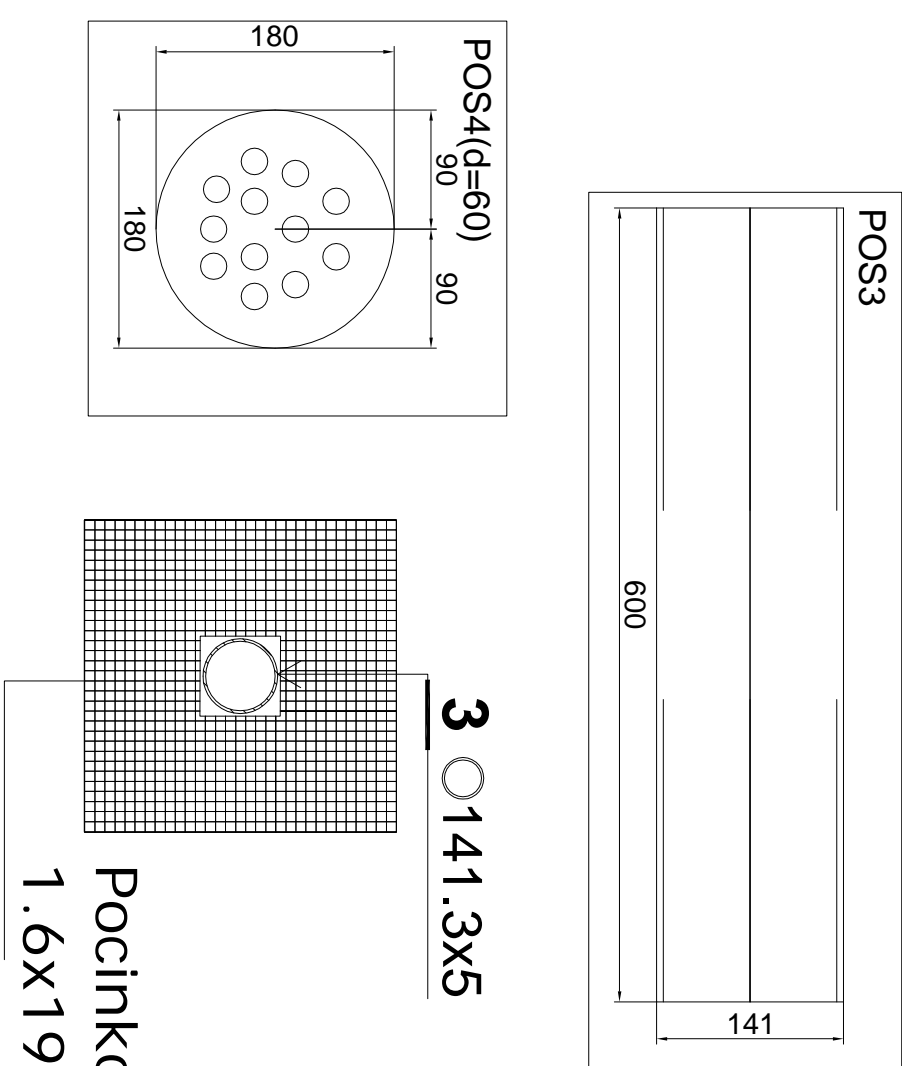
Prilog E1.2/7.6



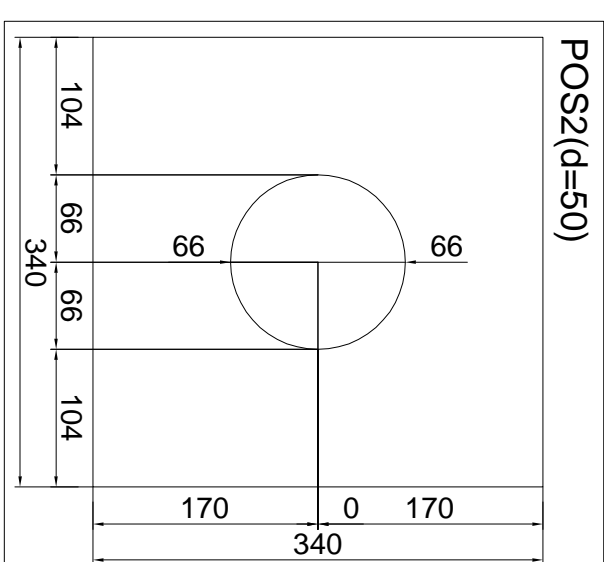
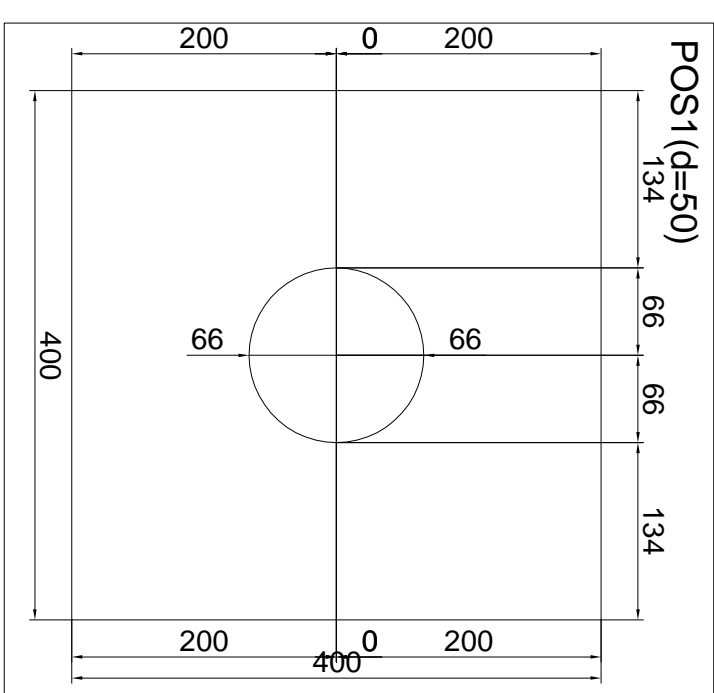
Stenska masa

Pocinkovana rabić mreža 1.6x19x19mm
na svaka 3-4cm
SikaGrout®-314 RS
cementni,
ekspandiraju i,
samorazlivaju i
malter sa
kompenzovanim
skupljanjem

SikaGrout®-314
cementni,
ekspandiraju i,
samorazlivaju i
malter sa
kompenzovanim
skupljanjem



Pocinkovana rabic mreža
1.6x19x19mm na svaka 3-4cm



Štapovi i limovi - specifikacija									
POS	Tip	Materijal	n [kom]	Širina [mm]	Debljina [mm]	Dužina [mm]	Jed. težina [kg/m]	Težina po kom. [kg]	Ukupna težina [kg]
noman (1 kom)									
1	400x50x400	S355JR	1	400.00	50.00	400.00	400.00	64.00	64.00
2	340x50x340	S355JR	1	340.00	50.00	340.00	400.00	46.24	46.24
3	141.3x5	S355JR	1			600.00	17.13	10.28	10.28
4	180x60x180	S355JR	1	180.00	60.00	180.00	480.00	15.55	15.55
Ukupno									136.07
Profil - rekapitulacija									
Tip profila		Materijal	Jed. težina [kg/m]	Ukupna težina [kg]					
141.3x5		S355JR	17.13	10.28					
Ukupno									10.28

Limovi - rekapitulacija				
	Dubljina [mm]	Materijal	Jed težina [kg/m2]	Ukupna težina [kg]
	50	S355JR		110.2
	60	S355JR		15.5
Ukupno				125.75
Zbirna rekapitulacija				
Sklop		Jed težina [kg]	Ukupna težina [kg]	
noname (1 kom)		136.07		136.07
Ukupno				136.07
Ukupno (+ za spojna sredstva 3%)				140.15

Poc. rabic mreža 1.P= 6komx45x45cm=1.50m2

TEHNIČKI LIST

SikaGrout®-314 RS

Visokokvalitetni, cementni, ekspandirajući, samorazlivajući malter sa kompenzovanim skupljanjem

OPIS PROIZVODA

SikaGrout®-314 RS je jednokomponentan, samorazlivajući, ekspandirajući malter, R4 klase prema zahtevima standarda EN 1504-3.

UPOTREBA

SikaGrout®-314 RS se koristi kao tečan malter za zalivanje u sloju debljine između 10 i 120 mm. Za veće debljine konsultovati Tehničku službu Sika Srbija d.o.o.

- Podlivanje stopa teške mehanizacije / postolja mašina
- Podlivanje postolja i nosača
- Ispunjavanje postolja ankerisanih prefabrikovanih elemenata
- Popunjavanje šupljina, otvora i udubljenja
- Zapunjavanje mesta prodora
- Ankerisanje

Pogodan za konstruktivna ojačanja:

- Vraćanje originalnog betonskog elementa, dela konstrukcije u prvobitno naznačeni oblik i funkciju – ponovno izlivanje betona
- Povećanje ili vraćanje prvobitne nosivosti elementa betonske konstrukcije ugradnjom ankera (armature) u izvedene ili izbušene otvore u betonu.
- Povećanje ili vraćanje prvobitne nosivosti elementa betonske konstrukcije – dodavanjem maltera i betona.
- Održavanje ili ponovno uspostavljanje pasivnosti. Stvaranje hemijskih uslova u kojima se površina armature održava u pasivnom stanju ili vraća u isto – povećanje količine materijala kojim se pokriva armatura dodatnim cementnim malterom ili betonom; zamena betona izloženog kontaminaciji ili karbonizaciji.

KARAKTERISTIKE / PREDNOSTI

- Pripremljena smeša u prahu
- Lako umešavanje sa vodom
- Debljina sloja 10 mm do 120 mm (ili više uz konsultaciju Tehničke službe)
- Podesiva konzistencija
- Veoma dobro tečenje zamešanog materijala
- Brzo razvijanje čvrstoće
- Visoke krajnje čvrstoće
- Kompenzovano skupljanje (u plastičnoj fazi i u fazi očvršćavanja)
- Ne izaziva koroziju
- A1 klasa zapaljivosti

ODOBRENJA / STANDARDI

- Technical and testing building institute Prague (TZUS) - 1020- CPR -020032279
- CE Marking and Declaration of Performance to EN 1504-3 - Products and systems for the protection and repair of concrete structures: R4 class
- Građevinski fakultet u Beogradu, IMK, Laboratorija za materijale - Izveštaj br. 184/2019

INFORMACIJE O PROIZVODU

Hemijska osnova / baza

Cement, odabrana punila i agregati, specijalni aditivi

Tehnički list

SikaGrout®-314 RS

Mart 2021, Verzija 01.01

020201010010000435

Pakovanje	Džak od 25kg
Izgled / Boja	Sivi prah
Rok trajanja	12 meseci od datuma proizvodnje
Uslovi skladištenja	Propisno skladišti u neoštećenom i neotvorenom originalnom pakovanju na suvom i hladnom mestu.
Gustina	~ 2.3 kg/l (specifična težina zamešanog materijala)
Granulacija	D _{max} : 4 mm

TEHNIČKI PODACI

Čvrstoća pri pritisku	1 dan	2 dana	28 dana	(EN 12190)
	≥ 30 N/ mm ²	≥ 45 N/ mm ²	≥ 75 N/ mm ²	
Modul elastičnosti pri pritisku	≥ 45 MPa (klasa R4)			EN 1504-3
Čvrstoća na zatezanje pri savijanju	1 dan	28 dana	(EN 196-1)	
	≥ 6 N/ mm ²	≥ 9 N/ mm ²		
Reakcija na požar	Euro klasa A1			EN 13501-1

INFORMACIJE O PRIMENI

Odnos mešanja	2,95 – 3,2 l vode na 25 kg praha (1 džak)
Potrošnja	Orientaciona potrošnja je 20 kg praha po 1 m ² za 10 mm debljine. Od jednog džaka može se dobiti oko 12,2 l maltera.
Debljina sloja	10 mm do 120 mm
Temperatura vazduha	+5°C min. / +30°C max.
Temperatura podloge	+5°C min. / +30°C max
Pot life (Vreme upotrebljivosti)	~ 45 minuta na +20°C

NAPOMENE

Svi tehnički podaci sadržani u ovom Tehničkom listu su bazirani na laboratorijskim testovima. Stvarna merenja mogu da variraju u različitim okolnostima koja su izvan naše kontrole.

NEDOSTACI / OGRANIČENJA

- Ne ugrađivati na slab beton jer postoji opasnost da počupa podlogu i odvoji se od iste.
- Koristiti na betonu sličnih mehaničkih karakteristika.
- Pogledati odgovarajuće Uputstvo za korišćenje cementnih grout-a (Method Statement for Cementitious Grouts) za više informacija.
- Izbegavati nanošenje na direktnoj sunčevoj svetlosti i/ili jakom vetru.
- Vodu ne dodavati u većoj količini od preporučene.
- Ugrađivati samo na zdravu i odgovarajuće pripremljenu podlogu.
- Ne koristiti dodatnu količinu vode za dobijanje glatke površine jer to može prouzrokovati promenu boje i pucanje površine
- Zaštititi sveže ugrađen materijal od smrzavanja i mraza

- Svesti izložene površine ugrađenog materijala na minimum
- Ne koristiti kao reparaturni malter na velikim površinama

EKOLOŠKE, ZDRAVSTVENE I BEZBEDNOSNE INFORMACIJE

Korisnici moraju da pročitaju najnoviji Bezbednosni list. Korisnici mogu naći informacije i savete o bezbednom rukovanju, skladištenju i uklanjanju hemijskih proizvoda u najnovijem Bezbednosnom listu koji sadrži fizičke, ekološke, toksikološke i druge podatke o bezbednosti.

UPUTSTVA ZA PRIMENU

KVALITET PODLOGE / PRETHODNI TRETMAN (PRIPREMA)

KVALITET PODLOGE

Beton:

Podloga mora biti strukturno zdrava i bez tragova prašine, prljavštine, rasutog materijala, površinskih nečistoća, cementnog mleka i drugih materijala koji mogu dovesti do lošeg prijanjanja, neodgovarajućeg sušenja i vezivanja reparaturnog materijala.

Čelična armatura:

Površina čelika mora biti očišćena od produkata rđe, ulja, masti, prašine, ostataka maltera i betona i drugih rasutih delova koji mogu uticati adheziju ili izazvati koroziju.

Potrebno je ispoštovati zahteve standarda EN 1504-10 kada su u pitanju specifične, konkretne primene proizvoda i/ili sistema na terenu.

PRIPREMA PODLOGE

Beton:

Raslojeni, oslabljeni, oštećeni, oronuli beton i zdrav beton, ukoliko je neophodno, uklanjaju se na odgovarajući način.

Čelična armatura:

Površine pripremiti tehnikama abrazivnog peskiranja ili pranjem vodom pod visokim pritiskom.

Vezivni prajmer (popravke betona):

Generalno, na dobro pripremljenu i ohrapavljenu podlogu nije neophodno nanositi vezivni sloj. Kada nije neophodno prajmerisanje, podlogu treba kvasiti čistom vodom 2 – 6 sati pre ugradnje maltera.

Neposredno pre ugradnje neophodno je ukloniti višak vode. Ne treba dozvoliti da se podloga u potpunosti isuši pre ugradnje maltera. Navlažena površina treba da poprими taman mat izgled, bez svetlucanja: na površini ne sme biti vode.

Zaštita armature od korozije:

Tamo gde je zahtevano nanošenje premaza za zaštitu armature (na primer: u slučaju nedovoljne pokrivenosti betonom), naneti po celom obimu armature dva sloja Sika MonoTop®-910 Eco ili SikaTop® Armatec-110 EpoCem® (pogledati odgovarajući Tehnički list).

Oplata:

Oplata u koju se naliva malter mora biti dovoljno čvrsta, neupijajuća, tretirana odgovarajućim sredstvom za lakše odvajanje i dobro spojena kako bi se sprečilo potencijalno curenje materijala iz kalupa. Koristiti SikaSwell®-S2 hidrofilno zaptivno sredstvo za ispunu spojeva. Oplatu tako postaviti da se omogući uklanjanje suvišne vode i zaostalog vazduha.

MEŠANJE

2,95 – 3,2 l vode na 25 kg praha (1 džak).

SikaGrout®-314 RS može da se meša pomoću ručne mešalice pri maloj brzini (<500 o/min) kako ne bi došlo do zadržavanja prevelikih količina vazduha. Radi postizanja najboljih rezultata, mešati samo cele vreće. Vodu sipati u pravilnom odnosu u odgovarajuću posudu za mešanje. Polako mešajući, dodavati prah u vodu. Smešu dobro mešati u trajanju od najmanje 3 minuta, dok se ne postigne odgovarajuća konzistencija.

PRIMENA

Odmah nakon mešanja, masu izliti u prethodno pripremljene otvore. Voditi računa da vazduh potisnut od strane maltera može lako da izlazi jer će, u suprotnom, sprečiti potpuno prijanjanje maltera za podlogu. Porozne podloge navlažiti do zasićenja, ali bez zaostale vode na površini.

Prilikom zalivanja postolja i nosača i sl, osigurati da se nalivanje materijala odvija bez prekida, kako bi se ostvarilo ravnomerno tečenje i razlivanje maltera. Radi optimalnog iskorišćenja ekspandirajućih svojstava proizvoda, malter nanositi što je brže moguće (u roku od maksimalno 15 minuta).

Unapred izračunati potrebnu količinu materijala za ispunu cele zapremine. Umešavanje materijala iz više džakova izvršiti istovremeno, kako bi se obezbedila dovoljna količina materijala za kontinuirano podlivanje, rasprostiranje i izbegavanje stvaranja vazdušnih džepova. Ukoliko se priprema veće količine materijala vrši uzastopnim umešavanjima iz više vreća, neophodno je kontinuirano izliti sav umešan materijal, unutar vremena pot life-a materijala dobijenog iz prve vreće.

TRETMAN NEGE

Svesti izložene površine ugrađenog materijala na minimum. Svež malter zaštititi od prevremenog sušenja primenom relevantnih metoda za negu maltera (sredstva za zaštitu sveže ugrađenih cementnih materijala, navlažen geo-tekstil, polietilenska platna, platna od jute, itd).

ČIŠĆENJE ALATA / OPREME

Odmah nakon upotrebe sav alat i opremu za nanošenje materijala očistiti vodom. Očvršli/osušeni materijal može se ukloniti samo mehaničkim putem.

LOKALNI PROPISI / OGRANIČENJA

Imajte na umu da se kao rezultat specifičnih lokalnih propisa definisani podaci za ovaj proizvod mogu razlikovati od zemlje do zemlje. Za tačne podatke o prouzvodu pogledati u lokalnom Tehničkom listu.

PRAVNA POUKA

Informacije a naročito preporuke o primeni i krajnjoj upotrebi Sika® proizvoda date su verodostojno i bazirane su na Sikinim aktuelnim saznanjima i iskustvima u slučajevima kada su proizvodi pravilno uskladišteni, upotrebljeni i kada se sa njima rukuje pod normalnim uslovima. U praksi, razlike u materijalima, podlogama i stvarnim uslovima na licu mesta su takve da se nikakva garancija ne može dati u pogledu neodgovarajuće kupovine ili pogodnosti za određenu svrhu. Nikakva pravna odgovornost ne može nastati, niti proisteći na osnovu ovih informacija kao ni na osnovu bilo kojih pismenih preporuka ili ponuđenih saveta. Isključiva prava trećih lica moraju se poštovati. Sve primljene porudžbine su podložne tekućim uslovima prodaje i isporuke. Korisnici uvek treba da budu upoznati sa najnovijim izdanjem tehničkog lista za željeni proizvod, čija se kopija može dobiti na zahtev.

Sika Srbija d.o.o.

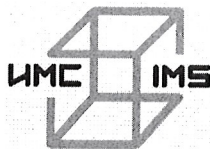
Patrijarha Pavla 1
22310 Šimanovci
Srbija
Tel: +381 22 2155 777
www.sika.rs

Tehnički list

SikaGrout®-314 RS
Mart 2021, Verzija 01.01
020201010010000435


SikaGrout-314RS-sr-RS-(03-2021)-1-1.pdf





**INSTITUT IMS AD
BEOGRAD**

Institut IMS a.d.
Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43
tel: (011) 2650 322
fax: (011) 3692 772, 3692 782
e-mail: office@institutims.rs
www.institutims.rs

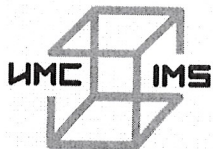

ИНСТИТУТ ИМС АД
Бр 44-15880
25. 11. 2021 20 год
Београд, Булевар војводе Мишића 43

METODOLOGIJA TESTIRANJA NOSIVOSTI GEOTEHNIČKIH SIDARA

ZA POTREBE IZVOĐENJA RADOVA NA IZGRADNJI MOSTA KOD UŽICA

materijali
metali i energetika
putevi i geotehnika
konstrukcije i prednaprezanje





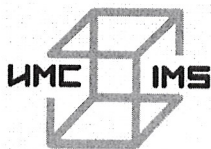
**INSTITUT IMS AD
BEOGRAD**

OBJEKAT: MOST KOD UŽICA

NARUČILAC: „ZAJAČA ING“ d.o.o. Loznica

**PODIZVOĐAČ „INSTITUT IMS“ A.D. Beograd,
ZA
ISPITIVANJE Centar za konstrukcije i prednaprezanje
SIDARA:**

NAPOMENA: Metodologija se koristi isključivo za poslove prednaprezanja i ispitivanja koje obavlja specijalizovana ekipa Instituta IMS i u druge svrhe se ne može koristiti. Zabranjeno je kopiranje i korišćenje za ostale potrebe.



INSTITUT IMS AD
BEOGRAD

UVOD

Radovi koji su predviđeni ovim programom, odnose se na testiranje nosivosti prednapregnutih geotehničkih sidara za potrebe izgradnje mosta kod Užica.

Pri izradi elaborata korišćena je sledeća raspoloživa dokumentacija:

- Osnovni podaci o geotehničkim sidrima;
- Pravilnik o tehničkim normativima za čelične žice, šipke i užad za prednaprezanje konstrukcija – sl. list SFRJ br. 41/1985;
- EN 1537:2013 Execution of special geotechnical work – ground anchors ;
- SIA V 191

PREDLOG PROGRAMA ZA TESTIRANJE NOSIVOSTI SIDARA

Predlog programa za testiranje nosivosti sidara se vrši na osnovu preporuka standarda SIA V 191 i to na taj način da se za svako sidro izvede jedan od sledećih testova nosivosti ankera:

- **test granične nosivosti** (radi se na probnim sidrima pre usvajanja projekta, kao potvrda projektovane nosivosti),
- **celovit test naprezanja** (obavezan na min 10% sidara),
- **jednostavni test naprezanja** (obavezan na svim preostalim sidrima)

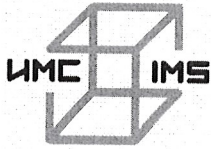
Dostavljeni podaci iz Projekta:

Prema dostavljenoj tehničkoj dokumentaciji, imamo sledeće definisane podatke o sidrima:

Tip sidara: Geotehnička sidra 12Ø15,7 mm, dužine 25 m (dužina sidrene zone 15 m + dužina slobodne zone 10 m).

Projektovane sile i nosivost:

Nema podatka.



INSTITUT IMS AD
BEOGRAD

Test granične nosivosti:

Test granične nosivosti se koristi na probnim sidrima pre usvajanja projekta, kao potvrda projektovane nosivosti sidra.

Predlog programa za testiranje prema Testu granične nosivosti, zasnovan na preporukama standarda SIA V 191, glasi:

Sila testiranja granične nosivosti: $P_{pv} \square 0,95 \cdot A_p \cdot f_y = 0,95 \cdot 12 \cdot 150 \cdot 1,640 = 2.804,4 \text{ kN}$

Gde je:

A_p – površina poprečnog preseka užadi ($12 \cdot 150 \text{ mm}^2$),

f_y - nominalna čvrstoća na granici tečenja prema pr EN 10138-3:2006 ($f_y = 1640 \text{ MPa}$)

Usvaja se vrednost **sile testiranja** $P_{pv} = 2.678 \text{ kN}$ (0.8 Fpk)

Početna sila $P_a = (0,1 \text{ do } 0,15) \times P_{pv} = 267,8 \text{ do } 401,7 \text{ kN}$.

Usvaja se vrednost početne sile $P_a = 350 \text{ kN}$.

Zonu između početne sile i sile testiranja treba podeliti na 6 do 10 jednakih prirasta sile ΔP . **Usvaja se 8 prirasta od $\Delta P = 291 \text{ kN}$** , stoga imamo sledeće **merne tačke: 350, 641, 932, 1.223, 1.514, 1.805, 2.096, 2.387 i 2.678 kN**. Kod početne sile se izvede početno (nulto) merenje deformacija, posle toga se sidro postepeno napreže na sledeći nivo opterećenja. Na svakom nivou opterećenja treba pri konstantnoj sili precizno meriti prirast deformacije u sledećim vremenskim intervalima: 0,1,2,5,10,15,20,25,30 minuta itd. u intervalima od 5 min.

Minimalna dužina osmatranja iznosi 30 minuta za vrednost sile prednaprezanja, 60 min za vrednost sile testiranja ($P_{pv} = 2.678 \text{ kN}$), dok za sve ostale među nivoe iznosi 15 minuta.

Rezultati se beleže u dijagramu puzanja.

Vreme osmatranja na među nivoima se zadržava na 15 min, ukoliko je razlika pomeranja između 5 i 15 minuta manja ili jednaka 0,2 mm.

Ukoliko se na određenom nivou ta vrednost prekorači ili ukoliko se javi povećanje pomeranja veće od 0,20 mm između 2 i 5 minuta, nastavak operacija se utvrđuje na osnovu dijagrama puzanja.

Ukoliko u tom dijagramu nagib krive ima tendenciju smanjenja, vreme osmatranja može da se zadrži na 15 minuta, u suprotnom, posmatranja će se nastaviti sve dok nagib ne počne da se smanjuje u četiri uzastopna merenja.

Ukoliko nagib prave nije veći od referentne prave koja odgovara stopi puzanja $k = 1 \text{ mm}$, posmatranja na tom nivou mogu da se prekinu.

NAPOMENA: Metodologija se koristi isključivo za poslove prednaprezanja i ispitivanja koje obavlja specijalizovana ekipa Instituta IMS i u druge svrhe se ne može koristiti. Zabranjeno je kopiranje i korišćenje za ostale potrebe.

Ukoliko je prava pod većim nagibom od referentne prave, merenja se nastavljaju sve dok maksimalna vrednost stope puzanja ne bude mogla sa preciznošću da se utvrdi na osnovu 8 intervala ili sve dok nagib krive puzanja ne počne jasno da se smanjuje.

Ukoliko se nagib krive povećava na karaju maksimalne dužine posmatranja, merenja se nastavljaju sve dok vrednost stopa puzanja ne bude mogla sa preciznošću da se utvrdi, kao što je prethodno navedeno, ili sve dok nagib ne počne da se smanjuje, ili konačno, sve dok ta stopa puzanja jasno ne prekorači vrednost od $k_{krit} = 2$ mm.

Na nivou sile testiranja ($P_{pv} = 2.678$ KN), minimalno vreme osmatranja iznosi 60 min.

Ukoliko se nagib krive smanjuje ili ukoliko kriva postane prava čiji je nagib manji od nagiba referentne prave sa stopom puzanja $K_{krit} = 2$ mm, vreme posmatranja je dovoljno. U tom slučaju nosivost sidra R_a je veća od sile testiranja P_{pv} .

Ukoliko, nakon 60 min, kriva puzanja još uvek ne pokazuje jasnu tendenciju ili ukoliko se nagib povećava, posmatranja će se nastaviti sve dok stopa puzanja ne bude mogla jasno da se odredi, ili sve dok nagib ne počne jasno da se smanjuje, ili, suprotno tome, da se povećava kako bi dostigao ili prekoračio nagib koji odgovara stopi puzanja $k_{krit} = 2$ mm. U poslednjem slučaju, ispitna sila P_{pv} jednaka je ili veća od konačne nosivosti R_a .

Ako sidro ispunjava definisane uslove puzanja, određene za minimalno vreme osmatranja, sidro se rasterećuje na početnu silu i meri se trajna deformacija, nakon čega se napregne na viši nivo opterećenja.

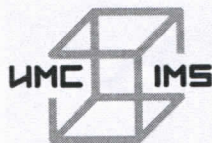
Rezultati kriterijuma puženja se unose u polulogaritamski dijagram vreme-deformacija. Upoređivanjem između minimalne i maksimalne linije prirasta deformacija sa dijagrama se određuje da li je kriterijum prekoračen. Ukoliko je na nekom nivou opterećenja prekoračena gornja granica prirasta deformacija, potrebno je test prekinuti.

Sve gore navedeno se odnosi na testiranje granične nosivosti sidara na silu testiranja od 2.678 KN, i opisanim merenjima prema preporukama standarda SIA V 191, Aneks A2.




Bojan Aranđelović, dipl. građ. inž.


Milivoje Perić, dipl. građ. inž.



INSTITUT IMS AD
BEOGRAD

Institut IMS a. d.
Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43
tel: (011) 2650 322
fax: (011) 3692 772, 3692 782
e-mail: office@institutims.co.yu
www.institutims.rs



ИНСТИТУТ ИМС АД
Бр. 44-1966
28. 02. 2022 20 год.
Београд, Булевар војводе Мишића 43

IZVEŠTAJ O KONTROLNOM ISPITIVANJU PREDNAPREGNUTOG GEOTEHNIČKOG SIDRA – TEST GRANIČNE NOSIVOSTI

OBJEKAT: TVRĐAVA U UŽICU
(PROBNO GEOTEHNIČKO SIDRO BR. 1)

NARUČILAC: "ZAJAČA ING" d.o.o. Loznica

TESTIRANJE IZVODI: INSTITUT IMS a.d. , BEOGRAD - CENTAR ZA KONSTRUKCIJE I
PREDNAPREZANJE

Centar za konstrukcije i
prednaprezanje

v.d. direktora



Bojan Arandelović
Bojan Arandelović, dipl. inž. građ.

materijali
metali i energetika
putevi i geotehnika
konstrukcije i prednaprezanje



ZAPISNIK O KONTROLNOM ISPITIVANJU SIDARA - TEST GRANIČNE NOSIVOSTI / TESTING ANCHOR RECORD - BEARING CAPACITY TESTING OF ANCHOR

Presas S-280 br. 0001; Pumpa PE-80S br. 95069; Manometar
wzrost br. 7700G4C (diagram 133-21)

„ZAIČA ING“ d.o.o. Loznica

Oprema za zatezanje

Naručilac, broj ugovora

Institut IMS a.d. Beograd - Centar za konstrukcije i prednaprezanje

**Komparater Filleta (0,01 mm); Digitalni kontrolni
manometer WIKA**

Izvršilac radova (Contractor):

23.02.2022. god.

Datum ispitivanja / Testing date:

Probna sidra za most na tvrđavi u Užicu

Objekat, Element konstrukcije
(Structural work, Construction element)

Objekat, Element konstrukcije (Structural work, Construction element)																																					
Probna sidra za most na tvaču																																					
Red.br. sidra (Item Anchor)		Oznaka elementa (Element sign)		Tip sidra (Anchor type)		Proizvođač sidara (Anchor manufacturer)		Atest proizvođača br. (Manufacturer certificate No)		dužina sidra (length of anchor) L			dužina sidrene zone (bond length) Ls:			dužina slobodne zone (free length) Lst:																					
2		sidro 1		12Ø15,7		ANP-Systems GmbH				25 m			15 m			10 m																					
izduženje u vremenu ti / elongation time ti (mm)																																					
faza opterećenja (load phase)		Sila na presi (Hydraulic jack force) (kN)		Pritisak (Pressure) (bar)		0 min		1 min		2 min		5 min		10 min		15 min		20 min		25 min		30 min		35 min		40 min		45 min		50 min		55 min		60 min		trajno izduženje / permanent elongation (mm)	
Početna sila Pa / Initially force Pa		350		53		0,00		0,03		0,05		0,06		0,08		0,09																				6,33	
I nivo / Level I		641		95		8,90		11,20		12,25		13,64		14,40		14,66		14,78																			
II nivo / Level II		932		138		32,30		36,10		41,70		66,50																									
III nivo / Level III		1223		180																																	
IV nivo / Level IV		1514		223																																	
V nivo / Level V		1805		265																																	
VI nivo / Level VI		2096		307																																	
VII nivo / Level VII		2387		350																																	
Sila testiranja Pp / Testing force Pp		2678		392																																	
nivo I: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)										1,05		2,44		3,20		3,46		3,58																			
nivo II: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)										5,60		30,40																									
nivo III: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)																																					
nivo IV: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)																																					
nivo V: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)																																					
nivo VI: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)																																					
nivo IX: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)																																					
nivo Pp: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)																																					
Rukovodilac radova / Tension works manager																																					


co-located:oo radova / Tension works manager

Testiranje izvršili / Testing executed by:

١٦

i

[Signature]
Potpis izvršioca / Signature

 Potpis rukovodioca radova / Signature

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i-1} - \Delta L_{i-1}$ (mm)	1,05	1,39	0,76	0,26	0,12								
$\log(\Delta t_i / \Delta t_{i-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176	0,125								
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	1,39	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	NE	-	-									
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	1,02									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	NE									
$K_s = (\Delta L_{i-1} - \Delta L_{i-1}) / \log(t_i / t_{i-1}) < 1$	3,49	3,49	2,52	1,48	0,96								
zadovoljava (da / ne)	NE	NE	NE	NE	da								
nivo I:													
Komentar:	Na I nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 641 kN i za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, kriterijumi da je puzanje između 2 i 5 min i 5 i 15 min manje od 0,2mm NISU zadovoljeni. Posmatramo krivu puzanja i primećujemo da koeficijent puzanja K_s NIJE zadovoljen u svim vremenskim intervalima, ali da pokazuje tendenciju opadanja u toku vremena, zbog čega produžavamo vreme osmatranja na 20 min, gde dolazi do stabilizacije ($K_s < 1$). Vršimo rasterećenje na početnu silu P_a , pa zatim opterećujemo na II nivo.												

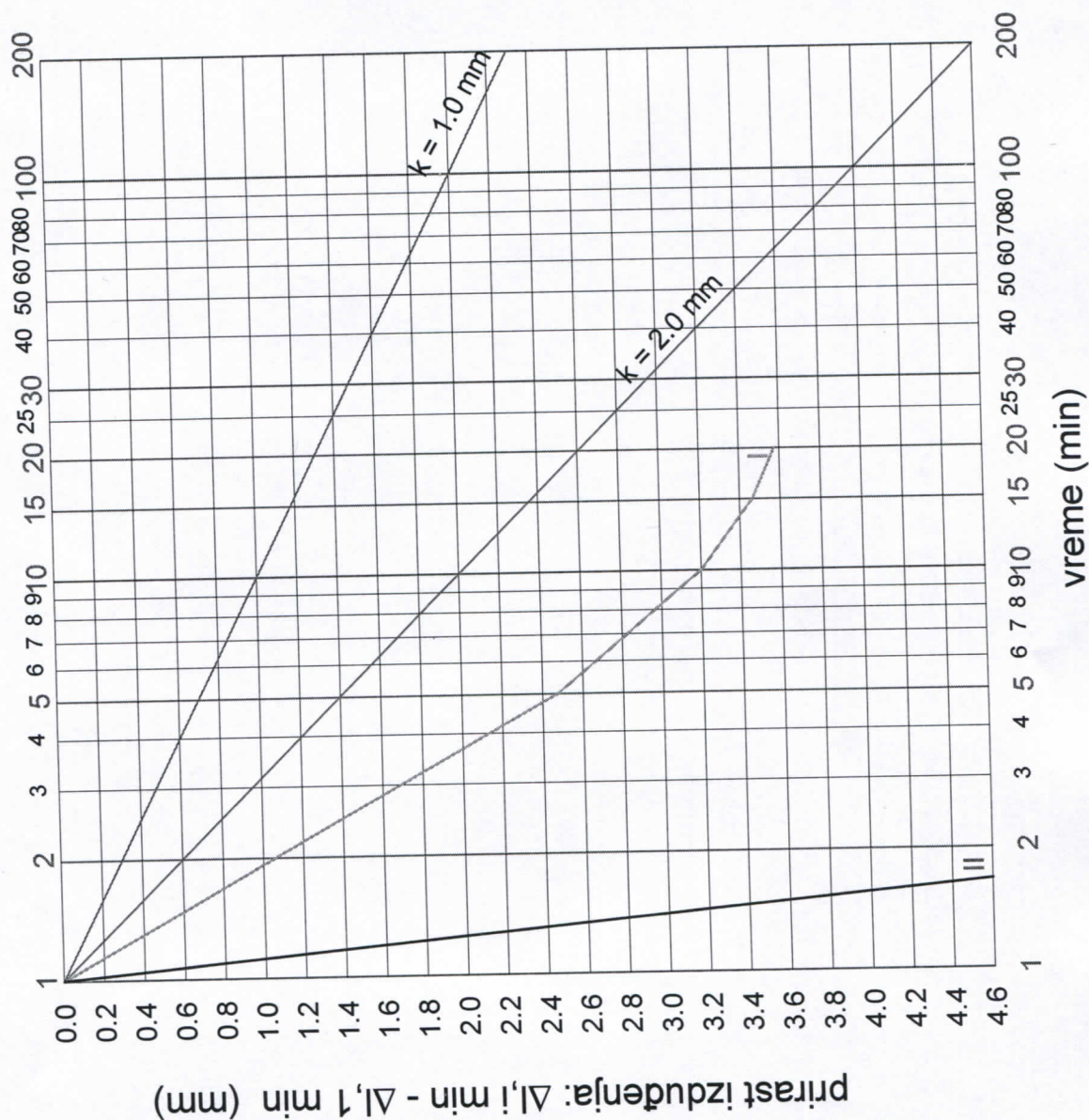
	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i-1} - \Delta L_{i-1}$ (mm)	5,60	24,80											
$\log(\Delta t_i / \Delta t_{i-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176									
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	24,80	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	NE	-	-									
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	-									
$K_s = (\Delta L_{i-1} - \Delta L_{i-1}) / \log(t_i / t_{i-1}) < 1$	18,605	62,312											
zadovoljava (da / ne)	NE	NE											
nivo II:													
Komentar:	Na II nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 932 kN kriterijumi nosivosti i puzanja NISU ZADOVOLJENI. Nakon dostizanja sile od 932 kN, primetno je značajno povećanje izduženja bez ikakve tendencije zaustavljanja, a da pritom dolazi do opadanja sile na presi. Testiranje prekinuto na sedmom minutu kada je dostignuto izduženje od 100 mm.												

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i-1} - \Delta L_{i-1}$ (mm)													
$\log(\Delta t_i / \Delta t_{i-1})$													
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$													
zadovoljava (da / ne)													
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$													
zadovoljava (da / ne)													
$K_s = (\Delta L_{i-1} - \Delta L_{i-1}) / \log(t_i / t_{i-1}) < 1$													
zadovoljava (da / ne)													
nivo III:													
Komentar:													



CENTAR ZA KONSTRUKCIJE I PREDNAPREZANJE - CENTER FOR STRUCTURES AND PRESTRESSING

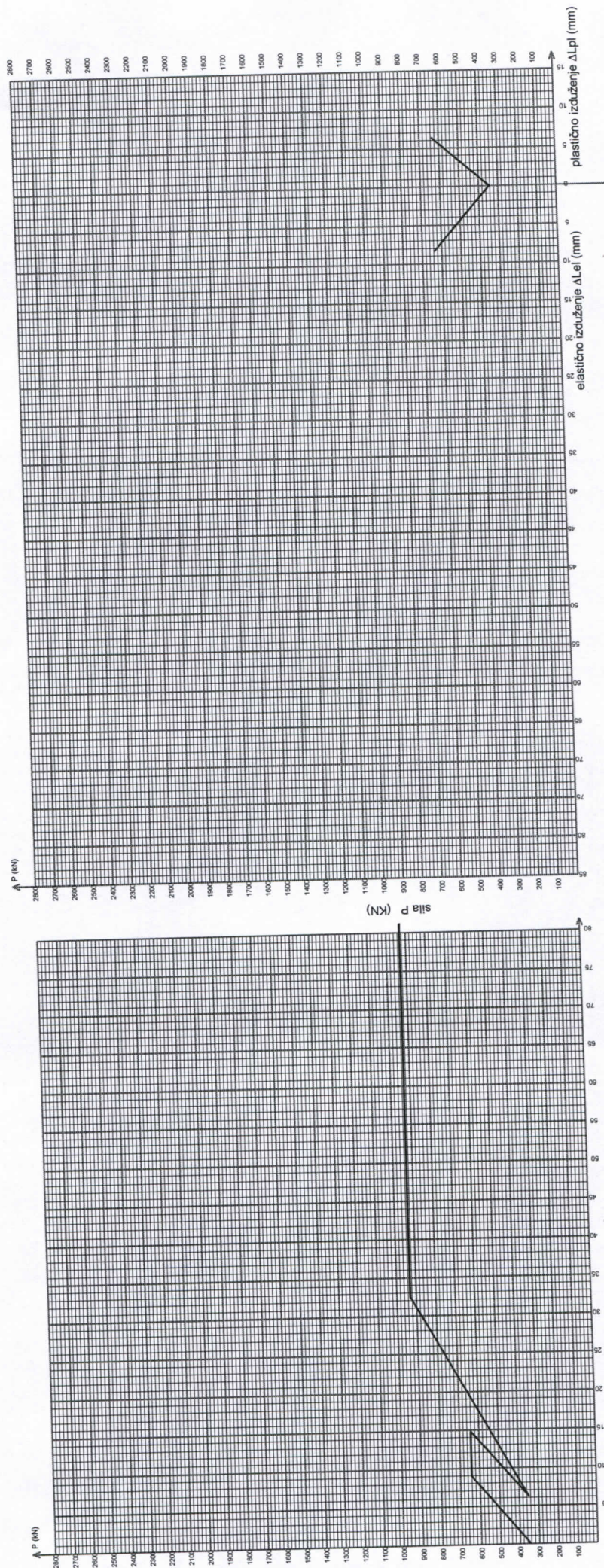
KRIVA PUZANJA (DIJAGRAM PUZANJE - VREME)



Red.br. sidra (Item Anchor)	Oznaka elementa (Element sign)	Tip sidra (Anchor type)
2	sidro I	12Ø15,7



DIJAGRAMI SILA - IZDUŽENJE



	Sila na prvi prekazu nastranaka (t=0 min)	Izduženje na prekazu nastranaka (t=15/30/60 min)	plastična deformacija (mm)	elastična deformacija (mm)
Polovna sila P ₀	350	0,09	-	-
I ste	641	8,90	6,33	8,33
II ste	932	37,30		
III ste	1223			
IV ste	1514			
V ste	1805			
VI ste	2096			
VII ste	2387			
Sila nastranaka P ₀	2678			

Red.br. sidra (Item Anchor)	Oznaka elementa (Element sign)	Tip sidra (Anchor type)
2	sidro 1	12Ø15,7

Zaključak:


Na osnovu svega gore navedenog (tabela i dijagrama) a na osnovu prihvaćene Metodologije testiranja nosivosti geotehničkih sidara br. 44-15880 od 25.11.2021. zasnovane na preporukama standarda SIA V 191, Aneks A2, može se zaključiti sledeće:

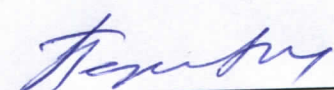
- Na I nivou opterećenja, za silu od 641 kN, kriterijumi puzanja nisu zadovoljeni za predviđeno vreme osmatranja od 15 min. Nakon analize krive i koeficijenta puzanja K_s , uočeno je da je isti prekoračen za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, ali da ima tendenciju opadanja, pri čemu dolazi do stabilizacije za produženo vreme osmatranja od 20 min.
- Na II nivou opterećenja, za silu od 932 kN, kriterijumi nosivosti i puzanja NISU zadovoljeni. Nakon nanošenja sile od 932 kN, dolazi do konstantnog izvlačenja klipa na presi bez tendencije zaustavljanja, uz opadanje sile, što ukazuje da je nosivost sidra prekoračena. Testiranje je prekinuto na sedmom minutu osmatranja, kada je dostignuto izduženje od 100 mm.
- Prema tome, dokazana nosivost predmetnog sidra je 641 kN.

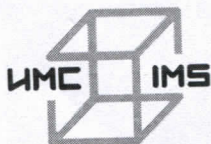
Napomena:

Prikazani rezultati merenja i zaključak se odnose isključivo na testirano probno sidro br. 1, na trzdači u Užicu.




Bojan Arandjelović, dipl. građ. Inž.


Milivoje Perić, dipl. građ. Inž.



INSTITUT IMS AD
BEOGRAD

Institut IMS a. d.
Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43
tel: (011) 2650 322
fax: (011) 3692 772, 3692 782
e-mail: office@institutims.co.yu
www.institutims.rs



ИНСТИТУТ ИМС АД
Бр 44-1965
28. 02. 2022 20 год.
Београд, Булевар војводе Мишића 43

IZVEŠTAJ O KONTROLNOM ISPITIVANJU PREDNAPREGNUTOG GEOTEHNIČKOG SIDRA – TEST GRANIČNE NOSIVOSTI

OBJEKTAT: TVRĐAVA U UŽICU
(PROBNO GEOTEHNIČKO SIDRO BR. 2)

NARUČILAC: "ZAJAČA ING" d.o.o. Loznica

TESTIRANJE IZVODI: INSTITUT IMS a.d. , BEOGRAD - CENTAR ZA KONSTRUKCIJE I
PREDNAPREZANJE

Centar za konstrukcije i
prednaprezanje

v.d. direktora



Bojan Arandelović
Bojan Arandelović, dipl. inž. građ.

materijali
metali i energetika
putevi i geotehnika
konstrukcije i prednaprezanje





CENTAR ZA KONSTRUKCIJE I PREDNAPREZANJE - CENTER FOR STRUCTURES AND PRESTRESSING

ZAPISNIK O KONTROLNOM ISPITIVANJU SIDARA - TEST GRANIČNE NOSIVOSTI / TESTING ANCHOR RECORD - BEARING CAPACITY TESTING OF ANCHOR

Presja S-280 br. 0001; Pumpa PE-80S br. 95069; Manometar
Wika br. Z700G4C (dijagram 133-21)

Oprema za zatezanje

Oprema za ispitivanje
(Testing equipment)

Komparater Filleta (0,01 mm); Digitalni kontrolni
manometar Wika

"ZAJAČA ING" d.o.o. Loznica

Naručilac, broj ugovora

Institut IMS a.d. Beograd - Centar za konstrukcije i
prednaprezanje

Izvršilac radova (Contractor):

22. 02. 2022. god.

Datum ispitivanja / Testing date:

Probna sidra za most na tvrđavi u Užicu

Objekat, Element konstrukcije
(Structural work, Construction element)

Objekat, Element konstrukcije

Proba snaga

Struktural work, Construction element)

Red.br. sidra (Item Anchor)	Oznaka elementa (Element sign)	Tip sidra (Anchor type)	Proizvođač sidara (Anchor manufacturer)	Atest proizvođača br. (Manufacturer certificate No)	dužina sidra (length of anchor) L	dužina sidrene zone (bond length) L _s :	dužina slobodne zone (free length) L _{sl} :
1	sidro 2	12Ø15,7	ANP-Systems GmbH		25 m	15 m	10 m

faza opterećenja (load phase)	Sila na presi (Hydraulic jack force) (kN)	Pritisak (Pressure) (bar)	izduženje u vremenu t _i / elongation time t _i (mm)												trajno izduženje / permanent elongation (mm)			
			0 min	1 min	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min		50 min	55 min	60 min
Počtna sila Pa / Initially force Pa	350	53	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01									0,33
I nivo / Level I	641	95	8,17	8,57	8,61	8,71	8,74	8,76										0,99
II nivo / Level II	932	138	17,29	17,80	18,03	18,21	18,29	18,31										1,65
III nivo / Level III	1223	180	26,45	27,17	27,47	27,65	27,77	27,79										2,63
IV nivo / Level IV	1514	223	36,82	37,11	37,30	37,41	37,47	37,52										3,10
V nivo / Level V	1805	265	46,40	47,60	47,80	48,00	48,06	48,10										3,16
VI nivo / Level VI	2096	307	56,40	56,68	56,78	56,86	56,95	57,00										4,90
VII nivo / Level VII	2387	350	67,80	67,96	68,10	68,29	68,48	68,48										7,20
Sila testiranja P _p / Testing force P _p	2678	392	77,85	78,05	78,06	78,28	78,35	78,38	78,42	78,48	78,52	78,55	78,58	78,59	78,63	78,66	78,68	

nivo I: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)			0,04	0,14	0,17	0,19												
nivo II: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)			0,23	0,41	0,49	0,51												
nivo III: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)			0,30	0,48	0,60	0,62												
nivo IV: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)			0,19	0,30	0,36	0,41												
nivo V: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)			0,20	0,40	0,46	0,50												
nivo VI: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)			0,10	0,18	0,27	0,32												
nivo IX: Δl, i min - Δl, 1 min (mm)			0,14	0,33	0,52	0,52												
nivo P _p : Δl, i min - Δl, 1 min (mm)			0,01	0,23	0,30	0,33	0,37	0,43	0,47	0,50	0,53	0,54	0,58	0,61	0,63			

Dokovodilac radova / Tension works manager

Rukovodilac radova / Tension works manager

Testiranje izvršili / Testing executed by:

1.

2.

1.

2.

Potpis izvršioca / Signature

Potpis rukovodioca radova / Signature

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}$ (mm)	0,04	0,10	0,03	0,02									
$\log (\Delta t_{i,j} / \Delta t_{i-1,j-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176									
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	0,10	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	da	-	-									
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	0,05									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	da									
$K_s = (\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}) / \log(t_{i,j} / t_{i-1,j-1}) < 1$	0,13	0,25	0,10	0,11									
zadovoljava (da / ne)	da	da	da	da									
nivo I:													
Komentar:	Na I nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 641 KN i za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, kriterijumi da je puzanje između 2 i 5 min i 5 i 15 min manje od 0,2mm su zadovoljeni, kao i koeficijent puzanja $K_s < 1$ u svim intervalima. Vršimo rasterećenje na početnu silu Pa, pa zatim opterećujemo na II nivo.												

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}$ (mm)	0,23	0,18	0,08	0,02									
$\log (\Delta t_{i,j} / \Delta t_{i-1,j-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176									
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	0,18	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	da	-	-									
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	0,10									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	da									
$K_s = (\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}) / \log(t_{i,j} / t_{i-1,j-1}) < 1$	0,764	0,452	0,266	0,114									
zadovoljava (da / ne)	da	da	da	da									
nivo II:													
Komentar:	Na II nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 932 KN i za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, kriterijumi da je puzanje između 2 i 5 min i 5 i 15 min manje od 0,2mm su zadovoljeni, kao i koeficijent puzanja $K_s < 1$ u svim intervalima. Vršimo rasterećenje na početnu silu Pa, pa zatim opterećujemo na III nivo.												

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}$ (mm)	0,30	0,18	0,12	0,02									
$\log (\Delta t_{i,j} / \Delta t_{i-1,j-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176									
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	0,18	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	da	-	-									
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	0,14									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	da									
$K_s = (\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}) / \log(t_{i,j} / t_{i-1,j-1}) < 1$	0,997	0,452	0,399	0,114									
zadovoljava (da / ne)	da	da	da	da									
nivo III:													
Komentar:	Na III nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 1.223 KN i za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, kriterijumi da je puzanje između 2 i 5 min i 5 i 15 min manje od 0,2mm su zadovoljeni, kao i koeficijent puzanja $K_s < 1$ u svim intervalima. Vršimo rasterećenje na početnu silu Pa, pa zatim opterećujemo na IV nivo.												

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}$ (mm)	0,19	0,11	0,06	0,05									
$\log (\Delta t_{i,j} / \Delta t_{i-1,j-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176									
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	0,11	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	da	-	-									
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	0,11									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	da									
$K_s = (\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}) / \log(t_{i,j} / t_{i-1,j-1}) < 1$	0,631	0,276	0,199	0,284									
zadovoljava (da / ne)	da	da	da	da									

Na IV nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 1.514 KN i za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, kriterijumi da je puzanje između 2 i 5 min i 5 i 15 min manje od 0,2mm su zadovoljeni, kao i koeficijent puzanja $K_s < 1$ u svim intervalima. Vršimo rasterećenje na početnu silu Pa, pa zatim opterećujemo na V nivo.

Komentar:

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}$ (mm)	0,20	0,20	0,06	0,04									
$\log (\Delta t_{i,j} / \Delta t_{i-1,j-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176									
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	0,20	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	da	-	-									
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	0,10									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	da									
$K_s = (\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}) / \log(t_{i,j} / t_{i-1,j-1}) < 1$	0,664	0,503	0,199	0,227									
zadovoljava (da / ne)	da	da	da	da									

Na V nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 1.805 KN i za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, kriterijumi da je puzanje između 2 i 5 min i 5 i 15 min manje od 0,2mm su zadovoljeni, kao i koeficijent puzanja $K_s < 1$ u svim intervalima. Vršimo rasterećenje na početnu silu Pa, pa zatim opterećujemo na VI nivo.

Komentar:

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}$ (mm)	0,10	0,08	0,09	0,05									
$\log (\Delta t_{i,j} / \Delta t_{i-1,j-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176									
I uslov: $\Delta L_{5min} - \Delta L_{2min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	0,08	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	da	-	-									
II uslov: $\Delta L_{15min} - \Delta L_{5min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	0,14									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	da									
$K_s = (\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i-1,j-1}) / \log(t_{i,j} / t_{i-1,j-1}) < 1$	0,332	0,201	0,299	0,284									
zadovoljava (da / ne)	da	da	da	da									

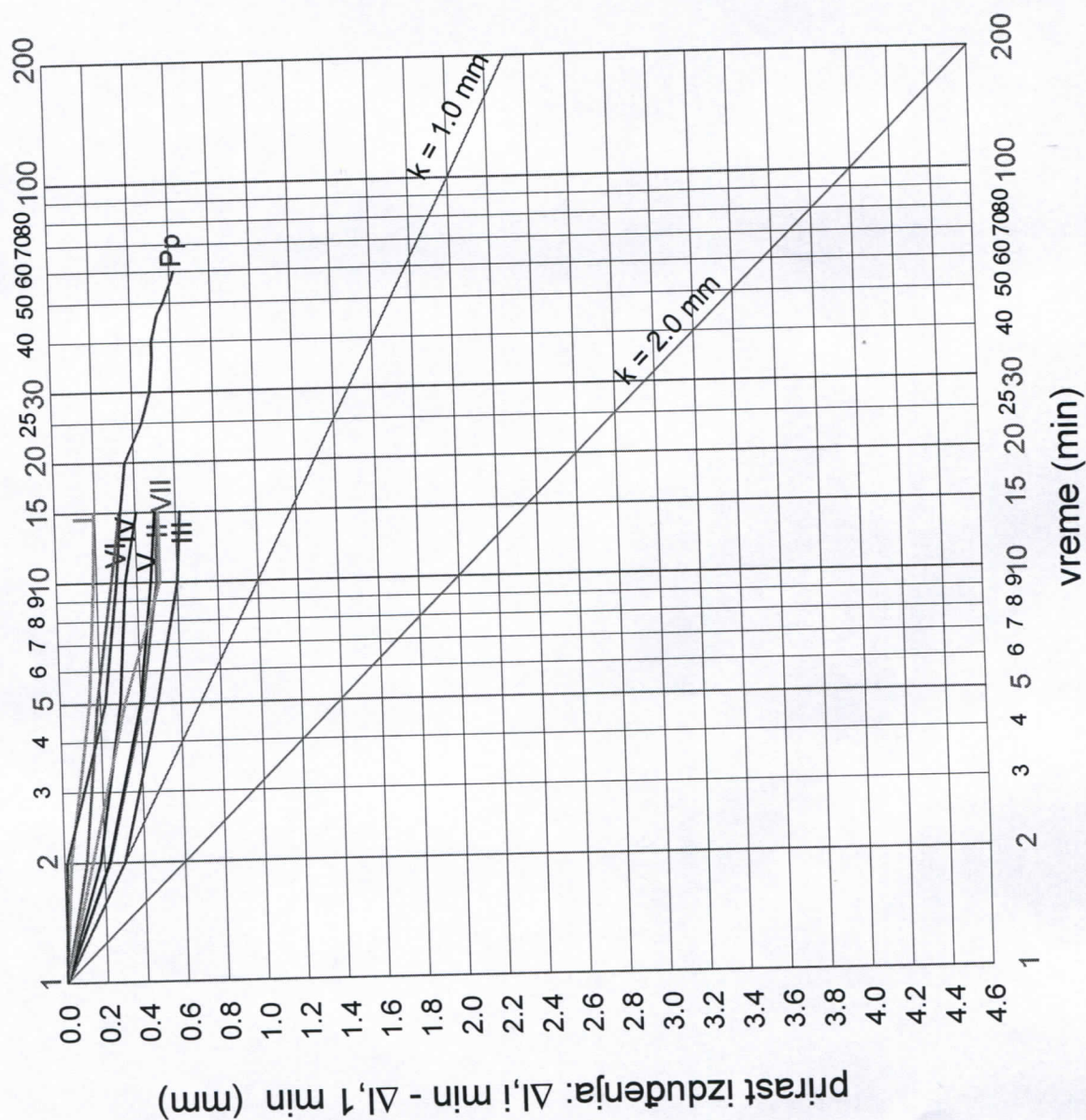
Na VI nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 2.096 KN i za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, kriterijumi da je puzanje između 2 i 5 min i 5 i 15 min manje od 0,2mm su zadovoljeni, kao i koeficijent puzanja $K_s < 1$ u svim intervalima. Vršimo rasterećenje na početnu silu Pa, pa zatim opterećujemo na VII nivo.

Komentar:

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i,j-1}$ (mm)	0,14	0,19	0,19	0,00									
$\log(\Delta t_{i,j} / \Delta t_{i,j-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176									
I uslov: $\Delta L_{i,5\min} - \Delta L_{i,2\min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	0,19	-	-									
zadovoljava (da / ne)	-	da	-	-									
II uslov: $\Delta L_{i,15\min} - \Delta L_{i,5\min} < \text{ili} = 0,2 \text{ mm}$	-	-	-	0,190									
zadovoljava (da / ne)	-	-	-	da									
$K_s = (\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i,j-1}) / \log(t_{i,j} / t_{i,j-1}) < 1$	0,465	0,477	0,631	0,000									
zadovoljava (da / ne)	da	da	da	da									
nivo VII:													
Komentar:	Na VII nivou opterećenja, pri konstantnoj sili od 2.387 KN i za predviđeno vreme osmatranja od 15 min, kriterijumi da je puzanje između 2 i 5 min i 5 i 15 min manje od 0,2mm su zadovoljeni, kao i koeficijent puzanja $K_s < 1$ u svim intervalima. Vršimo rasterećenje na početnu silu Pa, pa zatim opterećujemo na VIII nivo - Sila testiranja Pp.												

	2 min	5 min	10 min	15 min	20 min	25 min	30 min	35 min	40 min	45 min	50 min	55 min	60 min
$\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i,j-1}$ (mm)	0,01	0,22	0,07	0,03	0,04	0,06	0,04	0,03	0,03	0,01	0,04	0,03	0,02
$\log(\Delta t_{i,j} / \Delta t_{i,j-1})$	0,301	0,398	0,301	0,176	0,125	0,097	0,079	0,067	0,058	0,051	0,046	0,041	0,038
$K_s = (\Delta L_{i,j} - \Delta L_{i,j-1}) / \log(t_{i,j} / t_{i,j-1}) < 2$	0,03	0,55	0,23	0,17	0,32	0,62	0,51	0,45	0,52	0,20	0,87	0,73	0,53
zadovoljava (da / ne)	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da	da
Nivo sile testiranja Pp:													
Komentar:	Na nivou krajnje sile testiranja Pp, pri konstantnoj sili od 2.678 KN i za predviđeno vreme osmatranja od 60 min, koeficijent puzanja je u svim intervalima čitanja zadovoljen ($K_s < K_{krit} = 2$). Vršimo rasterećenje na početnu silu Pa i završavamo testiranje.												

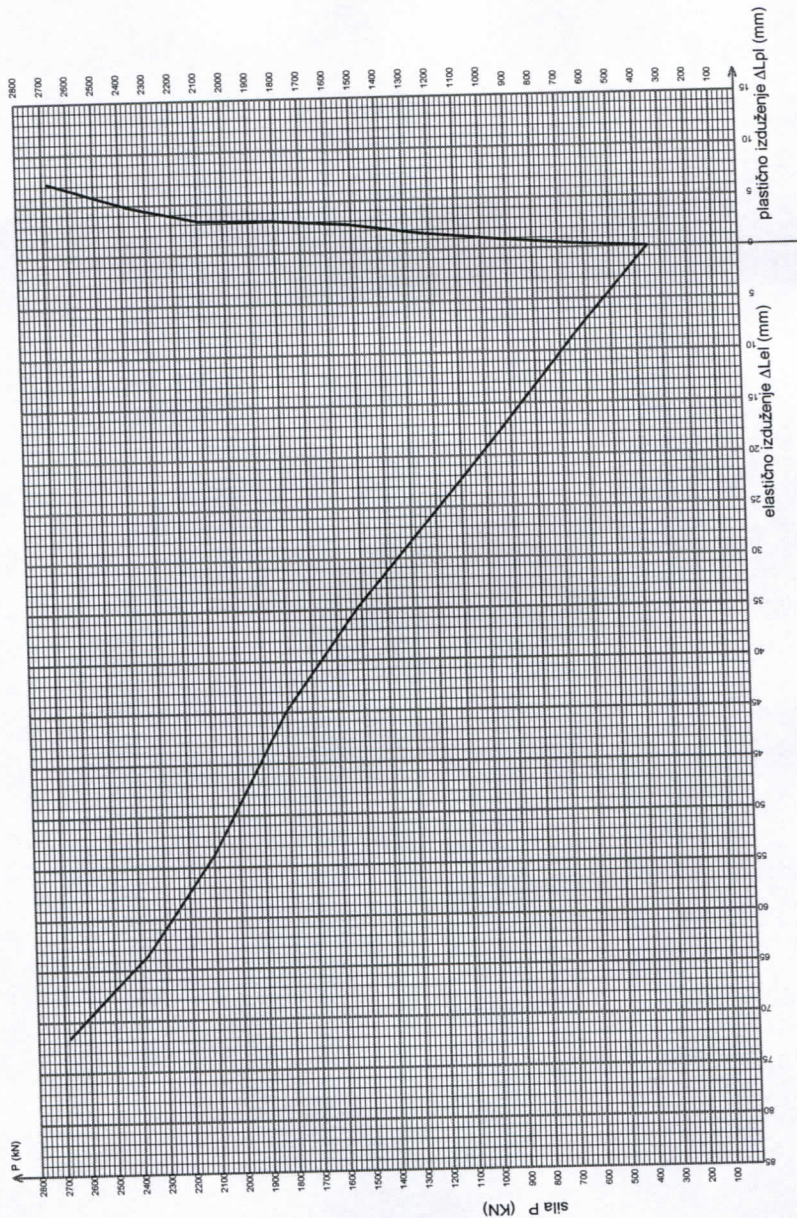
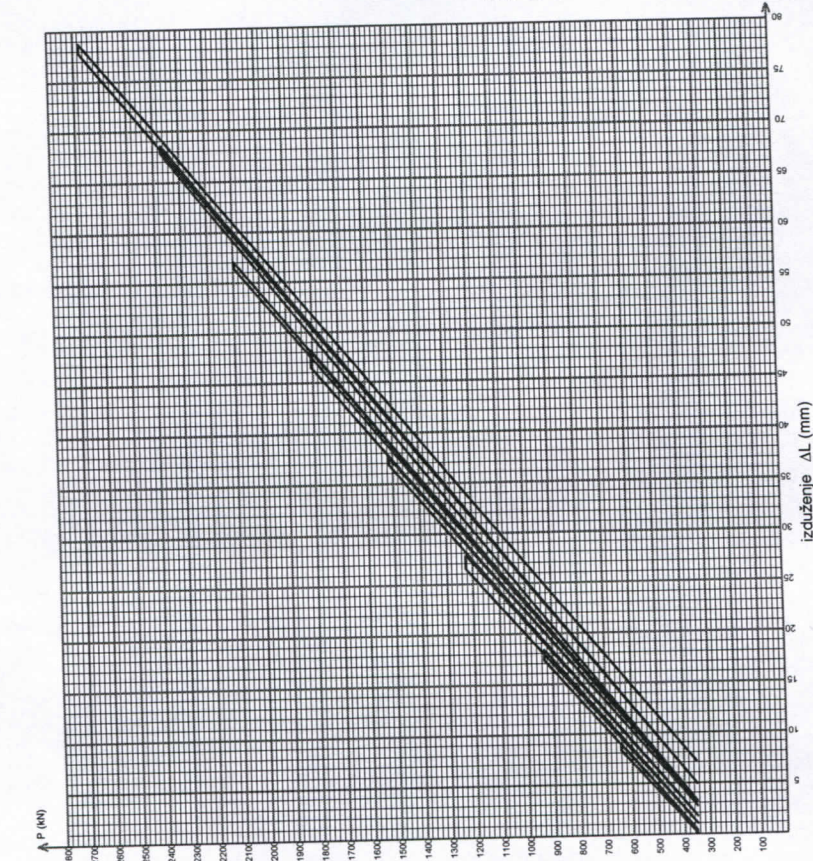
KRIVA PUZANJA (DIJAGRAM PUZANJE - VREME)



Red.br. sidra (Item Anchor)	Onaka elementa (Element sign)	Tip sidra (Anchor type)
1	sidro 2	12Ø15,7



DIJAGRAMI SILA - IZDUŽENJE



	Sila na preli (kN)	Izduženje na početku osmatranja (t=0 min) (mm)	Izduženje nakon perioda osmatranja (t=15/30/60 min) (mm)	plastična deformacija (mm)	elastična deformacija (mm)	
Početna sila Pa	350	0,00	0,01	-	-	
I nivo	641	8,17	8,76	0,33	8,43	
II nivo	932	17,29	18,31	0,99	17,32	
III nivo	1223	26,45	27,79	1,65	26,14	
IV nivo	1514	36,82	37,52	2,63	34,89	
V nivo	1805	46,40	48,10	3,10	45,00	
VI nivo	2096	56,40	57,90	3,16	53,84	
VII nivo	2387	67,80	68,48	4,90	63,58	
Sila testiranja Pp	2678	77,85	78,68	7,20	71,48	

Red.br. sidra (Item Anchor)	Omaka elementa (Element sign)	Tip sidra (Anchor type)
1	sidro 2	12Ø15,7

Zaključak:

Na osnovu svega gore navedenog (tabela i dijagrama) a na osnovu prihvaćene Metodologije testiranja nosivosti geotehničkih sidara br. 44-15880 od 25.11.2021. zasnovane na preporukama standarda SIA V 191, Aneks A2, može se zaključiti sledeće:

- Kriterijumi nosivosti i puzanja su zadovoljeni na svim predviđenim nivoima opterećenja, i to: I nivo opterećenja za silu od 641 kN i predviđeno vreme osmatranja od 15 min, II nivo opterećenja za silu od 932 kN i predviđeno vreme osmatranja od 15 min, III nivo opterećenja za silu od 1223 kN i predviđeno vreme osmatranja od 15 min, IV nivo opterećenja za silu od 1514 kN i predviđeno vreme osmatranja od 15 min, V nivo opterećenja za silu od 1805 kN i predviđeno vreme osmatranja od 15 min, VI nivo opterećenja za silu od 2096 kN i predviđeno vreme osmatranja od 15 min, VII nivo opterećenja za silu od 2387 kN i predviđeno vreme osmatranja od 15 min i VIII nivo opterećenja (konačna sila testiranja Pp) za silu od 2678 kN i predviđeno vreme osmatranja od 60 min.

- Prema tome, dokazana nosivost predmetnog sidra je 2.678 kN.

Napomena:

Prikazani rezultati merenja i zaključak se odnose isključivo na testirano probno sidro br. 2, na trvdavi u Užicu.



Bojan Aranđelović
Bojan Aranđelović, dipl. građ. Inž.

Milivoje Perić
Milivoje Perić, dipl. građ. Inž.