

Institut IGH d.d.
10 000 Zagreb,
Janka Rakuše 1
OIB: 79766124714



PROSTOR ZA OVJERU TIJELA NADLEŽNOG ZA IZDAVANJE DOZVOLE

Investitor:

HRVATSKE VODE,
10 000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220,
OIB: 289213863001

Projekt:

Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa – 4. i 5. faza izgradnje: Prokop Korana-Kupa s pratećim objektima

Naziv projektiranog dijela građevine:

Cestovni most preko prokopa – geotehnički dio

Lokacija:

Lijeva i desna obala Korane i desna obala Kupe u Gradu Karlovcu, K.O. Gornje Mekušje, K.O. Kamensko i K.O. Karlovac II

Razina razrade

Glavni projekt

Strukovna odrednica

Građevinski projekt

Zajednička oznaka projekta:

GP-5986/23

Broj projekta:

72150-GP-035-2023

Mapa :

25

Glavni projektant:

Darko Jelašić,
mag.ing.aedif.
G 160

Projektant:

Zoran Županić,
mag.ing.aedif.
G 2977

Direktor zavoda za projektiranje:

Igor Grginić, mag.ing.aedif., PMP

Mjesto i datum:

Zagreb, lipanj 2023

Ovjera revidenta

Izradio: **INSTITUT IGH d.d.**
Zavod za projektiranje
10 000 Zagreb, Janka Rakuše 1

Građevina: **Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i**
prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na
području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta
preko prokopa – 4. i 5. faza izgradnje: Prokop Korana-Kupa
s pratećim objektim

Mapa 25: **Cestovni most preko prokopa – geotehnički dio**

Vrsta projekta (razina i struka): **GLAVNI PROJEKT /GRAĐEVINSKI PROJEKT-**

Zajednička oznaka projekta: **GP-5986/23**

Broj projekta: **72150-GP-034-2023**

I. OPĆI DIO

Mjesto i datum: **Zagreb, lipanj 2023.**

GENERALNI SADRŽAJ PROJEKTA- POPIS MAPA GLAVNOG PROJEKTA

Mapa	Naziv mape	Strukovna odrednica	Oznaka mape	Projektant	Tvrtka
1	Opća mapa	Građevinski projekt	VPB-TGP-20-0003	Darko Jelašić, dipl.ing.građ.	Vodoprivredno-projekttni biro d.d. Zagreb
2	Prokop s pratećim objektima: preljevnim pragom - stepenicom i uljevnim objektom u Kupu	Građevinski projekt	72160-GP-022-2023	Ante Ljubičić, dipl. ing. građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
3	Nasip N1 - nasip uz desnu obalu prokopa i nasip N2 - nasip uz lijevu obalu prokopa	Građevinski projekt	I - 2165/22	Diana Šustić, dipl. ing. građ.	Hidroing d.o.o. Osijek
4	Nasip N1 - nasip uz desnu obalu prokopa i nasip N2 - nasip uz lijevu obalu prokopa, geotehnički projekt	Građevinski projekt	72150-GP-034-2023	Zoran Županić, dipl. ing. građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
5	Nasip uz desnu obalu Kupe (Nasip N3) - građevinski dio	Građevinski projekt	G3-091.01.01-G01.0	Janja Kelić, mag.ing.aedif.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
6	Nasip uz desnu obalu Kupe (Nasip N3) - geotehnički dio	Građevinski projekt	G3-091.01.01-G02.0	dr.sc. Krešo Ivandić, dipl. ing. građ.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
7	Nasip 4 - nasip uz lijevu obalu Korane s nasutom pregradom korita rijeke	Građevinski projekt	VPB-TGP-20-0003	Ante Jerković, mag.ing.aedif.	Vodoprivredno-projekttni biro d.d. Zagreb
8	Nasip 4 - nasip uz lijevu obalu Korane s nasutom pregradom korita rijeke - geotehnički projekt nasipa i nasute pregrade	Građevinski projekt	E-155-18-08	Bojan Ninčević, mag.ing.aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
9	Nasip 5 - nasip uz desnu obalu Korane	Građevinski projekt	E-155-18-02	Marko Kaić, dipl.ing.građ.	Geokon-Zagreb d.d.
10	Upusna ustava	Građevinski projekt	VPB-TGP-20-0003	Robert Alar mag.ing.aedif.	Vodoprivredno-projekttni biro d.d. Zagreb
11	Upusna ustava – geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	Građevinski projekt	E-155-18-04	Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.	Geokon-Zagreb d.d.
12	Upusna ustava	Strojarski projekt	E-155-18-05	Davorin Gržan, dipl. ing str.	Geokon-Zagreb d.d.
13	Upusna ustava - elektrotehnički dio	Elektrotehnički projekt	E3-091.00.01-E02.0	Marko Grčić, struč.spec.ing.el.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
14	Ispusna ustava	Građevinski projekt	E-155-18-06	Robert Alar mag.ing.aedif.	Geokon-Zagreb d.d.
15	Ispusna ustava – geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	Građevinski projekt	E-155-18-03	Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.	Geokon-Zagreb d.d.
16	Ispusna ustava	Strojarski projekt	E-155-18-07	Davorin Gržan, dipl. ing str.	Geokon-Zagreb d.d.
17	Ispusna ustava - elektrotehnički dio	Elektrotehnički projekt	E3-091.00.01-E01.0	Marko Grčić, struč.spec.ing.el.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
18	Crpna stanica Sajevec - konstrukcija	Građevinski projekt	G3-091.02.01-G01.0	Ivor Joksović, mag.ing.aedif.	Elektroprojekt d.d. Zagreb

19	Crpna stanica Sajevec - geotehnički dio	Građevinski projekt	G3-O91.02.01-G02.0	Ivan Mališa, mag.ing.aedif.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
20	Crpna stanica Sajevec - strojarski dio	Strojarski projekt	S3-O91.02.01-S01.0	Marko Išek, mag.ing.mech.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
21	Crpna stanica Sajevec - elektrotehnički dio	Elektrotehnički projekt	E3-O91.02.01-E01.0	Marko Grčić, struč.spec.ing.el.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
22	Trafostanica – građevinski dio	Građevinski projekt	G3-O91.02.01-G03.0	Darko Šilec, Dipl.ing.građ.	Proing d.o.o. Varaždin
23	Trafostanica - elektrotehnički dio	Elektrotehnički projekt	E3-O91.02.01-G02.0	Damir Hodak, struč.spec.ing.el.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
24	Cestovni most preko prokopa - konstrukcija	Građevinski projekt	72120 – GP – 285 – 2020	Mate Pezer, dipl. ing. građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
25	Cestovni most preko prokopa - geotehnički dio	Građevinski projekt	72150 – GP – 035 – 2023	Zoran Županić, dipl. ing. građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
26	Cestovni most preko prokopa - odvodnja mosta	Građevinski projekt	72150 – GP – 032 – 2023	Ante Ljubičić, dipl.ing.građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
27	Cestovni most preko prokopa - javna rasvjeta	Građevinski projekt	RP2862G1	Dražen Raspudić, mag.ing.aedif.	Dalekovod-projekt d.o.o. Zagreb
28	Cestovni most preko prokopa - javna rasvjeta	Elektrotehnički projekt	RP2862E1	Deana Brujić Ilijašević, dipl. ing. el.	Dalekovod-projekt d.o.o. Zagreb
29	Cestovni most preko prokopa - uzemljenje	Elektrotehnički projekt	RP2863	Kristijan Stublić, dipl. ing. el.	Dalekovod-projekt d.o.o. Zagreb
30	Cestovni most preko prokopa – prometnica s pristupnim cestama	Građevinski projekt	GP2274-22	Antun Štefanić, dipl. ing. građ.	Projektni biro P45 d.o.o. Zagreb
31	Izmještanje SN i NN mreže	Elektrotehnički projekt	E3-O91.00.01-E03.0	Damir Hodak, struč.spec.ing.el.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
32	Rekonstrukcija postojećeg kolektora ϕ 1100 Duga Resa - Karlovac	Građevinski projekt	72160-GP-023-2023	Ante Ljubičić, dipl.ing.građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
33	Rekonstrukcija postojećeg vodoopskrbnog cjevovoda ϕ 150	Građevinski projekt	72160-GP-024-2023	Ante Ljubičić, dipl.ing.građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
34	Rekonstrukcija postojećeg plinovoda ϕ 110	Strojarski projekt	S3-O91.00.01-S01.0	Mislav Crnković, dipl.ing.stroj.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
35	Rekonstrukcija postojećeg plinovoda ϕ 110	Građevinski projekt	72160-GP-120-2023	Ante Ljubičić, dipl.ing.građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
36	Izmještanje SN i NN mreže	Građevinski projekt	72160-GP-121-2023	Ante Ljubičić, dipl.ing.građ.	Institut IGH d.d. Zagreb

SADRŽAJ MAPE 25

Naslovna stranica
Stranica za ovjeru revidenta

	br. str.
I. OPĆI DIO	
Generalni sadržaj projekta-Popis mapa glavnog projekta.....	1
Sadržaj mape 25	3
Popis sudionika na izradi mape 25.....	4
Izjava projektanta.....	5
II. TEHNIČKI DIO	
1. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ.....	1
1. TEHNIČKI OPIS	2
1.1. Uvod	2
1.2. Prikaz provedenih geotehničkih istražnih radova.....	4
1.3. Uvjeti u temeljnom tlu i određivanje modela tla za provođenje geotehničkih analiza i statičkih izračuna.....	5
1.4. Projektni seizmički parametri.....	12
1.5. Opis konstrukcije i koncepcija temeljenja objekta,.....	16
1.6. Veličine projektnih djelovanja	17
2. GEOTEHNIČKE ANALIZE - IZRAČUNI	18
2.1. Izračuni graničnih stanja nosivosti	18
2.2. Procjena slijeganja	25
2.3. Koeficijenti horizontalne reakcije tla za proračun pilota	29
3. TEHNIČKI UVJETI IZVEDBE I PROGRAM KONTROLE KVALITETE	35
4. PROCJENA TROŠKOVA IZGRADNJE	39
5. ZAKLJUČAK.....	40
2. PRILOZI I NACRTI.....	1
2.1. SITUACIJA GRAĐEVINE I ISTRAŽNIH RADOVA (1 nacrt).....	
2.2. PROGNOZNI UZDUŽNI GEOTEHNIČKI PROFIL (3 nacrta)	
2.3. SONDAŽNI PROFILI (3 presjeka istražnih bušotina sa po 2 nacrta i po 1 stranica fotografija nabušenih jezgri tla)	
2.4. REZULTATI LABORATORIJSKIH ISPITIVANJA (3 stranice).....	
2.5. GEOFIZIČKA ISPITIVANJA (10 stranica)	
2.6. IZVOD IZ STATIČKOG IZRAČUNA (1 stranica)	

POPIS SUDIONIKA NA IZRADI MAPE 25

U izradi glavnog projekta **Mapa 25: Cestovni most preko prokopa – geotehnički dio**, zajednička oznaka projekta 5986/23, sudjelovali su:

Projektant geotehničkog projekta: Zoran Županić, mag.ing.aedif.

Suradnik:: Branimir Milovanović, mag.ing.aedif.

RN 62315986

Arhivski broj: 72150-13/23

Temeljem Zakona o gradnji (NN 153/13., 20/17., 39/19., 125/19.) dajem:

IZJAVU PROJEKTANTA

kojom se potvrđuje da je ovaj glavni projekt za:

Investitor:	HRVATSKE VODE, 10 000 Zagreb, Ulica grada Vukovara 220, OIB: 289213863001
Građevina:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa – 4. i 5. faza izgradnje: Prokop Korana-Kupa s pratećim objektima
Dio građevine:	Cestovni most preko prokopa – geotehnički dio
Razina i struka projekta:	GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT
Zajednička oznaka projekta:	GP-5986/123
Broj projekta:	72150-GP-034-2023
Projektant:	Zoran Županić, mag.ing.aedif. Institut IGH d.d. Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska Ovlašteni inženjer građevinarstva br. G 2977

usklađen s:

- Lokacijskom dozvolom Klasa:UP/I-350-05/09-01/59, URBROJ: 531-06-10-13, od 29. srpnja 2010 godine izdanoj od Republike Hrvatske, Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 10000 Zagreb, Ulica Republike Austrije 20.
- I. Izmjenom i dopunom lokacijske dozvole Klasa:UP/I-350-05/10-01/138, URBROJ: 531-06-10-2, od 21. listopada 2010 godine izdanoj od Republike Hrvatske, Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, 10000 Zagreb, Ulica Republike Austrije 20.
- II izmjenom i dopunom lokacijske dozvole Klasa:UP/I-350-05/14-01/10, URBROJ: 531-05-14-2, od 24. ožujka 2014 godine izdanoj od Republike Hrvatske, Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja, 10000 Zagreb, Ulica Republike Austrije 20.
- III. Izmjena i dopuna lokacijske dozvole Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine(Klasa: UP/1-350-05/20-01/000035, Ur. broj: 531-06—02-02/02-22-0018 od 23.02.2022), i njenim posebnim uvjetima te odredbama slijedećih zakona, pravilnika i propisa:
 - Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19)
 - Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)
 - Zakon o cestama (NN 84/11, 18/13, 22/13 i 54/13, 148/13, 92/14, 110/19, 144/21)
 - Zakon o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13 92/14, 64/15, 108/17, 70/19, 42/20, 85/22, 114/22)
 - Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN 78/15, 118/18, 110/19)
 - Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18)
 - Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)
 - Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/21)

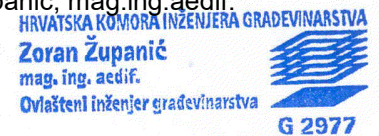
- Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 154/14, 94/18, 96/18)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10, 114/22)
- Zakon o zaštiti od buke (NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16, 114/18, 14/21)
- Zakon o vodama (NN 66/19, 84/21)
- Zakon o normizaciji (NN 80/13)
- Zakon o građevnim proizvodima (NN 76/13, 30/14, 130/17, 39/19, 118/20)
- Zakon o zemljišnim knjigama (NN 63/19, 128/22)
- Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnina (NN 112/18, 39/22)
- Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN 35/18, 104/19)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20, 7/22)
- Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevne proizvode u usklađenom području (NN 4/15, 24/15, 93/15, 133/15, 36/16, 58/16, 104/16, 28/17, 88/17, 29/18, 43/19, 150/22)
- Tehnički propis za asfaltne kolnike (NN 48/21)
- Pravilnik o tijelima, dokumentaciji i postupcima tržišta građevnih proizvoda (NN, 118/19)
- Pravilnik o hrvatskim normama (NN 22/96)
- Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN 110/01, 90/22)
- Pravilnik o osiguranju pristupačnosti građevina osobama s invaliditetom i smanjene pokretljivosti (NN, 61/07, 78/13)
- Pravilnik o tijelima, dokumentaciji i postupcima tržišta građevnih proizvoda (NN 103/08, 118/19)
- Pravilnik o uvjetima za projektiranje i izgradnju priključaka i prilaza na javnu cestu (NN 95/14)
- Pravilnik o održavanju cesta (NN 90/14, 03/21)
- Pravilnik o uvjetima za vatrogasne pristupe (NN 55/94, 142/03)
- Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama (NN 92/19)
- Pravilnik o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 118/19, 65/20)
- Pravilnik o katastru zemljišta (NN 84/07, 148/09)
- Pravilnik o obračunu i naplati vodnog doprinosa (NN 107/14)
- Pravilnik o način utvrđivanja obujma i površine građevina u svrhu obračuna komunalnog doprinosa (NN 15/19)
- Zakon o komori arhitekata i komorama inženjera u graditeljstvu i prostornom uređenju (NN 78/15, 114/18, 110/19)
- Zakon o mjeriteljstvu (NN 74/14, 111/18, 114/22)
- Zakon o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanju sukladnosti (NN 126/21)
- Pravilnik o vrsti i sadržaju projekata za javne ceste (NN 53/02, 20/17)
- Pravilnik o tehničkom pregledu građevine (NN 46/18, 98/19)
- Pravilnik o postupanju s viškom iskopa koji predstavlja mineralnu sirovinu kod izvođenja građevinskih radova (NN 79/14)
- Pravilnik o kontroli projekata (NN 32/14, 72/20)
- Pravilnik o mjernim jedinicama (NN 88/15, 16/20)
- Pravilnik o tijelima, dokumentaciji i postupcima tržišta građevnih proizvoda (NN 118/2019)
- Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda (NN 113/08)
- Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada (NN 105/20)
- Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim gradilištima (NN 48/18)
- Pravilnik o odlagalištima otpada (NN 4/23)

- Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest (NN 69/16)
- Opći tehnički uvjeti za radove na cestama, (IGH, Knjige 1 i 2, Zagreb 2001.), u dijelu u kojem nisu u suprotnosti s važećim propisima
- HRN EN 1997-1:2012: Eurokod 7:Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila (EN 1997-1:2004+AC:2009)
- HRN EN 1997-1:2012/NA:2016: Eurokod 7:Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila - Nacionalni dodatak
- HRN EN 1997-2:2012: Eurokod 7:Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnog tla (EN 1997-2:2007+AC:2010)
- HRN EN 1998-5:2011 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija-5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja
- HRN EN 1998-5:2011/NA:2011 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija-5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja - Nacionalni dodatak
- Ostali zakoni, pravilnici, propisi i upute za predmetno područje

Projektant geotehničkog dijela projekta



Zoran Županić, mag.ing.aedif.



Izradio: **INSTITUT IGH d.d.**
Zavod za projektiranje
10 000 Zagreb, Janka Rakuše 1

Građevina: **Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa – 4. i 5. faza izgradnje: Prokop Korana-Kupa s pratećim objektim**

Mapa 25: **Cestovni most preko prokopa – geotehnički dio**

Vrsta projekta (razina i struka): **GLAVNI PROJEKT /GRAĐEVINSKI PROJEKT**

Zajednička oznaka projekta: **GP-5986/23**

Broj projekta: **72150-GP-034-2023**

II. TEHNIČKI DIO

Mjesto i datum: **Zagreb, lipanj 2023.**

Izradio: **INSTITUT IGH d.d.
Zavod za projektiranje
10 000 Zagreb, Janka Rakuše 1**

Građevina: **Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i
prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na
području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta
preko prokopa – 4. i 5. faza izgradnje: Prokop Korana-Kupa
s pratećim objektim**

Mapa 25: **Cestovni most preko prokopa – geotehnički dio**

Vrsta projekta (razina i struka): **GLAVNI PROJEKT /GRAĐEVINSKI PROJEKT**

Zajednička oznaka projekta: **GP-5986/23**

Broj projekta: **72150-GP-034-2023**

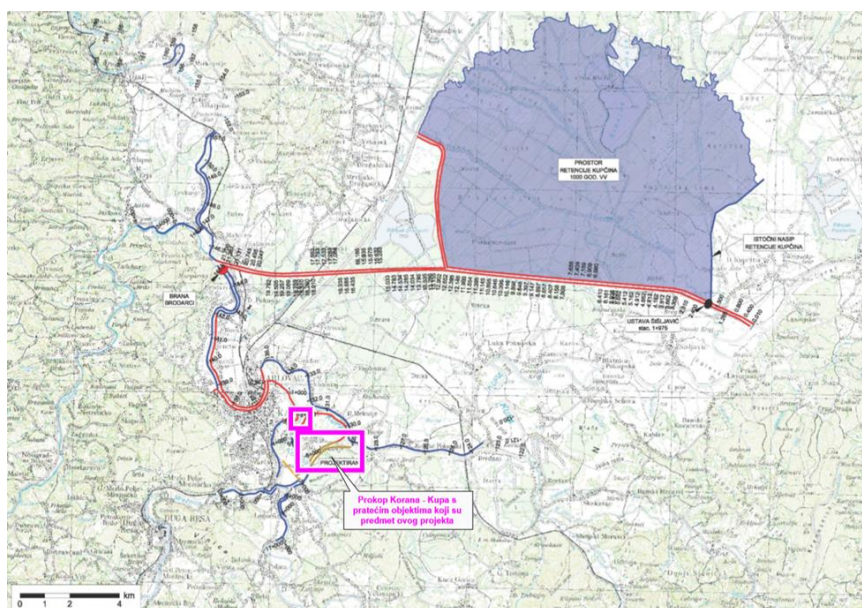
1. GEOTEHNIČKI IZVJEŠTAJ

Mjesto i datum: Zagreb, lipanj 2023.

1. TEHNIČKI OPIS

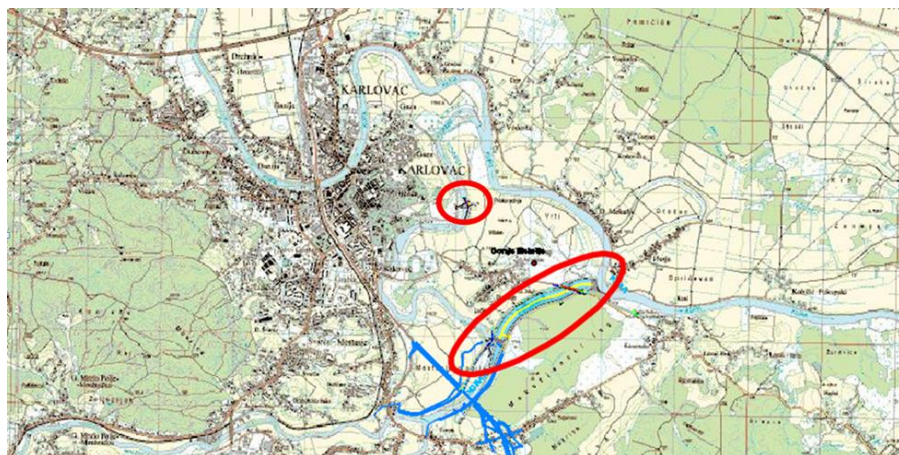
1.1. UVOD

Izgradnja i dovršetak cjelovitog sustava zaštite Grada Karlovca od poplava kao stalna i dugogodišnja potreba osobito se našla u središtu pozornosti nakon velikovodnih događaja u 2013. i 2014. godini. Ključne građevine ovoga sustava čine pregrada Brodarci na Kupi, oteretni kanal Kupa-Kupa s retencijom Kupčinom i ustavom Šišljavić, zaštitni nasipi i zidovi na rijekama Kupi, Dobri i Korani te prokop kanala Korana-Kupa s upusnom i ispusnom ustavom na rijeci Korani koji je predmet ovoga projekta.



Sustav obrane od poplava Grada Karlovca.

Planirani zahvat prokopa s pratećim građevinama je smješten na području Karlovačke županije odnosno Grada Karlovca, na zemljištu k.o. Gornje Mekušje, k.o. Kamensko i k.o. Karlovac II. te čini četvrtu i petu fazu izgradnje zahvata u prostoru *Desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnje cestovnog mosta preko prokopa (Lokacijska dozvola – III. Izmjena i dopuna, klasa UP/I-350-05/20-01/000035; urbroj: 531-06-02-02/22-22-0018 od 23.02.2022.)*.



Lokacija zahvata prokopa s pratećim objektima

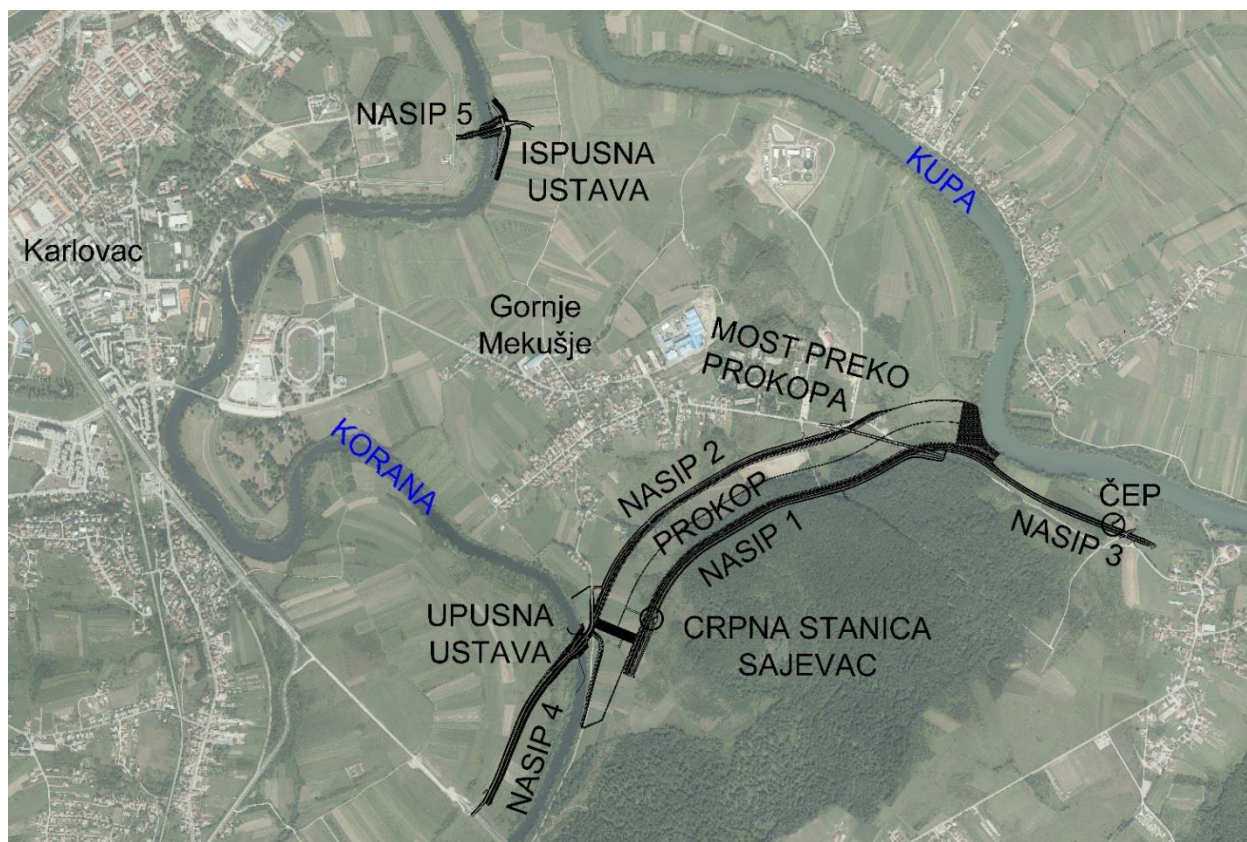
Namjena zahvata je preusmjeravanje velikih voda rijeke Korane prokopom u rijeku Kupu čime bi se izbjegli prolasci visokih vodnih valova kroz gradsko središte i postigla zaštita istočnog dijela Karlovca površine od oko 190 ha. Regulacijom protoka Korane planiranim ustavama, gradskim središtem bi se propuštali mali i srednji protoci vode do 112 m³/s što je unutar kapaciteta korita na tom dijelu.

Zahvat se sastoji od sljedećih građevina:

- Prokop korita Korana-Kupa,
- prateći nasipi: nasip N1 uz desnu obalu prokopa, nasip N2 uz lijevu obalu prokopa, nasip N3 uz desnu obalu Kupe, nasip N4 uz lijevu obalu Korane i nasip N5 uz ispusnu ustavu,
- 2 ustave: upusna i ispusna ustava Korane,
- građevine za odvodnju zaobalnih voda: crpna stanica "Sajevac" s trafostanicom uz nasip N1 i propust Ø 100 kroz nasip N3 s automatskim zatvaračem i
- cestovni most preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekušje – Kamensko

Ovim projektom obrađene su i rekonstrukcije postojeće infrastrukturne građevine u obuhvatu zahvata:

- izmještanje SN i NN elektroenergetske mreže
- rekonstrukcija postojećeg kolektora odvodnje otpadnih voda Ø1100 Duga Resa – Karlovac
- rekonstrukcija postojećeg vodoopskrbnog cjevovoda Ø150
- rekonstrukcija postojećeg plinovoda Ø 110



Građevine zahvata

Ovaj projekt izrađen je za potrebe izrade projektne dokumentacije cestovnog mosta preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekušje – Kamensko.

Projektnu dokumentaciju za predmetni objekat izrađuje Institut IGH d.d. Zagreb; Zavod za projektiranje. Tijekom izrade projekta razmjenjivani su relevantni podaci za definiranje koncepcije temeljenja, te ulazni podaci za proračun konstrukcije i temelja (projektne opterećenja, nosivosti temelja i temeljnog tla, prognozna slijeganja, koeficijenti krutosti tla za statičke izračune i dr.).

Geotehnički istražni radovi provedeni su s ciljem da se na temelju ispitivanja sastava i osobina tla omogući definiranje:

- fizikalno-mehaničkih svojstava tla, ispitivanjima na terenu i u laboratoriju
- geotehničkog modela za proračune
- prijedloga optimalnog načina i dubine temeljenja
- nosivosti i procjene tla za usvojenu varijantu temeljenja

Projektne parametri i zaključci iz ovog geotehničkog projekta korišteni su kao podloga za izradu glavnog građevinskog projekta mosta, mapa 24. 72120-GP-285-2020.

1.2. PRIKAZ PROVEDENIH GEOTEHNIČKIH ISTRAŽNIH RADOVA

Prilikom izrade ovog projekta korišteni su rezultati u skladu s prihvaćenim programom geotehničkih istražnih radova ranije provedenih na lokaciji mosta, kompletno prikazani u izvještaju:

[REF 1] – Građevina: Prokop Kupa-Korana, most preko prokopa
72150-153/20_Izvještaj o provedenim geotehničkim istražnim radovima za izradu glavne proejktne dokumentacije,
izradio: Institut IGH d.d. Zagreb, Zavod za projektiranje, Osijek, srpanj 2020..

Obzirom na rezultate projektne opterećenja konstrukcije u svrhu dobivanja relevantnih podataka za dimenzioniranje temeljnog sklopa tijekom svibnja-lipnja 2023. provedeni su dodatni istražni radovi u okviru kojih je obavljeno slijedeće:.

ISTRAŽNO BUŠENJE

- geotehničko istražno bušenje s kontinuiranim jezgrovanjem u okviru kojeg je provedeno:
 - izvođenje 3 /tri/ geotehničke istražne bušotine pojedinačnih dubina određenih sukladno karakteristikama temeljnog tla i projektne intenzitetima opterećenja: :
 - BK-1 dubine 30m (uz stupište S6), BK-2 dubine 27m (uz stupište S10) i BK-3 dubine 30m (uz stupište S2) , ukupno 87 m' bušenja. Navedene dubine odnose se na površinu terena u vrijeme izvođenja radova
 - nadzor nad istražnim bušenjem, terenska klasifikacija i identifikacija nabušene jezgre, izrada fotodokumentacije nabušene jezgre,
 - ispitivanje zbijenosti tla „in situ“ izvođenjem standardnog penetracijskog pokusa (SPP) u dubinskim intervalima zavisno o geotehničkom profilu tla,
 - "in situ" određivanje indeksnog pokazatelja jednoosne čvrstoće q_u (kN/m²) priručnim penetrometrom.
 - odabir reprezentativnih poremećenih (PU) i neporemećenih uzoraka tla (NU) za određivanje programa laboratorijska ispitivanja,
 - mjerenje pojave (PPV) u vrijeme i razine (RPV) podzemne vode u bušotinama nakon izvođenja radova,

Rezultati istražnog bušenja prikazani su u sondažnim profilima u prilogu 2.3, U prilogu 2.2. dan je prognozni uzdužni geotehnički profil determiniran na osnovu prethodnih i dodatnih istražnih radova.

LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Tijekom izvođenja istražnih radova uzimani su poremećeni i neporemećeni uzorci za laboratorijska ispitivanja. Uzorci su ispitani u geomehaničkom laboratoriju Instituta IGH d.d. ; Zagreb prema odgovarajućim odobrenim normama i standardima kako je navedeno:

- granulometrijski sastav tla ASTM D 422-63

Rezultati laboratorijskih ispitivanja dodatnih geotehničkih istražnih radova prikazani su odgovarajućim dijagramima u prilogu 2.4.

GEOFIZIČKA ISPITIVANJA

U svrhu dobivanja uvida u stanje pokrovnih naslaga tla i kvalitete tla u podlozi na lokaciji obavljena su slijedeća geofizička istraživanja:

- geofizička terenska ispitivanja metodom plitke seizmičke refrakcije
 - REF_KUPA-1, duljine 175 m
- geoelektrična tomografija
 - GTN_KUPA-1, duljine 400 m

Način izvođenja terenskih radova, obrade i rezultati provedenih geofizičkih ispitivanja ispitivanja dani su u prilogu 2.5..

Položaj svih provedenih istražnih radova u odnosu na lokaciju mosta prikazan je u prilogu 2.1. Situacija rađevine i istražnih radova

Program istražnih radova (dubina i položaj sondažnih bušotina, laboratorijska ispitivanja uzoraka tla), te geofizička ispitivanja određeni su kako bi se dobili podaci o temeljnom tlu na dubini potrebnoj za određivanje dužina armiranobetonskih pilota, imajući u vidu rezultate geotehničkih istražnih radova prikazanih u [REF 1], a dijelom su uvjetovani situacijom, odnosno mogućnošću prilaza na terenu u vrijeme izvođenja (raskopi i poplavljen dio terena u vrijeme izvođenja).

1.3. UVJETI U TEMELJNOM TLU I ODREĐIVANJE MODELA TLA ZA PROVOĐENJE GEOTEHNIČKIH ANALIZA I STATIČKIH IZRAČUNA

U ovom poglavlju prikazane su izmjene geotehničkih slojeva po dubini prema presjecima izvedenih sondažnih bušotina, te pridružen geotehnički model tla za provođenje geotehničkih analiza. Geotehničkim modelom determiniran je prostorni raspored slojeva ili zona tla sličnog geološkog porijekla i sličnih mehaničkih svojstava, te parametri za provođenje geotehničkih analiza i statičkih izračuna provedenih za potrebe izrade projektne dokumentacije predmetnog objekta.

Na mjestima geotehničkih istražnih radova provedenih na pozicijama stupnih mjesta mosta ustanovljeno je da se tlo ispod projektirane dubine iskopa na predmetnoj lokaciji sastoji od slijedećih grupa materijala:

- površinski slojevi slabo konsolidirane prašinate gline, dijelom humusirane, su debljina 0,20-0,50m, najviše na mjestu U2 0,70 m;
- do projektirane linije terena prokopa iskop se u najvećem dijelu izvodi kroz slojeve površinskih glina srednje do visoke plastičnosti, lako do teško gnječive konzistencije (CI,CH), a na mjestu S2 i S3 u donjoj zoni kroz slojeve rahlog do srednje zbijenog zaglinjenog šljunka (GC). U glinovitim slojevima izvode se dna naglavnic U1 i U2, te kosine prokopa na mjestu S1 i S13. Donja linija prokopa (od S2 do S12) završava u slojevima GP-GFs, odnosno na prijelazu gornjih glinovitih i šljunkovitih slojeva;
- iskop za naglavnice stupa izvodi se kroz rahle do srednje zbijene slojeve slabo graduiranih pjeskovitih šljunka, vezanih prahom (GP, GFs), dobro graduiranih šljunkova vezanih prahom (GW zone S11 i S12) i glinovite slojeve niske do visoke plastičnosti, lako do teško gnječive konzistencije (CL,CH). Naglavnice stupa završavaju u slojevima prašinate gline niske plastičnosti (CL, S-1),

glina visoke plastičnosti (CH, S2, S3, S4, S5, S6, S8, S9, a na mjestu S10 pri dnu prema prijelazu na GW), pjeskovitog, sitnozrnog slabo zbijenog šljunka (GFs, između glinovitih slojeva na S7), rahlog do srednje zbijenog, dobro graduiranog šljunka, vezanog prahom (GW, S11 i S12), te pjeskovitog šljunka (GFs, S12);

- ispod navedenih slojeva do dubina provedenih geotehničkih istražnih radova registrirani su slijedeće grupe materijala::

- pijesci, slabo do dobro graduirani, mjestimično s udjelom gline, rahle do srednje zbijenosti, uglavnom se pojavljuju ispod glinovitih na prijelazu prema šljunkovitim slojevima (SFs, SU, SFs-SW, SFs-SU)
- anorganske gline niske do visoke plastičnosti srednjegnječivog do polučvrstog konzistentnog stanja (CL, CH). Glinoviti slojevi pojavljuju se između šljunkovitih, na mjestima S5, S6 i S8 do dubine provedenih istražnih radova, te iznad prašinih slojeva na mjestima S2, S3 i S7, a na mjestu S4 iznad sloja pjeskovitog šljunka vezanog prahom;
- prašinski slojevi registrirani su na kraju do provedene dubine istraživanja prema slijedećem: pjeskoviti prah do prašinski pijesak, niske plastičnosti (ML-SFs, S2 od 19.30 do 20.00m, S-3 od 18.70-20.00m), glinoviti prah niske plastičnosti (ML-CL, S7 od 19.60 do 20.00m), glinoviti prah visoke plastičnosti polučvrstog konzistentnog stanja (MH, S10 od 17,00 do 20.00m, S11 od 18.70 do 20.00m);
- ulgavnom prijelazni među slojevi debljina do 1m, obojeni organskim tvarima, mjestimično zabilježeno prisustvo komadića drveta, treseta registrirani su na mjestima S1 (OL-CL, 15,20-16,10m), S4 (CH 15,00-16,00m, CL-SFc 16,00-17,00m), S8 (CL-SFc, 13,90-14,70m) i S12 (SFs-SU, 10,20-11,20m). Na mjestima S5 i S6 u glinovitim slojevima pri dnu bošotina također je zabilježeno prisustvo organskih ostataka. Prisustvo organskih ostataka zabilježeno je i u nekim višjim slojevima;
- šljunkoviti slojevi, pjeskoviti šljunak pretežno slabo graduiran, vezan prahom, rahle do srednje zbijenosti. (GP, GP-GFs, GM-GP). Unutar ovih slojeva registrirani su naprijed opisani glinoviti slojevi. U šljunkovitim slojevima završene su bušotine U1, S1, S4, S9 (GW-GFs, dobro graduirani šljunak vezan prahom, srednje zbijenosti), S12, S13 i U2;
- na mjestima dodatnih istražnih bušotina ispod ovih slojeva od dubina cca 20 m do provedenih dubina istraživanja 27-30 m, mjereno od površine postojećeg terena rasprostire se zbijeni do vrlo zbijeni, pretežno dobro graduiran šljunak, s pijeskom i prahom, valuticama promjera 2mm do 2cm (GM-SM, GM), tamnosive do smeđesive boje.

U vrijeme izvođenja geotehničkih istražnih radova (23.10-23.11. 2019.) u sondažnim bušotnima izvedenim u prvoj etapi (U1, S1 - S13, U2) je zabilježena razina pojave podzemne vode PPV na dubinama od 2.5-5.0. Nakon izvršenog bušenja izmjerena je razina podzemne vode RPV na dubinama 1.6-4.3 m, mjereno od razine postojećeg terena u vrijeme izvođenja geotehničkih istražnih radova.

Tijekom izvođenja dodatnih istražnih bušotina (BK1- BK3) je zabilježena razina pojave podzemne vode PPV na dubinama od 2.5-3.20 m. Nakon izvršenog bušenja izmjerena je razina podzemne vode RPV na dubinama 0.98 3.1 m, mjereno od razine postojećeg terena u vrijeme izvođenja geotehničkih istražnih radova.

Detaljan opis sastava i svojstva materijala prikazan je na presjecima bušotina u prilogu 2.3.

U **prognoznom uzdužnom geotehničkom profilu** (prilog br. 2.2.) ucrtanom na uzdužni presjek mosta prikazane su dubine rasprostiranja i klasifikacija registriranih slojeva tla, rezultati SPP-a na mjestima provedenih istražnih bušotina (sve projicirano na os mosta)..

U sondažnim i uzdužnom profilu prikazani su usvojeni mjereni broj udaraca u zavisnosti o vrsti uzorkivača:

- za nož/cilindar $N_k=N$; za šiljak $N_k=0.75 \times \check{S}$ (uobičajena korelacija, nije definirano u normi);

ODREĐIVANJE MODELA TLA ZA PROVOĐENJE GEOTEHNIČKIH ANALIZA I STATIČKIH IZRAČUNA

U skladu s rezultatima provedenih terenskih istražnih radova i laboratorijskih ispitivanja, usvojena su četiri osnovna geotehnička modela tla za provođenje geotehničkih analiza.. Geotehničkim modelom determiniran je prostorni raspored slojeva ili zona tla sličnog geološkog porijekla i sličnih mehaničkih svojstava, te parametri tla potrebni za provođenje geotehničkih analiza i statičkih izračuna. Granice pojedinih zona usvojene su korelacijom rezultata istražnih radova na mjestima izvedenih sondažnih bušotona.

U nastavku su opisani načini određivanja parametara tla u skladu s rezultatima provedenih geotehničkih istražnih radova, s korelacijskim, usporedbnim i konačno usvojenim vrijednostima.

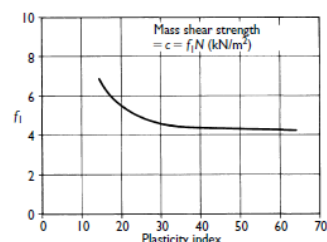
- određivanje nedrenirane posmične čvrstoće c_u

- za provođenje izračuna nedrenirana posmična čvrstoća c_u (kPa) pojedinih zona usvojena je korelacijom rezultata slijedećih ispitivanja:

- iz korelacija SPP pokusa (broj udaraca N) i indeksa plastičnosti (I_p):

$$c_{u, SPP} = f_1 \times N \times p_a \text{ (kPa)}; / c_u \text{ SPP/}$$

gdje je: p_a - atmosferski tlak (101.3 kPa),
 f_1 ($\times 10^{-2}$)-koeficijent zavisna o indeksu plastičnosti
prema dijagramu (prema Stroud 1975.):



- prema indeksnom pokazatelju jednoaksijalne tlačne čvrstoće $q_{u,PP}$ (kPa) određenim "in situ" izvršenim pokusima džepnim penetrometrom:

$$c_{u,PP} = q_{u,PP} / 2 \text{ (kPa)}$$

- uobičajene vrijednosti faktora korelacije su 2-2.5, usvojena je minimalna vrijednost 2 ;

- računski modul stišljivosti (M_k)

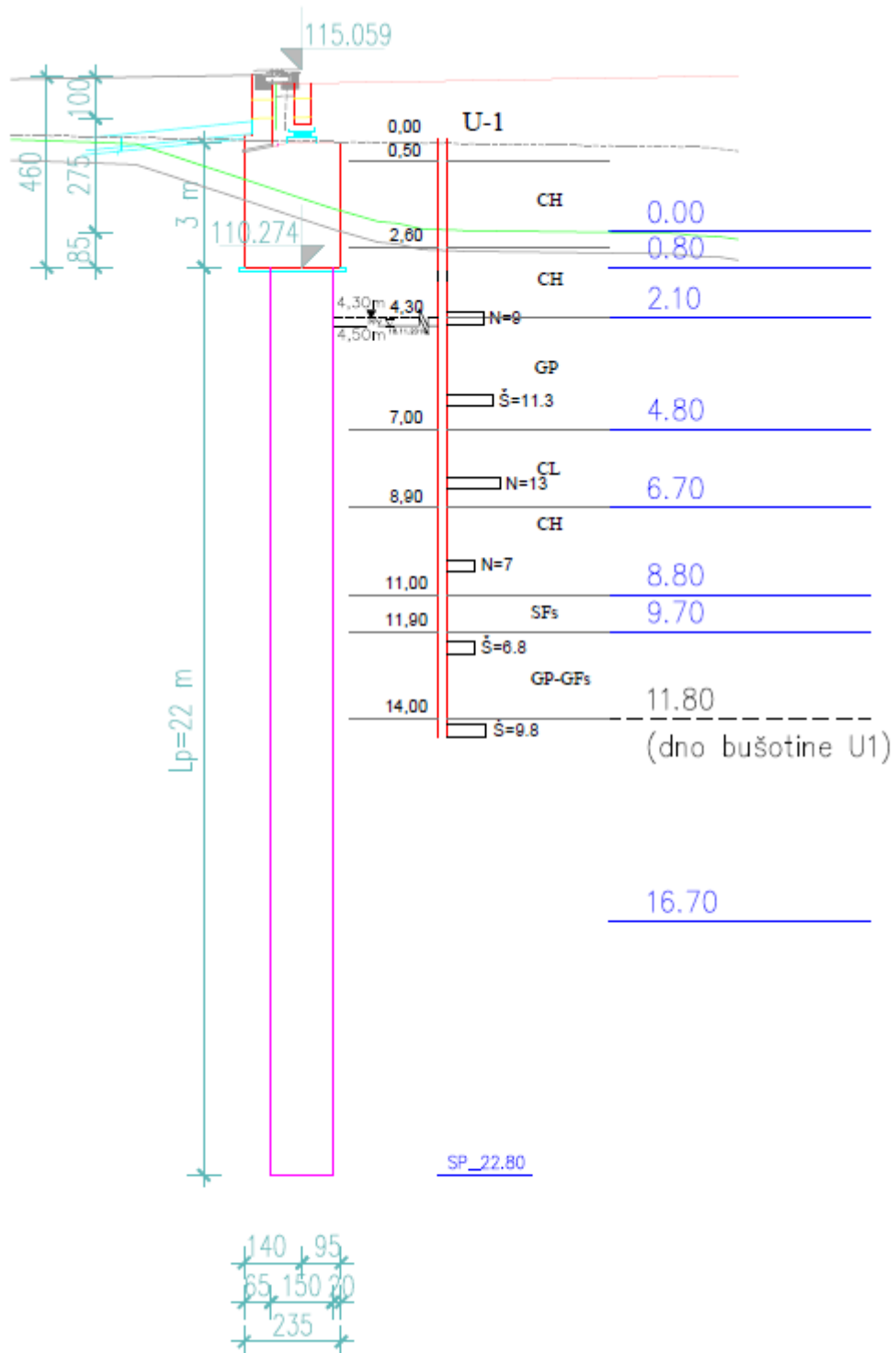
- za provođenje procjene slijeganja moduli stišljivosti M_k (kPa) temeljnog tla usvojeni su korelacijom a s korigiranim brojem udaraca SPP-a, prema :

pjeskovito-šljunkoviti slojevi: $E'/N_{60} = 1$ (MPa); (Stroud, 1989.), za drenirane uvjete

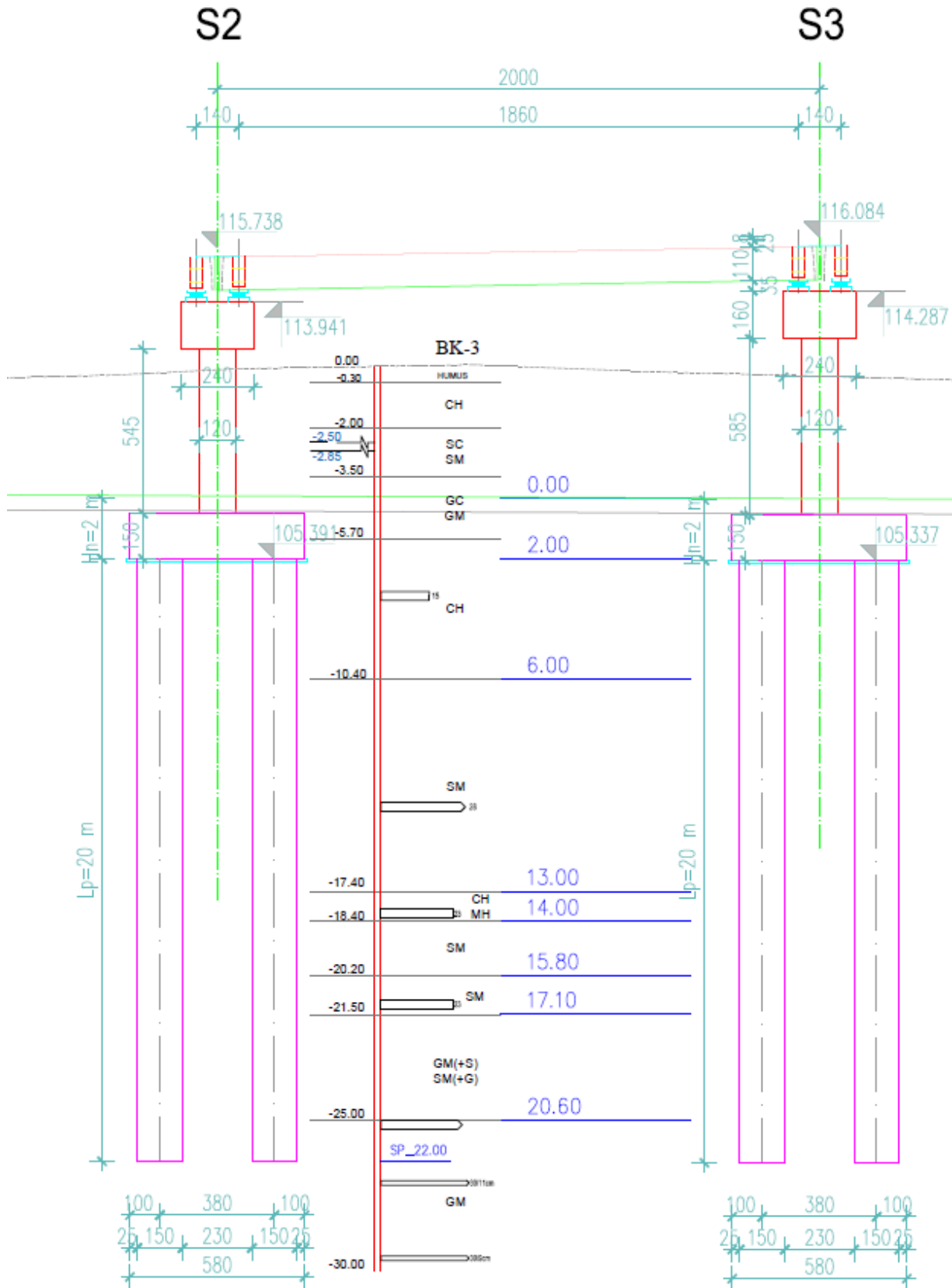
$$M_k = E' \frac{1-\nu}{(1-2\nu)(1+\nu)} \text{ MPa}$$

Na donjim skicama prikazane su dubine rasprostiranja slojeva tla u usvojenim modelima za provođenje geotehničkih analiza, a za usvojena karakteristična stupna mjesta.

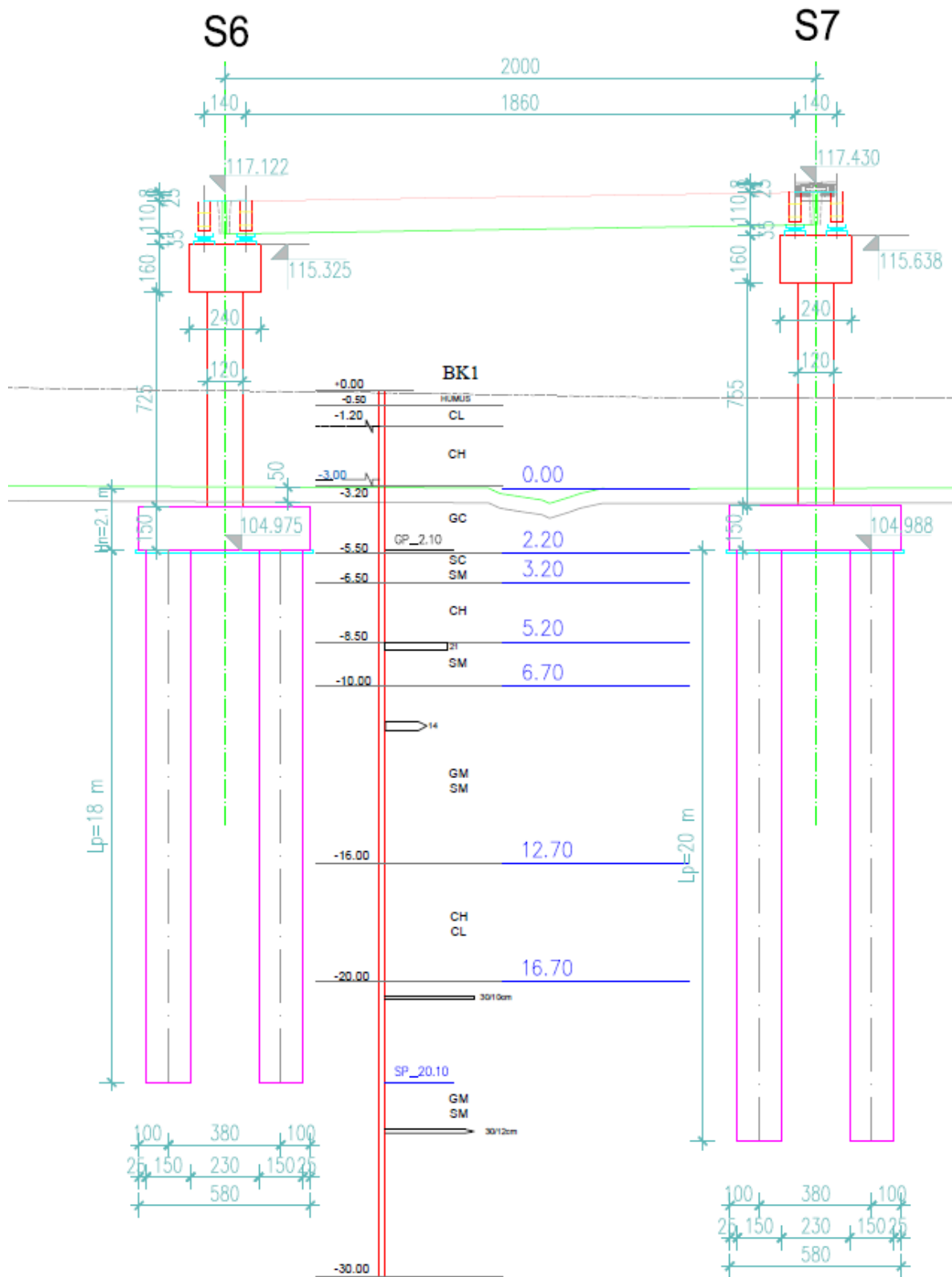
Model tla prema sondažnoj bušotini U1, u korelaciji s ostalim istražnim radovima



Model tla prema sondažnoj bušotini BK3 (uz stupašte S2)

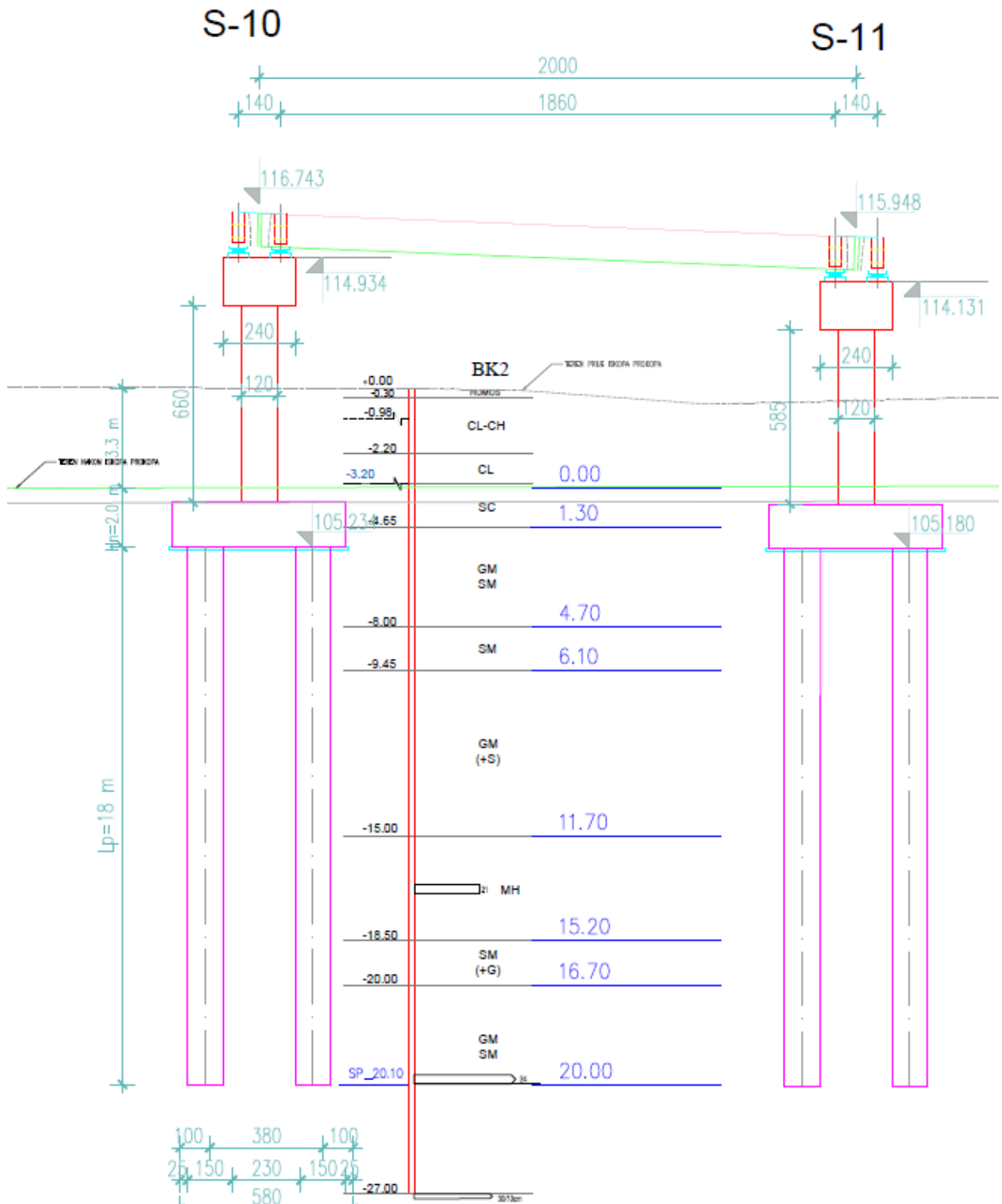


Model tla prema sondažnoj bušotini BK1 (uz stupište S6)



Napomena: piloti stupišta S7 produženi su sukladno rezultatima geofizičkih ispitivanja

Model tla prema sondažnoj bušotini BK2 (uz stupište S10)

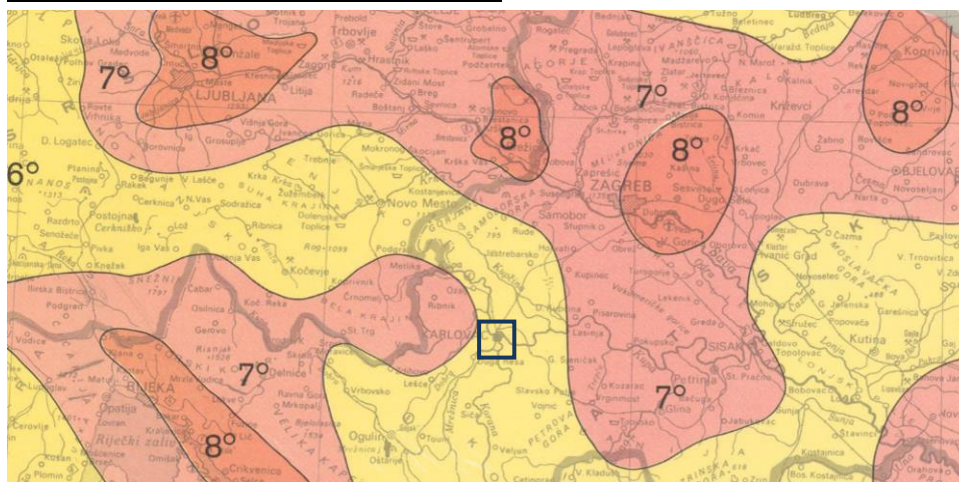


1.5. PROJEKTNI SEIZMIČKI PARAMETRI

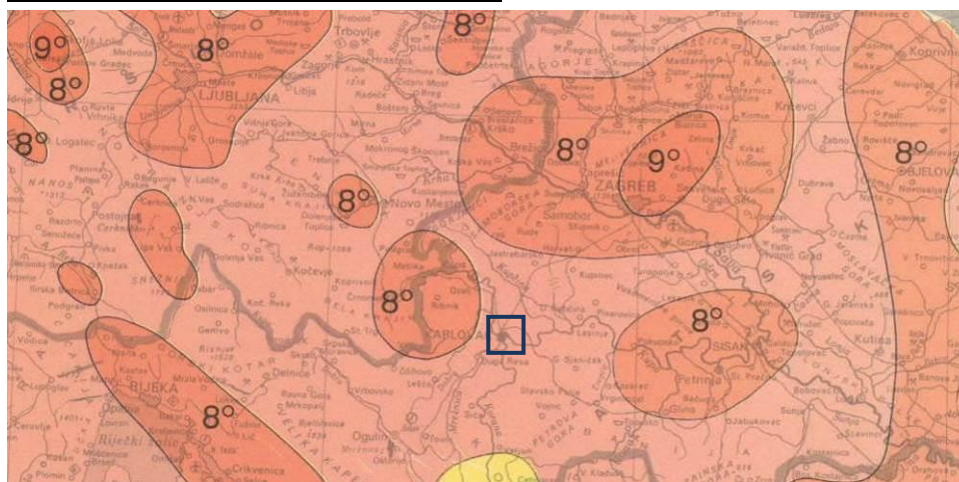
MAKSIMALNI INTENZITET POTRESA I_{max}

Na sljedećim slikama prikazani su isječci iz seizmoloških karata [4] s označenom lokacijom istraživanja na kojima su prikazani stupnjevi maksimalnih intenziteta očekivanih potresa prema MCS skali.

ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 100 GODINA



ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 500 GODINA



LEGENDA UZ KARTE



Očitani maksimalni intenziteti očekivanih potresa na lokaciji istraživanja prema MCS skali prikazani su u sljedećoj tablici.

Maksimalni intenzitet potresa	
Povratni period	I_{max} (°) ljestvice MCS
100 godina	6°
500 godina	7°

POREDBENA VRŠNA UBRZANJA a_{gR}

Na temelju karata potresnih područja Republike Hrvatske [5] određuju se potresom prouzročena horizontalna poredbena vršna ubrzanja (a_{gR}) površine temeljnog tla tipa A čiji se premašaj tijekom bilo kojih $t = 50$ godina godina očekuje s vjerojatnošću od $p = 10$ %. Vjerojatnosti premašaja (p) i poredbena razdoblja (t) s povratnim su razdobljem (T) povezana izrazom

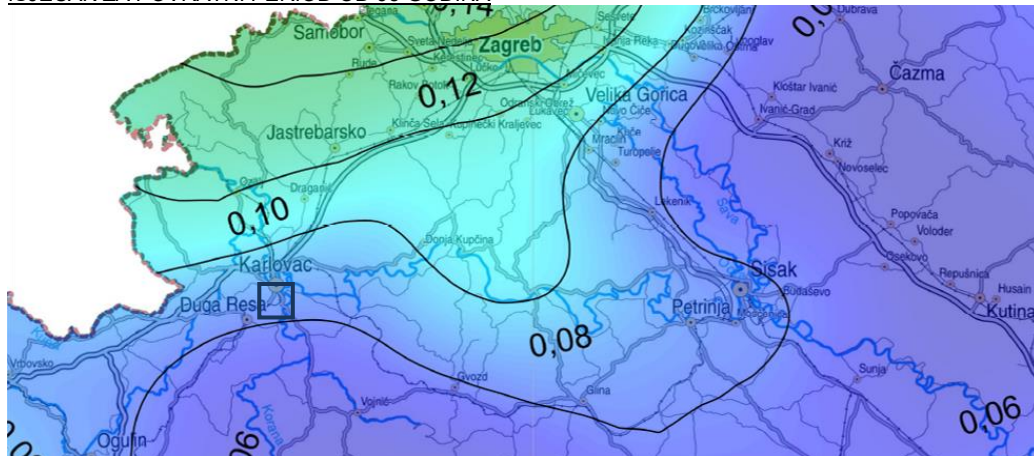
$$p = 100 \left[1 - \left(1 - \frac{1}{T} \right)^t \right]$$

pa vrijednosti prikazane na karti odgovaraju ubrzanjima koja se u prosjeku premašuju svakih $T = 95$ i $T = 475$ godina. Ubrzanja su izražena u jedinicama gravitacijskog ubrzanja g ($1 g = 9,81 m/s^2$).

Iznosi poredbenih vršnih ubrzanja na karti prikazani su izolinijama s rezolucijom od $0,02 g$. Numerički navedene vrijednosti na karti odnose se na prostor između dvije susjedne izolinije. U slučaju dvojbe valja uzeti prvu susjednu veću vrijednost.

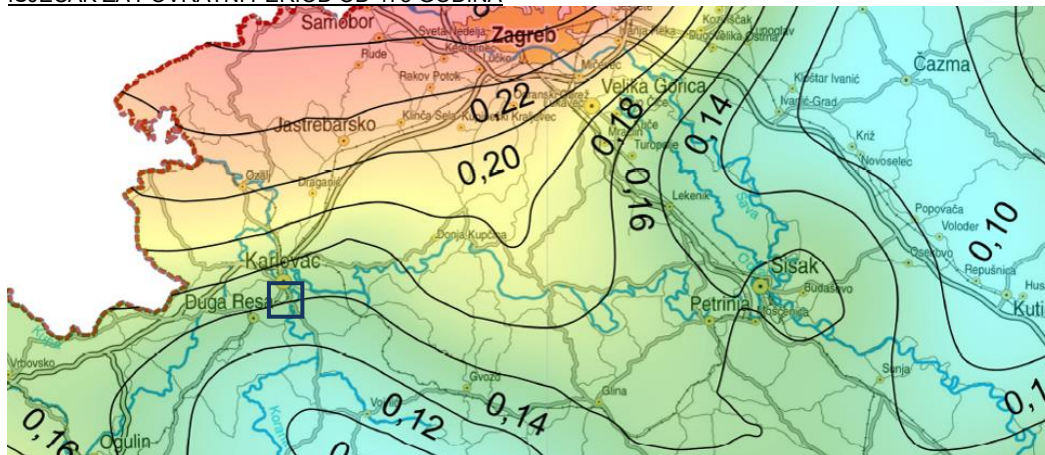
Karte sa tumačem su sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio – Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade. Na sljedećim slikama prikazani su isječci karata potresnih područja Republike Hrvatske za lokaciju istraživanja na kojoj su prikazana vršna ubrzanja tla tipa A.

ISJEČAK ZA POV RATNI PERIOD OD 95 GODINA



Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A (a_{gR}), s vjerojatnosti premašaja 10 % u 10 godina, za poredbeno povratnorazdoblje potresa $T_{DLR} = 95$ godina, izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja (g)

ISJEČAK ZA POV RATNI PERIOD OD 475 GODINA



Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A (a_{gR}), s vjerojatnosti premašaja 10 % u 50 godina, za poredbeno povratno razdoblje potresa $T_{NCR} = 475$ godina, izraženo u jedinicama gravitacijskog ubrzanja (g)

LEGENDA:

T_{DLR} – DLR = eng. **Damage Limitation Requirement** (hrv. uvjet ograničenog oštećenja)
 T_{NCR} – NCR = eng. **No-Collapse Requirement** (hrv. uvjet bez urušavanja)

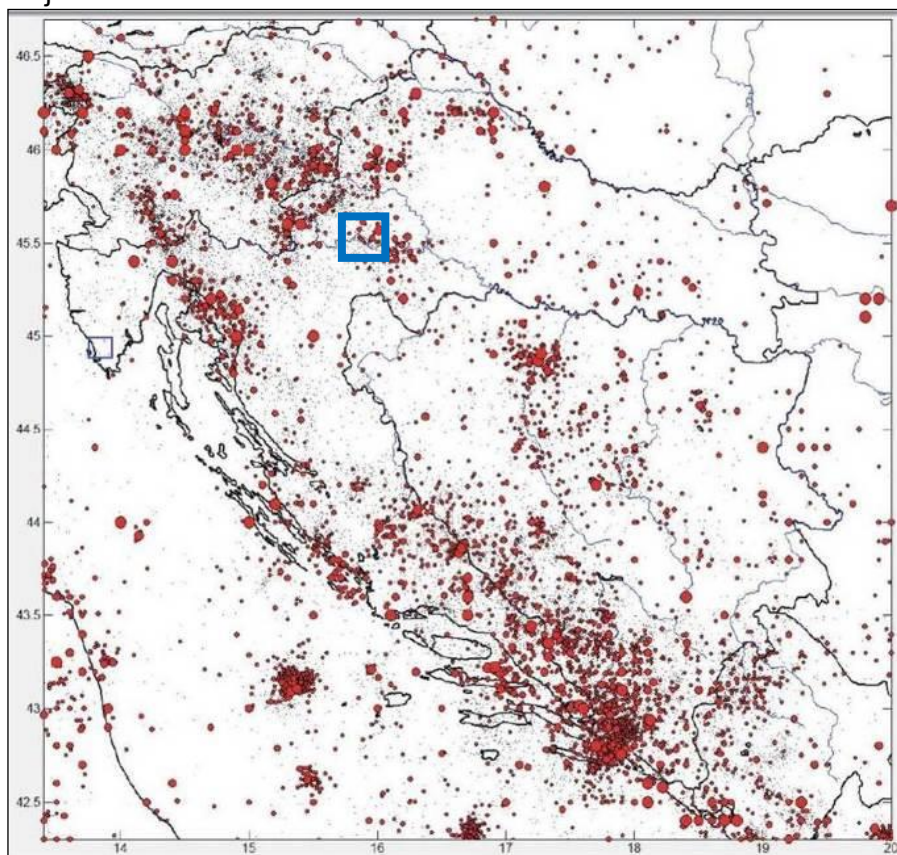
Očitane vrijednosti poredbenih vršnih ubrzanja tla tipa A prikazane su u sljedećoj tablici.

Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A	
Povratni period	a_{gR} (g)
95 godina	0,075 - 0,076
475 godina	0,152 – 0,155

Napomena: za očitavanje poredbenog vršnog ubrzanja predmetne lokacije može se koristiti i web poveznica <http://seizkarta.gfz.hr/karta.php> Geofizičkog zavoda PMF-a. Sukladno uputi, očitavanja na navedenoj poveznici su samo orijentacijska i nužno ih je potvrditi uvidom u karte potresnih područja.

Karte potresnih područja karte su seizmičkog hazarda ili potresne opasnosti koja se procjenjuje na temelju opažene seizmičnosti tijekom što je moguće duljeg razdoblja. Za Hrvatsku osnovna je baza podataka sadržana u Hrvatskom katalogu potresa (Herak et al., 1996) koji održava Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Trenutno sadrži osnovne podatke o više od 40 000 potresa koji su se dogodili na teritoriju Republike Hrvatske i susjednim područjima, a redovito se dopunjuje podacima o novim potresima. Današnja mreža seizmografa u Hrvatskoj omogućuje da se godišnje prosječno locira i u katalog uvrsti više od 3 500 potresa.

Sljedeća slika prikazuje Kartu epicentara potresa Republike Hrvatske na kojoj je označena šira lokacija istraživanja.



Epicentri potresa iz Hrvatskog kataloga potresa (Geofizički odsjek PMF-a, 2011)

KATEGORIJA LOKALNOG TLA

U slijedećoj tablici prikazani su tipovi tla i njihov geotehnički opis prema Eurokodu 8, koji se koriste za projektiranje objekata u dinamičkim uvjetima.

Tip tla	Opis geotehničkog profila tla	$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (n/30cm)	C_u (kPa)
A	Stijena ili druga geološka formacija uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	-	-
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili vrlo krute gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara, sa svojstvom postupnoga povećanja mehaničkih svojstava s dubinom.	360 - 800	>50	>250
C	Debeli nanosi srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili srednje krute gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.	180 - 360	15-50	70 - 250
D	Nanosi slabo do srednje koherentni (sa ili bez mekih koherentnih slojeva) ili s predominantno mekim do srednje krutim koherentnim tlima.	<180	<15	<70
E	Profili koji sadrže površinski sloj koji karakterizira brzina v_s tzv. tipove tla C i D i debljine od 5 m do 20 m, a ispod njih je kruti materijal s brzinom većom od v_s 800 m/s			
S1	Nanosi koji sadrže najmanje 10 m debeli sloj mekane gline s visoko plastičnim indeksom ($PI>40$) i visokim sadržajem vode	<100		10 - 20
S2	Nanosi likvefakcijski osjetljivog tla pijeska i gline ili bilo koji tip tla koji nije opisan od A do E i pod S1			

LEGENDA:

$v_{s,30}$ - srednja vrijednost brzine poprečnih površinskih valova

N_{SPT} - standardni penetracijski test (broj udaraca)

C_u - posmična čvrstoća tla

Lokalno temeljno tlo na lokaciji istraživanja pripada **tipu tla C**.

1.5. OPIS KONSTRUKCIJE I KONCEPCIJA TEMELJENJA OBJEKTA

U ovom poglavlju dan je izvod iz glavnog građevinskog projekta mosta

OSNOVNE IZMJERE MOSTA

Raspon: $19,3 + 12 \times 20,0 + 14,0 = 273,30$ m

Širina: 11,80 m

Ukupna duljina: 283.2 m

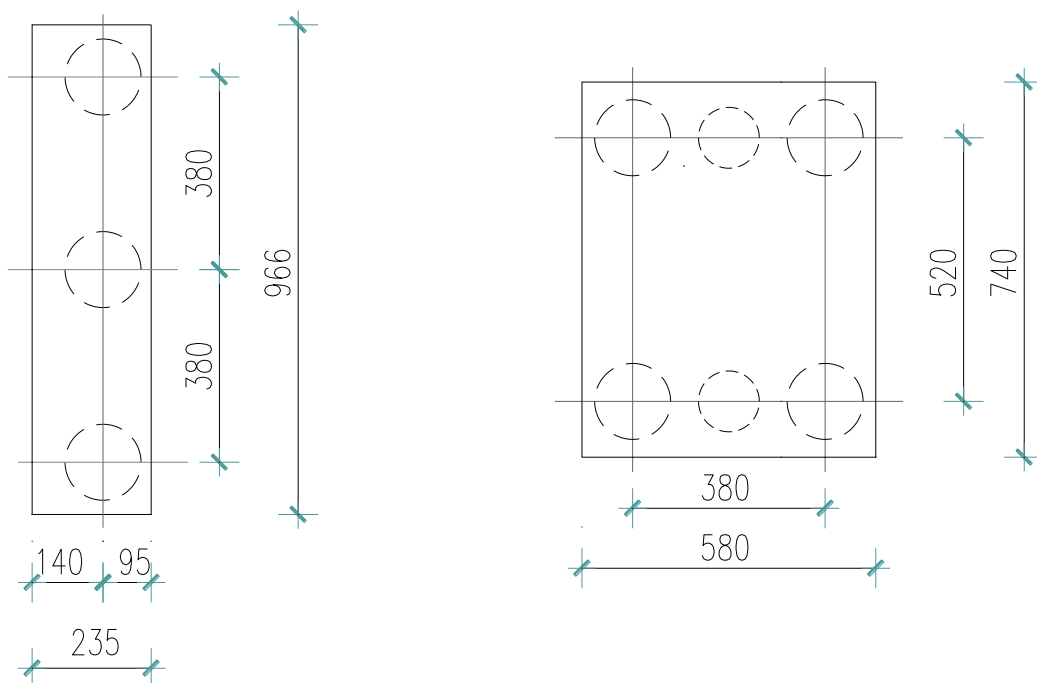
Tip konstrukcije: prednapeti spregnuti montažinosaçi

Čitav objekt temeljen je na pilotima. Na ovaj način djelovanja se prenose u dublje slojeve tla.

Upornjaci su temeljeni na po tri pilota promjera $\Phi 150$ cm koji djelomično pri vrhu pilota prolaze kroz nasip. Piloti su pri vrhu spojeni naglavnicama, koje ujedno služe i kao ležajna greda upornjaka. Duljine pilota upornjaka su po 22,0 m. Osni razmak pilota je 3.8 m.

Stupišta su temeljena na naglavnici pilota od 4 pilota promjera $\Phi 120$ cm, duljina 18 m (stupišta S1, S4- S6, S8-S13) i 20m stupišta S2, S3 i S7. Naglavnica je tlocrtnih dimenzija 5,8x7,4 m, visine 1,5 m. Osni razmak pilota je 3,8 m u uzdužnom i 5,2 u poprečnom smjeru. Materijali za izvedbu temeljenja su: beton pilota i naglavnice C 30/37; armatura B500B.

Na donjim slikama prikazani su tlocrtni dimenzije i razmaci pilota na upornjacima i stupištima



1.6. VELIČINE PROJEKTNIH DJELOVANJA

U prilogu 2.5 dijagramima je prikazan maksimalnih vertikalnih djelovanja na glave pilota dostavljenim od projektanta mape 24 Cestovni most preko prokopa-konstrukcija. U donjem tekstu izdvojene su karakteristične vrijednosti za odvojene zone pojedinih stupnih mjesta :

- upornjak U0:

- LC 9909_ULS kombinacija: pojedinačni pilot upornjaka U1: $V_{d,max}=3406$ kN;
- LC 7522_potres-x kombinacija: pojedinačni pilot upornjaka U1: $V_{d,max}=2268$ kN;
- LC 8522_potres-y kombinacija: pojedinačni pilot stupišta: $V_{d,max}=2726$ kN;

- stupište S1:

- LC 9909_ULS kombinacija: pojedinačni pilot stupišta S1: $V_{d,max}=4195$ kN;
- LC 7522_potres-x kombinacija: pojedinačni pilot stupišta S1: $V_{d,max}=3988$ kN;
- LC 8522_potres-y kombinacija: pojedinačni pilot stupišta S1: $V_{d,max}=3868$ kN;

- stupišta S2-S3:

- LC 9909_ULS kombinacija: pojedinačni pilot stupišta prema S2: $V_{d,max}=4139$ kN;
- LC 7522_potres-x kombinacija: pojedinačni pilot stupišta prema S2: $V_{d,max}=3824$ kN;
- LC 8522_potres-y kombinacija: pojedinačni pilot stupišta S2: $V_{d,max}=3897$ kN;

- stupišta S4-S12:

- LC 9909_ULS kombinacija: pojedinačni pilot stupišta prema S8: $V_{d,max}=4295$ kN;
- LC 7522_potres-x kombinacija: pojedinačni pilot stupišta prema S6: $V_{d,max}=3916$ kN;
- LC 8522_potres-y kombinacija: pojedinačni pilot stupišta S8: $V_{d,max}=4186$ kN;

- stupište S13:

- LC 9909_ULS kombinacija: pojedinačni pilot stupišta S13: $V_{d,max}=3867$ kN;
- LC 7522_potres-x kombinacija: pojedinačni pilot stupišta S13: $V_{d,max}=3640$ kN;
- LC 8522_potres-y kombinacija: pojedinačni pilot stupišta S13: $V_{d,max}=3438$ kN;

- upornjak U14:

- LC 9909_ULS kombinacija: pojedinačni pilot upornjaka U2: $V_{d,max}=2714$ kN;
- LC 7522_potres-x kombinacija: pojedinačni pilot upornjaka U2: $V_{d,max}=1738$ kN;
- LC 8522_potres-y kombinacija: pojedinačni pilot upornjaka U2: $V_{d,max}=2054$ kN;

S obzirom na dostavljene vrijednosti dimenzioniranje temeljnog sklopa, tj. dužine pilota određene su usvajajući kao mjerodavna opterećenja redovne kombinacije stalno+pokretno LC 9909.

2. GEOTEHNIČKE ANALIZE – IZRAČUNI

Geotehnički parametri pojedinih zona, potrebni za provođenje izračuna usvojeni su prema opisanom u poglavlju 1.4. ovog geotehničkog projekta (korelacijom rezultata SPP-a, terenskih istražnih radova, laboratorijskih ispitivanja uzoraka tla na mjestima izvedenih sondažnih bušotina). Za svaku provedenu analizu, uz izračune su prikazani usvojeni parametri po zonama. U poglavlju 1.7 prikazane su korištene vrijednosti projektnih djelovanja. Za svaku provedenu analizu, uz izračune su prikazani usvojeni parametri po zonama.

2.1. IZRAČUNI GRANIČNIH STANJA NOSIVOSTI

Izračuni vertikalne otpornosti pilota na tlačnu silu provedeni su prema konceptu graničnih stanja propisanom u HRN EN 1997-1:2012, uz primjenu vrijednosti nacionalnih parametara i postupaka proračuna prema nacionalnom dodatku HRN EN 1997-1:2012/NA:2016.

Provjera konstrukcijskog (STR) i geotehničkog (GEO) graničnog stanja provedena je uz proračunski pristup 3, koji je u upotrebi u Republici Hrvatskoj.

U proračunskom pristupu 3 parcijalni koeficijenti aktiviraju se na ulazu u proračunski model, tj. proračunska nosivost tla q_{fd} određuje se uvrštavanjem u navedeni izraz za izračun nosivosti (q_f) odgovarajuće vrijednosti ($V_d, H_d, M_d, c'_d, \phi'_d$) usvajajući kombinaciju parcijalnih koeficijenata A1+ M2 +R3, prema slijedećem:

- proračunska konstrukcijska djelovanja usvojena su u skladu sa dostavljenim vrijednostima iz statičkog izračuna u građevinskom projektu prema opisanom u poglavlju 1.6 ovog geotehničkog projekta;
- proračunske vrijednosti parametara tla određene su dijeljenjem karakterističnih vrijednosti parametara tla sa parcijalnim koeficijentima (γ_M za M2):
 - efektivna kohezija: $\gamma_c=1.25$;
 - efektivni kut unutrašnjeg trenja $\gamma_\phi=1.25$;
 - nedrenirana posmična čvrstoća: $\gamma_{cu}=1.4$;
 - zapreminska težina tla: $\gamma_V=1.0$;
- parcijalni koeficijenti otpora $\gamma_R=1.0$

Kod ovakvog postupka proračuna otpornosti (prema vrijednostima parametara temeljnog tla) vrijednost parcijalnog koeficijenta otpora γ_R treba pomnožiti koeficijentom modela prema HRN EN 1997-1:2012/NA 2012. S obzirom da je za R3 $\gamma_b=\gamma_s=\gamma_t=1.0$ usvojeno je:

- za sitnozrno tlo: $\gamma_b=1.0 \times 1.3$ (stopa, tlak); $\gamma_s=1.0 \times 1.3$ (plašt, tlak)
- za krupnozrno tlo: $\gamma_b=1.0 \times 1.1$ (stopa, tlak); $\gamma_s=1.0 \times 1.1$ (plašt, tlak)

Proračunska tlačna otpornost pilota određena je iz rezultata ispitivanja temeljnog tla, prema izrazu:
 $R_{c;d} = R_{b;d} + R_{s;d} = R_{b;k}/\gamma_b + R_{s;k}/\gamma_s$.

Sukladno preporuci danoj u HRN EN 1998-5:2011 § 3.1 usvojeni navedeni parcijalni koeficijenti tla (γ_M) vrijede i za potresna djelovanja, uz odgovarajuće kombinacije i parcijalne faktore projektnih djelovanja.

Zahtijevan odnos $V_d \leq R_d$, gdje V_d mora uključivati težinu temelja i svih zasipa.

Princip proračuna slijedno je prikazan u nastavku.

A. KARAKTERISTIČNA OTPORNOST NA STOPI PILOTA

- Izračun je izvršen za stopu u nekoherentnom tlu, drenirano stanje,

- jedinična otpornost na stopi pilota u krupnozrnom tlu određena je prema izrazu (u skladu s HRN EN 1997-1:2012/NA 2012):

$$q_{b;k} = \alpha_T \times B_k \times \sigma'_{v0} + \sigma'_{v0} \text{ (kPa);}$$

- u skladu s preporukama iz literature za bušene pilote (Reese i dr 2006) usvojena je maksimalna vrijednost : $\max q_{b;k} = 3000 \text{ kPa}$

α_T koeficijent vitkosti prema tablici L.1. iz HRN EN 1997-1:2012/NA 2012

L/d	φ'				
	26°	30°	34°	37°	40°
5	0,75	0,77	0,81	0,83	0,85
10	0,62	0,67	0,73	0,76	0,79
15	0,55	0,61	0,68	0,73	0,77
20	0,49	0,57	0,65	0,71	0,75
25	0,44	0,53	0,63	0,70	0,74

L duljina pilota
 d promjer pilota

$$B_k = 0.74 \times e^{6.58 \times \text{tg } \varphi' d}$$

σ'_{v0} vertikalno efektivno naprezanje na dubini stope pilota

- ukupna proračunska otpornost na stopi pilota: $R_{b;k} = \sum A_{s;k,i} \times q_{b;k,i}$

B. KARAKTERISTIČNA OTPORNOST TRENJEM PO PLAŠTU PILOTA-

- plašt u nekoherentnim slojevima

- jedinična otpornost po plaštu pojedinačnog sloja određena je prema izrazu:

$$q_{s;k,i} = \sigma'_{vd,i} \times K_{s,i} \times \text{tg } \delta'_{d,i} \text{ (kPa);}$$

- $\sigma'_{vd,i}$ - efektivno vertikalno opterećenje tla u sredini promatranog sloja z_i ;

$$\sigma'_{vd,i} = \sum z_i \times \gamma'_{d,i} \text{ (kPa)}$$

- $K_{s,i}$ - koeficijent potiska tla promatranog sloja; usvojena veličina koeficijenta mirnog potiska tla

$$K_{s,i} = K_{0,i} = 0.7 \times (1 - \sin \varphi'_{k,i})$$

- $\delta'_{k,i}$ - kut trenja između plašta pilota i tla, usvojeno: $\delta'_{k,i} = 0.8 \varphi'_{k,i}$

- plašt u koherentnim slojevima

- jedinična otpornost po plaštu: $q_s = \alpha \times c_{ud} \text{ (kN/m}^2\text{);}$

- c_{ud} - prosječna projektna vrijednost nedrenirane čvrstoća tla razmatranog sloja, $c_{ud} = c_{ud} / \gamma_{cu}$

- α - empirijski koeficijent adhezije, ovisan o odnosu nedrenirane čvrstoće (c_{ud}) i atmosferskog tlaka ($p_a = 101.3 \text{ MPa}$)

$$\alpha = 0.55; \text{ za } c_{ud} / p_a \leq 1.5$$

$$\alpha = 0.55 - 0.1(c_{ud} / p_a - 1.5); \text{ za } 1.5 \leq c_{ud} / p_a \leq 2.5$$

- ukupna proračunska otpornost po plaštu: $R_{s;k} = \sum R_{s;k,i} = \sum q_{s,i} \times O \times h_i \text{ (kN);}$ gdje je:

$q_{s,i}$ - jedinična otpornost po plaštu pojedinačnog sloja (kN/m^2)

O - opseg pilota (m)

h_i - debljina razmatranog sloja (m)

- u proračunskim tablicama površina plašta pilota: $A_{s,i} = O \times h_i$

- u skladu s preporukama iz literature za bušene pilote (Reese i dr 2006) zanemareno je učešće u otpornosti po plaštu u sitnozrnim tlima gornjih 1.5m.

C. VERTIKALNA OTPORNOST GRUPE PILOTA-

Vertikalna otpornost grupe pilota pojedinog stupnog mjesta određena je prema izrazu:

$$R_{d,gr.} = \eta \times m \times n \times R_{c,d}$$

- pri čemu je koeficijent redukcije djelovanja grupe pilota određen prema dva pristupa:

a)- prema izrazu Converse-Labarre-a koeficijent smanjenja otpornosti grupe pilota:

$$\eta = 1 - \arctg(D/s) \times [(n-1) \times m + (m-1) \times n] / (90 \times m \times n)$$

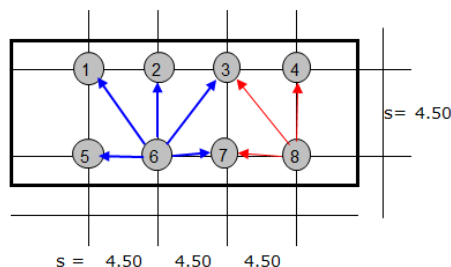
gdje je:

n - broj redova u grupi pilota; m - broj pilota u svakom redu; D_p - promjer pilota; s - osni razmak pilota

Napomena: osni razmak pilota stupa je 3,8 m ($< 3D_p$) u uzdužnom i 5,2 m ($> 3D_p$) u poprečnom smjeru u odnosu na os mosta. Koeficijent smanjenja izračunat je usvajajući srednju vrijednost 4.5 m.

promjer pilota d = 1.50 m m = 2 broj pilota u redu
 min. osni razmak pilota s = 4.50 m n = 2 broj redova
 Ukupno pilota n = 4 kom

Primjer:



b)- prema izrazu Feld-a (za svaki susjedni pilot otpornost se umanjuje za 1/16):

- koeficijent smanjenja otpornosti grupe pilota: $\eta = \Sigma K / n$

- piloti upornjaka

- piloti stupištaa

broj susj.pilota	K	
Pilot 1	1	0.938
Pilot 2	2	0.875
Pilot 3	1	0.938
Pilot 4	0	0.000

$$\Sigma = 2.750$$

$$\Rightarrow \eta = 2.750 / 3 = 0.92;$$

broj susj.pilota	K	
Pilot 1	3	0.813
Pilot 2	3	0.813
Pilot 3	3	0.813
Pilot 4	3	0.813

$$\Sigma = 3.250$$

$$\Rightarrow \eta = 3.250 / 4 = 0.81$$

U principu je zahtijevan odnos opterećenja i vertikalne otpornosti grupe pilota $V_{d,gr.} / R_{d,gr.} < 1$. Treba imati u vidu da se na korišten način određeni koeficijenti redukcije grupnog djelovanja odnose pretežno na koherentne slojeve, te da su opterećenja grupe usvojena dodijeljujući maksimalno opterećenje pojedinačnog pilota na sve pilote pojedinog stupnog mjesta u istoj kombinaciji. Ovako dobivene vrijednosti realno ne mogu se kumulativno zbrajati kad se promatraju veličine projektnih djelovanja pojedinačne kombinacije na grupu pilota, a prilikom dimenzioniranja mogu se koristiti kao orijentacioni pokazatelj stupnja iskorištenja $V_{d,gr.} / R_{d,gr.}$ vertikalne otpornosti grupe pilota pojedinog stupnog mjesta. Ako se uzima u obzir na taj način opterećena grupa pilota pojedinog stupnog mjesta, treba uzeti u obzir da su piloti stupišta u uzdužnom smjeru u odnosu na naglavnicu narazmaku većem od $5 \times D_p$

S obzirom na navedeno, kao tolerantan može se usvojiti odnos $V_{d,gr.} / R_{d,gr.} < 1.05$.

- izračun vertikalne nosivosti pilota U1, prema profilu bušotine U-1; PP3

DIMENZIJE PILOTA

promjer.....	$D_p=$	1,50	m	
dužina pilota.....	$L_p=$	22,00	m	(sve u tlu)
površina presjeka pilota	$A_q=$	1.77	m ²	
opseg pilota	$O=$	4.71	m	
glava pilota	$h=$	0.80	m	(ispod razine uređenog terena)*
težina pilota (umanjena za djelovanje uzgona)...	$W_p=$	584	kN	$W_p=L_p \times A_q \times \gamma'_b = 22 \times 1.77 \times 15 = 584$ kN
projektna težina pilota	$W_{p,d}=$	789	kN	$W_{p,d} = W_p \times \gamma_G = 584 \times 1.35 = 789$ kN
razina podzemne vode	RPV	0	m	(RPV u razini naglavnice)

*- kao površina terena za određivanje σ'_{v0} vertikalnog efektivnog naprežavanja duž plašta i na dubini stope pilota, prilikom izračuna usvojena gornja kota uređenog terena/prokopa

- karakteristična otpornost na stopi pilota: (usvojeni parametri sloja GM/SM)

$$c'_k = c'_{d'} = 0 \text{ kN/m}^2; \phi'_{k'} = 32,00^\circ; \phi'_{d'} = 26,6^\circ; \sigma'_{vd} = 22 \times 9 = 198 \text{ kN/m}^2;$$

$$\alpha_T = 0.56 \text{ (očitano iz tablice za } \phi'_{d'} = 28,4^\circ, L/D_p = 14,7); B_k = 0.74 \times e^{6.58 \times \text{tg } \phi'_{d'}} = 20.0$$

$$q_b = 0.56 \times 20,0 \times 198 + 198 = 2416 \text{ kN/m}^2; R_{b;k} = 2416 \times 1.77 = 4276 \text{ kN}$$

- karakteristična otpornost trenjem po plaštu pilota:

interval	h_i (m)	z_i (m)	$\gamma'_{i'}$ (kN/m ³)	$\sigma'_{o,i}$ (kN/m ³)	$C_{uk,i}$ (kPa)	$C_{ud,i}$ (kPa)	α_i	$\phi'_{k,i}$ (°)	$\delta_{k,i}$	$\delta'_{d,i}$	$\text{tg } \delta'_{d,i}$	$K_{s,i}$	β_i	$q_{s,i}$ (kPa)	$A_{s,i}$ (kPa)	$R_{s,i}$ (kN)
0.00	0.80 ¹⁾	0.40	9.00	3.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
0.80																
0.80	1.30 ²⁾	1.45	9.00	13.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1	0
2.30																
2.30	2.50	3.55	9.00	31.95	0	0	0.00	26	20.8	16.9	0.30	0.39	0.12	3.8	11.8	45
4.80																
4.80	1.90	5.75	9.00	51.75	60	43	0.55	0	0.0	0.0	0.00	0.70	0.00	23.6	9.0	211
6.70																
6.70	2.10	7.75	9.00	69.75	40	29	0.55	0	0.0	0.0	0.00	0.70	0.00	15.7	9.9	156
8.80																
8.80	0.90	9.25	9.00	83.25	0	0	0.00	26	20.8	16.9	0.30	0.39	0.12	9.9	4.2	42
9.70																
9.70	7.00	13.20	9.00	118.80	0	0	0.00	28	22.4	18.2	0.33	0.37	0.12	14.5	33.0	480
16.70																
16.70	6.10	19.75	9.00	177.75	0	0	0.00	32	25.6	21.0	0.38	0.33	0.13	22.4	28.7	644
22.80																

$L_p=$ 22,0 m - otpornost po plaštu u koherentnom tlu: $R_{s;k,NU}=$ 367

- otpornost po plaštu u nekoherentnom tlu: $R_{s;k,DU}=$ 1211

$R_{s;k}= R_{s;k,NU} + R_{s;k,DU}=$ 1578

¹⁾ – zona naglavne grede; ²⁾ – zanemarena zona učešća nosivosti po plaštu

C. proračunske vrijednosti tlačne otpornosti pojedinačnih pilota, odnos prema veličinama projektnih djelovanja:

$$R_{b,d} = 4276/1.1 = 3887 \text{ kN}; R_{s,d} = 367 / 1.3 + 1211/1.1 = 282 + 1101 = 1383 \text{ kN};$$

$$R_d = R_{b,d} + R_{s,d} - W_{p,d} = 3887 + 1383 - 789 = 4481 \text{ kN}$$

- mjerodavno projektno opterećenje pojedinačnog pilota : $V_d = 3406$ kN (LC 9909); $V_d / R_d = 3406/4481 = 0.76 < 1$

Opterećenje stupnog mjesta; grupa od 3 pilota: $V_{d,gr} = 3406 \times 3 = 10218$ kN

Određivanje vertikalne otpornosti grupe pilota; grupa od 3 pilota , $n=3, m=1$, na međusobnom osnom razmaku $s=3.8$ m

Prema a) - koeficijent redukcije grupnog djelovanja: $\Rightarrow \eta=0.84$; $R_{c;d,gr.} = 0.84 \times 3 \times 1 \times 4481 = 11292$ kN

$$V_{d,gr.} / R_{d,gr.} = 10218/11292 = 0.90 < 1$$

Prema b) - koeficijent redukcije grupnog djelovanja: $\Rightarrow \eta=2.750/3=0.92$; $R_{c;d,gr.} = 0.92 \times 3 \times 1 \times 4481 = 12368$ kN

$$V_{d,gr.} / R_{d,gr.} = 10218/12368 = 0.83 < 1$$

- izračun vertikalne nosivosti pilota S2, prema profilu bušotine BK-3; PP3

DIMENZIJE PILOTA

promjer.....	D _p =	1,50	m	
dužina pilota.....	L _p =	20,00	m	(sve u tlu)
površina presjeka pilota	A _q =	1.77	m ²	
opseg pilota	O=	4.71	m	
glava pilota	h=	2.0	m	(ispod razine uređenog terena)*
težina pilota (umanjena za djelovanje uzgona)...	W _p =	531	kN	W _p =L _p ×A _q ×γ' _b =20×1.77×15=531 kN
projektna težina pilota	W _{p,d} =	717	kN	W _{p,d} =W _p ×γ _G =531×1.35=645 kN
razina podzemne vode	RPV	0	m	(RPV u razini uređenog terena)

*- kao površina terena za određivanje σ'_{v,0} vertikalnog efektivnog naprežavanja duž plašta i na dubini stope pilota, prilikom izračuna usvojena gornja kota uređenog terena/prokopa

- karakteristična otpornost na stopi pilota: (usvojeni parametri sloja GM/SM)

$$c'_k = c'_{d'} = 0 \text{ kN/m}^2; \varphi'_k = 34,00^\circ; \varphi'_{d'} = 28,4^\circ; \sigma'_{vd} = 22 \times 9 = 198 \text{ kN/m}^2;$$

$$\alpha_T = 0.61 \text{ (očitano iz tablice za } \varphi'_{d'} = 28,4^\circ, L/D_p = 13,3); B_k = 0.74 \times e^{6.58 \times \text{tg } \varphi'_{d'}} = 25.8$$

$$q_b = 0.61 \times 25.8 \times 198 + 198 = 3314 \text{ kN/m}^2; R_{b;k} = 3000 \times 1.77 = 5310 \text{ kN}$$

- karakteristična otpornost trenjem po plaštu pilota:

interval	h _i (m)	z _i (m)	γ' _i (kN/m ³)	σ' _{v,i} (kN/m ³)	c _{uk,i} (kPa)	c _{ud,i} (kPa)	α _i	φ' _{k,i} (°)	δ _{k,i}	δ' _{d,i}	tg δ' _{d,i}	K _{s,i}	β _i	q _{s,i} (kPa)	A _{s,i} (kPa)	R _{s,i} (kN)
0.00 2.00	2.00 ¹⁾	1.00	9.00	9.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2.00 3.50	1.50 ²⁾	2.75	9.00	24.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.1	0
3.50 6.00	2.50	4.75	9.00	42.75	40	29	0.55	0	0.0	0.0	0.00	0.70	0.00	15.7	11.8	185
6.00 13.00	7.00	9.50	9.00	85.50	0	0	0.00	26	20.8	16.9	0.30	0.39	0.12	10.2	33.0	337
13.00 14.00	1.00	13.50	9.00	121.50	50	36	0.55	0	0.0	0.0	0.00	0.70	0.00	19.6	4.7	93
14.00 15.80	1.80	14.90	9.00	134.10	0	0	0.00	26	20.8	16.9	0.30	0.39	0.12	16.0	8.5	136
15.80 17.10	1.30	16.45	9.00	148.05	0	0	0.00	28	22.4	18.2	0.33	0.37	0.12	18.1	6.1	111
17.10 20.60	3.50	17.55	9.00	169.65	0	0	0.00	32	25.6	21.0	0.38	0.33	0.13	21.4	16.5	353
20.60 22.00	1.40	17.80	9.00	191.70	0	0	0.00	34	27.2	22.3	0.41	0.31	0.13	24.3	6.6	160
L _p = 20,0 m																
- otpornost po plaštu u koherentnom tlu: R _{S;k,NU} = 278																
- otpornost po plaštu u nekoherentnom tlu: R _{S;k,DU} = 1097																
R _{S;k} =: R _{S;k,NU} +; R _{S;k,DU} = 1375																

1) – zona naglavne grede; 2) – zanemarena zona učešća nosivosti po plaštu

C. proračunske vrijednosti tlačne otpornosti pojedinačnih pilota, odnos prema veličinama projektnih djelovanja:

$$R_{b,d} = 5310/1.1 = 4827 \text{ kN}; R_{s,d} = 278 / 1.3 + 1097/1.1 = 214 + 997 = 1211 \text{ kN};$$

$$R_d = R_{b,d} + R_{s,d} - W_{p,d} = 4827 + 1211 - 717 = 5321 \text{ kN}$$

- mjerodavno projektno opterećenje pojedinačnog pilota : V_d=4139 kN (LC 9909); V_d/R_d=4139/5321=0.78<1

Opterećenje stupnog mjesta; grupa od 4 pilota: V_{d,gr}=4139*4=16556 kN

Određivanje vertikalne otpornosti grupe pilota; grupa od 4 pilota , n=2, m=2, na uprosječenom osnom razmaku s=4.5 m

Prema a) - koeficijent redukcije grupnog djelovanja: ⇒ η=0.8; R_{c;d,gr} = 0.8 × 2 × 2 × 5321 = 17027 kN

$$V_{d,gr} / R_{d,gr} = 16556 / 17027 = 0.97 < 1$$

Prema b) - koeficijent redukcije grupnog djelovanja: ⇒ η=3.250/4=0.81; R_{c;d,gr} = 0.81 × 2 × 2 × 5321 = 17240 kN

$$V_{d,gr} / R_{d,gr} = 16556 / 17240 = 0.96 < 1$$

- izračun vertikalne nosivosti pilota S6, prema profilu bušotine BK-1; PP3

DIMENZIJE PILOTA

promjer.....	$D_p=$	1,50	m		
dužina pilota.....	$L_p=$	18,00	m	(sve u tlu)	
površina presjeka pilota	$A_q=$	1.77	m ²		
opseg pilota	$O=$	4.71	m		
glava pilota	$h=$	2.1	m	(ispod razine uređenog terena)*	
težina pilota (umanjena za djelovanje uzgona)...	$W_p=$	478	kN	$W_p=L_p \times A_q \times \gamma'_b=18 \times 1.77 \times 15=478$ kN	
projektna težina pilota	$W_{p,d}=$	645	kN	$W_{p,d}=W_p \times \gamma_G=478 \times 1.35=645$ kN	
razina podzemne vode	RPV	0	m	(RPV u razini uređenog terena)	

*- kao površina terena za određivanje σ'_{v0} vertikalnog efektivnog naprežavanja duž plašta i na dubini stope pilota, prilikom izračuna usvojena gornja kota uređenog terena/prokopa

- karakteristična otpornost na stopi pilota: (usvojeni parametri sloja GM/SM)

$$c'_k = c'_{d'} = 0 \text{ kN/m}^2; \phi'_{k'} = 34,00^\circ; \phi'_{d'} = 28,4^\circ; \sigma'_{vd} = 20 \times 9 = 180 \text{ kN/m}^2;$$

$$\alpha_T = 0.62 \text{ (očitano iz tablice za } \phi'_{d'} = 28,4^\circ, L/D_p = 12); B_k = 0.74 \times e^{6.58 \times \text{tg } \phi'_{d'}} = 25.8$$

$$q_b = 0.62 \times 25.8 \times 180 + 180 = 3059 \text{ kN/m}^2; R_{b;k} = 3000 \times 1.77 = 5310 \text{ kN}$$

- karakteristična otpornost trenjem po plaštu pilota:

interval	h_i (m)	z_i (m)	$\gamma'_{i'}$ (kN/m ³)	$\sigma'_{o,i}$ (kN/m ³)	$C_{uk,i}$ (kPa)	$C_{ud,i}$ (kPa)	α_i	$\phi'_{k,i}$ (°)	$\delta_{k,i}$	$\delta'_{d,i}$	$\text{tg } \delta'_{d,i}$	$K_{s,i}$	β_i	$q_{s,i}$ (kPa)	$A_{s,i}$ (kPa)	$R_{s,i}$ (kN)
0.00 2.10	2.10 ¹⁾	1.05	9.00	9.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2.10 3.60	1.50 ²⁾	2.85	9.00	30.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1-	0
3.60 5.20	1.60	4.40	9.00	39.60	40	29	0.55	0	0.0	0.0	0.00	0.70	0.00	15.7	7.5	118
5.20 6.70	1.50	5.95	9.00	53.55	0	0	0.00	26	20.8	16.9	0.30	0.39	0.12	6.4	7.1	45
6.70 12.70	6.00	9.70	9.00	87.30	0	0	0.00	28	22.4	18.2	0.33	0.37	0.12	10.7	28.3	302
12.70 16.70	4.00	14.70	9.00	132.30	50	36	0.55	0	0.0	0.0	0.00	0.70	0.00	19.6	18.8	370
16.70 20.10	3.40	18.40	9.00	165.60	0	0	0.00	34	27.2	22.3	0.41	0.31	0.13	21.0	16.0	337

$L_p=$ 18,0 m - otpornost po plaštu u koherentnom tlu: $R_{s;k,NU}=$ 489

- otpornost po plaštu u nekoherentnom tlu: $R_{s;k,DU}=$ 684

$R_{s;k}= R_{s;k,NU}+ R_{s;k,DU}=$ 1173

1) – zona naglavne grede; 2) – zanemarena zona učešća nosivosti po plaštu

C. proračunske vrijednosti tlačne otpornosti pojedinačnih pilota, odnos prema veličinama projektnih djelovanja:

$$R_{b,d} = 5310/1.1 = 4827 \text{ kN}; R_{s,d} = 489 / 1.3 + 684/1.1 = 376 + 622 = 998 \text{ kN};$$

$$R_d = R_{b,d} + R_{s,d} - W_{p,d} = 4827 + 998 - 645 = 5180 \text{ kN}$$

- mjerodavno projektno opterećenje pojedinačnog pilota : $V_d = 4295$ kN (LC 9909); $V_d / R_d = 4259/5180 = 0.82 < 1$

Opterećenje stupnog mjesta; grupa od 4 pilota: $4259 \times 4 = 17036$ kN

Grupa od 4 pilota: $4259 \times 4 = 17036$ kN

Određivanje vertikalne otpornosti grupe pilota; grupa od 4 pilota, $n=2, m=2$, na uprosječenom osnom razmaku $s=4.5$ m

Prema a) - koeficijent redukcije grupnog djelovanja: $\Rightarrow \eta=0.8$; $R_{c;d,gr} = 0.8 \times 2 \times 2 \times 5180 = 16576$ kN

$$V_{d,gr} / R_{d,gr} = 17036 / 16576 = 1.03 < 1.05$$

Prema b) - koeficijent redukcije grupnog djelovanja: $\Rightarrow \eta=3.250/4=0.81$; $R_{c;d,gr} = 0.81 \times 2 \times 2 \times 5180 = 16783$ kN

$$V_{d,gr} / R_{d,gr} = 17036 / 16783 = 1.02 < 1.05$$

- izračun vertikalne nosivosti pilota S10, prema profilu bušotine BK-2; PP3

DIMENZIJE PILOTA

promjer.....	$D_p=$	1,50	m		
dužina pilota.....	$L_p=$	18,00	m	(sve u tlu)	
površina presjeka pilota	$A_q=$	1.77	m ²		
opseg pilota	$O=$	4.71	m		
glava pilota	$h=$	2.0	m	(ispod razine uređenog terena)*	
težina pilota (umanjena za djelovanje uzgona)...	$W_p=$	478	kN	$W_p=L_p \times A_q \times \gamma'_b=18 \times 1.77 \times 15=478$ kN	
projektna težina pilota	$W_{p,d}=$	645	kN	$W_{p,d}=W_p \times \gamma_G=478 \times 1.35=645$ kN	
razina podzemne vode	RPV	0	m	(RPV u razini uređenog terena)	

*- kao površina terena za određivanje σ'_{v0} vertikalnog efektivnog naprežavanja duž plašta i na dubini stope pilota, prilikom izračuna usvojena gornja kota uređenog terena/prokopa

- karakteristična otpornost na stopi pilota: (usvojeni parametri sloja GM/SM)

$$c'_k = c'_{d'} = 0 \text{ kN/m}^2; \phi'_{k'} = 34,00^\circ; \phi'_{d'} = 28,4^\circ; \sigma'_{vd} = 20 \times 9 = 180 \text{ kN/m}^2;$$

$$\alpha_T = 0.62 \text{ (očitano iz tablice za } \phi'_{d'} = 28,4^\circ, L/D_p = 12); B_k = 0.74 \times e^{6.58 \times \text{tg } \phi'_{d'}} = 25.8$$

$$q_b = 0.62 \times 25.8 \times 180 + 180 = 3059 \text{ kN/m}^2; R_{b;k} = 3000 \times 1.77 = 5310 \text{ kN}$$

- karakteristična otpornost trenjem po plaštu pilota:

interval	h_i (m)	z_i (m)	$\gamma'_{i'}$ (kN/m ³)	$\sigma'_{o,i}$ (kN/m ³)	$C_{uk,i}$ (kPa)	$C_{ud,i}$ (kPa)	α_i	$\phi'_{k,i}$ (°)	$\delta_{k,i}$	$\delta'_{d,i}$	$\text{tg } \delta'_{d,i}$	$K_{s,i}$	β_i	$q_{s,i}$ (kPa)	$A_{s,i}$ (kPa)	$R_{s,i}$ (kN)
0.00 2.00	2.00 ¹⁾	1.00	9.00	9.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2.00 3.50	1.50 ²⁾	2.75	9.00	24.75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1-	0
3.50 4.70	1.20	4.10	9.00	36.90	0	0	0.00	26	20.8	16.9	0.30	0.39	0.12	4.4	5.7	25
4.70 6.10	1.40	5.40	9.00	48.60	0	0	0.00	26	20.8	16.9	0.30	0.39	0.12	5.8	6.6	38
6.10 11.70	5.60	8.90	9.00	80.10	0	0	0.00	28	22.4	18.2	0.33	0.37	0.12	9.8	26.4	259
11.70 15.20	3.50	13.45	9.00	121.05	50	36	0.55	0	0.0	0.0	0.00	0.70	0.00	19.6	16.5	324
15.20 16.70	1.50	15.95	9.00	143.55	0	0	0.00	28	22.4	18.2	0.33	0.37	0.12	17.6	7.1	124
16.70 20.00	3.30	18.35	9.00	165.15	0	0	0.00	34	27.2	22.3	0.41	0.31	0.13	21.0	15.6	326

$L_p=$ 18,0 m - otpornost po plaštu u koherentnom tlu: $R_{s;k,NU}=$ 324

- otpornost po plaštu u nekoherentnom tlu: $R_{s;k,DU}=$ 772

$R_{s;k}= R_{s;k,NU}+ R_{s;k,DU}=$ 1096

¹⁾ – zona naglavne grede; ²⁾ – zanemarena zona učešća nosivosti po plaštu

C. proračunske vrijednosti tlačne otpornosti pojedinačnih pilota, odnos prema veličinama projektnih djelovanja:

$$R_{b,d} = 5310/1.1 = 4827 \text{ kN}; R_{s,d} = 324/1.3 + 772/1.1 = 249 + 702 = 951 \text{ kN};$$

$$R_d = R_{b,d} + R_{s,d} - W_{p,d} = 4827 + 951 - 645 = 5133 \text{ kN}$$

- mjerodavno projektno opterećenje pojedinačnog pilota : $V_d=4295$ kN (LC 9909); $V_d / R_d = 4295/5133 = 0.83 < 1$

Opterećenje stupnog mjesta; grupa od 4 pilota: $4295 \times 4 = 17036$ kN

Određivanje vertikalne otpornosti grupe pilota; grupa od 4 pilota , $n=2, m=2$, na uprosječenom osnom razmaku $s=4.5$ m

Prema a) - koeficijent redukcije grupnog djelovanja: $\Rightarrow \eta=0.8$; $R_{c;d,gr} = 0.8 \times 2 \times 2 \times 5133 = 16426$ kN

$$V_{d,gr} / R_{d,gr} = 17036 / 16426 = 1.04 < 1.05$$

Prema b) - koeficijent redukcije grupnog djelovanja: $\Rightarrow \eta=3.250/4=0.81$; $R_{c;d,gr} = 0.81 \times 2 \times 2 \times 5133 = 16631$ kN

$$V_{d,gr} / R_{d,gr} = 17036 / 16631 = 1.02 < 1.05$$

2.2. PROCJENA SLIJEGANJA

PROCJENA SLIJEGANJA GRUPE PILOTA

Procjena slijeganja grupe pilota upornjaka izvršena je za vrijednosti projektnih djelovanja na grupu pilota pojedinog stupnog mjesta jednoliko raspodijeljenih po cijeloj površini ekvivalentne temeljne plohe određene na način opisan u nastavku.

Za izračun slijeganja grupe pilota pojedinog stupnog mjesta korišten je pojednostavljeni model uz pretpostavku da se opterećenje rasprostire u prostoru oko pilota pod kutem $\varphi/4$ kroz slojeve tla koji nose na trenje. U formiranju ploha opterećenja usvojene su vrijednosti $\varphi=12^\circ$ za koherentne slojeve i $\varphi=\delta_{k,i}$ u nekoherentnim slojevima.

Ovim načinom dobivene kružne površine prezentirane su odgovarajućom pravokutnom plohom, sa jedinstvenim težišnim opterećenjem tla $q_{TEŽ}$ (kN/m²). U izračunu je pretpostavljeno da je težina pilota jednaka težini iskopanog tla, tj. rasterećenju. Kao procijenjena veličina, usvojena je veličina slijeganja u karakterističnoj točki određenoj po metodi Kany-a tako dobivene jedinstvene površine.

Slijeganja su računata kao integral vertikalnih deformacija tla do dubina na kojima maksimalni odnos početnih i dodatnih naprezanja u tlu, za usvojenu kombinaciju opterećenja djelovanja grupe pilota iznosi $\sigma_d/\sigma_g \sim 20\%$. Početna naprezanja u tlu usvojena su od završne kote uređenog terena prokopa. Prilikom izračuna, vezano za veličine geoloških napona, tj. rasterećenja tla, usvojeni su nivoi podzemne vode u razini iskopa za prokop

S obzirom da se analize vrše za faktorizirane vrijednosti, slijeganja su računata za 75% opterećenja grupe pilota pojedinog stupnog mjesta, dobivenog dodijeljujući maksimalno opterećenje pojedinačnog pilota na sve pilote pojedinog stupnog mjesta u kombinaciji ULS (LC 9909)

S obzirom da je predviđeno izvođenje stopa pilota u u slojevima zbijenog do vrlo zbijenog, pretežno dobro graduiranog šljunka, s pijeskom i prahom, za sva stupna mjesta usvojen je jednak modul stišljivosti, određen prema izrazu iz poglavlja 1.4. Kao broj udaraca N_{60} usvojen je korigiran najmanji korigirani registriran broj SPP udaraca šiljkom u ovim slojevima (prema BK3, na dubini 25m) $N_{60}=0.75 \times 36 = 27$. Usvojene vrijednosti Poisson-ovog koeficijenta za pjeskovito-šljunkovite slojeve: $\nu = 0.25$.

$$M_k = 1 \times 27 \frac{1-0.25}{(1-2 \times 0.25)(1+0.25)} = 32 \text{ MPa}$$

- procijenjena veličina slijeganja pilota upornjaka: U1

$$- : V_{k,gr} = 0.75 \times 3406 \times 3 = 7663 \text{ kN} \quad s_{rač} = 0.8 \text{ cm.}$$

- procijenjena veličina slijeganja pilota stupišta: S2

$$- : V_{k,gr} = 0.75 \times 4139 \times 4 = 12417 \text{ kN} \quad s_{rač} = 1.5 \text{ cm.}$$

- procijenjena veličina slijeganja pilota stupišta: S6

$$- : V_{k,gr} = 0.75 \times 4259 \times 4 = 12777 \text{ kN} \quad s_{rač} = 1.8 \text{ cm.}$$

- prikaz provedene analize slijeganja pilota upornjaka U1:

SLIJEGANJE PILOTA

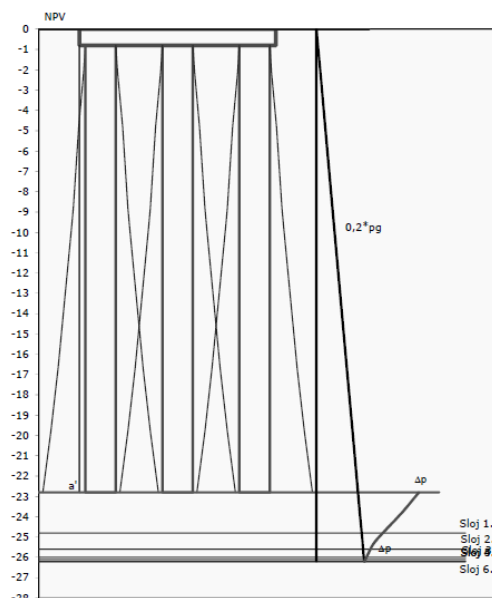
u karakterističnoj točki plohe na - 22.80 m

duljina pilota l=	22.00 m	$x=L/2^*$ 0.74
promjer pilota D=	1.50 m	$y=B/2^*$ 0.74
dubina temelj. naglavnice Df=	0.80 m	
osni razmak pilota r=	3.80 m	
broj pilota na duljoj strani m=	3	
broj pilota na kraćoj strani n=	1	
Ukupno pilota	3	
Vertikalno opterećenje V=	7663 kN	
Specifično opt. na dnu pilota p' =	101.06 kPa	$\alpha_{pr} = \Sigma(\varphi_i/4)$
prosječna. zapr. tež. do dna pilota=	9.00 kN/m ³	$a' = \Sigma \text{tg}(\varphi_i/4) * h_i$
dužina rasprostiranja L=	13.30 m	a' = 2.10 m
širina rasprostiranja B=	5.70 m	F = 75.82 m ²
kota dna pilota Df=	22.80 m	ispod površine terena

KARAKTERISTIKE TLA (ispod vrha pilota)

PRORAČUN SLIJEGANJA PILOTA

sloj	H _i (m)	γ (kN/m ³)	Mk _i (kN/m ²)	z _i (m)	p _g (kPa)	Δp (kPa)	w _i (m)	0,2p _g (kN/m ²)
1	2.00	9.0	30000	1.00	214.2	84.3	0.006	42.8
2	0.80	9.0	30000	2.40	226.8	58.2	0.002	45.4
3	0.40	9.0	30000	3.00	232.2	51.3	0.001	46.4
4	0.10	9.0	30000	3.25	234.5	48.8	0.000	46.9
5	0.10	9.0	30000	3.35	235.4	47.9	0.000	47.1
6	0.01	9.0	30000	3.41	235.8	47.4	0.000	47.2
$\Sigma W_i =$							0.008	m



- prikaz provedene analize slijeganja pilota stupišta S2:

SLIJEGANJE PILOTA

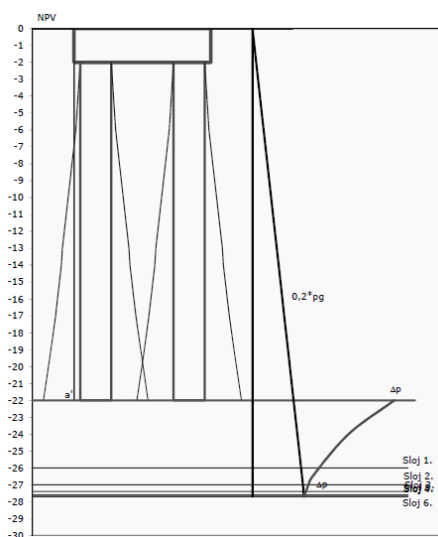
u karakterističnoj točki plohe na - 22.00 m

duljina pilota l=	20.00 m	$x=L/2*0.74$
promjer pilota D=	1.50 m	$y=B/2*0.74$
dubina temelj. naglavnice Df=	2.00 m	
osni razmak pilota r=	4.50 m	
broj pilota na duljoj strani m=	2	
broj pilota na kraćoj strani n=	2	
Ukupno pilota	4	
Vertikalno opterećenje V=	12417 kN	
Specifično opt. na dnu pilota p'=	136.58 kPa	$\alpha_{pr} = \Sigma(\varphi_i/4)$
prosječna. zapr. tež. do dna pilota=	9.00 kN/m ³	$a' = \Sigma \text{tg}(\varphi_i/4) * h_i$
dužina rasprostiranja L=	9.53 m	$a' = 1.77 \text{ m}$
širina rasprostiranja B=	9.53 m	$F = 90.91 \text{ m}^2$
kota dna pilota Df=	22.00 m	ispod površine terena

KARAKTERISTIKE TLA (ispod vrha pilota)

PRORAČUN SLIJEGANJA PILOTA

sloj	H _i (m)	γ (kN/m ³)	M _{k_i} (kN/m ²)	z _i (m)	p _q (kPa)	Δp (kPa)	w _i (m)	0,2p _q (kN/m ²)
1	4.00	9.0	32000	2.00	216.0	92.5	0.012	43.2
2	1.00	9.0	32000	4.50	238.5	57.9	0.002	47.7
3	0.40	9.0	32000	5.20	244.8	52.7	0.001	49.0
4	0.20	9.0	32000	5.50	247.5	50.8	0.000	49.5
5	0.10	9.0	32000	5.65	248.9	49.8	0.000	49.8
6	0.01	9.0	32000	5.71	249.3	49.5	0.000	49.9
$\Sigma W_i =$							0.015 m	



- prikaz provedene analize slijeganja pilota stupišta S8:

SLIJEGANJE PILOTA

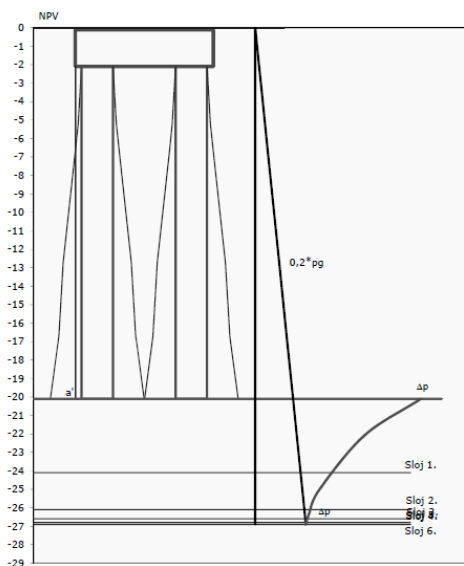
u karakterističnoj točki plohe na - 20.10 m

duljina pilota l=	18.00 m	$x=L/2* 0.74$
promjer pilota D=	1.50 m	$y=B/2* 0.74$
dubina temelj. naglavnice Df=	2.10 m	
osni razmak pilota r=	4.50 m	
broj pilota na duljoj strani m=	2	
broj pilota na kraćoj strani n=	2	
Ukupno pilota	4	
Vertikalno opterećenje V=	12777 kN	
Specifično opt. na dnu pilota p'=	158.44 kPa	$\alpha_{pr} = \Sigma(\phi_i/4)$
prosječna. zapr. tež. do dna pilota=	9.00 kN/m ³	$a' = \Sigma \text{tg}(\phi_i/4) * h_i$
dužina rasprostiranja L=	8.98 m	$a' = 1.49 \text{ m}$
širina rasprostiranja B=	8.98 m	$F = 80.64 \text{ m}^2$
kota dna pilota Df=	20.10 m	ispod površine terena

KARAKTERISTIKE TLA (ispod vrha pilota)

PRORAČUN SLIJEGANJA PILOTA

sloj	H _i (m)	γ (kN/m ³)	Mk _i (kN/m ²)	z _i (m)	p _q (kPa)	Δp (kPa)	w _i (m)	0,2p _q (kN/m ²)
1	4.00	9.0	32000	2.00	198.9	104.0	0.013	39.8
2	2.00	9.0	32000	5.00	225.9	60.3	0.004	45.2
3	0.50	9.0	32000	6.25	237.2	51.3	0.001	47.4
4	0.20	9.0	32000	6.60	240.3	49.2	0.000	48.1
5	0.10	9.0	32000	6.75	241.7	48.3	0.000	48.3
6	0.01	9.0	32000	6.81	242.1	48.0	0.000	48.4
$\Sigma W_i =$							0,018	m



PROCJENA SLIJEGANJA TEMELJNOG TLA USLIJED OPTEREĆENJA TEŽINOM NASIPA PRILAZNIH RAMPI

S obzirom na visinu nasipa prilaznih rampi u odnosu na površinu postojećeg terena ne očekuju se značajniji dodatna slijeganja temeljnog tla uslijed opterećenja nasipom.

2.3. KOEFICIJENTI HORIZONTALNE REAKCIJE TLA ZA PRORAČUN PILOTA

- određivanje horizontalnih Winklerovih koeficijenata krutosti tla k_h (kN/m³)

- **za koherentne glinovito-prašinate zone** usvojena je konstantna raspodjela koeficijenta k_h po dubini, određena prema izrazu:

$$k_h = n_h / D_p \text{ (kN/m}^3\text{);}$$

Parametar n'_h (u donjoj tabeli k_1) određen je prema priloženoj tabeli usvajajući vrijednosti nedrenirane posmične čvrstoće tla prema naprijed navedenom.

Consistency	Firm to stiff	Stiff to very stiff	Hard
Undrained shear strength (c_u) kN/m ²	50-100	100-200	>200
Range of k_1 MN/m ³	15-30	30-60	> 60

(vrijednosti su usvojene linearnom interpolacijom)

Na ovaj način određene osnovne vrijednosti koeficijenata horizontalnih krutosti tla treba koristiti za stalna, dugotrajna horizontalna opterećenja. Za kombinacije opterećenja stalno+promjenjivo, u koherentnim, glinovito-prašinatim materijalima dobivene vrijednosti mogu se povećati 2-3 puta. U tabelama i dijagramima prikazane su vrijednosti koeficijenta za stalno+promjenjivo uvećane 3 puta. Za potresna djelovanja u slojevima koherentnog tla predloženo je usvajanje 5 puta većih vrijednosti od izračunatih vrijednosti.

- **za nekoherentne slojeve** usvojena je linearno promjenjiva raspodjela koeficijenta k_h po dubini, određenog prema izrazu:

$$k_h = n_h \times (z_x / D_p) \text{ (kN/m}^3\text{);}$$

gdje je:

- D_p (m) - promjer pilota (m)
- z_x (m) - dubina u odnosu na površinu završnog terena (m)
- n_h (kN/m³) - koeficijent određen u odnosu na relativnu gustoću D_r (%) prema slijedećem dijagramu (s obzirom da temeljnu podlogu čine slojevi šljunka, slabo do dobro graduiranog s pijeskom i prahom, usvojene su veličine prema krivulji *Reese et al*):

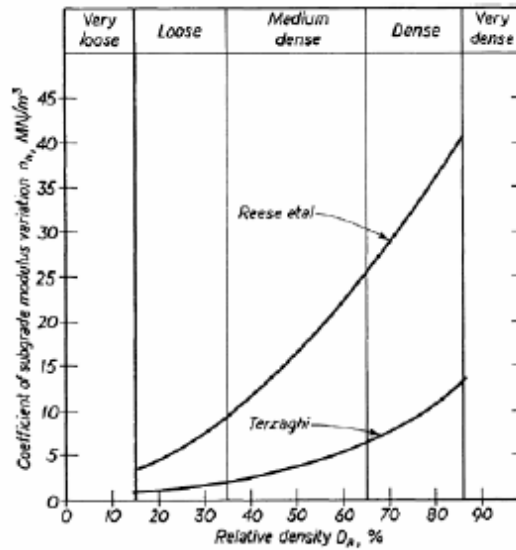


Fig. 6.20 Relationship between coefficient of modulus variation and relative density of sands (after Garassino et al. 6-13)

Za pojedine dijelove predmetne građevine, odnosno karakteristična stupna mjesta, su, po dubinama, tabelarno i dijagramima prikazani koeficijenti horizontalne krutosti tla na mjestima provedenih ispitivanja. Veličine horizontalnih krutosti tla izražene su u **kN/m^3** , te ih projektant treba prilagoditi zahtjevima računalnog programa kojim se vrši izračun (vezano za promjere pilota, a u odnosu na vrste ležaja korištenih u statičkom modelu; linijski, točkasti, površinski ležaj..., odnosno usvojenog modela prezentacije geotehničkih karakteristika tla).

- prosječni koeficijent horizontalne krutosti duž cijelog plašta pilota određen je prema izrazu:

$$k_{h \text{ pros.}} = \frac{\sum(k_{hi \text{ sred.}} \times h_i)}{L_p} \text{ (kN/m}^3\text{)},$$

gdje je:

h_i - debljina intervala rasprostiranja sloja (m),

$k_{hi \text{ sred.}}$ - srednja vrijednost horizontalne krutosti pojedinog sloja (kN/m^3),

$L_p = \sum h_i$ - dužina pilota (m).

- piloti upornjak U1, $D_p=1.5$ m, $L_p=22$ m (prema bušotini U1)

UPORNJAK U1											
DIMENZIJUE PILOTA											
D=		1.20 m									
L=		22.00 m									
SLOJ	z(m.n.m)	x(m)	h_i (m)	c_u (MPa) D_i (%)*	n_{hi} (kN/m ³)	k_{hi} (kN/m ³)	k_{hi} sred.(kN/m ³)	- stalno+promjenjivo		- potresno	
								k_{hi} (kN/m ³)	k_{hi} sred.(kN/m ³)	k_{hi} (kN/m ³)	k_{hi} sred.(kN/m ³)
NG	111.70	0.00	0.80								
	110.90	0.80									
CH	110.90	0.80	1.30	50	15000	2500	2500	7500	7500	12500	12500
	109.60	2.10			15000	2500		7500		12500	
SM.CH	109.60	2.10	2.70	35*	9000	15750	25875	15750	25875	15750	25875
	106.90	4.80		35*	9000	36000		36000		36000	
CL	106.90	4.80	1.90	60	18000	3000	3000	9000	9000	15000	15000
	105.00	6.70			18000	3000		9000		15000	
CH	105.00	6.70	2.10	40	11600	1933	1933	5800	5800	9667	9667
	102.90	8.80			11600	1933		5800		9667	
GP/GFs	102.90	8.80	7.90	40*	11500	84333	122188	84333	122188	84333	122188
	95.00	16.70		40*	11500	160042		160042		160042	
GP	95.00	16.70	6.10	45*	14000	194833	230417	194833	230417	194833	230417
	88.90	22.80		45*	14000	266000		266000		266000	

UPORNJAK U1; stalno+promjenjivo



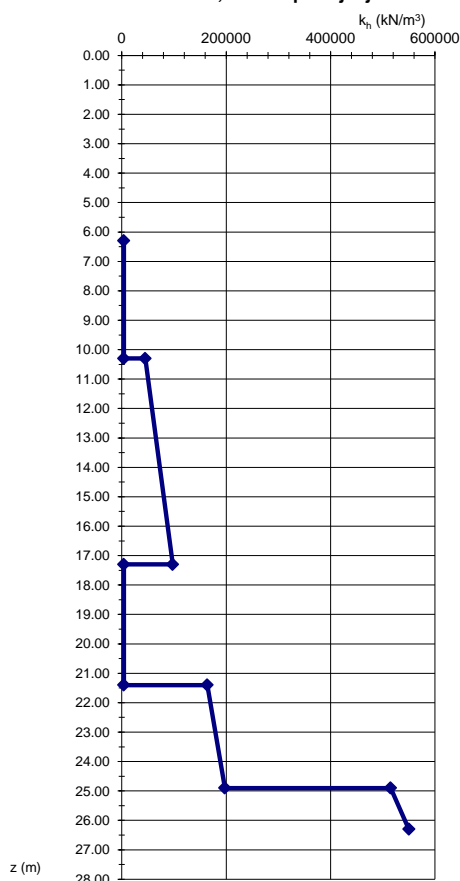
UPORNJAK U1 potresno



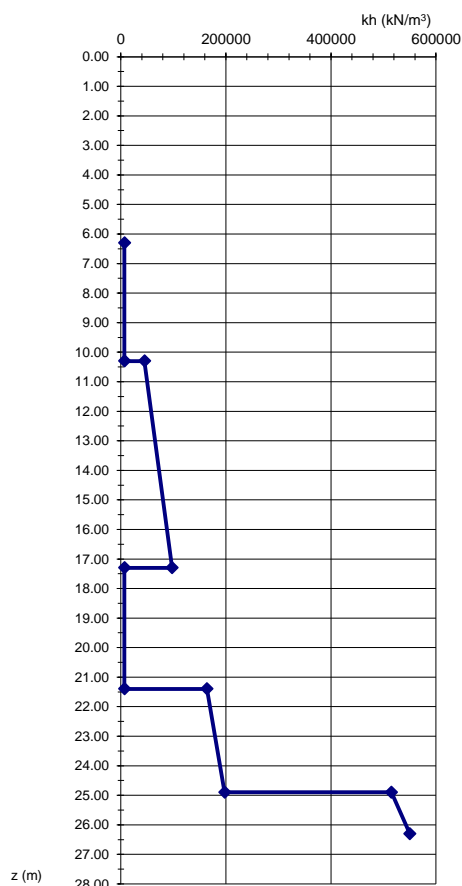
- piloti stupišta S2, $D_p=1.5$ m, $L_p=20$ m (prema BK3)

DIMENZIJE PILOTA											
D=	1.20 m										
L=	20.00 m										
SLOJ	z(m.n.m.)	x(m)	h_i (m)	c_u (MPa) D_i (%) [*]	n_{hi} (kN/m ³)	k_{hi} (kN/m ³)	$k_{hi\ sred.}$ (kN/m ³)	- stalno+promjenjivo		- potresno	
								k_{hi} (kN/m ³)	$k_{hi\ sred.}$ (kN/m ³)	k_{hi} (kN/m ³)	$hi\ sred.$ (kN/m ³)
ISKOP	111.70	0.00	4.30								
	107.40	4.30									
NG	107.40	4.30	2.00								
	105.40	6.30									
CH	105.40	6.30	4.00	40	8200	1367	1367	4100	4100	6833	6833
	101.40	10.30			8200	1367		4100		6833	
SM	101.40	10.30	7.00	35*	9000	45000	71250	45000	71250	45000	71250
	94.40	17.30		35*	9000	97500		97500			
SM.CH	94.40	17.30	4.10	50	8200	1367	1367	4100	4100	6833	6833
	90.30	21.40			8200	1367		4100		6833	
GM/SM	90.30	21.40	3.50	40*	11500	163875	180646	163875	180646	163875	180646
	86.80	24.90		40*	11500	197417		197417			
GM	86.80	24.90	1.40	75*	30000	515000	532500	515000	532500	515000	532500
	85.40	26.30		75*	30000	550000		550000			

STUPIŠTE S2; stalno+promjenjivo



STUPIŠTE S2; potresno



- piloti stupišta S6, $D_p=1.5$ m, $L_p=18$ m (prema BK1)

DIMENZIJE PILOTA											
D=	1.20 m										
L=	18.00 m										
SLOJ	z(m.n.m.)	x(m)	h_i (m)	c_u (MPa) D_i (%) [*]	n_{hi} (kN/m ³)	k_{hi} (kN/m ³)	$k_{hi\text{ sred.}}$ (kN/m ³)	- stalno+promjenjivo		- potresno	
								k_{hi} (kN/m ³)	$k_{hi\text{ sred.}}$ (kN/m ³)	k_{hi} (kN/m ³)	$h_i\text{ sred.}$ (kN/m)
ISKOP	110.40	0.00	3.30								
	107.10	3.30									
NG	107.10	3.30	2.10								
	105.00	5.40									
CH,SC	105.00	5.40	1.10	30	8200	1367	1367	4100	4100	6833	6833
	103.90	6.50			8200	1367		4100		6833	
CH	103.90	6.50	2.00	40	11600	1933	1933	5800	5800	9667	9667
	101.90	8.50			11600	1933		5800		9667	
SM,GM	101.90	8.50	7.50	40*	11500	49833	85771	49833	85771	49833	85771
	94.40	16.00		40*	11500	121708		121708		121708	
CH,CL	94.40	16.00	4.00	50	15000	2500	2500	7500	7500	12500	12500
	90.40	20.00			15000	2500		7500		12500	
GM	90.40	20.00	3.40	75*	30000	417500	460000	417500	460000	417500	460000
	87.00	23.40		75*	30000	502500		502500		502500	

STUPIŠTE S6; stalno+promjenjivo



STUPIŠTE S6; potresno



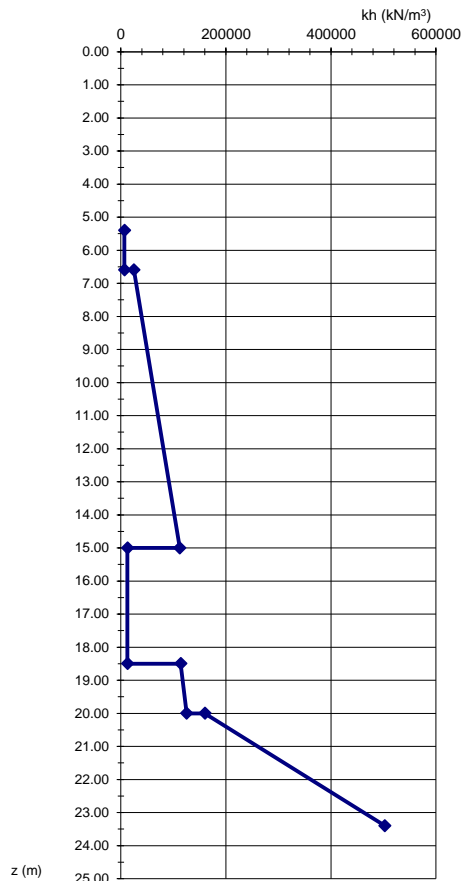
- piloti stupišta S10, $D_p=1.5$ m, $L_p=18$ m (prema BK2)

DIMENZIJE PILOTA											
D=	1.20 m										
L=	18.00 m										
SLOJ	z(m.n.m.)	x(m)	h_i (m)	c_u (MPa) D_i (%)*	n_{hi} (kN/m ³)	k_{hi} (kN/m ³)	$k_{hi\text{ sred.}}$ (kN/m ³)	- stalno+promjenjivo		- potresno	
								k_{hi} (kN/m ³)	$k_{hi\text{ sred.}}$ (kN/m ³)	k_{hi} (kN/m ³)	$h_i\text{ sred.}$ (kN/m)
ISKOP	110.60	0.00	3.30								
	107.30	3.30									
NG	107.30	3.30	2.10								
	105.20	5.40									
CH,SC	105.20	5.40	1.20	30	8200	1367	1367	4100	4100	6833	6833
	104.00	6.60			8200	1367		4100		6833	
SM,GM	104.00	6.60	8.40	35*	9000	24750	68438	24750	68438	24750	68438
	95.60	15.00		40*	11500	112125		112125		112125	
MH	95.60	15.00	3.50	50	15000	2500	2500	7500	7500	12500	12500
	92.10	18.50			15000	2500		7500		12500	
MH	92.10	18.50	1.50	35*	9000	114000	119625	114000	119625	114000	119625
	90.60	20.00		35*	9000	125250		125250		125250	
GM	90.60	20.00	3.40	75*	11500	160042	331271	160042	331271	160042	331271
	87.20	23.40		75*	30000	502500		502500		502500	

STUPIŠTE S10; stalno+promjenjivo



STUPIŠTE S10; potresno



3. TEHNIČKI UVJETI IZVEDBE I PROGRAM KONTROLE KVALITETE

DONJI USTROJ-ARMIRANO BETONSKI BUŠENI PILOTI

Radove na izvedbi pilota potrebno je obaviti prema normi HRN EN 1536:2015, Izvedba posebnih geotehničkih radova - Bušeni piloti. Izvedba pilota sastoji se od bušenja, ugradnje armature i betoniranja pomoću kontraktora. S iskopom (bušenjem) pilota može se započeti po završetku svih pripremnih radova. Tehnologiju izvođenja treba odabrati u skladu sa geotehničkim profilima tla ustanovljenim na mjestima provedenih geotehničkih istražnih radova, te registriranim i mogućim nivoima pojave vode u bušotinama.

Betoniranje pilota izvodi se s tehnološkim nadslojem od kojeg se dio betona slabije kvalitete naknadno odbija do projektirane kote donjeg ruba naglavne konstrukcije. Prije početka izvođenja radova na pilotima, izvođač radova dužan je dostaviti tehnološki projekt izvođenja pilota koji mora sadržavati opisane postupke izrade (pristup lokaciji, opis garniture za bušenje, način osiguranja stabilnosti plašta i dna bušotine, osiguranje postizanja projektiranog položaja armature, odnosno izvođenja vrha pilota na projektiranim dubinama, osiguranje stabilnosti dna bušotine, i dr...). Posebnu pažnju treba posvetiti pravovremenoj dostavi betona kako ne bi došlo do prekida betoniranja.

Izvođač pilota i nadzorni inženjer trebaju na gradilištu imati primjerak geotehničkog projekta i tijekom iskopa evidentirati sastav i osobine tla. Tehničke uvjete izvedbe i program kontrole kvalitete izvođenja pilota, betona i betonskog čelika, dijelom je definirao projektant u tehničkom opisu u glavnom građevinskom projektu, a detaljno treba biti opisan u izvedbenim projektima (**obuhvatiti sve radove, uključujući transport garniture za izvođenje, pristup mjestu izvođenja, te ispitivanja kontrole kvalitete, potrebna za izvođenje i konačno zaprimanje armirano betonskih pilota od strane nadzorne službe**).

Tehnologiju izvođenja treba odabrati u skladu sa geotehničkim profilima tla ustanovljenim na mjestima provedenih geotehničkih istražnih radova i registriranim nivoima podzemne vode.

Za vrijeme bušenja za ugradnju pilota zahtjeva se kontinuirani specijalizirani geotehnički nadzor nad bušenjem, koji će kontinuirano pratiti izvedbu radova bušenja, voditi zapisnike i sve potrebne evidencije, izvršiti kontinuiranu determinaciju materijala prilikom bušenja, te usporediti stvarno stanje sa projektiranim modelom tla. **Ovim projektom predviđeno je izvođenje stope pilota u slojevima zbijenog do vrlo zbijenog, pretežno dobro graduiranog šljunka, s pijeskom i prahom.** Ukoliko se ustanove bitnije razlike u odnosu na projektirane geotehničke pretpostavke i proračune, potrebno je o svemu pravovremeno obavijestiti projektanta ovog projekta kako bi se na vrijeme mogle poduzeti adekvatne mjere vezane na povećanje projektirane duljine pilota (produbjenje iskopa zavisno o karakteristikama tla).

Nakon betoniranja prostor između naglavnica pilota i sraslog tla, odnosno nasipa prilaznih rampi, potrebno je ispuniti pogodno zbijenim agregatom usvojenim uz suglasnost geotehničkog nadzora i investitora (obavezna je suglasnost geotehničkog nadzora da je materijal zadovoljavajućih karakteristika kojima se može garantirati potrebna zbijenost).

Izvođenje armiranobetonskih radova i potvrđivanje sukladnosti betona mora se provoditi prema sljedećim zakonima, pravilnicima, propisima i normama: Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19,125/19), HRN EN 13670:2010, HRN EN 206:2016 i HRN 1128:2007.

Prilikom izvođenja donjeg ustroja izvođač se mora pridržavati i svega ostalog (zahtjevi za kvalitetom komponenti betona, betona i betonskog čelika...) navedenog u glavnom građevinskom projektu mosta (mapa 24. 72120-GP-285-2020).

Svi upotrijebljeni materijali, postupci i kontrola izvedbe moraju imati dokaze kvalitete u skladu s Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije (NN 17/17) i normama na koje upućuje, kao i drugim važećim zakonima, tehničkim propisima i normama za ovakvu vrstu

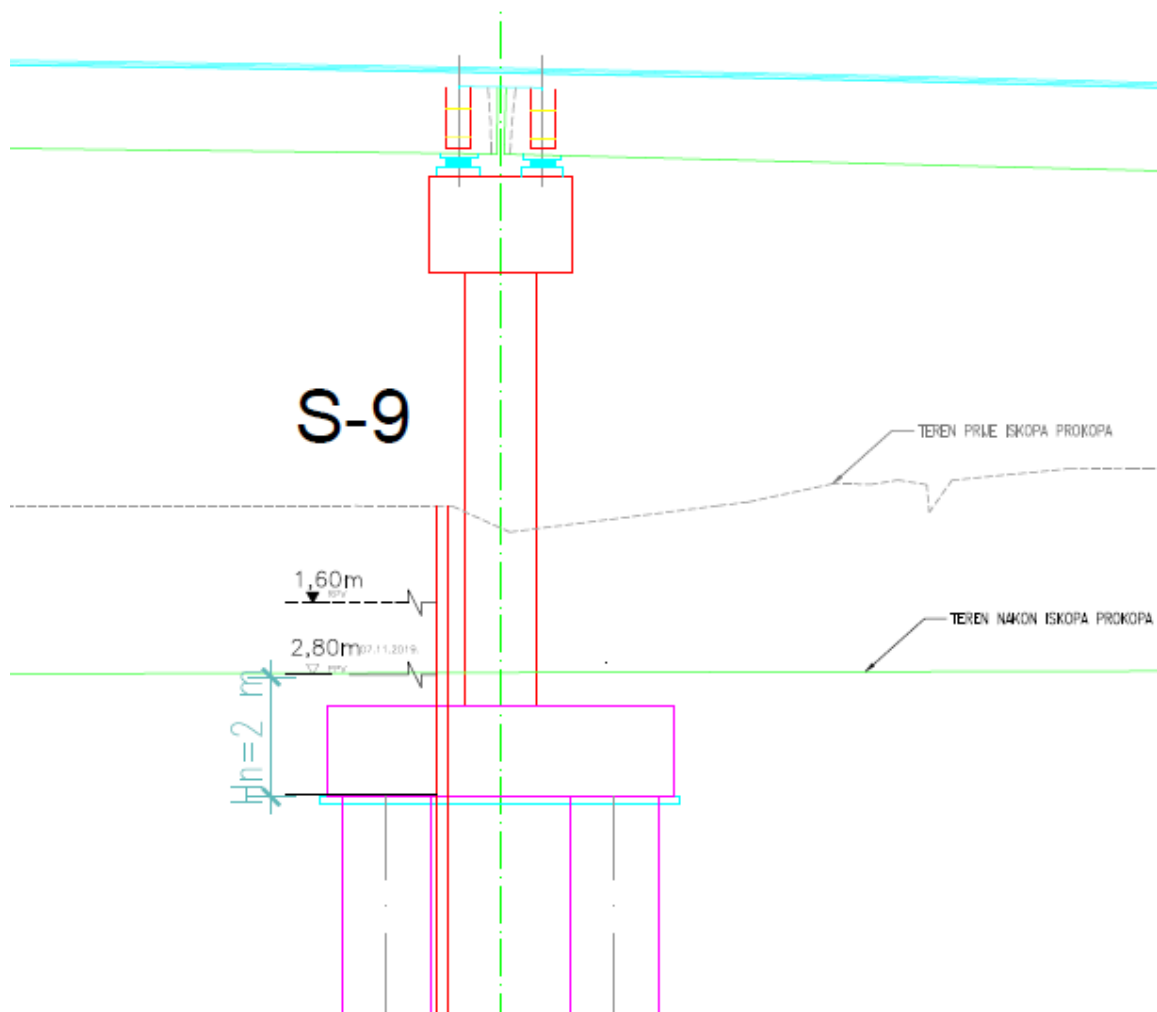
konstrukcije. Za sve izmjene i dopune potrebna je prethodna suglasnost projekatana konstrukcije.

ISKOP GRAĐEVNIH JAMA I IZVOĐENJE NAGLAVNICA PILOTA STUPNIH MJESTA

Prilikom izvođenja donjeg ustroja izvođač se mora pridržavati navedenog u glavnom građevinskom projektu mosta (mapa 24. 72120-GP-285-2020). S obzirom na registrirane razine podzemne vode u vrijeme izvođenja geotehničkih istražnih radova teba predvidjeti mjere evakuacije, odnosno crpljenja podzemne vode iz građevnih jama za sve vrijeme izvođenja naglavnic. Dinamiku izvođenja treba uskladiti s izvođenjem prokopa, razinama vode..., a sve kako bi se osigurali optimalni uvjeti izvođenja, pristupa i kretanja ljudi, mehanizacije i opreme po lokaciji. **U tom smislu Izvođač treba izraditi plan izvođenja, a po potrebi i Izvedbeni projekt zaštite građevnih jama i sniženja podzemne vode u skladu s predviđenom tehnologijom izvođenja, usklađen s dinamikom izvođenja prokopa.**

Troškovi mogućih privremenih radova vezanih za zaštite građevnih jama nisu obuhvaćeni u procjeni troškova , poglavlje 4. Procjena troškova izgradnje. Potrebu i troškove ovih radova treba predvidjeti u natječajnoj dokumentaciji u skladu s tehnologijom izvođenja odnosno izvedbenim projektom zaštite građevne jame i crpljenja vode..

Na donjoj skici prikazan je kao primjer odnos razine postojećeg terena u vrijeme izvođenja geotehničkih istražnih radova, buduće uređenog terena na mjestu prokopa, dubine iskopa za naglavnicu stupišta, razine pojave u vrijeme i podzemne vode nakon bušenja, prema bušotini S9.



ISPITIVANJE CJELOVITOSTI PILOTA

U ovom geotehničkom projektu predviđena su ispitivanja cjelovitosti (integriteta) pilota PIT metodom (Pile Integrity Test). Ispitivanja cjelovitosti obavljaju se nakon što je glava pilota odbijena na projektiranu kotu. Provedenim ispitivanjima se dokazuje da su piloti izvedeni u kontinuitetu bez prekida betoniranja, te da ne postoje zone slabije kvalitete ili smanjenog promjera u odnosu na projektirane dimenzije pilota. ***U procjeni troškova prema ovom projektu predviđeno je izvođenje ispitivanja na svim pilotima pojedinog stupnog mjesta.***

O svim provedenim ispitivanjima treba tijekom izvedbe ažurno dostavljati preliminarne podatke. Detaljnu obradu i interpretaciju rezultata treba ispostaviti po završenom ispitivanju u obliku završnog izvještaja.

U slučaju da se utvrde oštećenja i prekidi betoniranja značajnih dimenzija, pristupiti će se sanaciji pilota. Ova sanacija se može izvesti bušenjem bušotine kroz pilot i injektiranjem pod tlakom odgovarajućom injekcijskom smjesom.

ISPITIVANJE NOSIVOSTI PILOTA DINAMIČKIM POSTUPKOM

Dinamičko ispitivanje nosivosti pilota zasniva se na mjerenju deformacija i ubrzanja pilota izazvanih udarom zabijala. Pri tome treba koristiti odgovarajuću konstrukciju za podizanje i otpuštanje utega mase oko 12 t s varijabilne visine 2,0-3,0 m.

Na oplošje pilota, na dubini najmanje 1,5 promjera pilota, postavljaju se mjerači deformacija i ubrzanja. Na osnovi mjerenja deformacija i poznatog modula elastičnosti čelika izračunavaju se dinamičke sile u pilotu, dok se integriranjem ubrzanja dobivaju brzine.

Numeričkom analizom zasnovanom na jednodimenzionalnoj valnoj jednadžbi, iz mjerenih sila i brzina određuje se dinamička nosivost pilota. Analitički postupak kojim se to provodi poznat je pod nazivom Case Method. Case Method razvijen je na Case Institute of Technology u Clevelandu, država Ohio, SAD, i predstavlja rezultat 30-godišnjeg istraživačkog rada. Dinamičko ispitivanje nosivosti pilota po ovom postupku ušlo je u američki standard ASTM D945-89 (Standard Test Method for High-Strain Dynamic Testing of Piles).

Ispitivanja se provode pomoću uređaja koji je nazvan Pile Dynamic Analyzer (PDA). PDA je prenosni uređaj kojim se obavlja mjerenje, kondicioniranje, filtriranje i obrada signala. Ujedno, to je i prijenosno računalo koje u realnom vremenu može analizirati i prezentirati mjerene veličine. Mjereni podaci se spremaju na tvrdi disk i zatim postprocesiraju da bi se odredila statička nosivost pilota. Numerička analiza obavlja se programom CAPWAP (CAse Pile Wave Analysis Program). Pretpostavljaju se karakteristike tla, te se na osnovi složenog numeričkog modela čekić-pilot-tlo izračunavaju brzine odnosno sile u pilotu. Tako dobiveni signal uspoređuje se s mjerenim signalom. Karakteristike tla se mijenjaju dok se mjereni i izračunati signal ne izjednače s inženjerski zadovoljavajućom točnošću. Nakon poklapanja signala izračunava se statička nosivost pilota, kao zbroj nosivosti pilota po plaštu i nosivosti na vrhu.

Najvažniji rezultati ovih ispitivanja su:

- procjena statičke nosivosti pilota
- određivanje maksimalnih dinamičkih tlačnih i vlačnih naprezanja u pilotu uslijed udara
- ustanovljenje neprekinutosti pilota
- određivanje cjelokupnih performansi sustava čekić-pilot-tlo

Ispitivanje će se, zbog postizanja dovoljne čvrstoće betona, izvesti najranije 2 tjedna nakon izvedbe pilota.

Na temelju rezultata ispitivanja procijenit će se konačna granična nosivost pilota i faktori sigurnosti u odnosu na računске vertikalne sile.

Ispitivanje nosivosti pilota dinamičkim postupkom, obradu podataka i interpretaciju statičke nosivosti pilota može obavljati samo ekspert za temeljenje s odgovarajućim certifikatima od strane PDI (Pile Dynamics, Inc.) za rad i analizu s PDA, CAPWAP i GRLWEAP programima. Preporuka je betoniranje pilota koji su predviđeni za dinamičko ispitivanje nosivosti izvesti do kote u dogovoru s izvođačem mjerenja.

Ispitivanje nosivosti pilota dinamičkim postupkom, obradu podataka i interpretaciju statičke nosivosti pilota može obavljati samo ekspert za temeljenje s odgovarajućim certifikatima od strane PDI (Pile Dynamics, Inc.) za rad i analizu s PDA, CAPWAP i GRLWEAP programima.

Piloti koji su predviđeni za dinamičko ispitivanje nosivosti se betoniraju do kote gornjeg ruba naglavne ploče.

U ovom projektu predviđene je po 1 /jedno/ ispitivanje nosivosti pilota dinamičkim postupkom, na stupištima S4, S8 i S11. Ukoliko budu ustanovljeni nepovoljni rezultati, ispitivanje treba ponoviti na drugom pilotu istog stupnog mjesta. Dinamička ispitivanja pilota potrebno je obaviti prije izvedbe ostalih pilota, da se može pravovremeno reagirati (produbljenjem pilota, povećanjem broja, itd.), ukoliko je nosivost pilota utvrđena dinamičkim ispitivanjem manja od proračunske. Rezultati ispitivanja moraju biti dostavljeni projektantu ovog geotehničkog projekta.

NASIPI PRILAZNIH RAMPI

Nasipi prilaznih rampi moraju biti izvedeni prema zahtjevima iz građevinskog projekta i geotehničkog dijela projekta trase, pridržavajući se OPĆIH TEHNIČKIH UVJETA ZA RADOVE NA CESTAMA; IGH-Zagreb, Zagreb 2001. (u dijelovima koji nisu u suprotnosti s važećim propisima) i drugih važećih tehničkih propisa za taj tip građevine. Materijal za izradu nasipa mora zadovoljavati propisane uvjete i potrebnu čvrstoću za projektiranu geometriju nasipa. U skladu sa odabranim agregatom i projektiranim nagibima pokosa, potrebno je predvidjeti adekvatnu zaštitu pokosa od erozije.

Prijelaz s nasipa na most (prijelazne naprave, upornjački klin) definiran je u mapi projekta mosta, mapa 24. 72120-GP-285-2020.

Slojevi nasipa prilaznih rampi izvode se na uređenom temeljnom tlu, i moraju biti izvedeni **u skladu s tehničkim propisima, odnosno projektnim zahtjevom,** Prilikom uređivanja temeljne podloge, pozornost treba posebno obratiti na djelove nasipa koji se izvode u zonama postojećih nasipa. U zavisnosti o stvarnim karakteristikama tla na predmetnom potezu i hidrološkim uvjetima u vrijeme izgradnje, eventualno potrebne mjere sanacije odrediti će nadzorni inženjer. .

Konstrukcija nasipa trupa ceste definirana je u odgovarajućim mapama građevinskog i geotehničkog projekta trase,

4. PROCJENA TROŠKOVA IZGRADNJE

Na temelju članka 24. Pravilnika o obveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN br. 64/14, 41/15, 105/15, 61/16, 20/17) potrebno je u projektu dati iskaz procijenjenih troškova građenja.

U ovom poglavlju dana je procjena troškova izvođenja radova navedenih u poglavlju 1.3. kako slijedi:

- izvođenje pilota, bušenje, ugradnja armature i betona, sa svim troškovima transporta garniture za izvođenje, prilaza i uređenja lokacije prije i nakon izvođenja, ispitivanjima kvalitete ugrađenog betona i armature (58 pilota; 2244 m³)
- ispitivanje nosivosti pilota dinamičkim postupkom (3 pilota)
- kontrola cjelovitosti pilota (58 pilota)
- evakuacija podzemne vode, izrada plana, po potrebi i Izvedbenog projekta zaštite građevne jame i sniženja podzemne vode na mjestima naglavnica pilota stupnih mjesta.

Procijenjena vrijednost ovih radova prema navedenom u poglavlju 3. geotehničkog izvještaja iznosi

1.706.497,00 eura

Slovima: milijunisedamstošesttisuća četrstodevedesetisedam eura.

Sastavio:

Zoran Županić, mag.ing.aedif.
mag.ing.aedif.
Ovlašteni inženjer građevinarstva
G 2977

5. ZAKLJUČAK

Iz navedenog u prethodnim poglavljima tj, na temelju provedenih geotehničkih istražnih radova i provedenih geotehničkih analiza, treba izdvojiti slijedeće:

Na lokaciji predviđenoj za izgradnju mosta, u prvoj fazi provedeni su geotehnički istražni radovi rezultati kojih su prikazani u geotehničkom izvještaju [REF 1]. Tijekom projektiranja ustanovljena je potreba izvođenja dodatnih istražnih radova (sondažno bušenje i geofizička istraživanja), rezultati kojih su prikazani u prilogima u ovom projektu.

Opis konstrukcije mosta dan je u poglavlju 1.5.. Izvod iz statičkog izračuna, odnosno opterećenja usvojena prilikom dimenzioniranja temeljnog sklopa, dan je u prilogu 2.6..

Geotehnički profil tla na mjestima izvedenih ispitivanja opisan je u poglavlju 1.3. geotehničkog izvještaja, a grafički je prikazan u **sondažnim** (prilozi br. 2.3.) i **prognoznom uzdužnom geotehničkom profilu** (prilog br. 2.2.) ucrtanom na uzdužni presjek građevine. U prilogima 2.4. prikazani su rezultati provedenih laboratorijskih ispitivanja. Rezultati geofizičkih istražnih radova prikazani su u prilogu 2.5.

U vrijeme izvođenja geotehničkih istražnih radova uglavnom u razini i nešto više od projektirane razine prokopa, dok su nakon izvršenog bušenja izmjerene razine podzemne vode iznad projektirane razine prokopa.

Prilikom izrade plana i odabira tehnologije izvođenja treba voditi računa o karakteristikama tla u razinama iskopa za prokop i naglavne grede, te razinama podzemne vode u vrijeme izvođenja radova. Uvjeti u temeljnom tlu i geotehnički profil terena opisani su u poglavlju 1., a grafički s detaljnim opisom po dubinama dani u prilogima 2.2. i 2.3.

Prema ustanovljenim karakteristikama tla piloti se u najvećem dijelu (gornjih cca 15 m pilota stupa) izvode kroz slojeve rahlo do srednje zbijenog pijeska, glinovito-prašinate slojeve lakognječivog do polučvrstog konzistentnog stanja, šljunkovite slojeve s pijeskom i prahom rahle do srednje zbijenosti

Dalje se piloti izvode kroz slojeve zbijenog do vrlo zbijenog **pretežno dobro graduiran šljunak, s pijeskom i prahom, valuticama promjera 2mm do 2cm, tamnosive do smeđesvie boje, u kojima je predviđeno izvođenje stope pilota.** Prilikom izvođenja treba se pridržavati svega navedenog u poglavlju 3. Tehnički uvjeti izvedbe i program kontrole kvalitete..

Izračun vertikalne nosivosti pilota na tlačnu silu za kombinaciju opterećenja stalno+promjenjivo proveden je prema konceptu graničnih stanja propisanom u HRN EN 1997-1:2012, usvajajući projektni pristup 3 (PP3). . Izračun vertikalne nosivosti pilota opisan je u poglavlju 2.1.

Procjenjene veličine slijeganja pilota su manje od 2 cm.. Izračun slijeganja pilota opisan je u poglavlju 2.2. S obzirom na geotehničke karakteristike temeljnog tla, za očekivati je da će veći dio slijeganja, uslijed stalnog opterećenja, biti obavljen tijekom izgradnje, odnosno u relativno kratkom periodu nakon nanošenja konačnog opterećenja. Manja naknadna slijeganja mogu se očekivati tijekom eksploatacije uslijed prometnog opterećenja.

Za potrebe projektiranja konstrukcije uslijed djelovanja horizontalnog opterećenja, u poglavlju 2.3. geotehničkog izvještaja, tabelarno i dijagramima po dubinama su prikazani koeficijenti horizontalne krutosti tla, uz opis načina određivanja. U glavnom građevinskog projektu mosta ((mapa 24. 72120-GP-285-2020)) uz korištenje priloženih koeficijenata krutosti, proveden je statički izračun u kojem je obrađeno djelovanje horizontalnog opterećenja na pilote, proračunate veličine momenata savijanja duž pilota, pomaci glave pilota, progibne linije.. .

Dinamiku izvođenja treba uskladiti s izvođenjem prokopa, a po potrebi izraditi Izvedbeni projekt zaštite građevnih jama i sniženja podzemne vode pridržavajući se navedenog u poglavlju 3.

S obzirom na registrirane karakteristike tla u zoni uređenog prokopa, te očekivane nagle promjene razina podzemne vode, postoji mogućnost erozije slojeva tla u zoni naglavna stupa. U svrhu osiguranja stabilnosti temeljnog sklopa potrebno je predvidjeti mjere zaštite od

podlokavanja-erozije. Kao mjera zaštite može se izvesti gabionski madrac po cijeloj dužini prokopa na potezu od po cca 10 m od osi nadvožnjaka u oba poprečna smjera. Ova mjera obrađena je u *mapi 2: Prokop s pratećim objektima: preljevnim pragom - stepenicom i uljevnim objektom u Kupu, građevinski projekt.*

Geotehničke profile terena s registriranim razinama pojave podzemnih voda treba dati na uvid izvođačima armirano betonskih pilota kako bi mogli odrediti primjerenu tehnologiju izvođenja. ***Prilikom odabira tehnologije izvođenja treba imati u vidu navedeno u poglavlju 3. Tehnički uvjeti izvedbe i program kontrole kvalitete, 1.3. Uvjeti u temeljnom tlu, presjeke istražnih bušotina, razine podzemne vode, te prognoznju litološku interpretaciju i slojevitost profila tla na mjestima provedenih geofizičkih ispitivanja, a koja pokazuju heterogenost u dubinskim presjecima i u uzdužnom i u poprečnom smjeru u odnosu na os građevine;***

Probno ispitivanje vertikalne nosivosti pilota dinamičkim postupkom, te ispitivanje cjelovitosti pilota treba biti u svemu opisanom u poglavlju 1.3.

Tijekom izvođenja treba se pridržavati svega navedenog u poglavlju 3. i tehničkom opisu u glavnom građevinskom projektu. Zbog karakteristika i značaja građevine, te registriranih slojeva temeljnog tla, tijekom izvođenja donjeg ustroja potrebno je osigurati kontinuirani geotehnički nadzor koji će determinirati slojeve tla prilikom bušenja pilota, te u konačnosti upisom u građevinski dnevnik dati odobrenje za izvođenje daljnjih građevinskih radova, odobriti ugradnju armaturnih koševa i ugradnju betona, te pravodobno reagirati ukoliko dođe do nekih nepredviđenih okolnosti, odnosno definirati eventualno potrebne dodatne zahvate, po potrebi uz konzultacije s projektantom građevinskog projekta konstrukcije i geotehničkog projekta.

 Sastavio:

Zoran Županić, mag.ing.aedif.
HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Zoran Županić
mag. ing. aedif.
Ovlašteni inženjer građevinarstva

G 2977

Izradio: **INSTITUT IGH d.d.
Zavod za projektiranje
10 000 Zagreb, Janka Rakuše 1**

Građevina: **Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i
prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na
području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta
preko prokopa – 4. i 5. faza izgradnje: Prokop Korana-Kupa
s pratećim objektim**

Mapa 25: **Cestovni most preko prokopa – geotehnički dio**

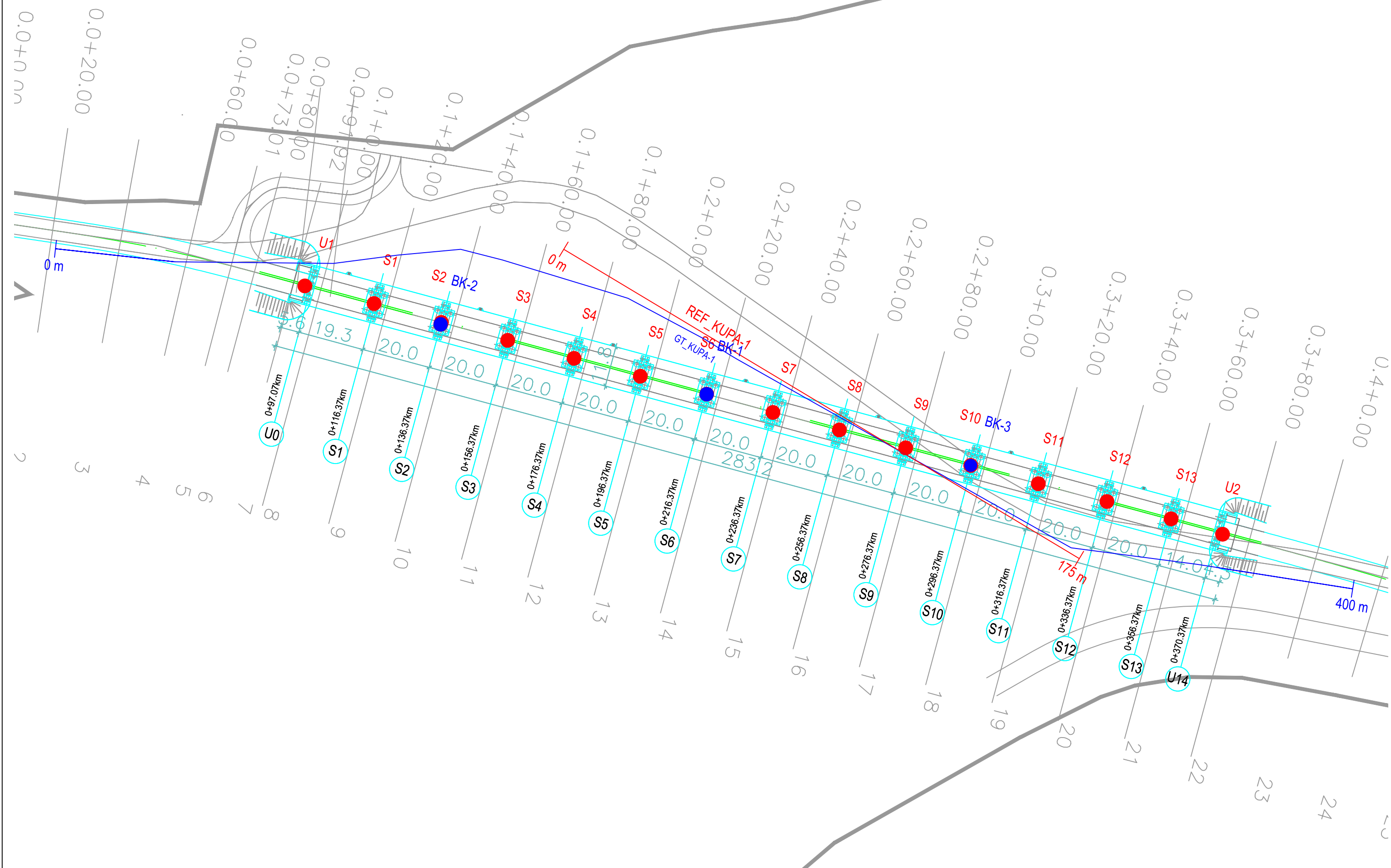
Vrsta projekta (razina i struka): **GLAVNI PROJEKT /GRAĐEVINSKI PROJEKT-**

Zajednička oznaka projekta: **GP-5986/23**

Broj projekta: **72150-GP-034-2023**

2. PRILOZI I NACRTI

Mjesto i datum: **Zagreb, lipanj 2023.**



- GEOTEHNIČKE ISTRAŽNE BUŠOTINE

● U1, S1–S13, U2



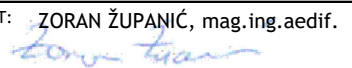

● BK1, BK2, BK3

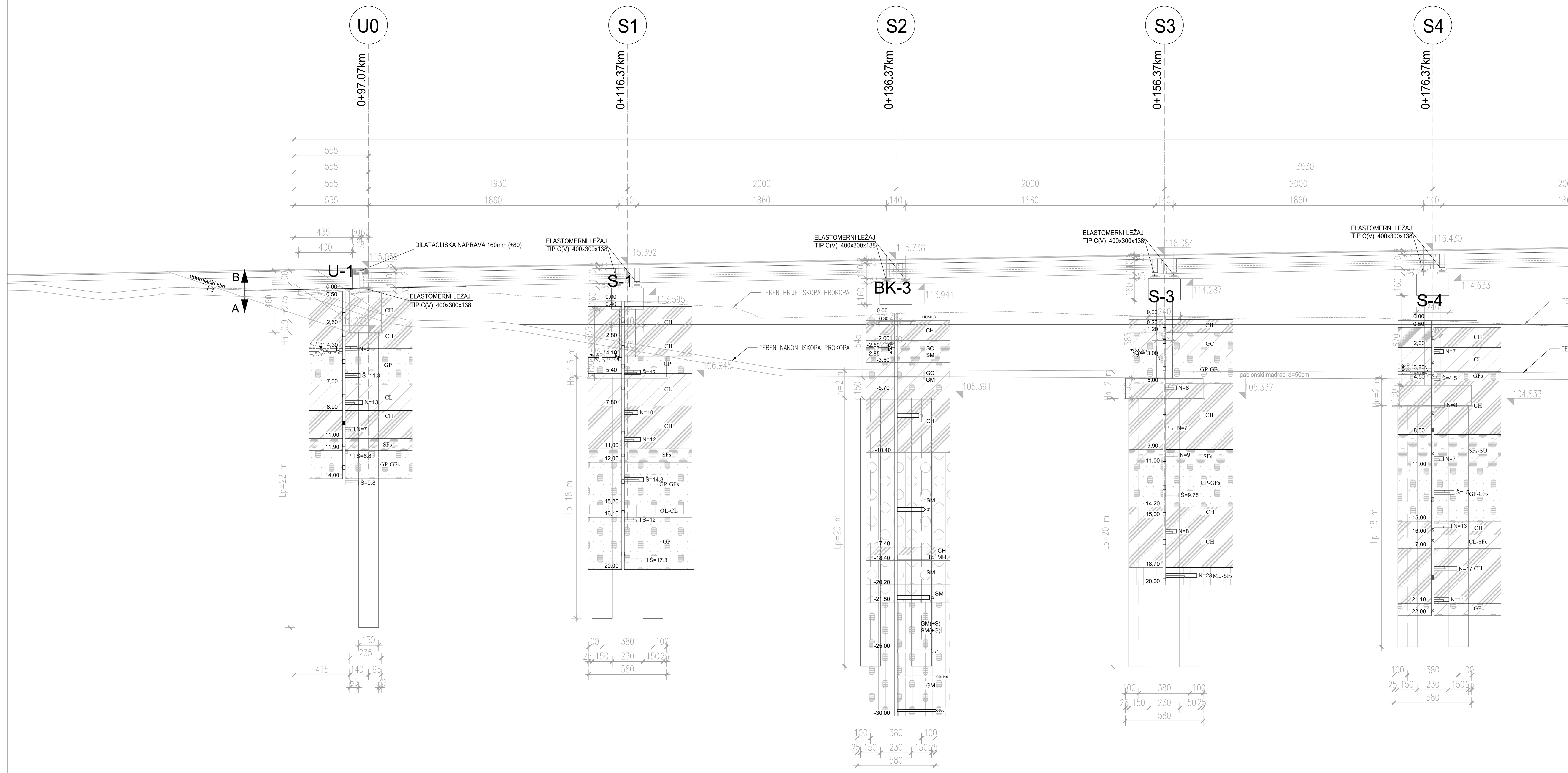
- GEOFIZIČKA ISPITIVANJA

REF_KUPA-1 - PLITKA SEIZMIČKA REFRAKCIJA

GT_KUPA-1 - GEOELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA

IZMJENA BR.	OPIS	DATUM	POTPIS

INVESTITOR: HRVATSKE VODE Ul. Grada Vukovara 220, 10000, Zagreb					
RAZINA I STRUKOVNA ODREDNICA: GLAVNI GEOTEHNIČKI PROJEKT		ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA: GP-5986/23			
GRADEVINA: IZGRADNJA DESNOG NASIPA KORANE, DESNOG NASIPA KUPE I PROKOPA KORANA-KUPA S NASIPIMA I RJEŠENJEM ODVODNJE NA PODRUČJU GORNJEG MEKUŠJA TE IZGRADNJA CESTOVNOG MOSTA PREKO PROKOPA - 4. I 5. faza izgradnje: PROKOP KORANA - KUPA S PRATEĆIM OBJEKTIMA					
DIO GRADEVINE: CESTOVNI MOST PREKO PROKOPA					
MAPA: 25. CESTOVNI MOST PREKO PROKOPA - GEOTEHNIČKI PROJEKT					
SADRŽAJ: SITUACIJA GRADEVINE I ISTRAŽNIH RADOVA					
GLAVNI PROJEKTANT: DARKO JELAŠIĆ, mag.ing.aedif.				MJERILO: 1:1000	
PROJEKTANT:  Zoran Županić , mag.ing.aedif. 				DATUM: lipanj 2023.	
SURADNICI: BRANIMIR MILOVANOVIĆ , mag.ing.aedif.				BROJ PROJEKTA: 72150 - GP - 035 - 2023	
OZNAKA DOKUMENTA: IGH - PKK - 25 - 0901				BROJ PRILOGA: 2.1.	



LEGENDA:

SONDAŽNE BUŠOTINE (TIP C) KLASIFIKACIJA:

- CL: HUMUS, NASPI
- CH: GLINA NISKE PLASTIČNOSTI
- CI: GLINA VISOKE PLASTIČNOSTI
- MH: PRAH VISOKE PLASTIČNOSTI
- MI-CL: PRAH, GLEJNOST, NISKE PLASTIČNOSTI
- ML-SFs: PRAH DO PRAŠINASTI PRAŠAK, NISKE PLASTIČNOSTI
- SFs: PRAŠAK, PRAŠINASTI, JEKNOBILNO GRADIVAN
- SFs-SU: PRAŠAK, PRAŠINASTI SVIH FRAKCIJA, MESTIMICNO JEKNOBILNO GRADIVAN
- SFs-SW: PRAŠAK, PRAŠINASTI, JEKNOBILNO GRADIVAN, NEJEDNOLIKO SVEJEDNOLIKO GRADIVAN
- SW: PRAŠAK, DOBRO GRADIVAN
- GW: ŠLJUNAK DOBRO GRADIVAN
- GC: ŠLJUNAK ZAGUŠTENI
- GP: ŠLJUNAK SLABO GRADIVAN
- GP-GM: ŠLJUNAK, SLABO GRADIVAN, PRAŠKOVIT, STIŠNI DO SREDNJIH FRAKCIJA
- OL-CL: GLINA, PRAŠINASTA NISKE PLASTIČNOSTI, OROVANA
- CL-SFs: GLINA, PRAŠKOVITA, NISKE PLASTIČNOSTI, PRAŠINASTA
- GP-GFs: ŠLJUNAK, SLABO GRADIVAN, PRAŠINAST, PRAŠKOVIT
- GW-GFs: ŠLJUNAK DOBRO GRADIVAN, PRAŠINAST, PRAŠKOVIT
- GM-GP: ŠLJUNAK SLABO GRADIVAN, VEZAN PRAŠKOM
- GP: ŠLJUNAK, SLABO GRADIVAN
- Gfs: ŠLJUNAK, PRAŠINAST, PRAŠKOVIT
- GC: ŠLJUNAK, GLEJNOST
- GM: ŠLJUNAK, PRAŠINAST

STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS SPP - NOVE SONDE:

- x (N): registriran broj udaraća noža
- x (S): korigirani broj udaraća šiljka

SPP - STARE SONDE:

- x (N): (S) - registriran broj udaraća noža, (S) - korigirani broj udaraća šiljka

POJAVA VODE U SONDAŽNOJ BUŠOTINI U VRIJEME SONDIRANJA:

- : RAZINA VODE U SONDAŽNOJ BUŠOTINI NAKON SONDIRANJA

IZMJENA BR.	OPIS	DATUM	POTPIS

INVESTITOR:
HRVATSKE VODE
BEOGRADSKA ULICA 110, 10000 BEOGRAD

RAZINA I STRUKTURNA ODREĐENJA:
GLAVNI GEOTEHNIČKI PROJEKT

GRADIVINA:
ODRŽAVANJE I REKONSTRUKCIJA CESTOVNIH MOSTOVA I NADPRAVA
PRAŠINASTI ODOVANI NA PODRUČJU ODREĐENIH MESTIMA U OKOLINAMA CESTOVNIH MOSTOVA PREKO PROKOPA
+ I II. I III. IZMJENE: PROJEKTOVANJE, IZRAĐIVANJE I PRAĆENJE ODRŽAVANJA

DIO GRAĐEVINE:
CESTOVNI MOST PREKO PROKOPA

MAPA:
25. CESTOVNI MOST PREKO PROKOPA - GEOTEHNIČKI PROJEKT

SADRŽAJ:
SITUACIJA GRAĐEVINE I ISTRAŽNIH RADOVA

GLAVNI PROJEKTANT: ĐARKO JELEŠIĆ, mag.ing.aedif.

PROJEKTANTI: ZORAN ŽUPANIĆ, mag.ing.aedif.

INVAZIVNA KONTROLA I NADZOR GRAĐEVINARSTVA:
Zoran Županić
mag.ing.aedif.

SURADNICI: BRANIMIR MILOVANOVIC, mag.ing.aedif.

OSNOVNA DOKUMENTA: IGH - PKK - 25 - 1101

IZVODNA ODRŽAVANJA:
IGH

RAZINA I STRUKTURNA ODREĐENJA:
GLAVNI GEOTEHNIČKI PROJEKT

GRADIVINA:
ODRŽAVANJE I REKONSTRUKCIJA CESTOVNIH MOSTOVA I NADPRAVA
PRAŠINASTI ODOVANI NA PODRUČJU ODREĐENIH MESTIMA U OKOLINAMA CESTOVNIH MOSTOVA PREKO PROKOPA
+ I II. I III. IZMJENE: PROJEKTOVANJE, IZRAĐIVANJE I PRAĆENJE ODRŽAVANJA

DIO GRAĐEVINE:
CESTOVNI MOST PREKO PROKOPA

MAPA:
25. CESTOVNI MOST PREKO PROKOPA - GEOTEHNIČKI PROJEKT

SADRŽAJ:
SITUACIJA GRAĐEVINE I ISTRAŽNIH RADOVA

GLAVNI PROJEKTANT: ĐARKO JELEŠIĆ, mag.ing.aedif.

PROJEKTANTI: ZORAN ŽUPANIĆ, mag.ing.aedif.

INVAZIVNA KONTROLA I NADZOR GRAĐEVINARSTVA:
Zoran Županić
mag.ing.aedif.

SURADNICI: BRANIMIR MILOVANOVIC, mag.ing.aedif.

OSNOVNA DOKUMENTA: IGH - PKK - 25 - 1101

RN: 62230888
 NARUČITELJ: Hrvatske vode d.o.o., Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb
 IZVOĐAČ: INSTITUT IGH d.d. Zagreb
 GRAĐEVINA: MOST PREKO PROKOPA KUPA KORANA

INSTITUT IGH d.d.
 ZAGREB



PRESJEK ISTRAŽIVAČKE BUŠOTINE: BK-1

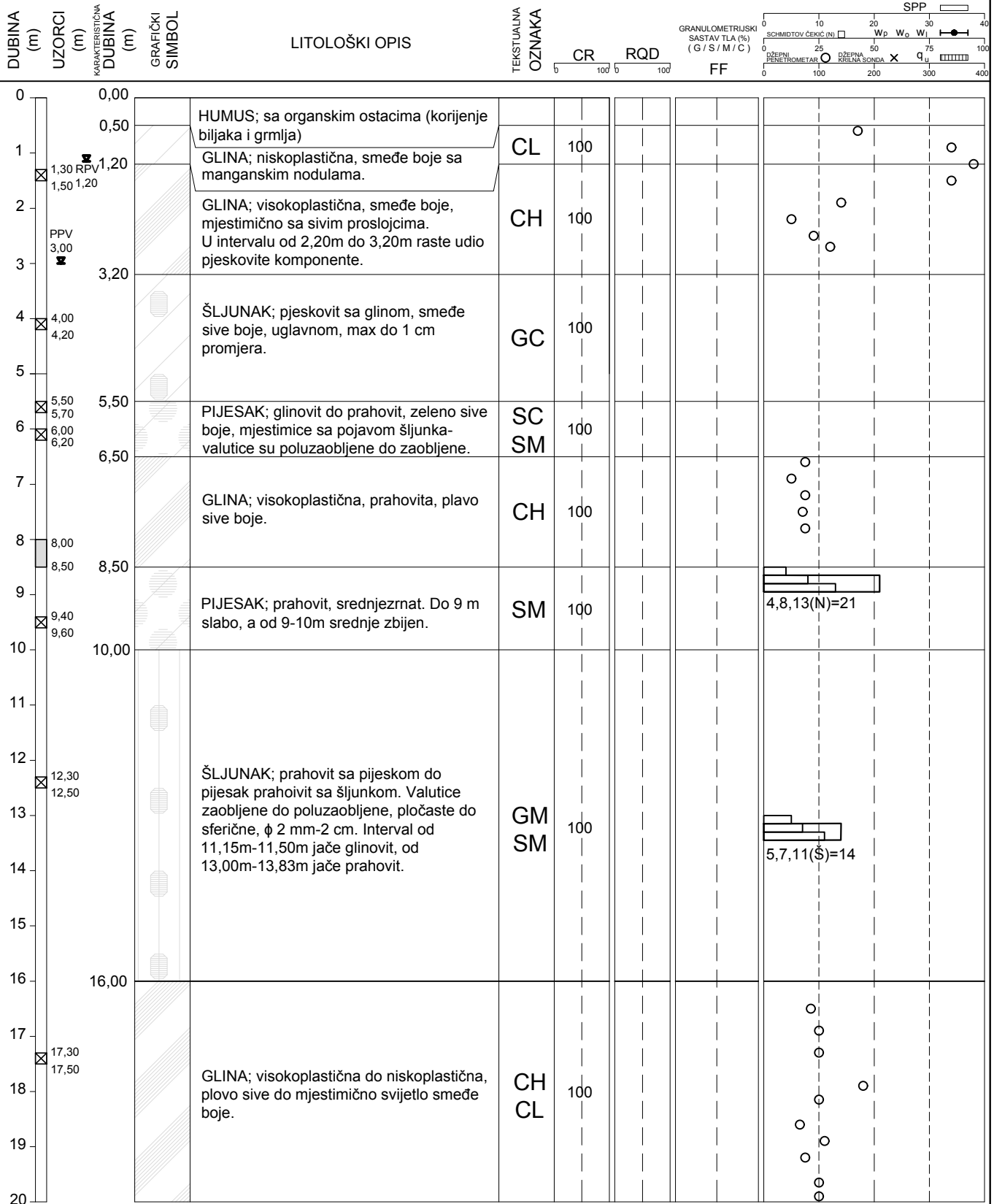
KOORDINATE HTRS96: X= 428920
 Y= 5038403

DATUM: 05.05.2023.
 DETERMINACIJA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.
 OBRADA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.
 M 1:100

POZICIJA: BK-1

LIST 1 / 1

☒ POREMEĆENI UZORAK (tlo) CR DOBIVENA JEZGRA (%) q_u JEDNOOSNA TLAČNA ČVRSTOĆA (kPa-tlo, MPa-stijena)
 ■ NEPOREMEĆENI UZORAK (tlo, stijena) RQD KVALITETA STIJENE (%) SPP STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS (broj udaraca)
 ▽ POJAVA / RAZINA PODZEMNE VODE FF UČESTALOST PUKOTINA (N / m²) w_p, w_L, w_i ATTERBERGOVE GRANICE I PRIRODNA VLAŽNOST(%)



RN: 62230888

NARUČITELJ: Hrvatske vode d.o.o., Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb

INSTITUT IGH d.d.
ZAGREB



IZVOĐAČ: INSTITUT IGH d.d. Zagreb

GRAĐEVINA: MOST PREKO PROKOPA KUPA KORANA

PRESJEK ISTRAŽIVAČKE BUŠOTINE: BK-1

KOORDINATE HTRS96: X= 428920

DATUM: 05.05.2023.

Y= 5038403

DETERMINACIJA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.

OBRADA:

Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.

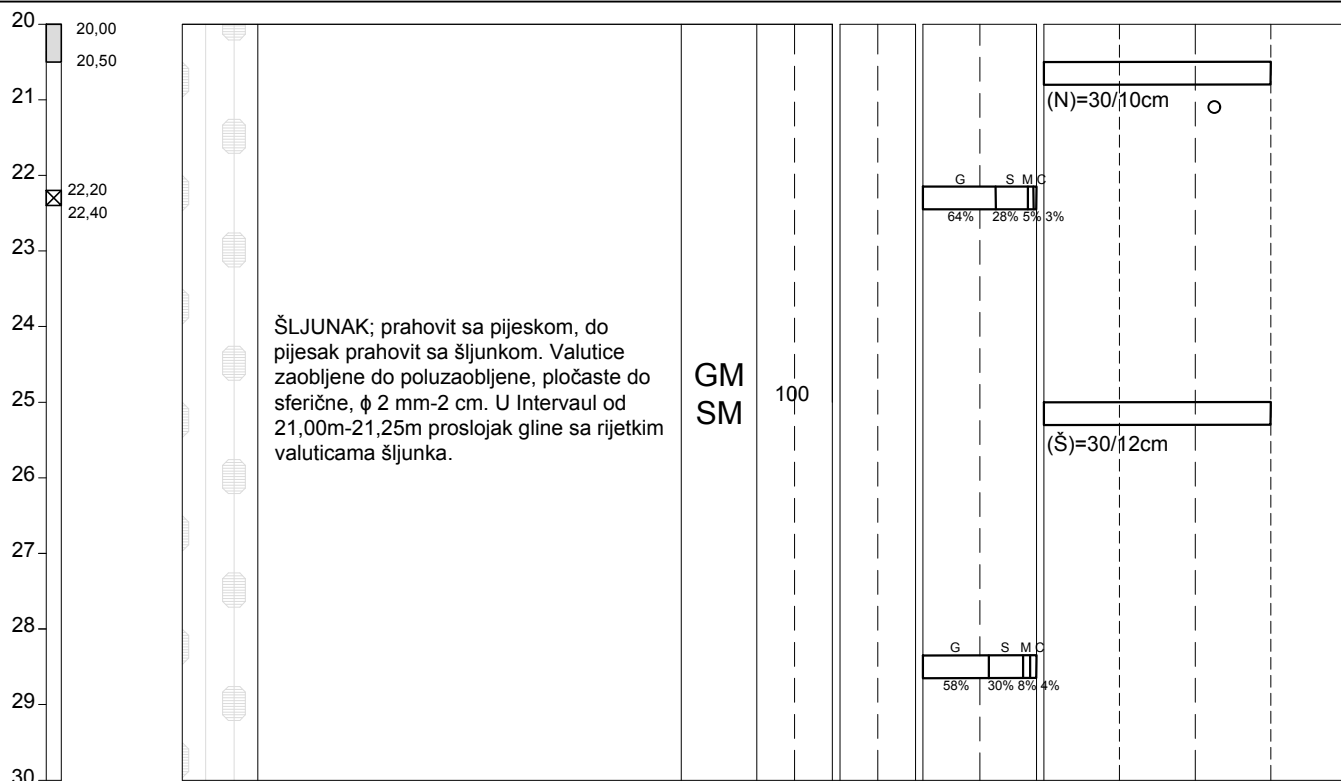
POZICIJA: BK-1

M 1:100

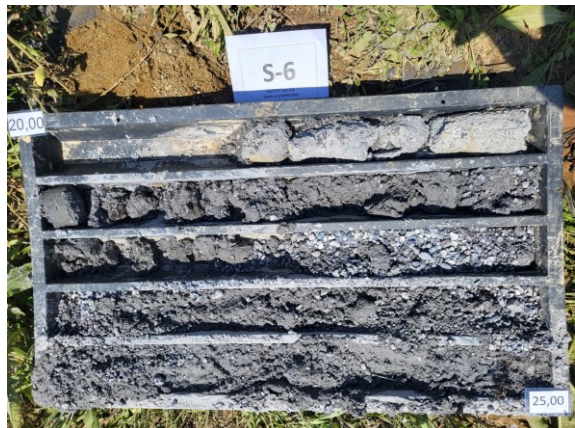
LIST 1 / 1

<input checked="" type="checkbox"/> POREMEĆENI UZORAK (tlo)	CR DOBIVENA JEZGRA (%)	q_u JEDNOOSNA TLAČNA ČVRSTOĆA (kPa-tlo, MPa-stijena)
<input checked="" type="checkbox"/> NEPOREMEĆENI UZORAK (tlo, stijena)	RQD KVALITETA STIJENE (%)	SPP STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS (broj udaraca)
<input checked="" type="checkbox"/> POJAVA / RAZINA PODZEMNE VODE	FF UČESTALOST PUKOTINA (N / m')	w_p, w_o, w_l ATTERBERGOVE GRANICE I PRIRODNA VLAŽNOST(%)

DUBINA (m)	UZORCI (m)	KARAKTERISTIČNA DUBINA (m)	GRAFIČKI SIMBOL	LITOLOŠKI OPIS	TEKSTUALNA OZNAKA	CR	RQD	FF	GRANULOMETRIJSKI SASSTAV TLA (%) (G / S / M / C)	SCHMIDTOV CERIČ (N)	W _p	W _o	W _l	DŽEPNI PENETROMETAR	DŽEPNA KRILNA SONDRA	q _u	SPP
------------	------------	----------------------------	-----------------	----------------	-------------------	----	-----	----	--	---------------------	----------------	----------------	----------------	---------------------	----------------------	----------------	-----



SLIKE LOKACIJE I
BUŠOTINE BK-1



RN: 62230888

NARUČITELJ: Hrvatske vode d.o.o., Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb

IZVOĐAČ: INSTITUT IGH d.d. Zagreb

GRAĐEVINA: MOST PREKO PROKOPA KUPA KORANA

INSTITUT IGH d.d.
ZAGREB



PRESJEK ISTRAŽIVAČKE BUŠOTINE: BK-2

KOORDINATE HTRS96: X= 428997

Y= 5038302

DATUM: 25.05.2023.

DETERMINACIJA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.

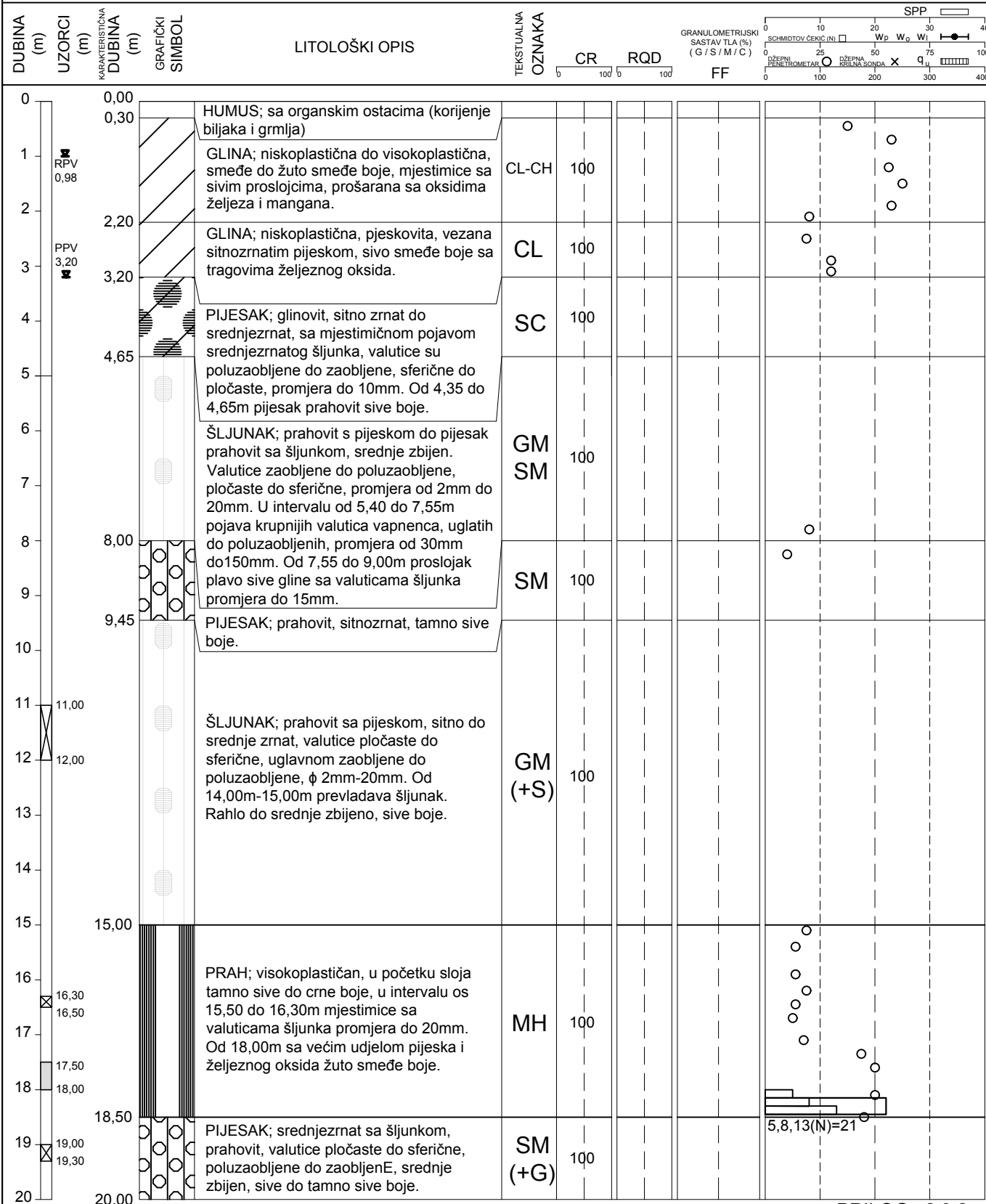
OBRADA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.

POZICIJA: BK-2

M 1:100

LIST 1 / 2

POREMEĆENI UZORAK (tlo) CR DOBIVENA JEZGRA (%) q_u JEDNOOSNA TLAČNA ČVRSTOĆA (kPa-tlo, MPa-stijena)
 NEPOREMEĆENI UZORAK (tlo, stijena) RQD KVALITETA STIJEENE (%) SPP STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS (broj udaraca)
 POJAVA / RAZINA PODZEMNE VODE FF UČESTALOST PUKOTINA (N / m') w_p, w_o, w_l ATTERBERGOVE GRANICE I PRIRODNA VLAŽNOST(%)



RN: 62230888

NARUČITELJ: Hrvatske vode d.o.o., Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb

IZVOĐAČ: INSTITUT IGH d.d. Zagreb

GRAĐEVINA: MOST PREKO PROKOPA KUPA KORANA

INSTITUT IGH d.d.
ZAGREB



PRESJEK ISTRAŽIVAČKE BUŠOTINE: BK-2

KOORDINATE HTRS96: X= 428920
Y= 5038403

DATUM: 05.05.2023.

DETERMINACIJA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.

OBRADA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.

POZICIJA: BK-2

M 1:100

LIST 2 / 2

POREMEĆENI UZORAK (tlo)

CR DOBIVENA JEZGRA (%)

q_u JEDNOOSNA TLAČNA ČVRSTOĆA (kPa-tlo, MPa-stijena)

NEPOREMEĆENI UZORAK (tlo, stijena)

RQD KVALITETA STIJENE (%)

SPP STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS (broj udaraca)

POJAVA / RAZINA PODZEMNE VODE

FF UČESTALOST PUKOTINA (N / m')

w_p, w_o, w_i ATTERBERGOVE GRANICE I PRIRODNA VLAŽNOST(%)

DUBINA (m)
UZORCI (m)
KARAKTERISTIČNA DUBINA (m)
GRAFIČKI SIMBOL

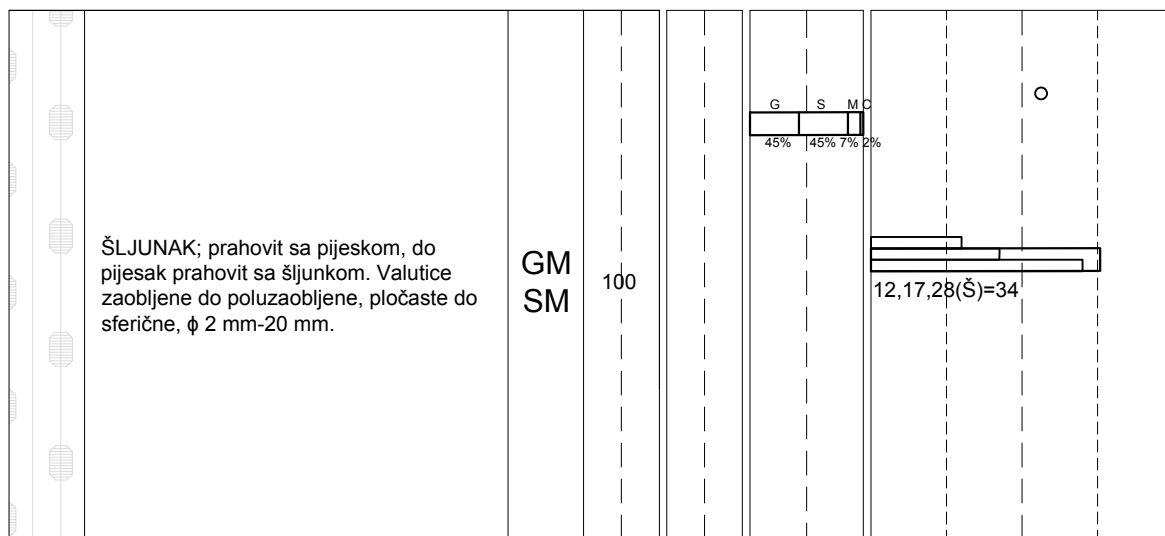
LITOLOŠKI OPIS

TEKSTUALNA OZNAKA

CR RQD

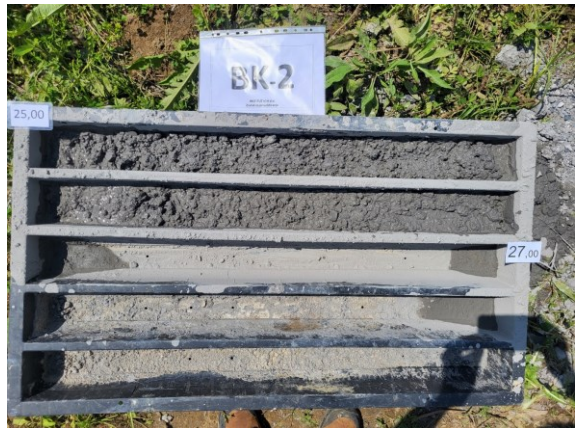
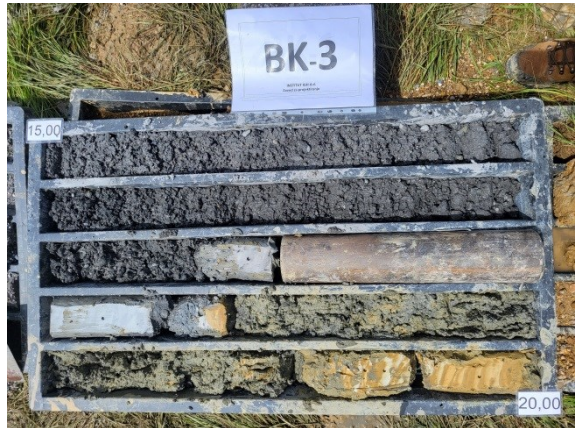
GRANULOMETRIJSKI SASTAV TLA (%) (G / S / M / C)

SPP
SCHMIDTOV ČEKIĆ (N) 0 10 20 30 40
DŽEPNI PENETRIMETAR 0 25 50 75 100
DŽEPNA KRILNA SONDRA X q_u
0 100 200 300 400



(Š)=30/10cm

SLIKE LOKACIJE I
NABUŠENE JEZGRE BK-2



RN: 62230888
NARUČITELJ: Hrvatske vode d.o.o., Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb
IZVOĐAČ: INSTITUT IGH d.d. Zagreb
GRAĐEVINA: MOST PREKO PROKOPA KUPA KORANA

INSTITUT IGH d.d.
 ZAGREB



PRESJEK ISTRAŽIVAČKE BUŠOTINE: BK-3

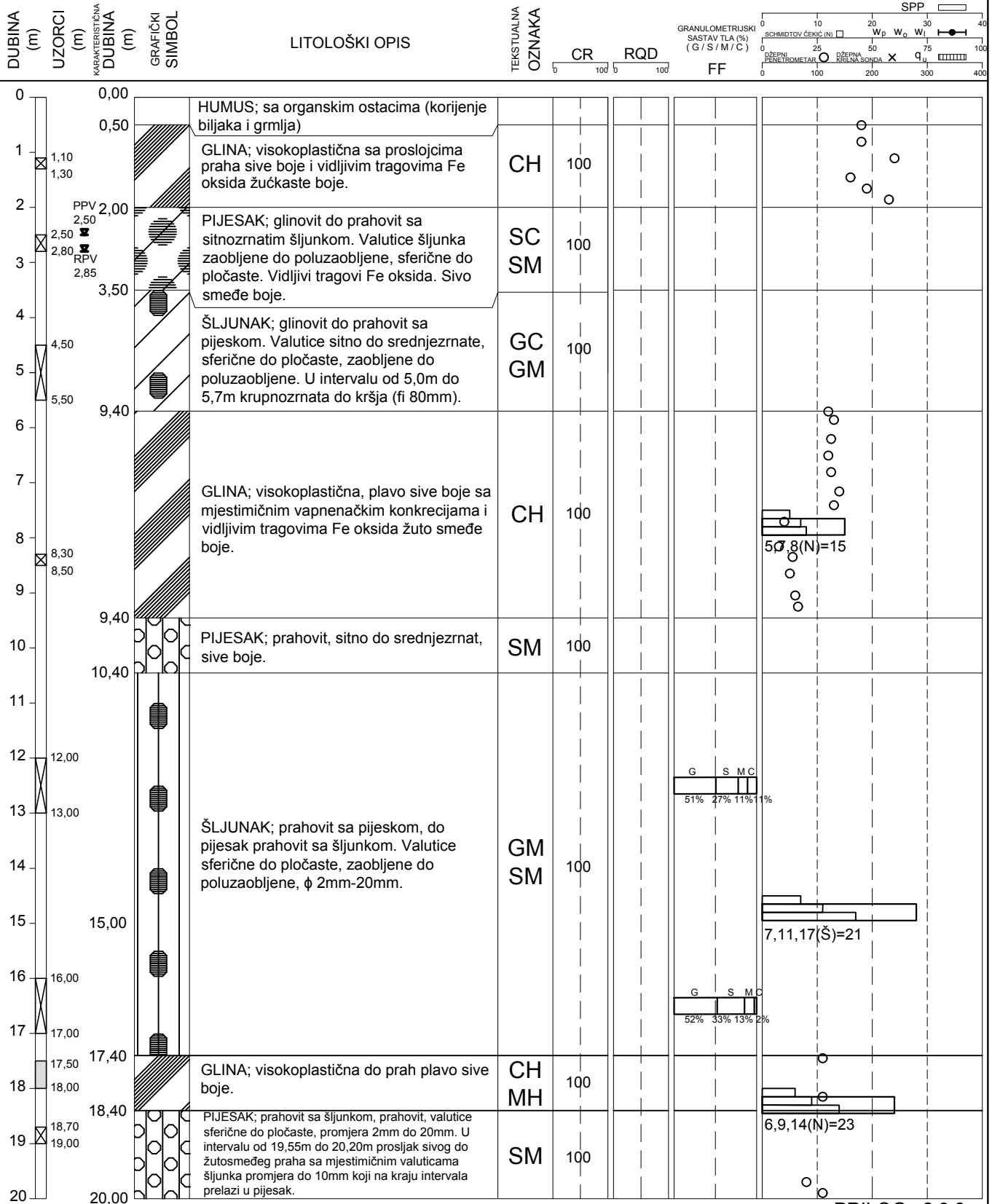
KOORDINATE HTRS96: X= 428843
 Y= 5038424

DATUM: 06.06.2023.
DETERMINACIJA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.
OBRADA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.
M 1:100

POZICIJA: BK-3

LIST 1 / 2

☒ POREMEĆENI UZORAK (tlo) CR DOBIVENA JEZGRA (%) q_u JEDNOOSNA TLAČNA ČVRSTOĆA (kPa-tlo, MPa-stijena)
 ■ NEPOREMEĆENI UZORAK (tlo, stijena) RQD KVALITETA STIJENE (%) SPP STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS (broj udaraca)
 ▽ POJAVA / RAZINA PODZEMNE VODE FF UČESTALOST PUKOTINA (N / m³) w_p, w_o, w_l ATTERBERGOVE GRANICE I PRIRODNA VLAŽNOST(%)



PRILOG 2.3.3.a

RN: 62230888

NARUČITELJ: Hrvatske vode d.o.o., Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb

INSTITUT IGH d.d. ZAGREB



IZVOĐAČ: INSTITUT IGH d.d. Zagreb

GRAĐEVINA: MOST PREKO PROKOPA KUPA KORANA

PRESJEK ISTRAŽIVAČKE BUŠOTINE: BK-3

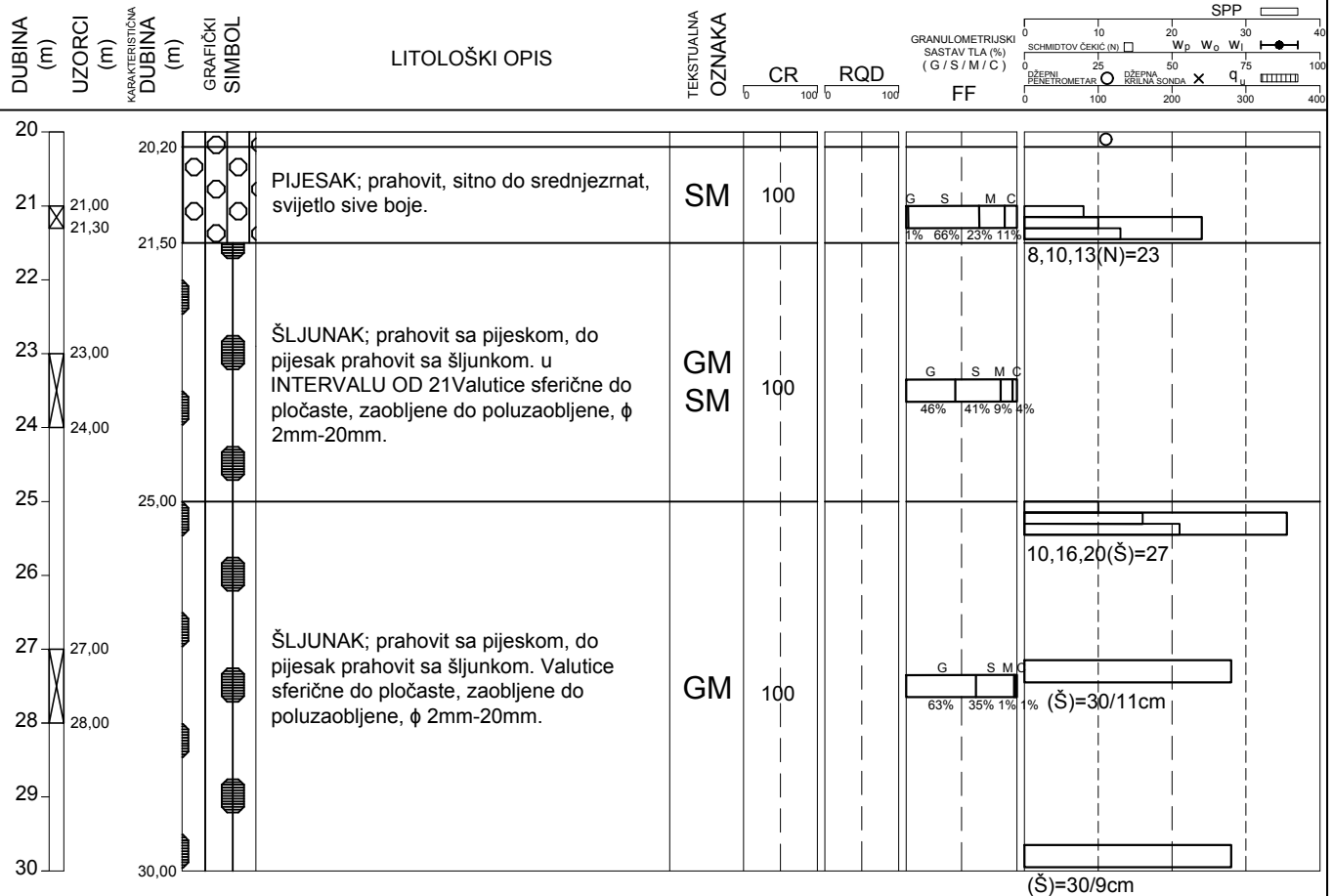
KOORDINATE HTRS96: X= 428843
Y= 5038424

DATUM: 06.06.2023.
DETERMINACIJA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.
OBRADA: Marko Gradinščak, dipl.ing.geol.
M 1:100

POZICIJA: BK-3

LIST 2 / 2

☒ POREMEĆENI UZORAK (tlo) CR DOBIVENA JEZGRA (%) q_u JEDNOOSNA TLAČNA ČVRSTOĆA (kPa-tlo, MPa-stijena)
 ■ NEPOREMEĆENI UZORAK (tlo, stijena) RQD KVALITETA STIJENE (%) SPP STANDARDNI PENETRACIJSKI POKUS (broj udaraca)
 ▽ POJAVA / RAZINA PODZEMNE VODE FF UČESTALOST PUKOTINA (N / m') w_p, w_o, w_l ATTERBERGOVE GRANICE I PRIRODNA VLAŽNOST(%)



SLIKE LOKACIJE I
BUŠOTINE BK-3



IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU

granulometrijskog sastava tla

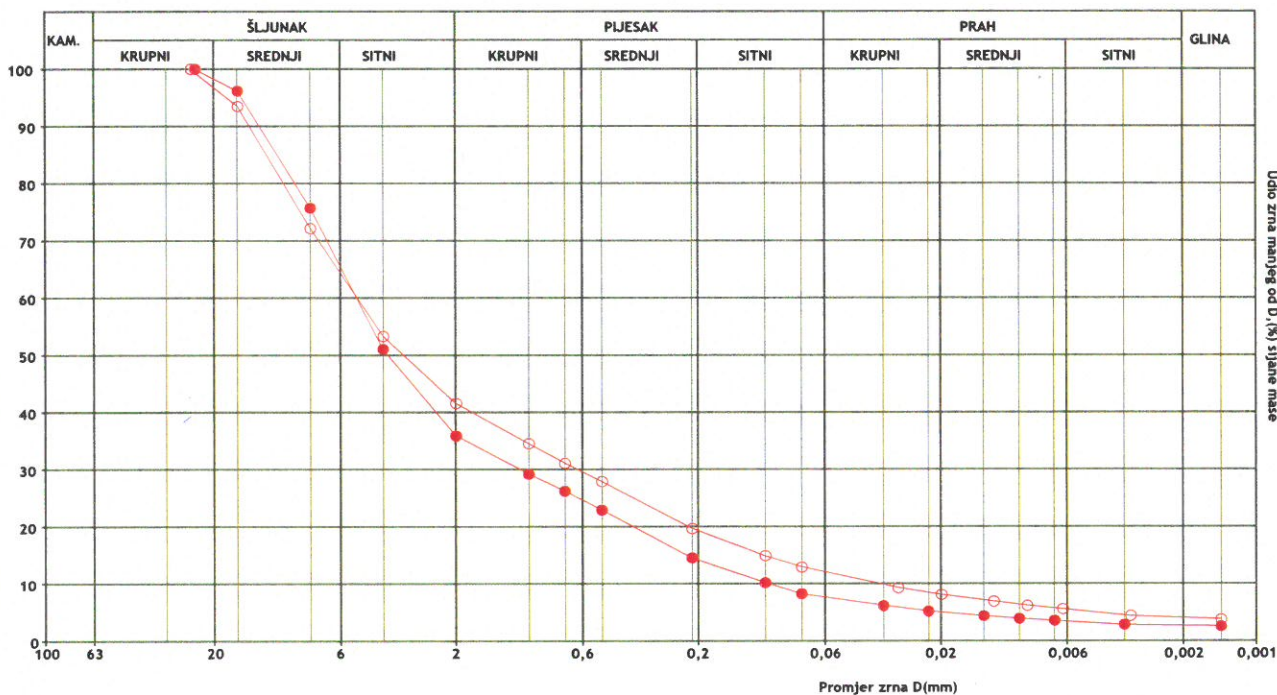
br. 72540-GS-23 0973_23 0974

Naručitelj: HRVATSKE VODE
UL. GRADA VUKOVARA 220
10000, ZAGREB

Objekt: Cestovni most preko prokopa Korana-Kupa

Radni nalog: 62315986

Ispitivanje: ASTM D 422-63 (2007)



Oznaka uzorka	Bušotina	Dubina (m)	Datum primitka	Datum ispitivanja	Opis zrna (oblik, tvrd.)	Max. zrno (mm)	C_u	C_c	G(%)	S(%)	M(%)	C(%)
● - 23 0973	BK1	22,20-22,40	2023-06-02	2023-06-06	zaobljen, tvrd i trajan	24	50,12	2,29	64,08	28,27	4,97	2,68
○ - 23 0974	BK1	28,00-29,00	2023-06-02	2023-06-06	zaobljen, tvrd i trajan	25	144,55	2,19	58,40	29,57	7,98	4,05

Disperzija uzorka za areometriranje radena je u električnoj mješalici, dužina mješanja 1 minuta

Odgovoran za ispitivanje <i>Ratko Savi</i> Ratko Savi, struč.spec.ing.aedif.	Mjesto i datum izrade izvještaja Zagreb, 2023-06-10	Voditelj laboratorija <i>Edin Serdarević</i> Edin Serdarević, ing. građ.
--	--	--

Laboratorij očekuje od naručitelja informaciju o usluzi na dostavljenom obrascu ili na www.igh.hr

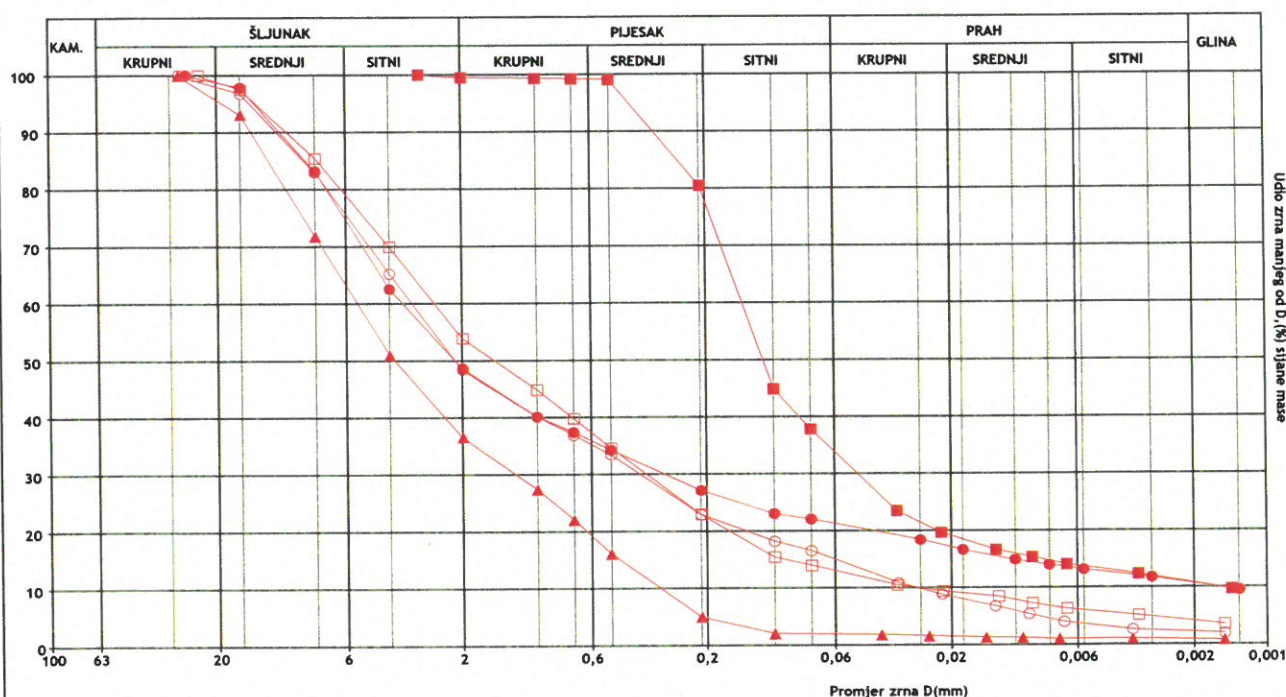
Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke. Djelomično umnožavanje ovog izvještaja nije dopušteno bez pisanog odobrenja Voditelja laboratorija.

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU granulometrijskog sastava tla

br. 72540-GS-23 1044_23 1045_23 1046_23 1047_23 1048

Naručitelj: HRVATSKE VODE
UL. GRADA VUKOVARA 220
10000, ZAGREB

Objekt: Cestovni most preko prokopa Korana-Kupa
Radni nalog: 62315986
Ispitivanje: ASTM D 422-63 (2007)



Oznaka uzorka	Bušotina	Dubina (m)	Datum primitka	Datum ispitivanja	Opis zrna (oblik, tvrd.)	Max. zrno (mm)	C_u	C_c	G(%)	S(%)	M(%)	C(%)
● - 23 1044	BK3	12,00-13,00	2023-06-16	2023-06-20	zaobljen, tvrd i trajan	27	2289,12	15,84	51,34	27,36	10,61	10,69
○ - 23 1045	BK3	16,00-17,00	2023-06-16	2023-06-20	zaobljen, tvrd i trajan	29	117,50	1,62	51,59	33,41	12,84	2,16
■ - 23 1046	BK3	21,00-21,30	2023-06-16	2023-06-20	uglat, tvrd i trajan	3	91,13	10,46	0,51	65,59	23,12	10,78
□ - 23 1047	BK3	23,00-24,00	2023-06-16	2023-06-20	zaobljen, tvrd i trajan	24	97,71	1,78	46,07	40,90	8,87	4,16
▲ - 23 1048	BK3	27,00-28,00	2023-06-16	2023-06-20	zaobljen, tvrd i trajan	29	17,38	0,87	63,40	34,68	1,05	0,87

Disperzija uzorka za areometriranje rađena je u električnoj mješalici, dužina mješanja 1 minuta

Odgovoran za ispitivanje Ratko Savić, struč.spec.ing.aedif.	Mjesto i datum izrade izvještaja Zagreb, 2023-06-23	Voditelj laboratorija Edin Serdarević, ing. grad.
--	--	--

Laboratorij očekuje od naručitelja informaciju o usluzi na dostavljenom obrascu ili na www.igh.hr

Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke. Djelomično umnožavanje ovog izvještaja nije dopušteno bez pisanog odobrenja Voditelja laboratorija.

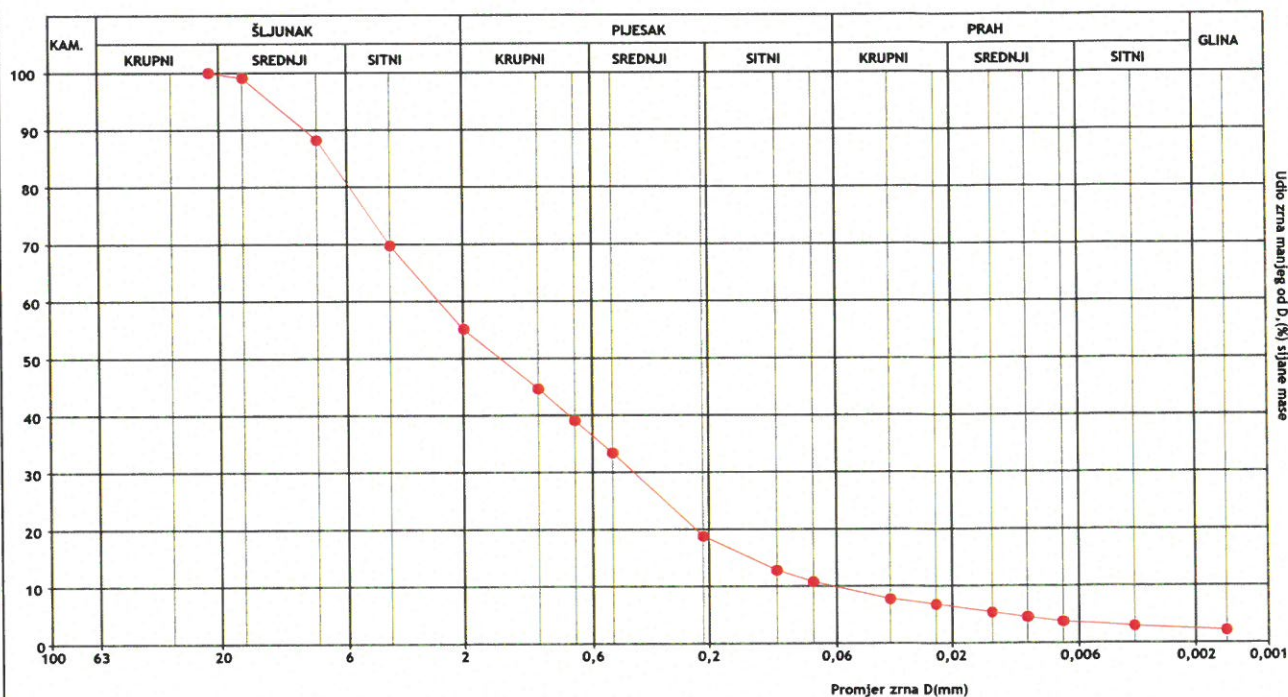
IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU granulometrijskog sastava tla br. 72540-GS-23 1043

Naručitelj: HRVATSKE VODE
UL. GRADA VUKOVARA 220
10000, ZAGREB

Objekt: Cestovni most preko prokopa Korana-Kupa

Radni nalog: 62315986

Ispitivanje: ASTM D 422-63 (2007)



Oznaka uzorka	Bušotina	Dubina (m)	Datum primitka	Datum ispitivanja	Opis zrna (oblik, tvrd.)	Max. zrno (mm)	C _u	C _c	G(%)	S(%)	M(%)	C(%)
• - 23 1043	BK2	21,00-22,00	2023-06-16	2023-06-23	zaobljen, tvrd i trajan	22	40,74	1,07	44,82	45,30	7,43	2,45

Disperzija uzorka za areometriranje rađena je u električnoj mješalici, dužina mješanja 1 minuta

Odgovoran za ispitivanje Ratko Savić, struč.spec.ing.aedif.	Mjesto i datum izrade izvještaja Zagreb, 2023-06-23	Voditelj laboratorija Edin Serdarević, ing. grad.
--	--	--

Laboratorij očekuje od naručitelja informaciju o usluzi na dostavljenom obrascu ili na www.igh.hr

Rezultati ispitivanja odnose se samo na ispitane uzorke. Djelomično umnožavanje ovog izvještaja nije dopušteno bez pisanog odobrenja Voditelja laboratorija.

PRILOG 2.5. GEOFIZIČKA ISPITIVANJA

POPIS SUDIONIKA NA IZRADI IZVJEŠTAJA:

Geofizički terenski radovi:

Dino Posarić, mag.ing.geol.
Lovro Plejić, mag.geol.
Marko Gradinščak, mag.geol.
Antun Hendija, teh.

Analiza i obrada rezultata:

Dino Posarić, mag.ing.geol.
Antonio Drdić, mag.ing.geol.

SADRŽAJ:	br.str.
Uvod	2
Seizmička refrakcijska istraživanja	2
Geoelektrična tomografija.....	6

PRILOZI

1. REFRAKCIJSKA SEIZMIKA
2. GEOELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA

UVOD

U svrhu izrade geotehničkog projekta za izradu projekta izgradnje mosta između rijeke Korane i Kupe provedena su geofizička ispitivanja. Područje istraživanja većinom čine aluvijalne naslage. Težište ispitivanja bilo je na utvrđivanju stanja naslaga u podlozi te utvrđivanju njegovog prostornog rasporeda i fizičko-mehaničkih karakteristika. Primijenjena je metoda, smjer geofizičkih profila i duljina izvedeni su u skladu s programom istražnih radova i u konzultaciji s projektantom.

Iz rezultata seizmičkih geofizičkih ispitivanja, na temelju brzina kompresivnih seizmičkih valova, kao i njihovog prostornog rasporeda u podlozi, moguće je odrediti i ocijeniti:

- dubinu i debljinu tla i materijala u podlozi
- lateralne kontakte u temeljnom tlu ili stijeni, kao posljedice izmjene vrste ili kvalitete litoloških članova u temeljnom tlu
- vertikalne presjeke materijala i stijena duž zadanih profila
- položaje rasjednih zona i veličine pomaka duž rasjeda

Dok iz rezultata geoelektričnih tomografskih ispitivanja, a na temelju otpornosti sredina u podzemlju, kao i njihovog prostornog rasporeda u podlozi, moguće je odrediti i ocijeniti:

- litološku građu terena,
- lateralne i vertikalne izmjene naslaga

Terenske radove i obradu rezultata obavila je geofizička ekipa, Odjela za geotehnička istraživanja, Zavoda za projektiranje, Instituta IGH d.d. iz Zagreba. Terenska mjerenja izvršena su u lipnju 2023. godine.

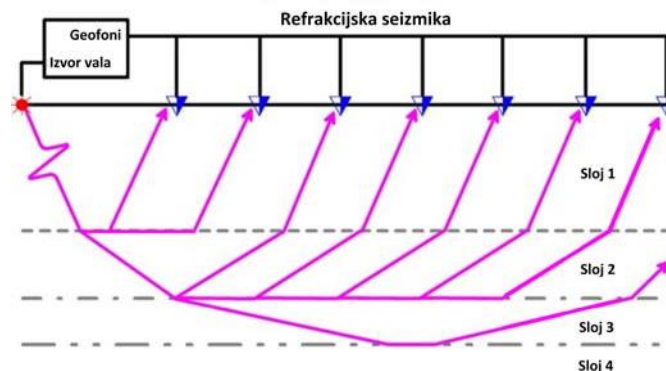
SEIZMIČKA REFRAKCIJSKA ISTRAŽIVANJA

O metodi i njezinoj primjeni

Uspješna primjena seizmičkih metoda, pa tako i refrakcije seizmika, temelji se na činjenici da podzemni slojevi imaju različitu gustoću i elastična svojstva, koja izravno ovise o njihovu litološkom sastavu. Refrakcijska seizmika (Slika 1) zasniva se na određivanju brzina seizmičkih valova i njihovog prostornog rasporeda, a primjenjuje se u svrhu kontinuiranog praćenja prostornog rasporeda i promjena u fizičko-mehaničkim karakteristikama stjenovite mase i materijala u podlozi. Analiza izmijenjenih svojstava seizmičkih valova, utvrđenih na granicama značajnijih elastičnih diskontinuiteta, stoga omogućuje određivanje strukturno-tektonske građe podzemlja i litološkog sastava podzemnih slojeva.

Refrakcijska metoda temelji se na refrakciji elastičnih valova na granici dviju sredina čije brzine zadovoljavaju uvjet pozitivnog vertikalnog gradijenta. Elastični valovi pobuđeni na površini počinju se širiti brzinom prve sredine. Za ovu metodu je najvažniji val koji na granicu sredina dolazi pod kritičnim kutom ili kutom totalne refrakcije. On se dalje širi duž granice brzinom donjeg medija i vraća na površinu (prema Hygensovom načelu), gdje pobuđuje postavljene geofone.

Vremena od emitiranja do prijama seizmičkih valova ovise o dubinama istraživanih objekata i brzinama širenja seizmičkih valova duž puta njihova širenja, od izvora preko refraktora do prijarnika. Za iniciranje mehaničke sile, odnosno umjetno izazvanih potresnih valova, rabe se razni uređaji koji udarom po površini prenose mehaničku silu u podzemlje. Iz geometrije rasporeda geofona i točaka "paljenja" na površini terena, te registriranih vremena prvih nailazaka elastičnog vala formiraju se s-t dijagrami (s-udaljenost, t-vrijeme), tzv. dromokrone. Primjenom direktnih metoda i metoda inverznog modeliranja iz dromokrona se određuju dubine i prostorni rasporedi elastičnih diskontinuiteta.



Slika 1. Shematski prikaz rada metodom refrakcijske seizmike.

Uvjeti i ograničenja

Za uspješnu primjenu direktnih i inverznih metoda interpretacije; seizmičke refrakcije (plus- minus metoda, metoda valne fronte, CMP-metoda, GRM-metoda i sl.), u određivanju granica različitih sredina po dubini treba postojati tzv. normalan slijed brzina, što znači da se materijali veće brzine elastičnih valova trebaju nalaziti ispod onih s manjom brzinom. U obrnutom slučaju ne može doći do totalne refrakcije valova duž plohe diskontinuiteta.

Inverzija brzina učestala je i sasvim normalna pojava (npr. u kršu kod pojave kaverni, zatim raspucanih vapnenaca ispod kompaktnih, fliških lapora ispod vapnenaca, kod različite zbijenosti i saturiranosti sedimentnih serija i sl.), pa u takvim slučajevima metoda, korištena na "klasičan" način, ne daje posve točne rezultate po dubini, no njezina primjena je ipak opravdana jer se dobro može izdvojiti debljina prve, redovito prisutne, trošne zone materijala najmanje brzine.

Uvođenjem inverznog modeliranja i numeričkih metoda obrade podataka ovo je ograničenje uklonjeno i povećana je primjena refrakcijske seizmičke metode u rješavanju kompleksnih geoloških problema. Metoda koja se pored ranije navedenih refrakcijskih metoda koristi pri završnoj obradi rezultata seizmičkih istraživanja je inverzna Delta-t-V metoda, (Gebrande, Miller, 1985). Delta-t-V metoda daje kontinuirani raspored brzina sa dubinom u seizmičkom profilu, a uključuje vertikalne gradijente brzina, linearni porast brzine sa dubinom i inverzne rasporede brzina. Plići se dijelovi seizmičkih profila podvrgavaju kontroli WET (Wavepath Eikonol Traveltime; Schuster 1993, Watanabe 1999, Lecomte 2000.), tomografskom obradom, čime se dodatno poboljšavaju rezultati dobiveni Delta-t-V metodom na manjim dubinama.

Opseg terenskih radova, obrada i prikaz refrakcijskih rezultata

Terenska seizmička refrakcijska snimanja izvršena su duž jednog (1) seizmičkog profila, ukupne duljine 175 m (Tablica 1.). Lokacije profila vezane su uz pozicije bušotina, a smjerovi su odabrani i zadani od strane projektanta te naknadno prilagođeni uvjetima na samom terenu.

Tablica 1. Pregled profila obavljenih na predmetnoj lokaciji.

NAZIV PROFILA	DULJINA (m)	AZIMUT (°)
REF_KUPA-1	175	120

Parametri snimanja i rasporedi geofona prilagođeni su zahtjevima dubinskim zahvatima planiranim do 50 metara dubine. Snimanje je izvršeno digitalnim seizmografom TERRALOC ABEM PRO 2 (Slika 2). Kao izvor vala na točkama paljenja poslužio je teški čekić. Broj i raspored točaka paljenja bio je 13, a određen je ovisno o duljini seizmičkih dispozitiva i primjeren tehničkim uvjetima prilagođenim primjeni Delta-t-V metode. Za prijem signala korišteni su geofoni rezonantne frekvencije 10 Hz.

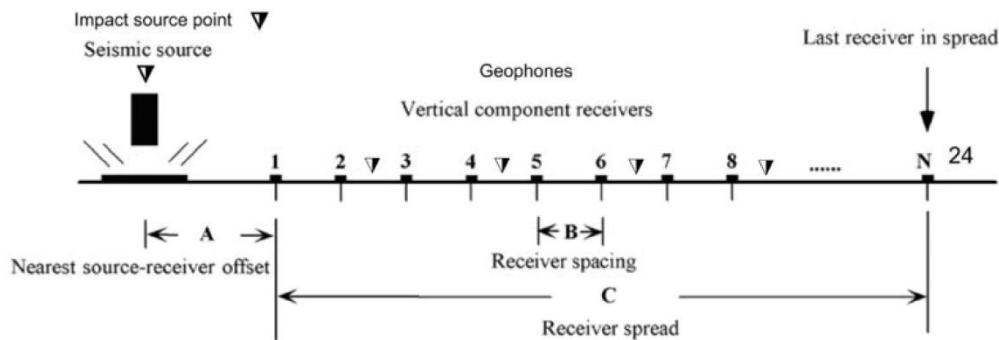


Number of channels	12, 24 and 48 (Upgradeable)
Additional channels more units together	Easily obtained by linking two or more units together
Reference channels	Yes, 2 additional independent
Sampling rate	100 Hz - 50 kHz (20 μ s - 10 ms) (user selectable)
Record length	Up to 480 000 samples /ch. equivalent to: 5,1 ms - 80 min (user selectable)
Pre-trig record	0-100 % of record length (user selectable)
Delay time	Up to 2 minutes (user selectable)
Stacking	32 bits, up to 999 impacts (user selectable)
Unstack	Remove last shot from stack (user selectable)
Trigger inputs	Trigger coil, make/break, geophone and TTL
A/D converter	24 bits
Dynamic range	(theoretical/measured) 144 dB / >120 dB
Input voltage range	0.5 Vpp, 5 Vpp, 12.5 Vpp

Slika 2. Prikaz digitalnog seizmografa TERRALOC ABEM PRO 2 i njegovih specifikacija.

Tri osnovna parametra pri mjerenju su:

1. Udaljenost izvora i prvog geofona, source-receiver offset: 2.5, 15, 30 m
2. Razmak geofona: 5 m
3. Duljina dispozitiva, razmak između prvog i zadnjeg geofona u profilu: 115 odnosno 175 m (Slika 3).



Slika 3. Prikaz rasporeda točaka paljenja i geofona

Takav raspored točaka paljenja i geofona osigurava dubinu interpretacije od 50 do 60 metara, ovisno o rasporedu seizmičkih diskontinuiteta.

Interpretacija refrakcijskih seizmičkih istraživanja

Rezultati istraživanja predočeni su u formi refrakcijskih presjeka, prema mikrolokacijama seizmičkih profila. Dubinski seizmički presjeci predočuju rasporede brzina na refrakcijskim profilima dobivenim Delta-t-V metodom i Kriging interpolacijskim modelom. Za prikaz rezultata korišteni su 2D presjeci.

Na dubinskim presjecima refrakcijskih profila izolinije brzina longitudinalnih valova prikazane su u intervalu od 0 do 5000 m/s, s inkrementom 500 m/s. Prikazi su upotpunjeni prognoznom litološkom determinacijom u opisu uz legendu. Radi lakšeg praćenja pokrovnih sedimenata te sastava i kvalitete naslaga u podlozi, korišten je 2D prikaz pokrovnih materijala, na kojem su naglašeni intervali brzina kompresivnih valova, s postepenom izmjenom nijansi tonova različitih boja. Stanje i kvaliteta naslaga je litološkim opisom determinirana, a s brzinama seizmičkih valova dodatno prostorno određena do dubine od 50 do 60 metara.

Seizmički profili svojom duljinom zahvaćaju i presijecaju različite litološke serije s vertikalnim i lateralnim diskontinuitetima koje mjestimično prate povećani gradijenti i skokoviti rasporede brzina.

Karakteristični dubinski presjek predstavlja kategorizaciju izvedenu na osnovu poznavanja brzina prostiranja longitudinalnih valova i granica seizmičkih diskontinuiteta. Njime se prognoziraju tri sredine različitih fizičko-mehaničkih karakteristika:

	Brzina širenja P-vala (m/s)	Prognozna litološka determinacija
1)	0-1700	<u>Glina s udjelima praha i pijeska</u> Prosječna debljina zone: ~ 0,0 do 10,0 m
2)	1700-3200	Šljunak, prahovit i glinovit Pijesak, prahoviti i glinovit Leće gline, prahovite do praha, glinovitog Prosječna debljina zone: ~ 1,0 do 15,0 m
3)	>3200	<u>OSNOVNA STIJENA</u> Šljunak, prahovit i pjeskovit Šljunak

Potrebno je napomenuti kako granice između pojedinih zona nisu uvijek oštre, a time i vrijednosti brzina pojedinih litoloških članova nisu izričito gore navedene vrijednosti. Ovi rezultati mogu biti korelirani i upotpunjeni determinacijom jezgri dobivenih istražnim bušenjem te inženjersko geološkim kartiranjem.

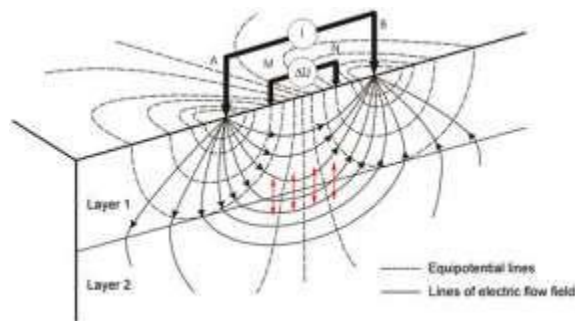
Promjene iznosa brzina kompresivnih valova u horizontalnom i vertikalnom smjeru te smanjenih fizičko-mehaničkih svojstava u osnovnoj stijeni prioritetno su vezane uz pojavu pukotina i rasjednih zona. Jače izraženi seizmički diskontinuiteti vezani uz rasjedne zone i razvijenije pukotinske sustave označeni su radi lakšeg uočavanja crvenim crtkanim linijama gdje linija veće debljine označava jaču pukotinu/rasjed.

GEOELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA

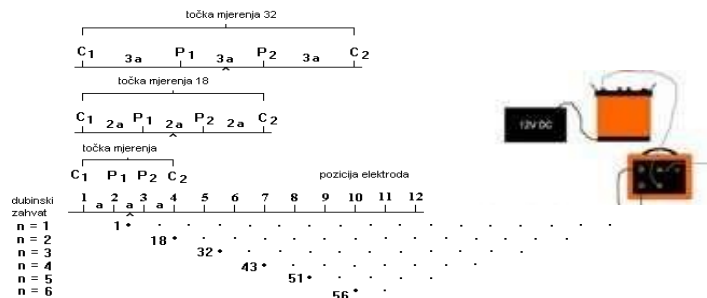
O metodi

Postojanje razlike među električnim svojstvima pojedinih stijena i tala u podzemlju omogućuje korištenje geoelektričnih metoda istraživanja. Primarno se primjenjuje metoda geoelektrične otpornosti i zasniva se na mjerenju razlika u specifičnim otporima stijena i tala u podzemlju.

Geoelektrična tomografija je metoda geoelektrične otpornosti koja omogućuje dobivanje slike potpovršinske raspodjele otpornosti mjerenjem na površini. Metoda se zasniva na uvođenju strujnog toka u podzemlje pomoću većeg broja elektroda uzemljenih na površini s konstantnim razmakom između elektroda. Pri tome se struja uvodi u podzemlje pomoću dvije elektrode (strujne elektrode), a mjerenje razlike potencijala se obavlja na druge dvije elektrode (potencijalne elektrode). Mjerenje se izvodi za sve uzemljene elektrode pri čemu se mijenja razmak između elektroda, a time i dubinski zahvat te tako dobiva kontinuirani presjek prividnih otpornosti u podzemlju (pseudosekcija).



Slika 1 Strujni tok u podzemlju



Slika 2. Princip mjerenja i raspored elektroda za tomografiju

Za dobivanje što bolje 2D slike potpovršinskih otpornosti te interpretiranog modela otpornosti potrebno je imati što veći broj mogućih mjerenja te tako dobiti bolje dubinsko prekrivanje mjernim točkama postavljenih elektroda na površini. Rasporedi elektroda koji se najčešće primjenjuju kod geoelektrične tomografije su Wenner, Wenner-Schlumberger, Dipole-dipole, Pole-pole i Pole-dipole. Mjerene prividne otpornosti prikazane su u pseudosekciji koja nam daje kvalitativne promjene otpornosti na mjerenom presjeku, a izmjerene otpornosti ovise o upotrijebljenom rasporedu elektroda i stvarnoj otpornosti stijena i tala u podzemlju. Praktična primjena pseudosekcije je mogućnost izdvajanja vrlo visokih ili niskih otpornosti koje su posljedica smetnji prilikom mjerenja (telurske struje, veliki otpori uzemljenja itd.).

Obim terenskih radova i oprema za geofizička mjerenja

Na istraživanoj lokaciji snimljena je geoelektrična tomografija na jednom (1) profilu ukupne dužine 400 m. Oznake, duljine te položaji profila ucrtani su u situacijama u prilogu. Profili su izvedeni imajući u vidu geometriju dijela nasipa:

NAZIV PROFILA	DULJINA (m)	AZIMUT (°)
GT_KUPA-1	0 – 35	96
	35 – 81	91
	81 – 118	83
	118 – 169	104
	169 – 203	118
	203 – 317	119
	317 – 400	98

Terenska mjerenja otpornosti stijena u podzemlju obavljena su s instrumentom ABEM LIS sustavom koji se sastoji od standardnog uređaja za mjerenje otpora u tlu (ABEM Terrameter, SAS 1000), selektora elektroda (ABEM Electrode Selector, ES 10-64C) te 4 kabela s pripadajućim vezicama i elektrodama.



Tehničke karakteristike predajnika:

Izlazna struje 0,2,0,5,1,2,5,10,20,50,100,200,500,1000 mA
 Točnost izlazne struje.....veća od 0.5% mjereno kod 100 mA
 Maksimalni izlazni napon.....400 V (800 V peak to peak)
 Maksimalna izlazna snaga
 100 W
 Duljina pulsa izlaznog signala0.1 – 4.0 sec
 Oblik izlaznog signala.....plus-minus-minus-plus

Tehničke karakteristike prijemnika:

Broj kanala..... 4
 Ulazna impedancija
 10 MΩ
 Automatsko podešavanje mjernog područja +250mV, +10V,+400V
 V/I preciznost (za 0.5 sec. Integracije) < 1% kod 1Ω od 1mA do 1000mA
 Rezolucija nV

Tumačenje rezultata mjerenja

Obrada rezultata mjerenja geoelektrične tomografije LIS sustavom izvedena je na osobnom računaru uz pomoć programa RES2DINV. Ovaj program automatski dijeli podzemlje u presjeku u blokove i za svaki pojedini blok iterativnim postupkom, metodom konačnih elemenata ili metodom konačnih razlika, računa prave vrijednosti otpornosti. Iteracije se zaustavljaju kad se unutar zadane pogreške, podudaraju vrijednosti prividnih otpornosti dobivene terenskim mjerenjem s onima koje se dobiju računanjem iz modela raspodjele pravih otpornosti.

Rezultati geoelektričnog ispitivanja prikazani su u višebojnom dvodimenzionalnom presjeku rasporeda otpornosti naslaga, na apscisi je dana dužina u metrima mjerenog presjeka, a na ordinati nadmorska visina. Svaka promjena boje i nijanse predstavlja promjenu otpornosti. Presjek je upotpunjen skalom otpornosti, s pripadajućim bojama i bročanim vrijednostima otpornosti pojedine grupe boja. Prikaz sadrži i prognoznú litološku determinaciju na temelju otpornosti i determinacije jezgre istražnih bušotina na području istraživanja.

Primijenjene geofizičke metode mogu i pri ispravnoj interpretaciji griješiti do 10 % kako u smjeru po dubini tako i lateralno. Potrebno je naglasiti da postoji mogućnost da zbog prisustva, relativno, visoke razine podzemne vode i zbog povećanog udjela glinovite komponente u šljunkovitom materijalu može doći do pojave da su izmjereni otpori manji nego što su oni u stvarnosti (preuzeto iz priručnika za Terrameter SAS 4000 / SAS 1000; ABEM Company)

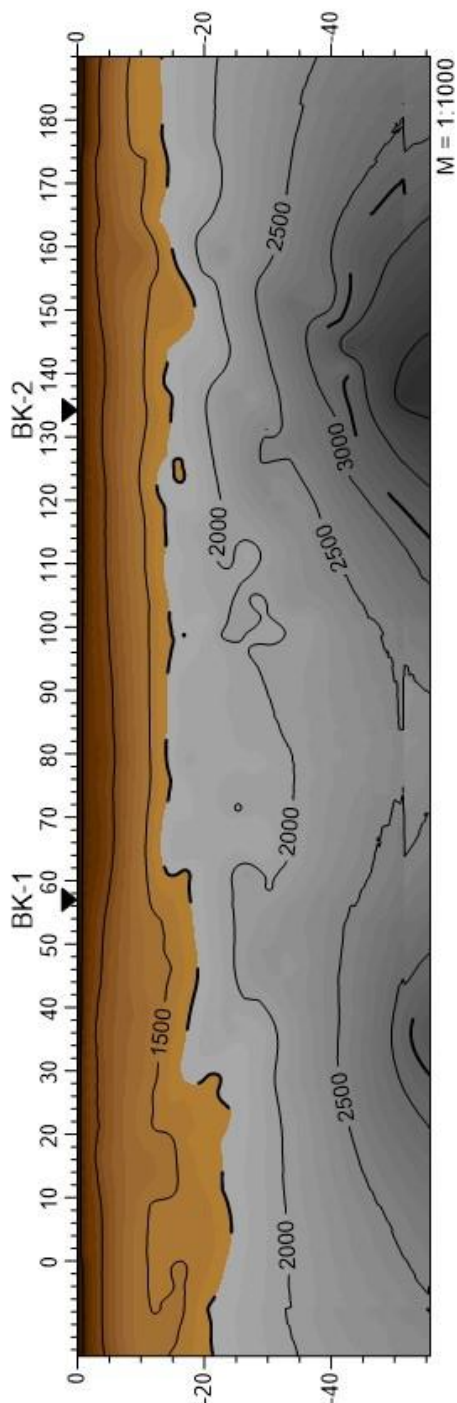
Na osnovi vrijednosti električnih otpornosti rezultata mjerenja geoelektričnom tomografijom, a koristeći podatke determinacije jezgre istražnih bušotina na području istraživanja možemo prognozirati zastupljenost sljedećih naslaga:

PROGNOZNA LITOLOŠKA DETERMINACIJA
GLINA S UDJELIMA PRAHA I PIJESKA - otpornosti naslaga do 30 Ω m
ŠLJUNAK, PRAHOVIT I GLINOVIT; PIJESAK, PRAHOVIT I GLINOVIT; LEĆE GLINE, PRAHOVITE DO PRAHA, GLINOVITOG - otpornosti naslaga (prisutnost vode) od 30 do 133 Ω m
ŠLJUNAK, PJESKOVIT I PRAHOVIT; ŠLJUNAK - otpornosti naslaga od 133 Ω m

Na ispitivanom području granice između pojedinih materijala nisu uvijek oštre, već su prelazi iz jedne u drugu sredinu, vertikalno i lateralno, postepeni, a time i vrijednosti otpornosti litoloških članova nisu izričito gore navedene vrijednosti.

**METODA : PLITKA REFRAKCIJSKA SEIZMIKA, DELTA-T-V
RAZMAK GEOFONA: 5,0 m**

DUBINSKI SEIZMIČKI PRESJEK: REF_KUPA-1

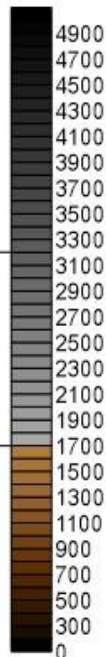


LEGENDA:

PROGNOZNA
LITOLOŠKA
DETERMINACIJA

Glina s udjelima praha i pijeska
Sijunak, prahovit i glinovit
Pijesak, prahovit i glinovit,
Leće gline, prahovite
do praha, glinovitog
Sijunak, prahovit i pjeskovit
Sijunak

Brzine P valova (m/s)



Obrada i interpretacija:



Antonio Drdić, mag. ing. geol.

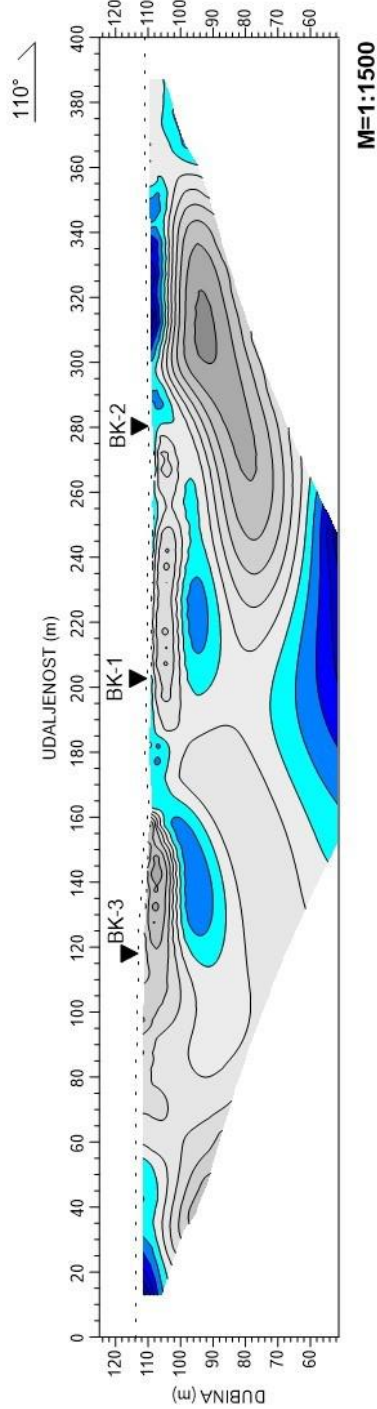
INVESTITOR: HRVATSKE VODE
 NARUČITELJ: HRVATSKE VODE
 GRAĐEVINA: MOST NA PROKOPIU KUPA-KORANA
 PREDMET: GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE TEMELJENJA MOSTA



INSTITUT IGH d.d.
 ZAVOD ZA PROJEKTIRANJE
 ODJEL ZA GEOFIZIČKA ISTRAŽIVANJA

METODA: GEOELEKTRIČNA TOMOGRAFIJA
 RAZMAK ELEKTRODA: 5,0 m
 RMS: 1,9%

DUBINSKI PRESJEK: GT_KUPA-1



LEGENDA:

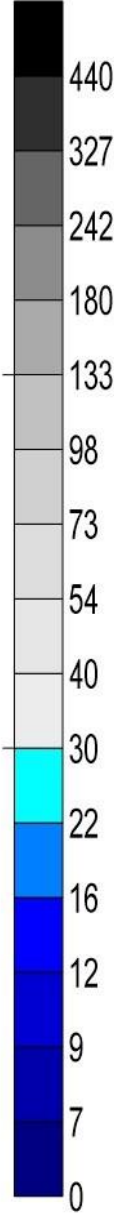
▼ - ISTRAŽNA BUŠOTINA

PROGNOZNA
 LITOLOŠKA
 DETERMINACIJA

Glina, s udjelima praha i pijeska

Šljunak, prahovit i glinovit
 Pijesak, prahovit i glinovit
 Leće gline, prahovite do praha, glinovitog

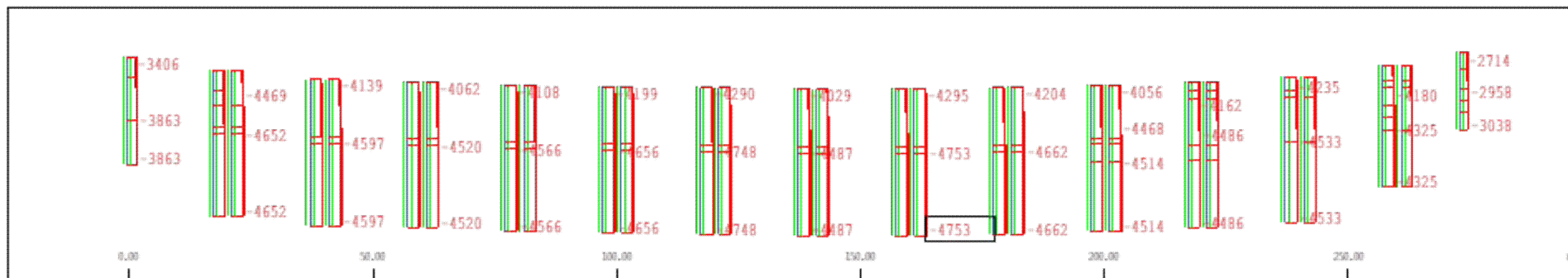
Šljunak, pjeskovit i prahovit
 Šljunak



Obrada i interpretacija:

Dino Posarić

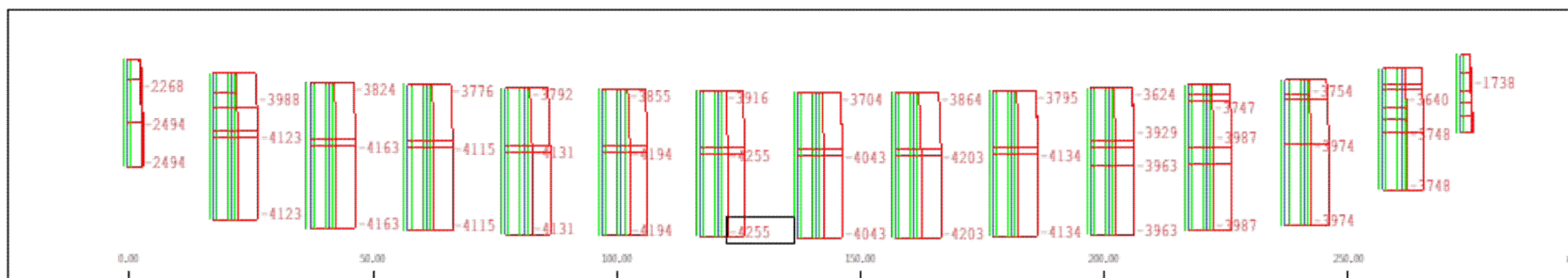
Dino Posarić, mag.ing.geol.



Sector of system Group 11

M 1 : 1255

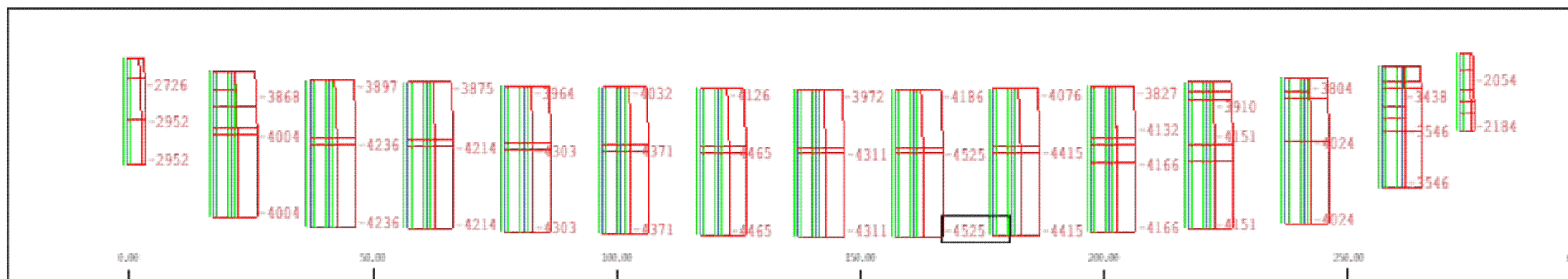
Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 9909 MIN-N BEAM ULS-Traffic,Temp,wind , 1 ca 3D = 21641. kN (Min=-4753.) (Max=2264.)



Sector of system Group 11

M 1 : 1255

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 7522 MIN-N BEAM , 1 ca 3D = 9414. kN (Min=-4255.) (Max=1372.)



Sector of system Group 11

M 1 : 1255

Beam Elements , Normal force Nx, Loadcase 8522 MIN-N BEAM , 1 ca 3D = 9414. kN (Min=-4525.) (Max=1342.)