



**GEOKON**

WWW.GEOKON.HR

Projektantski ured: **Geokon-Zagreb d.d.**  
ZAGREB, Starotrnrjanska 16a  
OIB 61600467614

Investitor: **Hrvatske vode**  
ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220  
OIB 28921383001

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. faza izgradnje - nastavak iskopa glinenog materijala u cijelom gabaritu prokopa za izgradnju nasipa sustava obrane od poplava karlovačkog područja, prokop Korana - Kupa, nasipi uz lijevu i desnu obalu prokopa, desnu obalu Kupe, lijevu obalu Korane i uz ispusnu ustavu (N1 - N5), upusna i ispusna ustava, građevine za odvodnju zaobalnih voda, uklanjanje dijela nasipa u sklopu zahvata dionice državne ceste D1 (splitski pravac, brza cesta kroz Karlovac, II. etapa I. faze) i 5. faza izgradnje - most preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekušje - Kamensko**

Projektirani dio građevine:

**ISPUSNA USTAVA**

Lokacija:

**Grad Karlovac, k.o. Karlovac II i k.o. Mekušje**

Naziv mape:

**Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova**

Razina razrade:

**Glavni projekt**

Strukovna odrednica: **Građevinski projekt**

Zajednička oznaka projekta (ZOP):

GP-5986/23

Oznaka mape: **E-155-18-03**

R. br. mape:

15.

Glavni projektant:

**Darko Jelašić, dipl.ing.građ.**

br. upisa G 160

Projektant:

Predsjednik uprave:

**Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.**

br. upisa G 3785

**Renato Lisica, dipl.ing.rud.**

Revizija / izdanje:

01

Mjesto, datum:

**Zagreb, rujan 2024. -  
ispravak 1**

## OVJERA PROJEKTA OD STRANE OVLAŠTENIH REVIDENATA

Investitor :	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
Projektantski ured :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrnjanska 16a
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. faza izgradnje – nastavak iskopa glinenog materijala u cijelom gabaritu prokopa za izgradnju nasipa sustava obrane od poplava karlovačkog područja, prokop Korana – Kupa, nasipi uz lijevu i desnu obalu prokopa, desnu obalu Kupe, lijevu obalu Korane i uz ispusnu ustavu (N1 – N5), upusna i ispusna ustava, građevine za odvodnju zaobalnih voda, uklanjanje dijela nasipa u sklopu zahvata dionice državne ceste D1 (splitski pravac, brza cesta kroz Karlovac, II. etapa I. faze) i 5. faza izgradnje - most preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekušje – Kamensko
Projektirani dio građevine:	ISPUSNA USTAVA
Lokacija :	Grad Karlovac, k.o. Karlovac II i k.o. Mekušje
ZOP :	GP-5986/23
Oznaka mape :	E-155-18-03



## POPIS SVIH PROJEKTANATA I SURADNIKA

Investitor:	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
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. faza izgradnje – nastavak iskopa glinenog materijala u cijelom gabaritu prokopa za izgradnju nasipa sustava obrane od poplava karlovačkog područja, prokop Korana – Kupa, nasipi uz lijevu i desnu obalu prokopa, desnu obalu Kupe, lijevu obalu Korane i uz ispusnu ustavu (N1 – N5), upusna i ispusna ustava, građevine za odvodnju zaobalnih voda, uklanjanje dijela nasipa u sklopu zahvata dionice državne ceste D1 (splitski pravac, brza cesta kroz Karlovac, II. etapa I. faze) i 5. faza izgradnje - most preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekušje – Kamensko
Glavni projektant :	Darko Jelašić, dipl.ing.građ.
ZOP:	GP-5986/23

r.br. mape	Oznaka mape	Projektant	Suradnici	Tvrtka Projektanta
15.	E-155-18-03	Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.	Bojan Despot, struč.spec.ing.aedif. Bruno Brckan, dipl.ing.građ. Berislav Rupčić, dipl.ing.građ. Bojan Ninčević, mag.ing.aedif. Josipa Danjo, mag.ing.aedif Silvija Miloš, mag.ing.aedif. Tomica Tomčić, teh.crt.	Geokon-Zagreb d.d.



## PREGLEDNA STRANICA

<b>Investitor:</b>	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220, OIB 28921383001		
<b>Projektantski ured:</b>	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnanska 16a, OIB 61600467614		
<b>Građevina:</b>	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. faza izgradnje – nastavak iskopa glinenog materijala u cijelom gabaritu prokopa za izgradnju nasipa sustava obrane od poplava karlovačkog područja, prokop Korana – Kupa, nasipi uz lijevu i desnu obalu prokopa, desnu obalu Kupe, lijevu obalu Korane i uz ispusnu ustavu (N1 – N5), upusna i ispusna ustava, građevine za odvodnju zaobalnih voda, uklanjanje dijela nasipa u sklopu zahvata dionice državne ceste D1 (splitski pravac, brza cesta kroz Karlovac, II. etapa I. faze) i 5. faza izgradnje - most preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekušje – Kamensko		
<b>Projektirani dio građevine:</b>	ISPUSNA USTAVA		
<b>Lokacija:</b>	Grad Karlovac, k.o. Karlovac II i k.o. Mekušje		
<b>Naziv mape:</b>	Ispusna ustava – geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova		
<b>Razina razrade:</b>	Glavni projekt	<b>Strukovna odrednica:</b>	Građevinski projekt
<b>Zajednička oznaka projekta (ZOP):</b>	GP-5986/23	<b>Oznaka mape:</b>	E-155-18-03
<b>R.br. mape:</b>	15.		
<b>Oznaka Geokon-Zagreb:</b>	E-155-18-03	<b>Oznaka ugovora:</b>	U-155-18-01
<b>Glavni projektant:</b>	Darko Jelašić, dipl.ing.građ. br. upisa G 160		
<b>Projektant:</b>	Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ. br. upisa G 3785		
<b>Ovlašteni inženjer geodezije :</b>	dr.sc. Slaven Marasović, dipl.ing.geod. br. upisa Geo 781		
<b>Suradnici:</b>	Bojan Despot, struč.spec.ing.aedif. Bruno Brckan, dipl.ing.građ. Berislav Rupčić, dipl.ing.građ. Bojan Ninčević, mag.ing.aedif. Josipa Danjo, mag.ing.aedif Silvija Miloš, mag.ing.aedif. Tomica Tomčić, teh.crt.		
<b>Pregledao:</b>	Goran Grget, dipl.ing.građ.		
<b>Predsjednik uprave:</b>	Renato Lisica, dipl.ing.rud.		
<b>Revizija / izdanje:</b>	01		
<b>Mjesto i datum:</b>	Zagreb, rujan 2024. – ispravak 1		





## POPIS MAPA GLAVNOG PROJEKTA

Investitor:	Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220
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. faza izgradnje – nastavak iskopa glinenog materijala u cijelom gabaritu prokopa za izgradnju nasipa sustava obrane od poplava karlovačkog područja, prokop Korana – Kupa, nasipi uz lijevu i desnu obalu prokopa, desnu obalu Kupe, lijevu obalu Korane i uz ispusnu ustavu (N1 – N5), upusna i ispusna ustava, građevine za odvodnju zaobalnih voda, uklanjanje dijela nasipa u sklopu zahvata dionice državne ceste D1 (splitski pravac, brza cesta kroz Karlovac, II. etapa I. faze) i 5. faza izgradnje - most preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekušje – Kamensko
Glavni projektant :	Darko Jelašić, dipl.ing.građ.
ZOP:	GP-5986/23

Mapa	Naziv mape	Strukovna odrednica	Oznaka mape	Projektant	Tvrtka
1	Opća mapa	Građevinski projekt	VPB-TGP-20-0003	Darko Jelašić, dipl.ing.građ.	Vodoprivredno-projektni 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	Hrvoje Kero, 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-O91.01.01-G01.0	Janja Kelić, mag.ing.aedif.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
6	Nasip uz desnu obalu Kupe (Nasip N3) - geotehnički dio	Građevinski projekt	G3-O91.01.01-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-projektni 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-projektni 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-O91.00.01-E02.0	Marko Grčić, struč.spec.ing.e l.	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-O91.00.01-E01.0	Marko Grčić, struč.spec.ing.e l.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
18	Crpna stanica Sajevec - konstrukcija	Građevinski projekt	G3-O91.02.01-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.e l.	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-E02.0	Damir Hodak, struč.spec.ing.e l.	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	Dražan 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.	Projektirni 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 $\Phi$ 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 $\Phi$ 150	Građevinski projekt	72160-GP-024-2023	Ante Ljubičić, dipl.ing.građ.	Institut IGH d.d. Zagreb
34	Rekonstrukcija postojećeg plinovoda $\Phi$ 110	Strojarski projekt	S3-O91.00.01-S01.0	Mislav Crnković dipl.ing.stroj.	Elektroprojekt d.d. Zagreb
35	Rekonstrukcija postojećeg plinovoda $\Phi$ 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:

OPĆI DIO	I
OVJERA PROJEKTA OD STRANE OVLAŠTENIH REVIDENATA.....	II
POPIS SVIH PROJEKTANATA I SURADNIKA.....	III
PREGLEDNA STRANICA .....	IV
POPIS MAPA GLAVNOG PROJEKTA .....	V
SADRŽAJ MAPE: .....	VIII
IZJAVA PROJEKTANTA O SUKLADNOSTI PROJEKTA.....	XI
POPIS ZAKONA I PROPISA.....	XIII
<b>TEHNIČKI DIO</b>	<b>1-1</b>
1 UVOD .....	1-2
2 POPIS KORIŠTENIH PODLOGA.....	2-1
2.1 Tehničke podloge.....	2-1
2.2 Osvrt na elaborat dodatnih istražnih radova.....	2-1
2.2.1 Opće geološke značajke područja istraživanja .....	2-1
2.2.2 Seizmološki podaci .....	2-2
2.2.3 Geotehnička kategorizacija.....	2-6
2.2.4 Geotehnička istraživanja .....	2-7
2.2.5 Laboratorijska ispitivanja .....	2-11
2.2.6 Geofizički istražni radovi .....	2-12
2.2.7 Ispusna ustava.....	2-12
2.2.8 Materijali tla i podzemna voda.....	2-14
2.3 Utvrđivanje položaja infrastrukture .....	2-21
3 TEHNIČKI OPIS .....	3-1
3.1 Opis građevine .....	3-1
3.2 Tehnički opis projektiranog dijela građevine .....	3-3
3.2.1 Ispusna ustava.....	3-3
3.2.2 Građevne jame .....	3-3
3.2.3 Potporni zidovi za usmjeravanje toka vode u ustavu .....	3-5
3.2.4 Opis smještaja građevine na građevnoj čestici .....	3-9
3.2.5 Opis načina priključenja na prometnu površinu .....	3-9
3.2.6 Podaci za obračun komunalnog i vodnog doprinosa .....	3-10
3.3 Tijek izvedbe .....	3-10
3.4 Projektirani vijek uporabe.....	3-10
3.5 Uvjeti za održavanje građevine .....	3-10



3.6	Pokusni rad .....	3-11
4	DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA.....	4-1
4.1	Proračun – mehanička otpornost i stabilnost.....	4-1
4.1.1	Općenito.....	4-1
4.1.2	Metoda proračuna .....	4-1
4.2	Analiza stabilnosti .....	4-2
4.2.1	Karakteristike materijala .....	4-2
4.2.2	Računski model .....	4-3
4.2.3	Analiza opterećenja .....	4-4
4.2.4	Projektne situacije.....	4-4
4.2.5	Rezultati proračuna .....	4-4
4.2.6	Zaključak analize stabilnosti .....	4-7
4.3	Analiza procjeđivanja i hidrauličke stabilnosti .....	4-8
4.3.1	Karakteristike materijala .....	4-8
4.3.2	Projektne situacije.....	4-8
4.3.3	Računski modeli .....	4-9
4.3.4	Rezultati proračuna .....	4-9
4.3.5	Proračun hidrauličke stabilnosti iskopa građevne jame .....	4-10
4.4	Proračun nosivosti temeljnog tla i slijeganje ispusne ustave .....	4-11
4.4.1	Uvod.....	4-11
4.4.2	Djelovanje na temeljno tlo.....	4-12
4.4.3	Projektne situacije.....	4-12
4.4.4	Pojedinačni prikaz rezultata proračuna .....	4-13
4.4.5	Zaključak uz analize nosivosti .....	4-17
4.5	Naponsko – deformacijska analiza pilotne stijene .....	4-18
4.5.1	Uvod.....	4-18
4.5.2	Računski modeli .....	4-18
4.5.3	Projektne situacije.....	4-19
4.5.4	Određivanje računskih krutosti i nosivosti elemenata konstrukcije.....	4-20
4.5.5	Rezultati naponsko – deformacijske analize .....	4-21
4.5.6	Zaključak naponsko – deformacijskih analiza pilotnih stijena .....	4-32
4.5.7	Dimenzioniranje elemenata .....	4-32
4.6	Naponsko - deformacijska analiza zaštite građevne jame .....	4-50
4.6.1	Uvod.....	4-50
4.6.2	Parametri materijala.....	4-50
4.6.3	Određivanje krutosti potporne konstrukcije.....	4-51



4.6.4	Računski model .....	4-52
4.6.5	Projektne situacije.....	4-54
4.6.6	Rezultati naponsko - deformacijske analize .....	4-54
4.6.7	Dimenzioniranje talpi .....	4-59
4.6.8	Dimenzioniranje vezne grede i kutne razupore .....	4-61
4.6.9	Dimenzioniranje mlazno injektiranih stupnjaka.....	4-74
5	TEHNIČKI UVJETI IZVEDBE I PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE .....	5-1
5.1	Općenito.....	5-1
5.2	Mjere osiguranja kvalitete projektiranja .....	5-1
5.2.1	Organizacijske mjere osiguranja kvalitete projektiranja .....	5-1
5.2.2	Tehničke mjere osiguranja kvalitete projektiranja .....	5-1
5.3	Mjere osiguranja kvalitete izvedbe .....	5-2
5.3.1	Pripremne radnje.....	5-2
5.3.2	Izvođač.....	5-2
5.3.3	Projektantski nadzor.....	5-2
5.3.4	Geotehnički nadzor .....	5-2
5.3.5	Pripremni radovi .....	5-3
5.3.6	Zemljani radovi.....	5-8
5.3.7	Sanacija okoliša gradilišta .....	5-16
5.3.8	Geotehnički radovi.....	5-17
5.3.9	Potporni zidovi - pilotne stijene .....	5-24
5.4	Opće mjere zaštite na radu .....	5-45
5.4.1	Zemljani radovi.....	5-45
5.4.2	Tesarski radovi .....	5-45
5.4.3	Radovi na betoniranju .....	5-45
5.4.4	Gradilište .....	5-45
5.4.5	Odgovornost za provedbu tehničkih mjera zaštite na radu za vrijeme izvedbe objekta.....	5-47
6	PROCJENA TROŠKOVA GRADNJE .....	6-1
7	GRAFIČKI I DRUGI PRILOZI .....	7-1



## IZJAVA PROJEKTANTA O SUKLADNOSTI PROJEKTA

Na temelju članka 70. stavka 1., točke 1. Zakona o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19) dajem:

dajem:

**IZJAVA PROJEKTANTA da je Glavni projekt izrađen u skladu s lokacijskom dozvolom i drugim propisima, uvjetima i pravilima iz članka 68. stavka 2. Zakona o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)**

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. faza izgradnje – nastavak iskopa glinenog materijala u cijelom gabaritu prokopa za izgradnju nasipa sustava obrane od poplava karlovačkog područja, prokop Korana – Kupa, nasipi uz lijevu i desnu obalu prokopa, desnu obalu Kupe, lijevu obalu Korane i uz ispusnu ustavu (N1 – N5), upusna i ispusna ustava, građevine za odvodnju zaobalnih voda, uklanjanje dijela nasipa u sklopu zahvata dionice državne ceste D1 (splitski pravac, brza cesta kroz Karlovac, II. etapa I. faze) i 5. faza izgradnje - most preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekušje – Kamensko

projektirani dio :

ISPUSNA USTAVA

naziv mape :

Ispusna ustava – geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova

razina razrade :

Glavni projekt

strukovna odrednica:

Građevinski projekt

ZOP :

**GP-5986/23**

oznaka i r. br. mape :

E-155-18-03, 15.

Investitor :

Hrvatske vode, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220

projektant:

Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.

– Potvrđujem da je glavni projekt izrađen u skladu s:

- Lokacijskom dozvolom Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (Klasa: UP/I-350-05/09-01/59, ur.br.: 531-06-10-13 od 29. srpnja 2010.),
- Izmjenom i dopunom lokacijske dozvole Ministarstva zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva (Klasa UP/I-350-05/10-01/138, Ur. broj: 531-06-10-2 od 21. listopada 2010.),
- II. Izmjenom i dopunom lokacijske dozvole Ministarstva graditeljstva i prostornog uređenja (Klasa: UP/I-350-05/14-01/10, Ur. broj: 531-05-14-2 od 24. ožujka 2014.),
- III. Izmjenom i dopunom 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 lokacijskim uvjetima određenima tom dozvolom.
- Rješenjem o prihvatljivosti izgradnje sustava obrane od poplava Srednjeg posavlja za okoliš, Ministarstvo zaštite okoliša, prostornog uređenja i graditeljstva, klasa: UP/I-351-03/07-02/54, urbroj: 531-08-1-1-2-6-08-11 od 20. svibnja 2008.
- Rješenjem o prihvatljivosti sustava zaštite od poplava karlovačko-sisačkog područja, I. faza – karlovačko područje za okoliš i ekološku mrežu (Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, klasa: UP/I-351-03/18-02/49, urbroj: 517-03-1-2-19-35 od 06.08.2019.





- **Rješenjem o prihvatljivosti sustava zaštite od poplava karlovačko-sisačkog područja, II. faza – sisačko područje za okoliš i ekološku mrežu (Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, klasa: UP/I-351-03/19-08/18, urbroj: 517-03-1-2-20-43 od 05.10.2020.**
- **Zakonima i propisima navedenim u popisu ove izjave i**
- **drugim propisima, uvjetima i pravilima iz članka 68. stavka 2. Zakona o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19).**

Zagreb, rujan 2024. – ispravak 1

**Projektant:**

Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.





## POPIS ZAKONA I PROPISA

- Zakon o gradnji (NN 153/13, 20/17, 39/19, 125/19)
- Zakon o prostornom uređenju (NN 153/13, 65/17, 114/18, 39/19, 98/19)
- Zakon o vodama (66/19)
- Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje (NN78/15, 118/18, 110/19)
- Zakon o zaštiti od požara (NN 92/10)
- Zakon o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 94/18, 96/18)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 78/15, 12/18, 118/18)
- Zakon o šumama (NN 68/18, 115/18, 98/19, 32/20, 145/20)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)
- Zakon o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13, 73/17, 14/19, 98/19)
- Zakon o zaštiti zraka ( NN 127/19 )
- Zakon o cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14, 110/19)
- Zakon o normizaciji ( NN 80/13)
- Zakon o građevnim proizvodima (NN 76/13, 30/14, 130/17, 39/19, 118/20),
- Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara (NN 69/99, 151/03, 157/03, 87/09, 88/10, 61/11, 25/12, 136/12, 157/13, 152/14, 44/17, 90/18, 32/20, 62/20)
- Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN 20/2018, 115/18, 98/19)
- Tehnički propis za građevinske konstrukcije (NN 17/17, 75/20)
- Tehnički propis o građevnim proizvodima (NN 35/18, 104/19)
- Tehnički propis kojim se utvrđuju tehničke specifikacije za građevinske 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)
- Pravilnik o obaveznom sadržaju idejnog projekta (NN 118/19, 65/20)
- Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (NN 118/19, 65/20)
- Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima (NN 112/17, 34/18, 36/19, 98/19, 31/20)
- Pravilnik o zaštiti na radu na privremenim gradilištima (NN 48/18)
- Pravilnik o tehničkim mjerama i o zaštiti na radu pri površinskim kopovima (Sl. list 18/61, 37/64 i 6/67)
- Pravilnik o pružanju prve pomoći radnicima na radu (NN 56/83)
- Pravilnik o poslovima s posebnim uvjetima rada (NN 05/84)
- Pravilnik o najviše dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN 145/04)
- Pravilnik o uvjetima za vatrogasne pristupe (NN 35/94, 55/94, 142/03)
- Pravilnik o mjerama zaštite od požara kod građenja (NN 141/2011)
- Pravilnik o zaštiti na radu pri uporabi radne opreme (NN 018/2017)
- Pravilnik o uporabi osobne zaštitne opreme (NN 005/2021)
- Pravilnik o zapaljivim tekućinama (NN 054/1999)



- Pravilnik o provjeri tehničkih rješenja iz zaštite od požara predviđenih u glavnom projektu (NN 088/11)
- Pravilnik o načinu utvrđivanja obujma i površine građevina u svrhu obračuna komunalnog doprinosa (NN 15/19)
- Pravilnik o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, obrascu, uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika te o sadržaju završnog izvješća nadzornog inženjera (NN 111/14, 107/15, 20/17, 98/19, 121/19)
- Pravilnik o održavanju građevina (NN 122/14, 98/19)
- Pravilnik o kontroli projekta (NN 32/14, 72/20)
- Pravilnik o nostrifikaciji projekata (NN 98/99, 29/03, 20/17)
- Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa (NN 110/2001)
- Pravilnik o općim uvjetima za građenje u zaštitnom pružnom pojasu (NN 093/2010, )
- Opći tehnički uvjeti za radove na cestama (Hrvatske ceste, 2001.) - u dijelu koji nije u suprotnosti s važećom regulativom RH,
- Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu (Hrvatske vode, 2011.) - u dijelu koji nije u suprotnosti s važećom regulativom RH,
- HRN EN 1997-1:2012/A1:2014 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila (EN 1997-1:2004/A1:2013)
- HRN EN 1997-1:2012/NA:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 1. dio: Opća pravila - Nacionalni dodatak
- HRN EN 1997-2:2012 Eurokod 7: Geotehničko projektiranje - 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga 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 (EN 1998-5:2004)
- HRN EN 1998-5:2011/NA:2011 Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 5. dio: Temelji, potporne konstrukcije i geotehnička pitanja -- Nacionalni dodatak
- HRN EN 206:2014 Beton - 1. dio: Specifikacije, svojstva, proizvodnja i sukladnost
- HRN EN 197-1:2012: Cement - 1. dio: Sastav, specifikacije i kriteriji sukladnosti cementa opće namjene (EN 197-1:2011)
- HRN EN 12620:2013 Agregati za beton (EN 12620:2013)
- HRN EN 1008:2002 Voda za pripremu betona (EN 1008:2002)
- HRN EN 10080:2012 Čelik za armiranje betona (EN 10080:2005)

Zagreb, rujan 2024. - **ispravak 1**

Projektant:  
Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.

Projektantski ured: **Geokon-Zagreb d.d.**  
ZAGREB, Starotrjnanska 16a  
OIB 61600467614

Investitor: **Hrvatske vode**  
ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220  
OIB 28921383001

Razina razrade: **Glavni projekt**

Strukovna  
odrednica: Građevinski projekt

ZOP: GP-5986/23

Oznaka mape: E-155-18-03

## TEHNIČKI DIO

**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. faza izgradnje - nastavak iskopa glinenog materijala u cijelom gabaritu prokopa za izgradnju nasipa sustava obrane od poplava karlovačkog područja, prokop Korana - Kupa, nasipi uz lijevu i desnu obalu prokopa, desnu obalu Kupe, lijevu obalu Korane i uz ispusnu ustavu (N1 - N5), upusna i ispusna ustava, građevine za odvodnju zaobalnih voda, uklanjanje dijela nasipa u sklopu zahvata dionice državne ceste D1 (splitski pravac, brza cesta kroz Karlovac, II. etapa I. faze) i 5. faza izgradnje - most preko prokopa na nerazvrstanoj cesti NC 340720 Gornje Mekuše - Kamensko**

Građevina:

Projektirani dio: ISPUSNA USTAVA

Projektant: Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.

Mjesto, datum: Zagreb, rujan 2024. - ispravak 1



## 1 UVOD

Temeljem ugovora evidencijskog broja 21-449/18 Hrvatskih voda, zaključenog između Hrvatske vode, kao Investitora i Zajednice Izvršitelja koju čine Institut IGH d.d., Vodoprivredno-projekttni biro d.d., Geokon-Zagreb d.d., Elektroprojekt d.d. i HIDROING d.o.o. kao Izvoditelja, izvršeni su radovi na izradi projekta „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“. U sklopu navedenog projekta tvrtka Geokon-Zagreb d.d. izvršila je radove na izradi mape projekta „Ispusna ustava – geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova“.

Predmetni glavni projekt se odnosi na IZGRADNJU 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, a prema važećoj lokacijskoj dozvoli.

Temeljna podloga ovom glavnom projektu je "Idejni projekt prokopa Korana – Kupa s pratećim objektima, oznake idejnog projekta: 31/2019, izrađen od poduzeća Hidroinženjering d.o.o., Okučanska 30, 10000 Zagreb., studeni 2021. - Ispravak br.1" i glavni građevinski projekt Mapa E-155-18-06 Ispusna ustava.

Poglavlje 2 ovog projekta pruža pregled podloga korištenih u ovom projektu te osvrt na provedene geotehničke istražne radove. U poglavlju 3 ovog projekta dan je tehnički opis sa razrađenim fazama rada. U poglavlju 4 provedeni su dokazi o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva koje građevina mora ispuniti. U poglavlju 5 daje se program kontrole i osiguranja kvalitete projektnog rješenja sa tehničkim uvjetima za bitne elemente konstrukcije i izvedbe. U poglavlju 6 dana je procjena troškova projektiranih radova. Grafički i drugi prilozi su dani u poglavlju 7.

U izradi projekta sudjelovao je Koordinator zaštite na radu I te je osigurana primjena načela Zaštite na radu u projektu.

Projektant :

Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.



## 2 POPIS KORIŠTENIH PODLOGA

### 2.1 TEHNIČKE PODLOGE

Slijedeća dokumentacija je korištena kao podloga pri izradi projekta:

r.br.	vrsta podloge	naziv; (oznaka); mjesto; datum; izvođač	naručitelj	napomena
1.	Idejni projekt	"Idejni projekt prokopa Korana – Kupa s pratećim objektima" (oznaka 31/2019), studeni 2021. - Ispravak br.1 Hidroinženjering d.o.o.	HRVATSKE VODE,	
2.	Geotehnički elaborat	„Dodatni geotehnički istražni radovi za Glavni projekt prokopa Korana - Kupa i pratećih objekata“ (E-155-18-01) Zagreb, listopad 2020 Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE,	
3.	Glavni projekt	Mapa 9.: Nasip 5 - nasip uz desnu obalu Korane (E-155-18-02) Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE	
4.	Glavni projekt	Mapa 14.: ISPUSNA USTAVA – građevinski projekt (E-155-18-06) Geokon-Zagreb d.d.	HRVATSKE VODE	

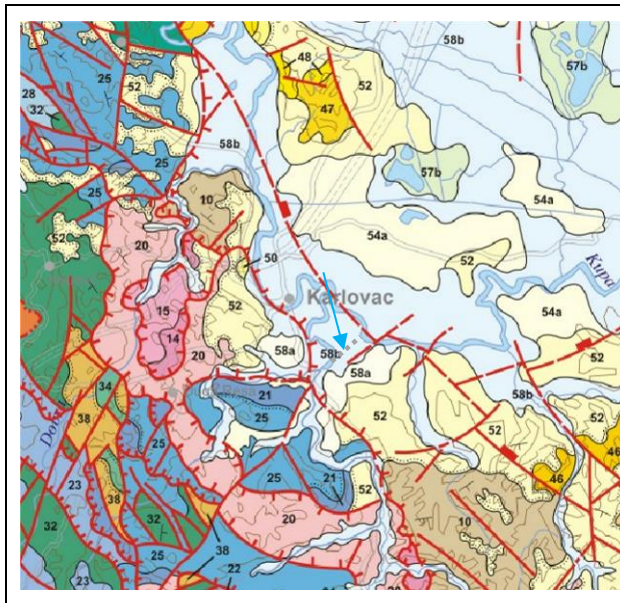
### 2.2 OSVRT NA ELABORAT DODATNIH ISTRAŽNIH RADOVA

#### 2.2.1 OPĆE GEOLOŠKE ZNAČAJKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Opća geologija područja istraživanja u mjerilu 1:300 000 definirana je Geološkom kartom Republike Hrvatske te pripadajućim tumačem. Prema spomenutim publikacijama, lokacija se nalazi u aluvijalnoj ravnici rijeka Korane i Kupe, koju izgrađuju aluvijalne naslage istaložene tijekom kvartara. Na širem istraživanom području aluvijalna terasa omeđena je nešto starijim deluvijalno-proluvijalnim naslagama te naslagama pliokvartara.

Na sljedećoj slici prikazan je isječak iz Geološke karte Republike Hrvatske s pripadajućom legendom i ucrtanim položajem lokacije istraživanja.





### LEGENDA:

58 a b	dprQ <sub>2</sub> aQ <sub>2</sub>	Deluvijalno-proluvijalne (a - dprQ <sub>2</sub> ) i aluvijalne (b - aQ <sub>2</sub> ) naslage (holocen)
57 a b	JQ <sub>2</sub> bQ <sub>2</sub>	Jezerske (a - JQ <sub>2</sub> ) i barske (b - bQ <sub>2</sub> ) naslage (holocen)
56	pQ <sub>2</sub>	Eolski pijesci (pQ <sub>2</sub> ) (holocen)
55	tsQ <sub>2</sub>	Crvenica (tsQ <sub>2</sub> ) (holocen)
54 a b	IQ <sub>1</sub> jblIQ <sub>1</sub>	Kopneni (a - IQ <sub>1</sub> ) i barski (b - jblIQ <sub>1</sub> ) les (pleistocen)
53 a b	aQ <sub>1</sub> fgQ <sub>1</sub>	Fluvijalne (a - aQ <sub>1</sub> ) i fluvio-glacijalne (b - fgQ <sub>1</sub> ) naslage (pleistocen)
52	PI, Q	Klastične naslage (pliokvartar)

a b reversni rasjed: utvrđen (a),  
pokriven (b)

Lokacija istraživanja

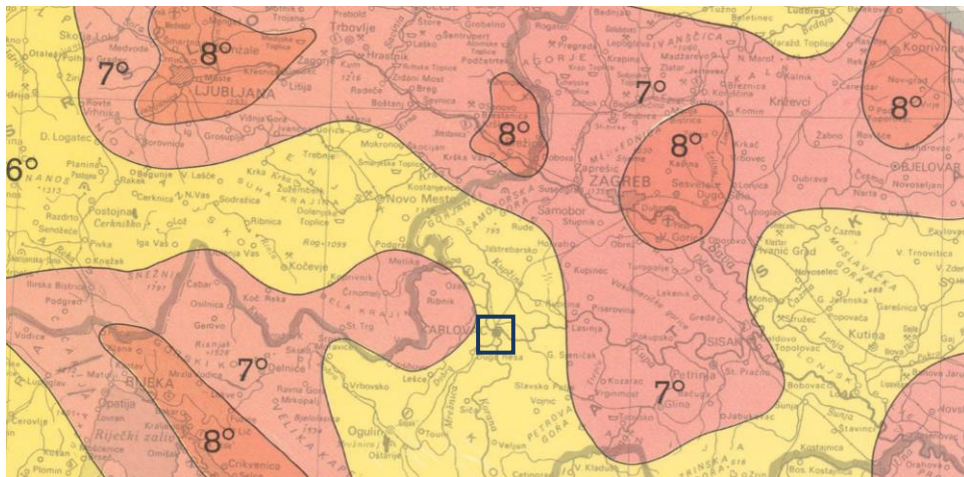
## 2.2.2 SEIZMOLOŠKI PODACI

U ovom poglavlju prikazani su seizmološki podaci potrebni za određivanje projektnih seizmičkih parametara za predmetnu lokaciju istraživanja.

### - MAKSIMALNI INTENZITET POTRESA I<sub>max</sub>

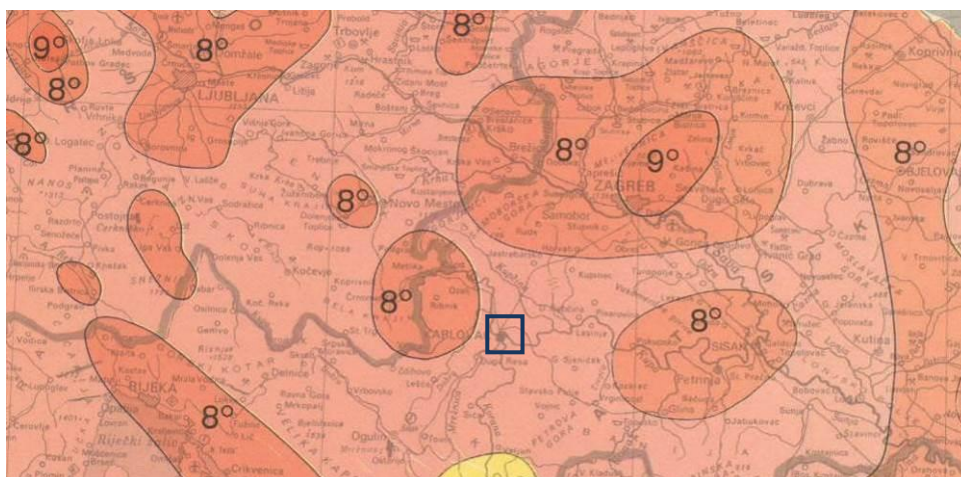
Na sljedećim slikama prikazani su isječci iz seizmoloških karata<sup>1</sup> sa označenom lokacijom istraživanja na kojima su prikazani stupnjevi maksimalnih intenziteta očekivanih potresa prema MCS skali.

ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 100 GODINA



ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 500 GODINA

<sup>1</sup> V. Kuk (1987): Seizmološka karta - SR Hrvatska, M 1:1.000.000, Geofizički zavod PMF-a – Zagreb



LEGENDA UZ KARTE



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

Maksimalni intenzitet potresa	
Povratni period	Imax (°) ljestvice MCS
100 godina	6°
500 godina	7°

### - POREDBENA VRŠNA UBRZANJA $a_{gR}$

Na temelju karata potresnih područja Republike Hrvatske 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  $g$  ( $1 g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

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.

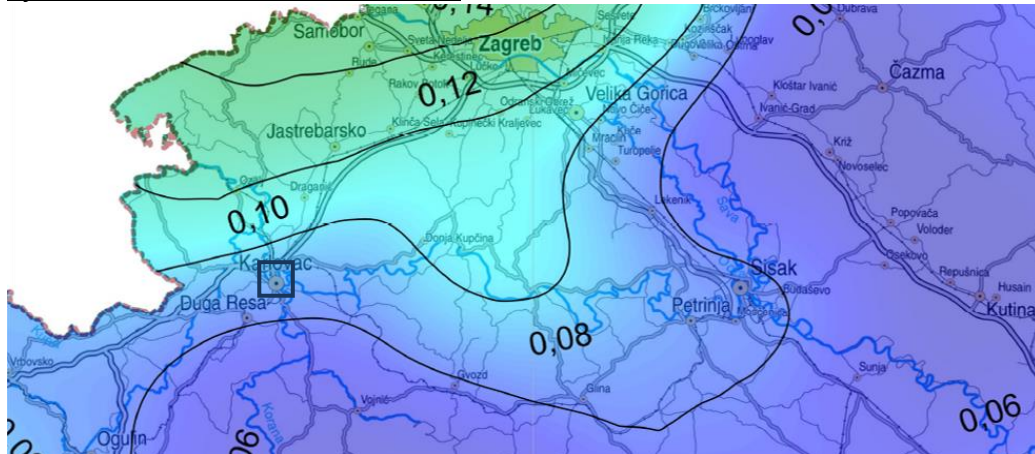
Karte sa tumačem su sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija – 1. dio – Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade. Na sljedećim slikama prikazani su isječci karata potresnih područja Republike Hrvatske<sup>2</sup> za lokaciju istraživanja na kojoj su prikazana vršna ubrzanja tla tipa A.

<sup>2</sup> M.Herak (2011): Karta potresnih područja Republike Hrvatske, M 1:800.000, Geofizički odsjek PMF-a – Zagreb



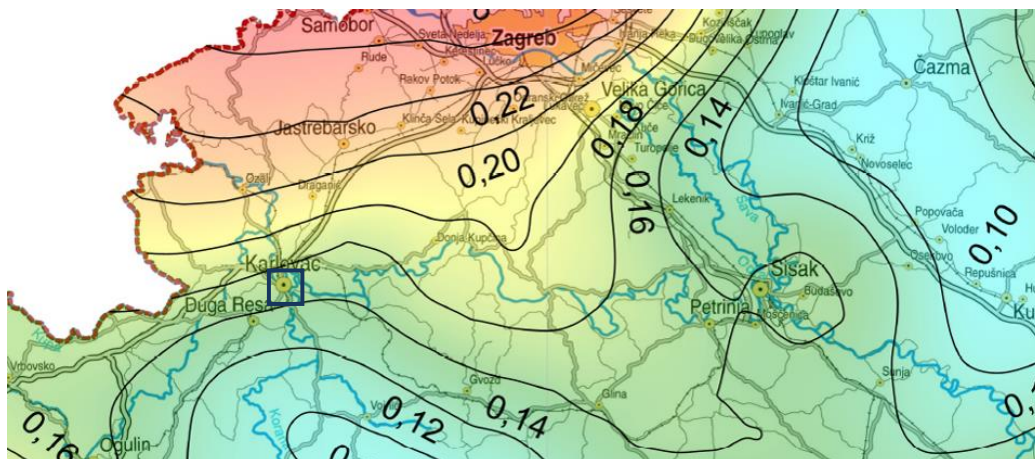


#### ISJEČAK ZA POVRATNI PERIOD OD 95 GODINA



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 POVRATNI 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)

$T_{DLR}$  - DLR = Damage Limitation Requirement;  $T_{NCR}$  - NCR = No-Collapse Requirement

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.

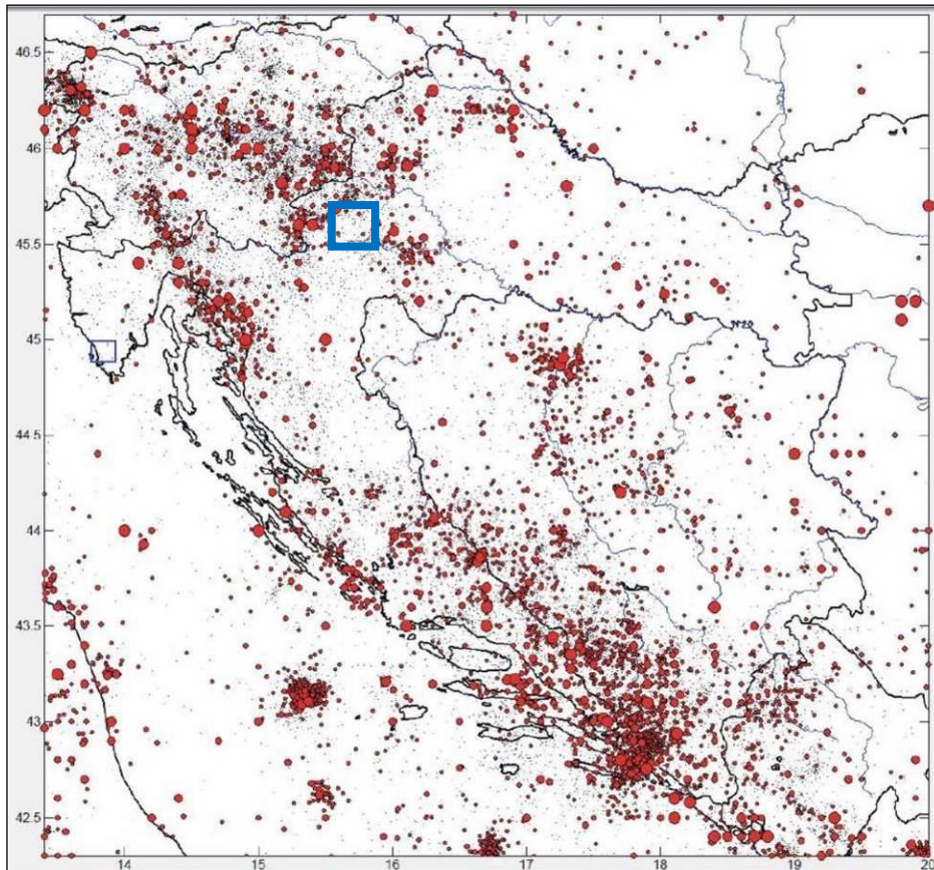
Karte potresnih područja karte su seizmičkog hazarda ili potresne opasnosti koja se procjenjuje na temelju opažene seizmičnosti tijekom što je moguće duljeg razdoblja. Za Hrvatsku osnovna je baza podataka sadržana u Hrvatskom katalogu potresa (Herak et al., 1996) koji održava Geofizički odsjek Prirodoslovno-matematičkog 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

Na osnovu tipova geotehničkih sredina propisanih Eurokodom 8, a koji se koriste za projektiranje objekata u dinamičkim uvjetima, predmetna lokacija se nakon usvojenih klasifikacijskih parametara može svrstati u **geotehničku sredinu C** sukladno sljedećoj tablici.

Geotehnička sredina	Opis geotehničke sredine	vs30 (m/s)	NSPT (n/30cm)	cu (kPa)
A	Stijena ili neka druga geološka formacija slična stijeni koja uključuje najviše 5 m slabijeg materijala na površini.	>800	-	-
B	Nanosi vrlo zbijenoga pijeska, šljunka ili polučvrste i čvrste gline debljine najmanje nekoliko desetaka metara koje karakterizira postupno poboljšanje mehaničkih svojstava s dubinom.	360 - 800	>50	>250
<b>C</b>	<b>Nanosi zbijenog ili srednje zbijenoga pijeska, šljunka ili krutoplastične gline debljine od nekoliko desetaka do više stotina metara.</b>	<b>180 - 360</b>	<b>15-50</b>	<b>70 - 250</b>
D	Nanosi rastresitih do srednje zbijenih nekoherentnih tala (sa ili bez mekoplastičnih do srednjeplastičnih koherentnih slojeva) ili nanosi s dominantno mekoplastičnim do srednjeplastičnim koherentnim tlima.	<180	<15	<70
E	Površinski aluvijalni pokrivač koji karakterizira brzina $v_{s30}$ geotehničkih sredina C i D i debljina od 5 m do 20 m, a ispod kojeg je krući materijal s brzinom $V_{s30}$ većom od 800 m/s.	-	-	-
S1	Tla koja sadrže sloj debljine najmanje 10 m mekoplastične ili srednjeplastične gline/praha s indeksima plastičnosti većim od 40 i velikim sadržajem vode.	<100	-	10-20
S2	Tla podložna likvefakciji, tla izgrađena od osjetljivih glina ili bilo koja druga geotehnička sredina koja nije navedena od A do E ili pod S1	-	-	-

**LEGENDA:**

$v_{s30}$ - srednja vrijednost brzine poprečnih površinskih valova
NSPT - standardni penetracijski test (broj udaraca/30cm)
$C_u$ - posmična čvrstoća tla

### 2.2.3 GEOTEHNIČKA KATEGORIZACIJA

Da bi se olakšalo utvrđivanje geotehničke složenosti projekta, Eurokod 7 je uveo tri geotehničke kategorije s naglaskom da je kategorija viša što je projekt složeniji (ili njegov dio). Razlika u kategorijama leži u prirodi i opsegu geotehničkih istraživačkih radova i proračuna, a sukladno tome i stupnju stručnosti projektanta. Primjena kategorizacije nije obvezna, ali može poslužiti projektantu kao smjernica i pomoć pri projektiranju.

Geotehnička kategorija 2 obuhvaća najčešće zastupljene geotehničke zahvate kao što su plitki i duboki temelji, potporni zidovi, nasipi, niske nasute brane, jednostavnije građevne jame, stabilnost jednostavnijih kosina i sl.

Obzirom na značajke građevine i lokacije predmetni zahvat se po svojim karakteristikama može svrstati u geotehničku kategoriju 2 prema sljedećem:



<b>geotehnička kategorija</b>	2.
<b>općenito</b>	Uobičajena vrste konstrukcija i temelja, koja ne uključuju pretjerane opasnosti, neobične ili izuzetno teške uvjete u temeljnom tlu ili uvjete opterećenja, te je moguće uz kvantificirane geotehničke podatke i analize rutinskim postupcima provesti projektiranje i gradnju temelja sa zanemarivim opasnostima za vlasništvo i živote.
<b>geotehnički hazard</b>	Srednji.
<b>uvjeti u tlu</b>	Uvjeti u tlu mogu se odrediti iz istražnih radova.
<b>podzemna voda</b>	U bušotinama na poziciji ispusne ustave podzemna voda je registrirana na dubini od 5,0 do 6,4 m.
<b>istražni radovi</b>	Potrebni su kvantitativni geotehnički podaci dobiveni rutinskim terenskim istražnim radovima i laboratorijskim ispitivanjima.
<b>regionalna seizmičnost</b>	<u>Maks.intenzitet potresa prema MCS skali</u> - $I_{max} = 6^{\circ}$ MCS za PP od 100 godina - $I_{max} = 7^{\circ}$ MCS za PP od 500 godina  <u>Poredbeno vršno ubrzanje tla tipa A</u> - $a_{gR} = 0,075 - 0,076$ g za PP od 95 godina - $a_{gR} = 0,152 - 0,155$ g za PP od 475 godina  <u>Lokalno temeljno tlo prema EC8</u> - tip tla C
<b>utjecaj okoliša</b>	Rješava se rutinskim postupcima dimenzioniranja.
<b>osjetljivost konstrukcije</b>	Nema podataka. Pretpostavlja se srednja osjetljivost.
<b>veličina konstrukcije</b>	Potporni zidovi – izvedba pilotnih stijena od armiranobetonskih pilota nazivnog promjera $\varnothing 1000$ mm i $\varnothing 600$ mm, u izmjeni s glinobetonskim zasječnim pilotima te sidrenjem pilotnih stijena geotehničkim sidrima.
<b>geotehnički rizik</b>	Srednji.
<b>projektni postupci</b>	Geotehničke analize stabilnosti, pomaka i dimenzioniranja potporne konstrukcije, po potrebi i složene analize.

## 2.2.4 GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA

### 2.2.4.1 Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi sastojali su se od slijedećih segmenata:

- Istražno bušenje uz geotehnički nadzor, identifikaciju i klasifikaciju jezgre bušenja
- Uzorkovanje tla
- Ispitivanje standardnog penetracijskog testa u bušotini (SPT)
- Ispitivanje džepnim penetrometrom i džepnom krilnom sondom na jezgri bušenja
- Zatrpavanje bušotina bentonitnom smjesom i bušaćom jezgrom
- Praćenje pojave i razine podzemne vode u bušotinama.



## 2.2.4.2 Istražno bušenje uz geotehnički nadzor, identifikaciju i klasifikaciju jezgre bušenja

U cilju osiguranja kvalitete i koordinacije terenskih i laboratorijskih istražnih radova te izrade geotehničkog elaborata istražno bušenje je izvedeno uz kontinuirani geotehnički nadzor. Izvedene su 23 istražne bušotine dubine od 5,00 do 25,00 m. Istražno bušenje je izvedeno u veljači, ožujku i studenom 2019. godine na poziciji ispusne ustave i nasipa N1 i N2, te u kolovozu i rujnu 2020. godine na poziciji CS Sajevac. Položaj bušotina prikazan je na situaciji u prilogu 1.

Istražne bušotine su izvedene strojnom garniturom "Comacchio GEO 205". Bušenja su izvedena rotacijski, "na suho", uz kontinuirano jezgrovanje vidija bušačom krunom i jednostrukom jezgrenom cijevi. Od zarušavanja stjenke bušotina su štice čeličnim kolonama.

Terenska razredba (klasifikacija) i raspoznavanje (identifikacija) slojeva tla nabušene jezgre pomaže u odabiru mjerodavnih uzoraka tla dobivenih istražnim bušenjem kao i za daljnja detaljnija ispitivanja u laboratoriju.

Podatke o izvedenim bušotinama pruža sljedeća tablica (koordinatni sustav HTRS96/TM, visinski HVR571).

OZNAKA BUŠOTINE		DATUM IZVOĐENJA.	KOORDINATE I VISINA UŠĆA BUŠOTINE			DUBINA BUŠOTINE (m)	GRAĐEVINA
VANJSKA	INTERNA (Geokon - Zagreb)		E	N	H		
G-1	S-155-18-01	26.03.2019.	427470,31	5039522,79	108,98	25,00	Ispusna ustava
G-2	S-155-18-02	21.03.2019.	427542,22	5039550,29	110,40	25,00	Ispusna ustava
G-3	S-155-18-03	28.03.2019.	427427,87	5039502,88	108,14	6,00	Ispusna ustava
G-4	S-155-18-04	25.03.2019.	427639,76	5039546,36	110,26	5,50	Ispusna ustava
B-1	S-155-18-05	25.11.2019.	429177,20	5038356,32	110,30	8,00	Nasip N1
B-2	S-155-18-06	26.11.2019.	428855,59	5038248,56	111,10	8,00	Nasip N1
B-3	S-155-18-07	28.11.2019.	428696,12	5038196,28	111,00	8,00	Nasip N1
B-4	S-155-18-08	28.11.2019.	428527,87	5038148,52	111,10	8,00	Nasip N1
B-5	S-155-18-09	27.11.2019.	428377,72	5038066,19	111,30	10,00	Nasip N1
B-6	S-155-18-10	26.11.2019.	428259,75	5038005,96	111,50	10,00	Nasip N1
B-7	S-155-18-11	29.11.2019.	428116,06	5037904,62	111,60	10,00	Nasip N1
B-8	S-155-18-12	04.06.2019.	428005,03	5037541,31	110,46	10,00	Nasip N1 - čep
B-9	S-155-18-13	03.06.2019.	427940,05	5037878,98	110,93	8,00	Nasip N2
B-10	S-155-18-14	11.06.2019.	428155,70	5038149,62	112,95	5,00	Nasip N2
B-11	S-155-18-15	31.05.2019.	428358,07	5038236,66	110,52	6,00	Nasip N2
B-12	S-155-18-16	28.05.2019.	428502,97	5038360,34	113,43	5,00	Nasip N2
B-13	S-155-18-17	31.05.2019.	428676,43	5038423,51	113,61	6,00	Nasip N2
CS-1	S-155-18-18	05-07.06.2019.	428073,36	5037736,68	110,52	20,00	Crpna stanica
CS-2	S-155-18-19	24-26.08.2020.	428076,30	5037753,98	110,51	15,00	Crpna stanica
CS-3	S-155-18-20	07-08.09.2020.	428098,62	5037753,22	110,48	20,00	Crpna stanica
CS-4	S-155-18-21	26.08.-04.09.2020.	428092,35	5037739,42	110,41	20,00	Crpna stanica
CS-5	S-155-18-22	04.09.2020.	428090,28	5037729,79	110,48	10,00	Crpna stanica
CS-6	S-155-18-23	08.09.2020.	428109,46	5037740,57	110,43	15,00	Crpna stanica

Prilikom izrade geotehničkog elaborata korišteni su i podaci o prethodno provedenim istražnim radovima [2]. U sljedećoj tablici prikazani su podaci o bušotinama:



OZNAKA BUŠOTINE	DATUM IZVOĐENJA.	KOORDINATE I VISINA UŠĆA BUŠOTINE			DUBINA BUŠOTINE (m)	GRAĐEVINA
		E	N	H		
P-1	11.-12.10.2016.	428037,11	5037679,99	110,61	20,00	Nasip N1
P-5	19.-24.10.2016.	427893,80	5037738,88	110,80	23,50	Nasip N2
P-11	16.-17.11.2016.	428020,73	5038013,43	110,79	15,00	Nasip N2
P-13	21.11.2016.	429014,10	5038333,43	110,45	15,00	Nasip N1
P-15	24.11.2016.	429338,44	5038310,26	109,93	15,00	Nasip N1
P-25	24.-27.02.17.	427861,27	5 039 529,20	110,37	25,00	Nasip N5
P-26	20.02.17.	427602,67	5039559,22	110,52	15,00	Nasip N5
P-29	28.02.2017.	427469,29	5039503,66	109,14	15,00	Nasip N5

### 2.2.4.3 Uzorkovanje tla

Cilj uzorkovanja je dobivanje uzoraka za identifikaciju tla i laboratorijska ispitivanja radi određivanja geotehničkih svojstava temeljnog tla. U geotehničkom laboratoriju određivana su fizikalna i mehanička svojstva na neporemećenim i poremećenim uzorcima, a u skladu s akreditiranim normama.

Za uzorkovanje neporemećenih uzoraka tla korišten je uzorkivač. Nakon što je dosegnuta odgovarajuća dubina, uzorkivač se spuštao u bušotinu. Dubinu uzorkovanja na terenu definirao je geotehnički nadzor. Uzorci su se nakon vađenja ostavljali u cilindrima kako bi se sačuvali od poremećaja i gubitka vlage.

Poremećeni uzorci za klasifikacijska ispitivanja uzimani su sistematski iz svakog sloja, minimalno po jedan uzorak. Uzorci su uzimani iz sanduka, a nakon fotografiranja jezgre. Poremećeni uzorci su pohranjivani u plastične vrećice kako bi se zaštitili od gubitka vlage.

Prilikom transporta uzorci su pohranjeni u odgovarajućem sanduk u kojemu su zaštićeni od mogućih vanjskih utjecaja (vrućine, hladnoće, vibracija i udaraca). Po preuzimanju uzoraka, izvršen je njihov popis (broj NU i PU), pregled te su zaduženi i pohranjeni u vlažnoj komori. Nakon što je definiran laboratorijski program ispitivanja, na ispitnim uzorcima su se izvela odgovarajuća ispitivanja.

Svi uzorci su pravovaljano označeni, a u slijedećoj tablici prikazan je način označavanja bušotine i ispitnog uzoraka prema broju radnog naloga.

Oznaka radnog naloga	Oznaka bušotine	Oznaka uzorka	Opis
NA-155-18	S-155-18-01	S-155-18-01-01	Bušotina br. 1, ispitni uzorak broj 01

### 2.2.4.4 Standardni penetracijski test (SPT)

Rezultati ispitivanja SPT-a služe za:

- procjenu parametara čvrstoće i relativne zbijenosti nekoherentnih materijala prema postojećim korelacijama, te
- uspostavljanje neposrednih korelacija SPT s rezultatima laboratorijskih pokusa.

Uz svako mjerno mjesto zabilježene su slijedeće informacije: dubina i profil zacjvljenja, nivo vode u bušotini, tip šipki koje su se koristile. Nakon spuštanja cilindra sa šipkama u bušotini se zabilježila dubina do dna bušotine, te iznos inicijalne penetracije cilindra u tlo pod utjecajem vlastite težine i težine šipki i opreme.





Za SPT pribor na strojnoj garnituri "COMACCHIO GEO 205" - Geokon-Zagreb provedeno je umjeravanje prema postupku propisanom normom ASTM D4633-05 „Standard test of method for Energy measurements for dynamic penetrometers“. Pri umjeravanju izmjerena je prenesena energija kod izvođenja standardnog penetracijskog testa i određen je faktor korekcije energije  $k_{60}$  u skladu točkom A.1 norme ISO 22476-3 2005 "Geotehničko istraživanje i ispitivanje -- Terensko ispitivanje -- 3. dio: Ispitivanje standardnim prodiranjem (SPT)". Faktor korekcije energije ( $k_{60}$ ) je odnos između stvarno prenesene energije i 60% teoretske potencijalne energije za propisan standardizirani SPT pribor koji se određuje prema izrazu:

$$k_{60} = E_r / 60$$

gdje je:

$E_r = E_{meas} / E_{theor}$  [%] koeficijent energije

$E_{meas}$  izmjerena (stvarna) energija koja je prenesena na šipke, (mjereno neposredno ispod nakovnja)

$E_{theor}$  potencijalna (teoretska) energija utega na normom određenoj visini iznad nakovnja.

Za SPT pribor na strojnoj garnituri "COMACCHIO GEO-205 izmjerena prosječna energija iznosila je  $E_{meas} = 0,357 \text{ kNm}$ . Potencijalna energija utega na normom određenoj visini iznad nakovnja iznosi  $E_{theor} = 0,475 \text{ kNm}$ . Prema prethodno navedenom izrazu faktor korekcije energije,  $k_{60}$ , iznosi:

$$k_{60} = E_r / 60 = [(0,402 / 0,468) * 100] / 60 = 1,432$$

U ovom elaboratu pored stvarnog broja udaraca, N, iskazuje se i korigirani broj udaraca  $N_{60}$  koji je određen slijedećim izrazom:

$$N_{60} = k_{60} * \kappa * N$$

gdje je:

- $\kappa$  faktor korekcije šiljka koji iznosi  $\kappa=1,0$  u slučaju kada je upotrijebljen nož, odnosno  $\kappa=0,75$  u slučaju kada je upotrijebljen šiljak
- $N=N_2+N_3$  izmjereni broj udaraca za penetraciju od 30 cm

Na geotehničkom presjecima istražnih bušotina prikazan je korigirani broj udaraca  $N_{60}$  koji je određen prema prethodnom izrazu.

#### 2.2.4.5 Ispitivanje džepnim penetrometrom i džepnom krilnom sondom na jezgri bušenja

Na jezgri bušenja je u glinenim materijalima izvršeno in-situ ispitivanje jednoosne tlačne čvrstoće priručnim džepnim penetrometrom -  $q_u$  (kPa), te ispitivanje vršne i rezidualne nedrenirane čvrstoće priručnom džepnom krilnom sondom -  $c_u$  i  $c_{ur}$  (kPa).

Džepni penetrometar je ručni instrument za ispitivanje približne vrijednosti jednoosne tlačne čvrstoće koherentnog tla na terenu ili u laboratoriju. Instrument se sastoji od kućišta sa mjernom skalom i pokazivačem unutar kojeg se nalazi kalibrirana opruga. Mjerenje se izvodi utiskivanjem mjerne sonde penetrometra u tlo do dubine 6,4 mm te očitavanja vrijednosti sa mjerne skale. Mjerni raspon se kreće od 0 do maksimalno 450 kPa.

Džepna krilna sonda je ručni instrument za ispitivanje približne vrijednosti vršne i rezidualne nedrenirane posmične čvrstoće koherentnog tla na terenu ili u laboratoriju. Instrument se sastoji od kućišta sa pokazivačem i mjernom skalom na koji se pričvršćuje nastavak (disk) sa lopaticama na jednoj strani. Mjerenje se izvodi utiskivanjem nastavka sa lopaticama u tlo te rotiranjem kućišta u smjeru kazaljke na satu do sloma tla. Nakon sloma tla očitava se vrijednost sa mjerne skale. Nakon sloma tla te očitavanja vršne čvrstoće vrši se mjerenje rezidualne čvrstoće na istom mjestu. Pokazivač se vrati na početni položaj (0), a princip



mjerenje je isti kao i kod mjerenja vršne čvrstoće. Ovisno o konzistentnom stanju tla koristi se jedan od tri raspoloživa nastavka. Najveći nastavak ima mjerni raspon 0-20 kPa, a koristi se u mekanim tlima. Srednji nastavak ima mjerni raspon 0-100 kPa, dok najmanji nastavak ima mjerni raspon 0-250 kPa te se koristi u tvrdim glinama.

Rezultati ispitivanja džepnim penetrometrom i džepnom krilnom sondom prikazani su na geotehničkim presjecima bušotina u prilogu 2.

## 2.2.5 LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Laboratorijska ispitivanja neporemećenih i poremećenih uzoraka tla provedena su u geotehničkom laboratoriju Geokon-Zagreb d.d., koji je akreditiran prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2008. Izvedena su sljedeća ispitivanja:

Vrsta ispitivanja	Oznaka	Jed.	Norma
<b>Razredbena ispitivanja, raspoznavanje i opis tla</b>			
Određivanje sadržaja prirodne vode (vlažnosti)	$w_o$	%	HRN U. B1. 012
Određivanje ukupne gustoće mase (zapreminska težina)	$\gamma$ i $\gamma_d$	kN/m <sup>3</sup>	HRN U. B1. 016
Određivanje gustoće mase čestica (specifična težina)	$\gamma_s$	kN/m <sup>3</sup>	HRN U. B1. 014
Određivanje granica konzistentnih stanja (Atterbergove granice)	$w_L$ i $w_P$	%	HRN U. B1. 020
Granulometrijska analiza	--	%	ASTM D-422
<b>Kemijsko ispitivanje tla</b>			
Određivanje sadržaja gorivih i organskih tvari	--	%	HRN U. B1. 024
<b>Ispitivanje čvrstoće tla</b>			
Jednoosno tlačno ispitivanje s praćenjem deformacija - pritiska čvrstoća - relativna deformacija	$q_u$ $\epsilon$	kPa %	ASTM D2166
Konsolidirano ispitivanje izravnim posmikom (standardno) - kohezija - kut unutrašnjeg trenja	$c$ $\phi$	kPa °	HRN U. B1. 028
Edometarsko ispitivanje stišljivosti	$M_s$	MPa	HRN U. B1. 032
<b>Ispitivanje propusnosti tla</b>			
1) Određivanje koeficijenta propusnosti (hidrauličke provodljivosti) uz promjenjiv hidraulički gradijent u edometru	$k$	(cm/s)	HRN U. B1. 034

Ispitivanja su provedena u skladu s važećim propisima i normama. Rezultati laboratorijskih ispitivanja prikazani su na presjecima bušotina u prilogu 2 te u tablicama u prilogu 5. Laboratorijski izvještaj o provedenim laboratorijskim ispitivanjima prikazan je u prilogu 4.



## 2.2.6 GEOFIZIČKI ISTRAŽNI RADovi

U sklopu istražnih radova su na lokaciji nasipa N1 te ispusne ustave izvedena geofizička istraživanja koja su se sastojala od geoelektričnih i seizmičkih ispitivanja. Geofizička istraživanja je izvela tvrtka Institut IGH d.d. Zagreb, a ista su provedena u ožujku 2019. godine (trasa nasipa N1) te u siječnju 2020. godine (ispusna ustava).

Geoelektrična ispitivanja obavljena su primjenom geoelektrične tomografije, dok je od seizmičkih metoda korištena plitka refrakcijska seizmika.

Geoelektrična tomografska ispitivanja su provedena duž dijela trase nasipa N1 te na lokaciji ispusne ustave. Na nasipu N1 izvedena su četiri profila ukupne duljine 1040 m (GT\_PKK-1; 280 m, GT\_PKK-2; 280 m, GT\_PKK-3; 320 m i GT\_PKK-4; 160 m), a na lokaciji ispusne ustave jedan profil duljine 200 m (GT\_KOR-2).

Plitka refrakcijska seizmika je provedena na lokaciji ispusne ustave, a izveden je seizmički profil RF\_KOR-2 duljine 195 m poprečno na korito rijeke Korane. Terenska podvodna seizmička refrakcijska snimanja obavljena su istovremeno sa mjerenjima na obalama rijeke i izvedena su duž dva kombinirana, geofonsko / hidrofonska seizmička dispozitiva.

## 2.2.7 ISPUSNA USTAVA

**Geoelektrična mjerenja** na lokaciji ispusne ustave izvedena su Wennerovim rasporedom elektroda s razmakom elektroda od 5 metra (30 metara interpretirane dubine), a izveden je jedan profil GT\_KOR-2 duljine 200 m preko korita r. Korane. Na temelju dobivenih vrijednosti električnih otpornosti iz rezultata mjerenja te podataka istražnih bušotina može se prognozirati zastupljenost sljedećih naslaga:

Prognozna litološka determinacija
GLINE, PRAHOVI, PRAHOVNJACI - otpornosti naslaga do 35 ohmm
IZMJENA ŠLJUNAKA I PROSLOJAKA GLINA, PIJESCI, ZAGLINJENI PIJESCI - otpornosti veća od 35 do 53 ohmm
ŠLJUNAK, PJEŠKOVITO PRAHOVITI ŠLJUNAK, ŠLJUNAK ZAGLINJEN, PIJESAK - otpornosti veća od 53 ohmm

Razlike u otpornostima između pojedinih naslaga su vrlo male, a time i vrijednosti otpornosti litoloških članova nisu izričito gore navedene vrijednosti. Nakon analize izvedenih geofizičkih istraživanja može se zaključiti sljedeće:

- Na mikrolokaciji ispusne ustave na rijeci Korani, a u cilju utvrđivanja površinskog i dubinskog rasprostiranja naslaga te strukture podzemlja prvenstveno u koritu rijeke Korane, urađena je geoelektrična tomografija preko rijeke Korane
- Na mikrolokaciji ispusne ustave u koritu rijeke se izmjenjuju naslage zaglinjenih i pjeskovitih šljunka sa zaglinjenim pijescima, debljine od 5 do 19 metara
- U podini su naslage šljunka, pjeskovitog šljunka, zaglinjenog pijeska.

**Refrakcijska seizmička** mjerenja su izvedena na jednom profilu oznake RF\_KOR-2 duljine 195 m poprečno na korito rijeke Korane. Snimanje je izvršeno digitalnim, 24 kanalnim seizmografom, TERRALOC ABEM MARK6, a za prijem signala korišteni su geofoni SENZOR SM 4, rezonantne frekvencije 4.5 Hz.

Iz prikupljenih rezultata refrakcijskih istraživanja napravljen je karakteristični dubinski presjek kojim se prognoziraju sljedeće tri sredine različitih fizičko mehaničkih karakteristika:





Brzina širenja P vala (m/s)	Prognozna litološka determinacija Ms - modul P valova / GPa, fc - emp. tlačna čvrstoća / MPa
< 1500	aluvijalni nanos, glina, prašinstva glina, prašinstvo pjeskovita glina, - kvartar, šljunak, zaglinjen / pjeskovit, valutice < 50 mm <ul style="list-style-type: none"><li>○ Vp ~ &lt; 1385 m/s</li><li>○ debljina do 9 m, 0.25 &lt; Ms &lt; 3.5, 0.01 &lt; fc &lt; 0.3</li></ul>
1500 - 2500	zaglinjen pijesak, pjeskovito prašinstvo šljunak, pijesak, šljunkoviti pijesak <ul style="list-style-type: none"><li>○ Vp ~ 1185 - 2550 m/s,</li><li>○ dubina od 9 do 30 m, 3 &lt; Ms &lt; 15, 1 &lt; fc &lt; 10</li></ul>
> 2500	glina, prahovi, prahovnjaci, matična stijena <ul style="list-style-type: none"><li>○ slaba stijena, Vp ~ 2350 - 32950 m/s,</li><li>○ dubina od 30 do 44 m, 10 &lt; Ms &lt; 25, 5 &lt; fc &lt; 25</li><li>○ srednje čvrsta / čvrsta stijena, Vp ~ 3000 - 5000 m/s,</li><li>○ dub.&gt; ~ 44 m, 20 &lt; Ms &lt; 75, 15 &lt; fc &lt; 125</li><li>○ rasjedna zone registrirana je na dubinskom presjeku u intervalu profila ~ 50 - 70 m</li></ul>

Na lokaciji ispusne ustave primijenjena je kombinacija seizmičkih i geoelektričnih metoda te se nakon analize rezultata izvedenih istraživanja može zaključiti sljedeće:

Lokacija ISPUSNA USTAVA - Konjički klub	
Vp < 1500 m/s	aluvijalni nanos, glina, prašinstva glina, prašinstvo pjeskovita glina, - kvartar, šljunak, zaglinjen / pjeskovit, valutice < 50 mm <ul style="list-style-type: none"><li>○ Vp ~ &lt; 1385 m/s</li><li>○ debljina do 9 m,</li><li>○ otpornost 35 - 53 Ohmm</li></ul>
Vp ~ 1500 - 2500 m/s	zaglinjen pijesak, pjeskovito prašinstvo šljunak, pijesak, šljunkoviti pijesak <ul style="list-style-type: none"><li>○ Vp ~ 1185 - 2550 m/s,</li><li>○ dubina od 9 do 30 m,</li><li>○ Otpornost &gt; 53 Ohmm</li></ul>
Vp > 2500 m/s	glina, prahovi, prahovnjaci, matična stijena <ul style="list-style-type: none"><li>○ slaba stijena, Vp ~ 2350 - 32950 m/s,</li><li>○ dubina od 30 do 44 m,</li><li>○ srednje čvrsta / čvrsta stijena, Vp ~ 3000 - 5000 m/s,</li><li>○ dub.&gt; ~ 44 m,</li></ul>

Kombinacija geoelektrične tomografije i seizmičkih metoda upotpunila je prostornu sliku rasporeda i rasprostranjenosti površinskih naslaga, a potom i trošnih prahovnjaka u matičnoj stijeni podloge, te ujedno otkloniti moguće pogreške, zbog višeznačnosti interpretacije pri detektiranju sastava litoloških članova u osnovnoj stijenskoj masi.



## 2.2.8 MATERIJALI TLA I PODZEMNA VODA

Na temelju provedenih geotehničkih istraživanja dan je geotehnički model tla za ispusnu ustavu.

### 2.2.8.1 Grupe materijala

Temeljem provedenih istražnih radova utvrđeno je kako se tlo na predmetnoj lokaciji sastoji od sljedećih grupa materijala razvrstanih prema značajkama i dubini pojavljivanja:

Grupa materijala	Vrsta materijala	Oznaka materijala	Opis materijala
(1)	HUMUS	-	Humus je površinski sloj tla debljine uglavnom 40-50 cm.
(2)	POVRŠINSKA GLINA NISKE DO VISOKE PLASTIČNOSTI	CL, CI, CH	Površinska glina je niske do visoke plastičnosti, srednje do kuto plastične konzistencije, smeđe, žuto smeđe i tamno smeđe boje, sadrži kongrecije mangana. Registrirana je u svim bušotinama ispod sloja humusa, najpliće do dubine 3,8 m (bušotina P-26), a najdublje do 5,4 m (bušotina G-2). Prosječna debljina sloja je 4,15 m.
(3)	PIJESAK	SC, SP, SW, SW/GW, CL/SC	Pijesak je glinovit i prašinst, dobro graduiran sa šljunkom, mjestimično sa pjeskovitom glinom niske plastičnosti, sitan do srednje krupan, vrlo rastresit do srednje zbijen, smeđe i sivo smeđe boje. Pijesak je registriran u 5 od 7 bušotina, najpliće na 3,30 m (bušotina P-26), a najdublje na 4,80 m (bušotina G-4). Utvrđena debljina sloja kreće se od 0,60 do 4,20 m. Debljina sloja nije utvrđena jedino u G 4, bušenje je završeno u pijesku. Pijesak nije registriran u bušotinama G-2 i G-3.
(4)	ŠLJUNAK	GW, GP, GC	Šljunak je slabo do dobro graduiran sa pijeskom, glinovit, sitan do srednje krupan, uglavnom srednje zbijen, u manjoj mjeri rastresit i zbijen, smeđe boje, oblog do poluzaobljenog zrna, veličine uglavnom 3-4 cm. Registriran je u bušotinama G-1, G-2, G-3 i P-29. Pojava šljunka registrirana je najpliće na 4,90 m (bušotina G-3), a najdublje na 12,30 m (bušotina G-2). Debljina sloja šljunka kreće se od 1,70 m (bušotina G-2) do 3,70 m (bušotina G-1).
(5)	TRESET I ORGANSKA GLINA	Pt, Pt/OH, CH/OH	Treset je zrnat, crne boje, izrazitog organskog mirisa. Glina je visoke plastičnosti do organska, srednje plastične konzistencije, tamno sive boje. Ovi materijali registrirani su u bušotini G-2 u intervalu 7,10-10,20 te u bušotini P-26 u intervalu 7,50-9,00 m.
(6)	GLINA NISKE DO VISOKE PLASTIČNOSTI	CL, CL/SC, CI, CH	Glina je niske do visoke plastičnosti, mjestimično sa pijeskom, srednje do kruto plastične konzistencije, sive i sivo plave boje, sadrži valutice šljunka. Registrirana je u sljedećim bušotinama; G-2 u intervalu 10,70-12,30 m, u P-25 u intervalu 7,50-11,00 i u bušotini P-26 u intervalu 9,00-9,50 m.
(7)	PIJESAK	SC, SC-SP	Pijesak je glinovit i slabo graduiran, sitan do srednje krupan, srednje zbije i zbijen, u manjoj mjeri rastresit, sadrži valutice šljunka, smeđe, crvenkasto smeđe i sive boje. Registriran je u bušotinama G-1, G-2, P-25, P-26 i P-29 ispod gornjih naslaga do dubine bušenja 15,00 i 25,00 m.

Detaljan opis sastava i svojstva materijala prikazan je na presjecima bušotina u geotehničkom projektu, a rasprostiranje pojedinih grupa materijala na prognoznom geotehničkom presjeku

Rezultati laboratorijskih ispitivanja prikazani su u tablicama fizikalnih i mehaničkih svojstava materijala tla.



### 2.2.8.2 Podzemna voda

Tijekom provođenja terenskih istražnih radova praćena je pojava (PPV) i razina (RPV) podzemne vode. Opažanja su vršena od ušća bušotine, a podaci o registriranim razinama prikazani su u sljedećoj tablici:

BUŠOTINA		DUBINA BUŠOTINE (m)	DATUM IZVOĐENJA	POJAVA PODZEMNE VODE PPV (m)	RAZINA PODZEMNE VODE RPV (m / m n.m.)	
VANJSKA	INTERNA (Geokon Zagreb)					
G-1	S-155-18-01	25,00	26.03.2019.	4,80	6,40	102,58
G-2	S-155-18-02	25,00	21.03.2019.	6,00	5,00	105,40
G-3	S-155-18-03	6,00	28.03.2019.	5,80	--	--
G-4	S-155-18-04	5,50	25.03.2019.	4,70	5,40	104,86
P-25	--	25,00	24.-27.02.17.	5,10	5,00	105,37
P-26	--	15,00	20.02.17.	5,00	5,00	105,52
P-29	--	15,00	28.02.2017.	6,00	5,20	103,94

Izmjerene razine su trenutne jer se odnose na period provođenja istražnih radova, a mjerene su u otvorenim bušotinama po završetku bušenja.

Generalno se može zaključiti kako razina podzemne vode na lokaciji ovisi o hidrološkim uvjetima, te o vodostajima Kupe i Korane. Točniji podaci o razini podzemne vode na lokaciji dobili bi se praćenjem RPV-a putem piezometara kroz cijelu hidrološku sezonu.

### 2.2.8.3 Rezultati terenskih i laboratorijskih ispitivanja

U sljedećim tablicama je dan sumarni prikaz rezultata terenskih i laboratorijskih ispitivanja po pojedinim grupama materijala sa minimalnim i maksimalnim te prosječnim vrijednostima rezultata (za tri i više ispitivanja).

#### GRUPA MATERIJALA 2: POVRŠINSKA GLINA NISKE DO VISOKE PLASTIČNOSTI

##### TERENSKA ISPITIVANJA

Standardni penetracijski test (SPT)

BUŠOTINA	KOTA UŠĆA (m n.m.)	INTERVAL ISPITIVANJA			DUBINA ISPITIVANJA (m n.m.)	BROJ UDARACA				PRIBOR NOŽ/ŠILJAK	N60	MATERIJAL
		OD (m)	DO (m)	ISPITIVANJA (m n.m.)		N1 (0-15cm)	N2 (15-30cm)	N3 (30-45cm)	N=N2+N3			
S-155-18-01 (G-1)	108,98	3,00	3,45	105,53	0	1	2	3	NOŽ	4	CI	
S-155-18-02 (G-2)	110,40	4,00	4,45	105,95	2	3	4	7	NOŽ	10	CH	
P-25	110,37	3,00	3,45	106,92	-	-	-	-	NOŽ	5	CH	
P-26	110,52	2	2,45	108,07	-	-	-	-	NOŽ	12	CH	
									MIN	4		
									MAKS	12		
									PROSJEK	8		



### Džepni penetrometar i džepna krilna sonda

BUŠOTINA	KOTA UŠĆA (m n.m.)	DUBINA ISPITIVANJA		q <sub>u</sub> (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)	c <sub>ur</sub> (kPa)	MATERIJAL
		m	m n.m.				
S-155-18-01 (G-1)	108,98	0,75	108,23	190	100	30	CI
S-155-18-01 (G-1)	109,98	1,10	108,88	250	92,5	20	CI
S-155-18-01 (G-1)	108,98	1,75	107,23	110	72,5	32,5	CI
S-155-18-01 (G-1)	108,98	4,25	104,73	20	29	12	CI
S-155-18-02 (G-2)	110,40	0,70	109,70	170	117,5	42,5	CH
S-155-18-02 (G-2)	110,40	1,50	108,90	130	95	30	CI
S-155-18-02 (G-2)	110,40	2,10	108,30	125	65	12,5	CH
S-155-18-02 (G-2)	110,40	2,60	107,80	100	80	25	CI
S-155-18-02 (G-2)	110,40	3,50	106,90	150	117,5	42,5	CI
S-155-18-02 (G-2)	110,40	4,80	105,60	100	85	25	CI
S-155-18-02 (G-2)	110,40	5,25	105,15	80	85	47,5	CI
S-155-18-02 (G-2)	110,40	10,70	99,70	20	25	9	CI
S-155-18-02 (G-2)	110,40	11,30	99,10	50	47,5	25	CI
S-155-18-03 (G-3)	108,14	1,60	106,54	170	100	32,5	CH
S-155-18-03 (G-3)	108,14	2,10	106,04	150	87,5	12,5	CH
S-155-18-03 (G-3)	108,14	2,60	105,54	100	67,5	20	CI
S-155-18-03 (G-3)	108,14	3,60	104,54	70	65	22,5	CI
S-155-18-03 (G-3)	108,14	4,10	104,04	100	42	15	CI
S-155-18-03 (G-3)	108,14	4,50	103,64	60	37,5	12,5	CI
S-155-18-04 (G-4)	110,26	0,80	109,46	270	155	22,5	CI
S-155-18-04 (G-4)	110,26	1,50	108,76	250	140	25	CI
S-155-18-04 (G-4)	110,26	2,40	107,86	200	127,5	35	CI
S-155-18-04 (G-4)	110,26	3,40	106,86	180	115	30	CI
S-155-18-04 (G-4)	110,26	3,60	106,66	50	20	7	CI
<b>MIN</b>				<b>20</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	
<b>MAKS</b>				<b>270</b>	<b>155</b>	<b>48</b>	
<b>PROSJEK</b>				<b>129</b>	<b>82</b>	<b>25</b>	



LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Fizikalna svojstva

OZNAKA UZORKA	DUBINA	PRIRODNA VLAGA	GUSTOĆA MASE ČVRSTIH ČESTICA	GUSTOĆA MASE (SUHA I UKUPNA)		GRANICE PLASTIČNOSTI		INDEKS PLASTIČNOSTI	INDEKS KONZISTENCIJE	SIMBOL
	m	w [%]	$\rho_s$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho_d$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\rho$ [g/cm <sup>3</sup> ]	wL [%]	wP [%]	IP [%]	IC	
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-01(G-1)</b>								
S-155-18-01-02	1,00-1,30	26,35	2,74	1,43	1,81	48,35	22,06	26,29	0,84	CI
S-155-18-01-03	2,40-2,50	32,01				40,53	22,05	18,48	0,46	CI
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-02(G-2)</b>								
S-155-18-02-01	0,60-0,70	24,59				55,34	22,47	32,87	0,94	CH
S-155-18-02-03	2,05-2,35	29,74	2,72	1,43	1,85	53,24	21,96	31,28	0,75	CH
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-03(G-3)</b>								
S-155-18-03-02	2,00-2,30	32,86	2,72	1,33	1,77	50,29	22,30	27,99	0,62	CH
S-155-18-03-03	2,60-2,70	31,95				47,27	21,94	25,33	0,60	CI
S-155-18-03-05	4,00-4,30	32,42	2,70	1,36	1,80	43,21	21,40	21,81	0,49	CI
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-04(G-4)</b>								
S-155-18-04-03	3,50-3,80	31,04	2,73	1,40	1,83	45,12	22,22	22,90	0,61	CI
S-155-18-04-04	4,60-4,70	33,83				38,45	20,56	17,89	0,26	CI
	<b>MIN</b>	<b>24,59</b>	<b>2,70</b>	<b>1,33</b>	<b>1,77</b>	<b>38,45</b>	<b>20,56</b>	<b>17,89</b>	<b>0,26</b>	
	<b>MAKS</b>	<b>33,83</b>	<b>2,74</b>	<b>1,43</b>	<b>1,85</b>	<b>55,34</b>	<b>22,47</b>	<b>32,87</b>	<b>0,94</b>	
	<b>PROSJEK</b>	<b>30,53</b>	<b>2,72</b>	<b>1,39</b>	<b>1,81</b>	<b>46,87</b>	<b>21,88</b>	<b>24,98</b>	<b>0,62</b>	

Mehanička svojstva

OZNAKA UZORKA	DUBINA	DIREKTNO SMICANJE		TLAČNA ČVRSTOĆA		STIŠLJIVOSTI TLA				VDP IZ STIŠLJIVOSTI			SIMBOL	
		STANDARDNO		qu [kPa]	ε [%]	σ <sub>50</sub>	σ <sub>100</sub>	σ <sub>200</sub>	σ <sub>400</sub>	σ <sub>100</sub>	σ <sub>200</sub>	σ <sub>400</sub>		
	c [kPa]	φ [°]	Ms [MPa]											k [cm/s]
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-01 (G-1)</b>												
S-155-18-01-02	1,00-1,30	21,30	24,80	94,00	4,60									CI
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-02 (G-2)</b>												
S-155-18-02-03	2,05-2,35	8,80	26,30	81,00	4,57									CH
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-03 (G-3)</b>												
S-155-18-03-02	2,00-2,30			92,00	8,18	0,90	2,30	3,30	5,50	8,41E-09	5,41E-09	4,15E-09		CH
S-155-18-03-05	4,00-4,30	22,00	30,80			1,50	3,90	4,60	8,20	3,62E-08	2,96E-08	1,64E-08		CI
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-04 (G-4)</b>												
S-155-18-04-03	3,50-3,80	6,00	24,60	81,00	10,71	1,60	4,00	5,30	7,10	3,41E-08	2,05E-08	1,71E-08		CI
	<b>MIN</b>	<b>8,80</b>	<b>24,80</b>	<b>81,00</b>	<b>4,57</b>	<b>0,90</b>	<b>2,30</b>	<b>3,30</b>	<b>5,50</b>	<b>1,00E-09</b>	<b>1,00E-09</b>	<b>1,00E-09</b>		
	<b>MAKS</b>	<b>22,00</b>	<b>30,80</b>	<b>94,00</b>	<b>8,18</b>	<b>1,50</b>	<b>3,90</b>	<b>4,60</b>	<b>8,20</b>	<b>1,00E-08</b>	<b>1,00E-08</b>	<b>1,64E-08</b>		
	<b>PROSJEK</b>	<b>14,53</b>	<b>26,63</b>	<b>87,00</b>	<b>7,02</b>	<b>1,33</b>	<b>3,40</b>	<b>4,40</b>	<b>6,93</b>	<b>1,00E-08</b>	<b>1,00E-08</b>	<b>1,00E-08</b>		

GRUPA MATERIJALA 3: PIJESAK

TERENSKA ISPITIVANJA

Standardni penetracijski test (SPT)

BUŠOTINA	KOTA UŠČA (m n.m.)	INTERVAL ISPITIVANJA			DUBINA ISPITIVANJA (m n.m.)	BROJ UDARACA				PRIBOR NOŽ/ŠILJAK	N60	MATERIJAL
		OD (m)	DO (m)	ISPITIVANJA		N1 (0-15cm)	N2 (15-30cm)	N3 (30-45cm)	N=N2+N3			
S-155-18-04 (G-4)	110,26	5,50	5,40	104,87	4	3	3	6	NOŽ	9	SC	
P-25	110,37	6,00	6,45	103,92	-	-	-	-	ŠILJAK	2	SW	
P-26	110,52	4,00	4,45	106,07	-	-	-	-	NOŽ	4	SP	
P-29	109,14	5,00	5,45	103,69	-	-	-	-	ŠILJAK	11	SP	
									<b>MIN</b>	<b>2</b>		
									<b>MAKS</b>	<b>11</b>		
									<b>PROSJEK</b>	<b>7</b>		



▪ LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Fizikalna svojstva

OZNAKA UZORKA	DUBINA	GRANULOMETRIJSKI SASTAV							SIMBOL
	m	G [%]	S [%]	M [%]	C [%]	G + S [%]	M + C [%]	VDP USBR k [cm/s]	
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-01(G-1)</b>							
S-155-18-01-04	4,70-4,80		44,70	37,80	17,50	44,70	55,30	3,96E-07	CL/SC

**GRUPA MATERIJALA 4: ŠLJUNAK**

▪ TERENSKA ISPITIVANJA

Standardni penetracijski test (SPT)

BUŠOTINA	KOTA UŠĆA (m n.m.)	INTERVAL ISPITIVANJA			BROJ UDARACA				PRIBOR NOŽ/ŠILJAK	N60	MATERIJAL	GRUPA	
		OD (m)	DO (m)	DUBINA ISPITIVANJA (m n.m.)	N1 (0-15cm)	N2 (15-30cm)	N3 (30-45cm)	N=N2+N3					
S-155-18-01 (G-1)	109,98	4,80	5,25	104,73	1	3	5	8	NOŽ	11	GP	4	
S-155-18-01 (G-1)	110,98	6,20	6,65	104,33	7	5	8	13	ŠILJAK	11	GP	4	
S-155-18-02 (G-2)	110,40	6,00	6,45	103,95	2	2	3	5	ŠILJAK	5	GP	4	
S-155-18-02 (G-2)	110,40	13,50	13,95	96,45	7	10	16	26	ŠILJAK	28	GP	4	
S-155-18-02 (G-2)	110,40	15,00	15,45	94,95	6	8	13	21	ŠILJAK	23	GP	4	
S-155-18-03 (G-3)	108,14	6,00	6,45	101,69	3	3	3	6	ŠILJAK	6	GC	4	
P-29	109,14	7,20	7,65	101,49	-	-	-	-	NOŽ	27	GW	4	
										<b>MIN</b>	<b>5</b>		
										<b>MAKS</b>	<b>28</b>		
										<b>PROSJEK</b>	<b>14</b>		

▪ LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Fizikalna svojstva

OZNAKA UZORKA	DUBINA	GRANULOMETRIJSKI SASTAV							SIMBOL			
	m	G [%]	S [%]	M [%]	C [%]	G + S [%]	M + C [%]	VDP USBR k [cm/s]				
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-01(G-1)</b>										
S-155-18-01-06	8,10-8,30	59,60	38,10			97,70	2,30	1,24E-01	GP			
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-02(G-2)</b>										
S-155-18-02-05	5,60-5,80	34,40	31,40	26,60	7,60	65,80	34,20	9,28E-06	GM			
S-155-18-02-06	6,40-6,60	52,00	44,50			96,50	3,50	1,08E-02	GP			
S-155-18-02-12	13,20-13,40	63,80	34,70			98,50	1,50	1,24E-01	GP			
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-03(G-3)</b>										
S-155-18-03-06	5,20-5,40	37,30	32,20	22,50	8,00	69,50	30,50	1,63E-05	GC			
		<b>MIN</b>	<b>34,40</b>	<b>31,40</b>	<b>22,50</b>	<b>7,60</b>	<b>65,80</b>	<b>30,10</b>	<b>1,00E-06</b>			
		<b>MAKS</b>	<b>63,80</b>	<b>44,50</b>	<b>26,60</b>	<b>8,00</b>	<b>108,30</b>	<b>34,60</b>	<b>1,00E-01</b>			
		<b>PROSJEK</b>	<b>49,42</b>	<b>36,18</b>	<b>24,55</b>	<b>7,80</b>	<b>85,60</b>	<b>32,35</b>	<b>1,00E-03</b>			



## GRUPA MATERIJALA 5: TRESET I ORGANSKA GLINA

### TERENSKA ISPITIVANJA

Standardni penetracijski test (SPT)

BUŠOTINA	KOTA UŠĆA (m n.m.)	INTERVAL ISPITIVANJA		DUBINA ISPITIVANJA (m n.m.)	BROJ UDARACA				PRIBOR NOŽ/ŠILJAK	N60	MATERIJAL
		OD (m)	DO (m)		N1 (0-15cm)	N2 (15-30cm)	N3 (30-45cm)	N=N2+N3			
S-155-18-02 (G-2)	110,40	8,00	8,45	101,95	3	6	6	12	NOŽ	17	Pt
S-155-18-02 (G-2)	110,40	10,00	10,45	99,95	1	1	2	3	NOŽ	4	CH/OH
P-26	110,52	7,50	7,95	102,57	-	-	-	-	ŠILJAK	5	Pt/OH
										MIN	4
										MAKS	17
										PROSJEK	9

Džepni penetrometar i džepna krilna sonda

BUŠOTINA	KOTA UŠĆA (m n.m.)	DUBINA ISPITIVANJA		q <sub>u</sub> (kPa)	c <sub>u</sub> (kPa)	c <sub>ur</sub> (kPa)	MATERIJAL
		m	m n.m.				
S-155-18-02 (G-2)	110,40	7,30	103,10	70	90	25	Pt
S-155-18-02 (G-2)	110,40	9,80	100,60	25	60	30	CH/OH

### LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Fizikalna svojstva

OZNAKA UZORKA	DUBINA	PRIRODNA VLAGA	GRANICE PLASTIČNOSTI		INDEKS PLASTIČN OSTI	INDEKS KONZISTEN CIJE	SADRŽAJ GORIVIH TVARI	SADRŽAJ ORGANSKIH TVARI	SIMBOL
			wL [%]	wP [%]					
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-02(G-2)</b>							
S-155-18-02-08	8,30-8,40						32,56	61,41	Pt
S-155-18-02-09	9,80-9,90	65,91	103,97	30,78	73,19	0,52			CH/OH

## GRUPA MATERIJALA 6: GLINA NISKE DO VISOKE PLASTIČNOSTI

### TERENSKA ISPITIVANJA

Standardni penetracijski test (SPT)

BUŠOTINA	KOTA UŠĆA (m n.m.)	INTERVAL ISPITIVANJA		DUBINA ISPITIVANJA (m n.m.)	BROJ UDARACA			N=N2+N3	PRIBOR NOŽ/ŠILJAK	N60	MATERIJAL
		OD (m)	DO (m)		N1 (0-15cm)	N2 (15-30cm)	N3 (30-45cm)				
S-155-18-02 (G-2)	110,40	11,50	11,95	98,45	2	3	3	6	NOŽ	9	CL/SC
P-25	110,37	8,00	8,45	101,92	-	-	-	-	ŠILJAK	8	CL

### LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Fizikalna svojstva

OZNAKA UZORKA	DUBINA	GRANULOMETRIJSKI SASTAV						SIMBOL
		G [%]	S [%]	M [%]	C [%]	M+C [%]	VDP USBR k [cm/s]	
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-02(G-2)</b>						
S-155-18-02-11	11,50-11,70	2,80	39,30	39,60	18,30		2,68E-07	CL/SC





## GRUPA MATERIJALA 7: PIJESAK

### TERENSKA ISPITIVANJA

Standardni penetracijski test (SPT)

BUŠOTINA	KOTA UŠĆA (m n.m.)	INTERVAL ISPITIVANJA			BROJ UDARACA				PRIBOR NOŽ/ŠILJAK	N60	MATERIJAL
		OD (m)	DO (m)	DUBINA ISPITIVANJA (m n.m.)	N1 (0-15cm)	N2 (15-30cm)	N3 (30-45cm)	N=N2+N3			
S-155-18-01 (G-1)	111,98	9,50	9,95	102,03	20	13	12	25	ŠILJAK	27	SC
S-155-18-01 (G-1)	112,98	15,00	15,45	97,53	5	6	8	14	NOŽ	20	SC
S-155-18-01 (G-1)	113,98	17,00	17,45	96,53	6	8	10	18	NOŽ	26	SC
S-155-18-01 (G-1)	114,98	19,00	19,45	95,53	14	15	17	32	ŠILJAK	34	SC
S-155-18-01 (G-1)	115,98	21,80	22,25	93,73	12	19	20	39	ŠILJAK	42	SC
S-155-18-01 (G-1)	116,98	25,00	25,45	91,53	19	20	24	44	ŠILJAK	47	SC
S-155-18-02 (G-2)	110,40	17,30	17,75	92,65	5	7	9	16	NOŽ	23	SC
S-155-18-02 (G-2)	110,40	19,00	19,45	90,95	5	7	10	17	NOŽ	24	SC
S-155-18-02 (G-2)	110,40	22,00	22,45	87,95	5	9	12	21	NOŽ	30	SC
S-155-18-02 (G-2)	110,40	25,00	25,45	84,95	6	8	11	19	NOŽ	27	SC
P-25	110,37	11,00	11,45	98,92	-	-	-	-	ŠILJAK	7	SP
P-25	110,37	12,00	12,45	97,92	-	-	-	-	ŠILJAK	44	SP
P-25	110,37	15,00	15,45	94,92	-	-	-	-	ŠILJAK	37	SP
P-25	110,37	17,30	17,75	92,62	-	-	-	-	ŠILJAK	30	SP
P-25	110,37	23,00	23,45	86,92	-	-	-	-	ŠILJAK	20	SP
P-25	110,37	25,00	25,45	84,92	-	-	-	-	ŠILJAK	23	SP
P-26	110,52	10,50	10,95	99,57	-	-	-	-	ŠILJAK	6	SP-SC
P-26	110,52	15,00	15,45	95,07	-	-	-	-	ŠILJAK	37	SP
P-29	109,14	9,50	9,95	99,19	-	-	-	-	ŠILJAK	38	SW
P-29	109,14	12,50	12,95	96,19	-	-	-	-	NOŽ	50	SP
										MIN	6
										MAKS	50
										PROSJEK	30

### LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Fizikalna svojstva

OZNAKA UZORKA	DUBINA	GRANULOMETRIJSKI SASTAV							SIMBOL
		G [%]	S [%]	M [%]	C [%]	G + S [%]	M + C [%]	VDP USBR k [cm/s]	
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-01(G-1)</b>							
S-155-18-01-07	9,10-9,20	9,90	48,50	28,30	13,30	58,40	41,60	1,02E-06	SC
S-155-18-01-10	15,40-15,60	2,30	47,50	34,10	16,10	49,80	50,20	5,67E-07	SC
S-155-18-01-12	19,40-19,50		68,60	18,70	12,70	68,60	31,40	1,43E-06	SC
<b>BUŠOTINA</b>		<b>S-155-18-02(G-2)</b>							
S-155-18-02-15	24,40-24,60		53,60	26,10	20,30	53,60	46,40	1,49E-07	SC
		MIN	2,30	47,50	18,70	12,70	49,80	31,40	1,00E-07
		MAKS	9,90	68,60	34,10	20,30	68,60	50,20	1,00E-06
		PROSJEK	6,10	54,55	26,80	15,60	57,60	42,40	1,00E-06

### Odabrane karakteristične vrijednosti parametara materijala:

Materijal	Zapreminska težina Y [kN/m <sup>3</sup> ]	Kohezija c' [kPa]	Efektivni kut trenja φ [°]	Modul elastičnosti E <sub>50</sub> [kPa]
CH	19	10	26	6000
GP	21	0	35	30000
CI-SC	19	10	26	8000
Pt/OH	19	5	20	3000
SC	20	0	30	15000
JET	24	50	35	30e6





## 2.3 UTVRĐIVANJE POLOŽAJA INFRASTRUKTURE

Prema prostornim planovima, u zoni zahvata ispusne ustave nema infrastrukture.

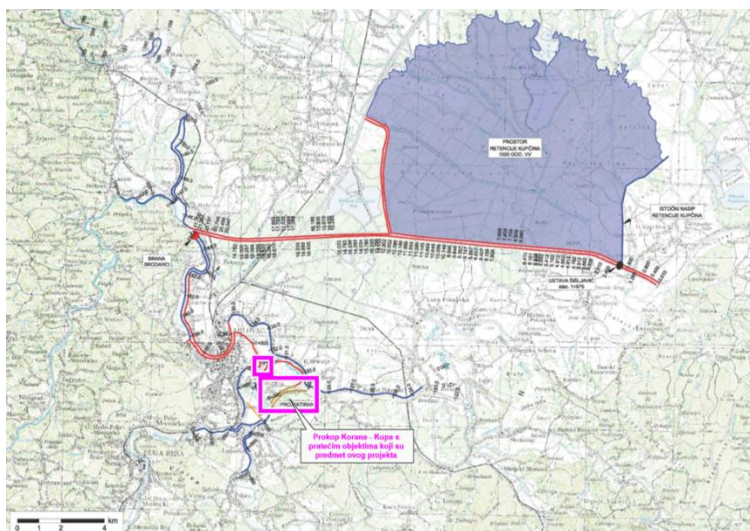
<b>Projektant :</b>	Ivan Mihaljević, dipl.ing.grad.
---------------------	---------------------------------



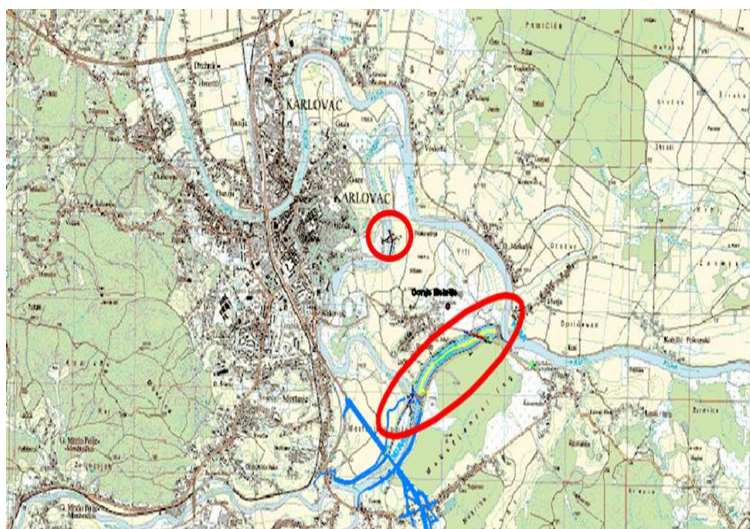
## 3 TEHNIČKI OPIS

### 3.1 OPIS GRAĐEVINE

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. Na sljedećoj karti prikazan je 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: 531-06-02-02/02-22-0018 od 23.02.2022.). Lokacija zahvata prokopa s pratećim objektima prikazana je u nastavku:





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  $112 \text{ m}^3/\text{s}$  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  $\varnothing 100$  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  $\varnothing 1100$  Duga Resa – Karlovac
- rekonstrukcija postojećeg vodoopskrbnog cjevovoda  $\varnothing 150$
- rekonstrukcija postojećeg plinovoda  $\varnothing 110$



**Ovim projektom Ispusna ustava – geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova obrađuju se: građevna jama za izgradnju ispusne ustave te potporni zidovi ispusne ustave.**





## 3.2 TEHNIČKI OPIS PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE

Ovim projektom opisana je ispusna ustava. Ustava se nalazi u sklopu nasipa N5 na nizvodnom dijelu rijeke Korane u rkm 2+144, u blizini ušća sa rijekom Kupom. Prilikom podizanja vodostaja rijeke Kupe i Korane, vrlo često se događa da vodostaj rijeke Kupe, zbog karakteristika njenih pritoka, a i drugih faktora, raste brže nego vodostaj rijeke Korane. Zbog takve pojave rijeka Kupa stvara uspor Korani prilikom ulijevanja. Time se događa da se na mjestu ušća dio vode iz Kupe prelijeva u rijeku Koranu te stvara „povratni val“. Iz tog razloga izvodi se nasip N5 s ispusnom ustavom koji se dimenzionira na maksimalni vodostaj rijeke Kupe od 111,05 m n.m. sa sigurnosnim nadvišenjem od 1,20 m.

Nasip N5 i ispusna ustava projektirani su sa kotom krune od 112,25 m n.m., odnosno kota krune ispusne ustave, na lokaciji upravljačkog objekta, izvodi se na koti 25 cm iznad kote krune nasipa tj na 112,50 m n.m. Prema hidrološkim analizama provedenim za potrebe izrade glavnog projekta, pokazala se potreba za podizanjem kote krune nasipa i ustave. Kota krune izmijenjena je u odnosu na idejni projekt, odnosno povišena je za oko 0,70 m.

Prilikom izgradnje objekta potrebno je slijediti korake u izgradnji kako je propisano ovim projektom.

### 3.2.1 ISPUSNA USTAVA

Ispusna ustava je armiranobetonski monolitni objekt te je smještena na desnoj obali Korane u rkm 2+144, u sklopu nasipa N5. Ustava se sastoji od:

1. ulazne građevine (s uređenim dnom i bočnim zidovima),
2. središnjeg dijela s poslužnim i cestovnim mostom (monolitna armirano-betonska konstrukcija s dnom, bočnim zidovima i mostom) u kojoj se ugrađuje zapornica
3. slapišta (s uređenim dnom i bočnim zidovima)
4. Objekta na kruni u kojem se ugrađuje oprema

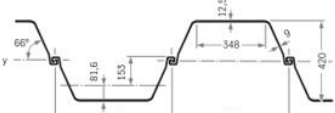
### 3.2.2 GRAĐEVNE JAME

Radovi na izvedbi ustave započinju izvedbom širokog iskopa od kote postojećeg terena do kote 107,50 m n.m. do prve berme. Iskop se izvodi u nagibu 1:3. Širina berme iznosi 4,0 m kako bi se omogućilo kretanje strojevima po bermo. Iskop se izvodi do prethodno nevedene kote kako bi se građevna jama zaštitila od nailaska visokog vodostaja. Iskop se kasnije nastavlja u nagibu 1:3 do kote 105,00 m n.m., što je ujedno kota dna građevne jame u širokom iskopu te kota vrha talpi za zaštitu iskopa do konačne kote. Dimenzije građevne jame izvedene u širokom iskopu iznose  $L \times \check{S} = 35 \times 17,5$  m.

Izvedba građevne jame započinje ugradnjom čeličnih talpi duljine 12,0 m. Talpe se izvode sa kote 105,00 m n.m. do kote 93,00 m n.m.



Karakteristike predviđenih čeličnih (vrsta čelika S 355 GP) talpi su prikazane u nastavku:

Profil	Elastični otporni moment <sup>1)</sup>	Plastični otporni moment <sup>1)</sup>	Vlastita težina	Površina poprečnog presjeka	Obim <sup>2)</sup>	Površina na koju se nanosi sloj <sup>3)</sup> S <sub>y</sub>	Statički moment	Površinski moment 2. stepena	Radius inercije
E = pojedinačne talpe D = dvostruke talpe Dr = trostruke talpe	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	kg/m	cm <sup>2</sup>	cm	m <sup>2</sup> /m	cm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	i <sub>y</sub> cm
po m pregrade	2020	2340	139,2	177,3	290	2,90	1170	42420	15,47
	po E	520	83,5	106,4	200	1,88	–	7910	8,62
	po D	2420	167,0	212,8	374	3,62	–	50900	15,47
	po Dr	2790	250,5	319,2	548	5,36	–	70510	14,86

Zbog blizine rijeke Korane i zaštite dna građevne jame od procjeđivanja vode te pornih pritisaka koji mogu uzrokovati slom temeljnog tla, potrebno je izvesti zaštitu dna građevne jame mlaznim injektiranjem. Mlazno injektiranje se izvodi sa kote 105,00 m n.m. Mlazno injetiranje se izvodi od kote 99,70 m n.m. do kote 93,70 m n.m., odnosno ukupno 6,00 m. Prilikom izvedbe mlazno injektiranih stupnjaka prvih 5,30 m je jalovo bušenje. Odabrana dubina stupnjaka je potrebna zbog mogućeg uzgona. Prema provedenim proračunima za traženu tlačnu čvrstoću od 15 N/mm<sup>2</sup> u pjeskovitom materijalu koristi se količina cementa od 400 kg/m<sup>3</sup>. Stupnjaci su promjera 80 cm. Prije izvođenja radova na zaštiti dna građevne jame potrebno je izvesti probno polje u istim uvjetima kako bi se potvrdile da navedene propračunske pretpostavke zadovoljavaju tražene uvjete te da je moguće ostvariti traženu tlačnu čvrstoću. Probno polje izvodi se dimenzija 10×10 m.

Dimenzije građevne jame nakon ugradnje čeličnih talpi su L×Š=35,0×15,0 m. Iskop građevne jame izvodi se u 2 koraka, kako bi se ugradnjom kutnih razupora (čelični profili HEB 280) i naglavne grede (HEB 320) mogla osigurati stabilnost potporne konstrukcije. Vezne grede ugrađuju se na udaljenosti 0,5 m od vrha talpi. Građevna jama se izvodi do kote 99,70 m n.m. u prvom koraku i 99,50 m n.m. u drugom koraku. Dimenzije jame u prvom koraku su 15×15 m, dok su u drugom koraku dimenzije 18×15 m. Nakon izvedbe građevine u prvom koraku potrebno je ugraditi dvije talpe poprečno na bočne stranice građevne jame kako bi se spriječilo zarušavanje materijala nakon zatrpavanja jame u prvom koraku. Prilikom betoniranja središnjeg dijela ustave u prvom koraku potrebno je ostaviti izvođe armature za nastavak betoniranja u drugom koraku.

Nakon završetka svih radova na izgradnji objekta prostor iskopa zapunjava se materijalom predviđenim za izgradnju nasipa N5.

Zaštita građevnih jama za izvođenje središnjeg dijela ustave i slapišta sa krilnim zidovima je privremena konstrukcija u funkciji izvođenja građevinskih i drugih radova ispod razine površine terena u suhim uvjetima, koji su predmetom ostalih mapa ovog projekta. Funkcija zaštite građevinske jame prestaje po završetku radova ispod razine terena te zatrpavanja dijela iskopa.

Ovaj projekt uzima u obzir mjere zaštite građevne jame samo kao privremene. Konstrukcija buduće građevine mora biti u stanju preuzeti sva opterećenja od okolnog tla (za stalnu i potresnu proračunsku situaciju) tijekom eksploatacije objekta, jer je u ovom geotehničkom projektu analizirano samo stanje osiguranja privremene građevne jame. Sva mjerodavna trajna opterećenja su definirana prema projektantu konstrukcije objekta koji bi ista trebao uzeti u obzir prilikom dimenzioniranja konstrukcije objekta za trajnu statičku i potresnu proračunsku situaciju.

### 3.2.2.1 Betonski objekt ustave

Nakon izvedbe građevne jame može se izvoditi betonski objekt ustave. Ustava se izvodi monolitno, na licu mjesta betoniranjem betonom klase C30/37 i čelika vrste S355. Ustava je tlocrtno kvadratnog oblika, dimenzija L×Š= 31,75×11,6 m. Ustava se izvodi se u 2 koraka, što je potrebno zbog ograničenja prouzrokovanih dimenzijama građevne jame. U prvom koraku izvodi se uzvodniji dio objekta, odnosno



prostor gdje se ugrađuju zapornice i oprema za upravljanje istima, dok se u drugom koraku izvodi slapište sa krilnim zidovima. Dimenzije objekta (tlocrtno, vanjske dimenzije objekta) izvedenog u prvom koraku iznose  $L \times \mathring{S} = 13,25 \times 11,6$  m, dok su u drugom koraku  $18,50 \times 11,6$  m. Nakon izvedbe objekta u prvom koraku potrebno je ostaviti izvode armaturnih šipki za preklope u drugom koraku betoniranja.

### 3.2.2.1.1 1.korak izvedbe

U prvom koraku izvedbe dno iskopa građevne jame je na 99,70 m n.m.. Prije početka izvođenja ispusne ustave betonira se podložni sloj betona klase C16/20 u debljini sloja od 10 cm. Dno temeljne ploče ustave nalazi se na koti 99,80 m n.m.. Temeljna ploča u prvom koraku je debljine 2,0 m, a vrh temeljne ploče objekta nalazi se na koti 101,80 m n.m. što je ujedno i razina terena novog korita Korane. Objekt je ukupne širine 12,20 m. Bočni zidovi su debljine 1,80 m.

Otvor kroz ustavu je podijeljen središnjim zidom, debljine 1,80 m, na dva polja dimenzija  $\mathring{S} \times H$   $3,40 \times 10,20$  m. Na taj način omogućen je prostor za ugradnju dviju tablastih zapornica i opreme za upravljanje istima. Otvori za slobodna protok vode pregrađeni su okomitim zidom od kote vrha ustave do kote 105,80 m n.m. Time je ostavljen površina slobodnog proticajnog profila dimenzija  $3,40 \times 4,0$  m. Istih dimenzija su i dvije zapornice koje se ugrađuju sa nizvodnije stane okomitog, „pregradnog“ zida.

Betoniranje kompletnog objekta ispusne ustave izvodi se monolitno, ugradnjom betona klase C30/37. Statički proračuni te strojarska oprema ispusne ustave, predmet su druge mape ovog projekta.

### 3.2.2.1.2 2. korak izvedbe

U drugom koraku izvedbe dno iskopa građevne jame je na 99,70 m n.m.. Prije početka izvođenja ispusne ustave betonira se podložni sloj betona klase C16/20 u debljini sloja od 10 cm. Dno temeljne ploče ustave nalazi se na koti 99,80 m n.m..

## 3.2.3 POTPORNİ ZİDOVI ZA USMJERAVANJE TOKA VODE U USTAVU

U sklopu radova na ispusnoj ustavi nasipa N5 potrebno je izvesti krilne zidove koji služe za usmjeravanje vode prema ustavi kojoj se kota dna kanala nalazi na 101,80 m n.m. Kota postojećeg terena na tom dijelu građevine je na cca 110,30 m n.m. Najviša kota nasipa uz ustavu iznosi 112,25 m n.m. tako da je maksimalna denivelacija oko 10 m i to uz samu ustavu.

S obzirom na geometriju pokosa, geološku građu i karakteristike materijala, kao optimalno rješenje izvedbe krilnih zidova odabrana je izvedba pilotne stijene od armiranobetonskih pilota nazivnog promjera  $\varnothing 1000$ mm, odnosno  $\varnothing 600$ mm u izmjeni s glinobetonskim zasječnim pilotima te sidrenjem pilotnih stijena PS-1 i PS-2 geotehničkim sidrima.

Kako je dio projektiranog nasipa uz ustavu viši od postojećeg terena, za potrebe podupiranja nasipa potrebno je lokalno izvesti radne platoe za izvedbu pilota nasipavanjem postojećeg terena do kote cca 112,25 m n.m. Budući su PS-1 i PS-2 konstrukcije pod nagibom koji približno prati krajnji pokos nasipa, radove je potrebno izvoditi postepenim spuštanjem u radnim etažama cca 1m. U radnoj etaži izvode se piloti čija je kota vrha približna koti tog radnog platoa, odštemava se beton slabije kvalitete te se pripremaju za povezivanje s naglavnom gredom. Nakon toga slijedi iskop, odnosno spuštanje od cca 1m visine u nagibu krajnjeg pokosa nasipa, izvedba slijedećeg reda pilota, njihova priprema te se postupak ponavlja do krajnje visine od cca 106,0 m n.m s koje se izvode piloti koji su u horizontalnoj ravnini do kraja konstrukcije. Naglavnu gredu moguće je izvoditi u radnim dilatacijama u sklopu postepenog spuštanja do navedene kote ili na kraju izvedenih pilota i otkopavanja po projektiranom pokosu nasipa. Nakon izvedbe pilota i naglavne grede, izvodi se iskop uvodnog kanala u radnim etažama cca 2m s izvedbom geotehničkih sidara.





Kako su konstrukcije PS-3 i PS-4 horizontalne, izvode se nakon iskopa postojećeg terena u nagibu pokosa nasipa do kote cca 105,5 m n.m, nakon čega se izvode svi piloti te povezuju naglavnom gredom. Nakon izvedenih pilota i naglavne grede, vrši se iskop uvodnog kanala s jedne strane, a s druge strane konstrukcije iskop u projektiranom nagibu pokosa nasipa.

Naglašava se potreba izvedbe iskopa kanala u potopljenim uvjetima, budući da postoji mogućnost hidrauličkog sloma građevne jame u slučaju crpljenja vode prilikom iskopa novog korita (uvoda u ispusnu ustavu).

U tablici u nastavku prikazane su bitne vrijednosti i karakteristike svake pojedine pilotne stijene:

PILOTNA STIJENA		DUŽINA PILOTNE STIJENE (m)	PROMJER PILOTA Ø (mm)	RAZMAK NOSIVIH AB PILOTA (m)	BROJ AB PILOTA / UKUPNI BROJ PILOTA (kom)	NAGLAVNA GREDA - H x B (m)	DULJINE AB PILOTA (m)
LOKACIJA	OZNAKA						
JZ	PS-1	29,2	1000	1,60	18 / 36	1,00 x 1,40	7,10 - 15,52
Jl	PS-2	30,0	1000	1,60	19 / 38	1,00 x 1,40	7,10 - 15,52
SZ	PS-3	25,0	600	1,00	25 / 50	0,80 x 1,00	8,50
SI	PS-4	28,0	600	1,00	28 / 56	0,80 x 1,00	6,00 i 8,50

### 3.2.3.1 Izvedba pilota

Pilotnu stijenu čine naizmjenično AB piloti i glinobetonski piloti. AB piloti su nosivi i dimenzioniraju se na rezne sile i na osnovom razmaku su prikazanom u tablici. Uloga glinobetonskih pilota je isključivo vododrživost i izvode se od zajedničke naglavne grede na vrhu, a duljina su kao i AB piloti. Njihov osni razmak je jednak osnovom razmaku AB pilota. Nosivi AB piloti izvode se u roku od najviše 7 dana nakon izvedbe susjednih glinobetonskih pilota.

Ukupna duljina pilotnih stijena iznosi 112,2 m.

Ukupne duljine AB pilota iznose:

- PS-1: L = 181,42 m
- PS-2: L = 178,00 m
- PS-3: L = 212,50 m
- PS-4: L = 188,00 m

Ukupne duljine glinobetonskih pilota iznose:

- PS-1: L = 178,17 m
- PS-2: L = 174,75 m
- PS-3: L = 212,50 m
- PS-4: L = 188,00 m

Duljine pilota variraju ovisno o pilotnoj stijeni prema prikazanoj tablici. Promjenjiva duljina pilota uvjetovana je geometrijom nasipa budući da naglavne grede prate pokos nasipa na PS-1 i PS-2, odnosno liniju srednjeg vodostaja Korane 105,5 m n.m. Naglavne grede na PS-3 i PS-4 su horizontalne pa su tako i piloti jednoličnih duljina.

Kako je nivo podzemne vode u izravnoj korelaciji s vodostajem Korane, u proračunima je uzeta kota srednjeg vodostaja Korane kao proračunski nivo podzemne vode.

S obzirom da su geotehničkim istražnim radovima ustanovljeni pretežito srednje zbijeni pijesci i šljunci te visoka podzemna voda, za postizanje potrebne kvalitete i sigurnosti pilota presudna je tehnologija izvedbe pilota. Izvedba klasičnih bušenih pilota u takvim materijalima je problematična. Pijesak je sklon degradaciji kontaktne zone zbog hidrauličke nestabilnosti tijekom iskopa sa zaštitnom cijevi. Praktično na



svim gradilištima gdje su izvođeni bušeni piloti u takvom tipu materijala, došlo je na dijelu pilota do izdizanja pijeska nakon konačnog iskopa, propadanja armaturnih koševa i s tim u vezi i bitnim smanjenjem nosivosti. Kao rezultati toga su upitna sigurnost izvedenih pilota te potrebe za sanacijama ili izvedbom dodatnih pilota.

CFA piloti (Continuous Flight Auger Piles) su pogodni kod visokih razina podzemne vode jer nije potrebno korištenje zacjevljenja ili isplake za odražavanje stabilnosti stjenke bušotine.

Odabrana tehnologija izvedbe su CFA (Continuous Flight Auger) piloti.

Izvođač je obavezan tijekom izvođenja pilota svakodnevno voditi zapisnik - protokol o bušenju pilota koji treba svakodnevno kontrolirati i potpisati nadzorni inženjer.

Kako je uz korito Korane istražnim radovima registriran sloj treseta/organske gline visoke plastičnosti, u slučaju protezanja predmetnog sloja na dubini većoj od pretpostavljene istražnim radovima, potrebno je uz konzultiranje projektanta produžiti pilote u pjeskovito-šljunkovitim naslagama. Krajnje dubine pilota u tom slučaju se određuju putem projektantskog nadzora.

Potporna konstrukcija se sastoji od zasječenih (sekantnih) pilota nominalnog promjera  $\Phi 100$  cm na osnovom razmaku 0,80 m, odnosno promjera  $\Phi 60$  cm na osnovom razmaku 0,50 m. Izvode se redom glinobetonski piloti na osnovom razmaku 1,60 m, odnosno 1,00 m te AB piloti između njih. Ovako izvedeni zasječeni piloti daju preklap pilota od 20 cm, odnosno 10 cm. Glinobetonski piloti nemaju nosivu funkciju, nego isključivo kako bi se osigurala vododrživost. Svaki drugi pilot se armira armaturom B500B.

Betoniranje pilota vrši se do razine od 30 cm iznad projektirane kote vrha pilota. Nakon otkopavanja vrha pilota vrši se obrada glave pilota štemanjem betona slabije kvalitete u visini cca 25 cm.

Vrh odštemanog pilota treba biti na razini od 5 cm iznad projektiranog dna naglavne grede.

U cilju lakšeg odbijanja vrha betona s najmanjim oštećenjima armature potrebno je odbijanje vršiti najkasnije 1 dan nakon betoniranja. Dakle, potrebno je vrh pilota otkopati, iščistiti nasipni materijal između pilota te „odštemati“ beton slabije kvalitete u vrhu pilota. Dozvoljeno je beton odbijati ručnim alatima, ali nije dozvoljeno štemati iglom hidrauličkog čekića bagera.

U vrhu pilotnih stijena piloti će se povezati armiranobetonskom naglavnicom presjeka 140x100cm (BxH) na PS-1 i PS-2, odnosno 100x80cm (BxH) na PS-3 i PS-4. Greda se izvodi betonom C30/37, XC2,  $D_{max}=32$  mm.

Naglavna greda će se izvesti na sloju podložnog betona C16/20 debljine minimalno 10 cm.

Na izvedenim AB pilotima izvodi se ispitivanje integriteta pilota (cjelovitost tijela pilota) prema normi ASTM D5882-07- Standard Test Method for Low Strain Impact Integrity Testing of Deep Foundations ili jednakovrijedno.

Za praćenje pomaka konstrukcije, uz pilote će se ugraditi tipske plastične inklinometarske cijevi (npr. tipa ABS i promjera prema odabranoj inklinometarskoj sondi). Cijev u vrhu naglavne grede treba biti opremljena zaštitnom metalnom kapom s lokotom. U PS-1 će se ugraditi dvije inklinometarske cijevi, a u ostalim pilotnim stijenama po jedna inklinometarska cijev. Sveukupno se ugrađuje pet inklinometarskih cijevi.

Prilikom iskopa materijala za usmjeravanje toka vode kroz ustavu, izvodi se armiranobetonska obloga pilota debljine 15 cm (debljina od krajnjeg ruba pilota) u jednostranoj oplati do visine koja ovisi o vodostaju, odnosno do visine do koje će se moći izvoditi. Od visine vodostaja do dna novog korita izvodi kamena obloga pilota krupnim kamenom, sve prema nacrtima u prilogu.



### 3.2.3.2 Sidrenje pilotne stijene

Kako bi se postigla povoljnija raspodjela naprezanja u pilotnoj stijeni i kako bi se ograničile deformacije pilota, izvršit će se sidrenje pilotnih stijena PS-1 i PS-2 trajnim geotehničkim sidrima s granicom popuštanja na 650 kN (tri sajle debljine 0,6" kvalitete čelika  $f_{tk}=1860$  N/mm<sup>2</sup>). Sidra se ugrađuju pod kutom od 20° od horizontalne ravnine te prednaprežu na 100 kN. Sidrišna dionica iznosi 10,0 m. Pilotne stijene PS-3 i PS-4 izvode bez sidrenja, odnosno izvode se konzolno.

Sidrenje pilotnih stijena vršit će se u fazama s razine prethodno izvedenih platoa iskopa ispred pilota.

Potrebno je ugraditi 20 sidara na PS-1 te 18 sidara na PS-2.

Sidra se ugrađuju u glinobetonske pilote, koji u armaturnom košu ima pripremljen sklop - uvodnu cijev za sidro. Sidra se izvode sa slobodnom i sidrišnom dionicom.

Sidrišne dionice izvode se dužine 10 m, dok slobodne dionice variraju po dužini kako je prikazano u nastavku:

DUŽINE SLOBODNIH DIONICA SIDARA [m]		
PILOTNA STIJENA	PS-1	PS-2
Gornji red sidara	30,5 m	8 m
Srednji red sidara	25,5 m	7 m
Donji red sidara	21,5 m	6 m

Za proračunski horizontalni razmak sidara od 1,60 m, projektna sila u sidrima iznosi max cca 298 kN.

Bušenje sidara vrši se pod nagibom 20° od horizontale prema dolje. **Kako je uz korito Korane istražnim radovima registriran sloj (proslojak) treseta/organske gline visoke plastičnosti, sidrišnu dionicu PS-1 potrebno je izvesti izvan navedenog sloja, odnosno mora ući u pjeskovite i šljunkovite naslage.** Iz tog razloga, sidra se izvode pod nagibom od 20° kako bi se skratila slobodna dionica za sidrenje u pjeskovitim i šljunkovitim naslagama.

**Promjer bušenja za sidro treba iznositi minimalno 150 mm.**

**Izvođač je obavezan tijekom izvođenja sidara svakodnevno voditi zapisnik- protokol o bušenju sidara, koji treba svakodnevno kontrolirati i potpisati nadzorni inženjer.**

U slučaju pojave treseta/organske gline visoke plastičnosti na području većem od pretpostavljenog, slobodnu dionicu je potrebno produžiti do pjeskovito-šljunkovitih naslaga.

**Kroz stručni i geotehnički nadzor radova prilikom bušenja sidara mora se kontrolirati duljina bušenja treset/organsku glinu i po potrebi povećati duljine bušenja do osiguranja tražene duljine sidrišne dionice.**

Zbog opasnosti od urušavanja bušotine, bušenje kroz nasipne materijale i deluvijalne naslage obavezno vršiti uz zacijevljivanje (npr Symmetrix pribor za bušenje ili slično). Zacijevljenje je privremenog karaktera i izvlači se nakon ugradnje sidra.

Probna ispitivanja provode se na 2 sidra. Tekuća ispitivanja provode se na svim sidrima. Kontrolna ispitivanja se provode na 5 sidara.

Sva ugrađena sidra zatežu se nakon ispitivanja moment ključem na silu minimalno 100 kN. Zatezanje se provodi odmah nakon kontrolnih ispitivanja.

Svi elementi zaštite koji ostaju na površini moraju imati odgovarajuću antikorozivnu zaštitu. Da bi to bilo zadovoljeno završetak sidrene šipke (minimalno 1 m) s navojem, podložne pločice i navrtke moraju biti



pocinčane (toplo pocinčanje minimalne debljine 70  $\mu\text{m}$ ).

Injekcijska smjesa za sidra treba biti izrađena na bazi cementa s dodatkom bubriva, minimalne tlačne čvrstoće 35 MPa nakon 28 dana.

### 3.2.3.3 Vododrživost pilotne stijene

Vododrživost pilotnih stijena koje su ujedno i krilni zidovi za usmjeravanje vode prema ustavi će se ostvariti izvedbom AB pilotne sekantne stijene (jedan pilot je armiran, drugi glinobetonski koji je zasječen nije armiran).

### 3.2.3.4 Inklinometarsko praćenje ponašanja pilotnih stijena

Praćenje ponašanja pilotnih stijena vršit će se periodičkim mjerenjima horizontalnih pomaka inklinometara u prethodno ugrađenim inklinometarskim plastičnim cijevima.

Kako bi se omogućila usporedba izmjerenih vrijednosti s računskim vrijednostima, za mjerenje pomaka u izvedbenom projektu će se odabrati piloti uz koje će se ugraditi inklinometri.

Mjernu cijev treba orijentirati tako da se jedan par utora (vodilica) približno dovede u smjer očekivanih pomaka. Inklinometarske cijevi se međusobno spajaju tipskim spojnicama.

Mjerenja otklona vertikalno ugrađene mjerne cijevi treba obaviti vertikalnom inklinometarskom sondom koja sadrži dva servo-akcelerometarska osjetila koji mjere otklon sonde od vertikale u dvije vertikalne i međusobno okomite ravnine. Kotači sonde trebaju biti na razmaku od 0,5 m. Mjerni raspon treba biti najmanje  $\pm 50^\circ$  od vertikale, razlučivost mjerenja 0,05 mm/m' ili bolja, a točnost u terenskim uvjetima 0,1 mm/m' ili bolja.

Nulto mjerenje izvršiti prije početka iskopa ispred pilota. Tijekom gradnje potrebno je napraviti očitavanje pomaka nakon svake faze iskopa. Nakon izgradnje mjerenje pomaka vršit će se periodički na način da se u prvoj godini mjerenja izvode svaki mjesec, a u naredne 2 godine po 3 puta godišnje (po jedno mjerenje obavezno u kišnoj sezoni).

Nakon isteka perioda od 2 godine predlaže se da se mjerenja izvode po potrebi, a obvezno nakon izvanrednih događaja (potres, udar vozila, izvanredne količine oborina).

Nakon svake serije mjerenja treba izraditi izvješće s interpretacijom rezultata i usporedbom s predviđenim rezultatima iz analize pomaka u ovom projektu.

Na temelju rezultata i usporedbe mjerenja može se po potrebi pravovremeno intervenirati pritezanjem postojećih sidara ili ugradnjom dodatnih sidara.

## 3.2.4 OPIS SMJEŠTAJA GRAĐEVINE NA GRAĐEVNOJ ČESTICI

Nije određena jednoznačna čestica za izvedbu potpornih zidova za usmjeravanje toka vode ispusne ustave.

## 3.2.5 OPIS NAČINA PRIKLJUČENJA NA PROMETNU POVRŠINU

Pristup do nasipa i ispusne ustave je moguć preko katastarske čestice 951/31 na lijevoj obali rijeke Korane ili preko katastarske čestice 1575/2 (put) na desnoj obali rijeke Korane.



### 3.2.6 PODACI ZA OBRAČUN KOMUNALNOG I VODNOG DOPRINOSA

Podaci za obračun komunalnog i vodnog doprinosa prikazani su u mapi *Ispusna ustava, E-155-18-06, Geokon-Zagreb d.d.*

### 3.3 TIJEK IZVEDBE

Radovi koji se obrađuju ovom mapom izvode se prema sljedećem redosljedu:

Korak	Naziv rada	Opis
1.	<b>Pripremni radovi</b>	Organizacija gradilišta, formiranje pristupnih puteva i privremenih deponija, izmještanje i zaštita instalacija.
2.	<b>Uklanjanje humusa</b>	Iskop i privremeno deponiranje humusnog materijala
3.	<b>Izvedba radnog platoa</b>	Iskop materijala na dijelu inundacije u nagibu 1:3 do kote 105,00 m n.m. s bermom širine 4m na koti 107,5 m n.m. u svrhu izvedbe radnog platoa za izvođenje građevne jame.
4.	<b>Izvedba građevne jame središnjeg dijela ispusne ustave</b>	Izvedba potporne konstrukcije od talpi i kutnih razupora te mlazno injektiranje dna jame, iskop,
5.	<b>Izvedba građevne jame za slapište s krilnim zidovima</b>	Izvedba potporne konstrukcije od talpi i kutnih razupora te mlazno injektiranje dna jame, iskop.
6.	<b>Izvedba radnog platoa za izvedbu potpornih zidova</b>	Nasipavanje dijela postojećeg terena do kote 112,25 m n.m.
7.	<b>Izvedba potpornih zidova</b>	Izvedba pilotnih stijena koju čine zasječeni glinobetonski i AB piloti i naglavna greda. Iskop uvodnog kanala i ugradnja sidara.
8.	<b>Završni radovi</b>	Odvoz viška materijala, rasporemanje i demontaža gradilišta.

### 3.4 PROJEKTIRANI VIJEK UPORABE

Projektirana konstrukcija zaštite građevinske jame je privremena konstrukcija za potrebe izvođenja radova te ista nema funkciju po završetku radova. Vijek trajanja privremene konstrukcije zaštite građevne jame je maksimalno do 1 godine. Projektirana privremena potporna konstrukcija u upotrebi je samo za vrijeme izvođenja radova.

Projektirani vijek trajanja potpornih zidova je 50 godina. Navedeni vijek trajanja za konstrukcije iz ovog projekta može se očekivati samo ukoliko se svi radovi izvedu bez ikakvih odstupanja od ovog projekta, a u cijelosti u skladu sa poglavljem 5. Program kontrole i osiguranja kvalitete.

### 3.5 UVJETI ZA ODRŽAVANJE GRAĐEVINE

Održavanje građevine podrazumijeva:

- redovite godišnje preglede pilotnih stijena koji se sastoje od vizualnog pregleda sa izradom izvještaja i prijedlogom mjera redovnih radova i radova pojačanog održavanja,
- izvanredne preglede pilotnih stijena za vrijeme vodostaja iznad razine 50 g. VV koji se sastoji od vizualnog pregleda sa izradom izvještaja i prijedlogom mjera redovnih radova i radova pojačanog održavanja,
- izvođenje radova kojima se pilotne stijene odnosno njihov dio zadržava ili se vraća u tehničko i/ili funkcionalno stanje određeno projektom odnosno propisima te aktima za građenje u skladu s kojima je građevina izgrađena.
- vođenje i čuvanje dokumentacije o održavanju građevine: u kontinuitetu rednih brojeva navedeni i danom nastanka sastavljeni zapisnici s priložima o redovitim i izvanrednim



pregledima te izvedenim radovima u svrhu očuvanja projektiranih temeljnih zahtjeva za građevinu, funkcionalnosti i sigurnosti građevine u uporabi.

5. U slučaju izvanrednih pojava kao što je potres potrebno je izvršiti preglede stanja građevine (zida) očitati pomake u inklinometrima i izvršiti popravke svih oštećenja.

Za održavanje građevine odgovoran je Investitor / Korisnik, sukladno važećim zakonima i propisima.

### 3.6 POKUSNI RAD

Nema potrebe za provođenjem pokusnog rada za radove za koje su tehnička rješenja dana ovom mapom glavnog projekta.

<b>Projektant :</b>	Ivan Mihaljević, dipl.ing.građ.
---------------------	---------------------------------





## 4 DOKAZI O ISPUNJAVANJU TEMELJNIH I DRUGIH ZAHTJEVA

### 4.1 PRORAČUN – MEHANIČKA OTPORNOST I STABILNOST

#### 4.1.1 OPĆENITO

Geotehničko projektiranje građevine provodi se sukladno Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije (NN 17/17, dio sedmi):

- *Geotehničkim projektiranjem dokazuje se da će građevinska konstrukcija s okolnim tlom, stijenom i susjednim građevinama tijekom njenog građenja i trajanja ispunjavati temeljni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti u dijelu u kojem tlo, stijena i podzemna voda utječu na tu građevinsku konstrukciju.*
- *Geotehničko projektiranje obuhvaća i projektiranje građevinskih konstrukcija čije osnovno gradivo je tlo, nasipani kamen ili drugi nasipani materijal kao što je rastresiti otpad i slično.*

Geotehničko projektiranje provodi se prema hrvatskim normama vezanim uz Eurokod 7 i Eurokod 8:

- norma HRN EN 1997-1:2012 i HRN EN 1997-1:2012/NA:2012
- norma HRN EN 1998-5:2011 i HRN EN 1998-5:2011/NA:2011

#### 4.1.2 METODA PRORAČUNA

Svi neophodni proračuni za potrebe dimenzioniranja provedeni su programima:

**Plaxis 2D-v.22** proračun i analiza naponsko deformacijskih stanja potporne konstrukcije metodom konačnih elemenata. Proračun je proveden 2D ravninskim modelom. Ovim geostatičkim proračunima analiziraju se različite projektne situacije kroz proračun:

- pomaka terena, AB pilota i talpi,
- reznih sila u pilotima, sidrima i talpama,
- reznih sila u razuporama i veznim gredama

**BETONexpress 19.02** program za dimenzioniranje betonskih konstrukcija, temelja, potpornih zidova u skladu s normom Eurokod

**Aspalathos KALKULATOR 2.1:** dimenzioniranje betonskih elemenata i armature. Provjera otpornosti čeličnih elemenata.

**GGU-Footing** koji omogućava analize nosivosti prema DIN 4017 i slijeganja prema DIN 4019. Proračuni se mogu vršiti prema DIN 1054 sa globalnim faktorom sigurnosti te prema 1054 sa parcijalnim faktorima sigurnosti.



**GEOSTUDIO 2020** moduli programa: **SEEP/W**, **SIGMA/W** i **SLOPE/W** (verzija 10.02, GEO-SLOPE International Ltd., Calgary, Alberta, Canada) koji jednom od odabranih metoda granične ravnoteže (Fellenius, Janbu, Bishop, Spencer, Morgenstern-Price, Corp of Engineers, Lowe-Karafiath itd.) omogućava neograničen broj računskih analiza stabilnosti po pretpostavljenim cilindričnim ili cilindrično-poligonalnim plohama posmičnog sloma.

**MICROSOFT-EXCEL 2016** program za tabličnu računalnu obradu podataka

Proračuni se provode prema Eurokodu 7 – HRN EN 1997-1:2012 i HRN EN 1997-2:2012.

## 4.2 ANALIZA STABILNOSTI

### 4.2.1 KARAKTERISTIKE MATERIJALA

Tablica 1.1 – Karakteristični parametri tla odabrani za proračun stabilnosti prikazani su u tablici:

Grupa, vrsta i oznaka materijala	Zapreminska težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezija $c'_k$ (kPa)	Kut trenja $\Phi'_k$ (°)
1) CH	19	10	26
2) GP	21	0	35
3) CI/SC	19	10	26
4) Pt/OH	19	5	20
5) SC	20	0	30

Proračuni se provode prema Eurokodu 7 – EN 1997 za granično stanje nosivosti prema proračunskom pristupu 3 (PP3) koji ima sljedeću kombinaciju grupa parcijalnih koeficijenata:

#### A1+M2+R3

M2-proračunska vrijednost parametara čvrstoće tla koja se dobiva na način da se karakteristična vrijednost podijeli s parcijalnim koeficijentom za parametre tla.

$$\text{tg}\phi'_d = \text{tg}\phi'_k / \gamma_\phi$$

$$c'_d = c'_k / \gamma_c$$

$$c_{ud} = c_{uk} / \gamma_{cu}$$

gdje je  $\gamma_\phi = \gamma_c = 1,25$  i  $\gamma_{cu} = 1,40$ .

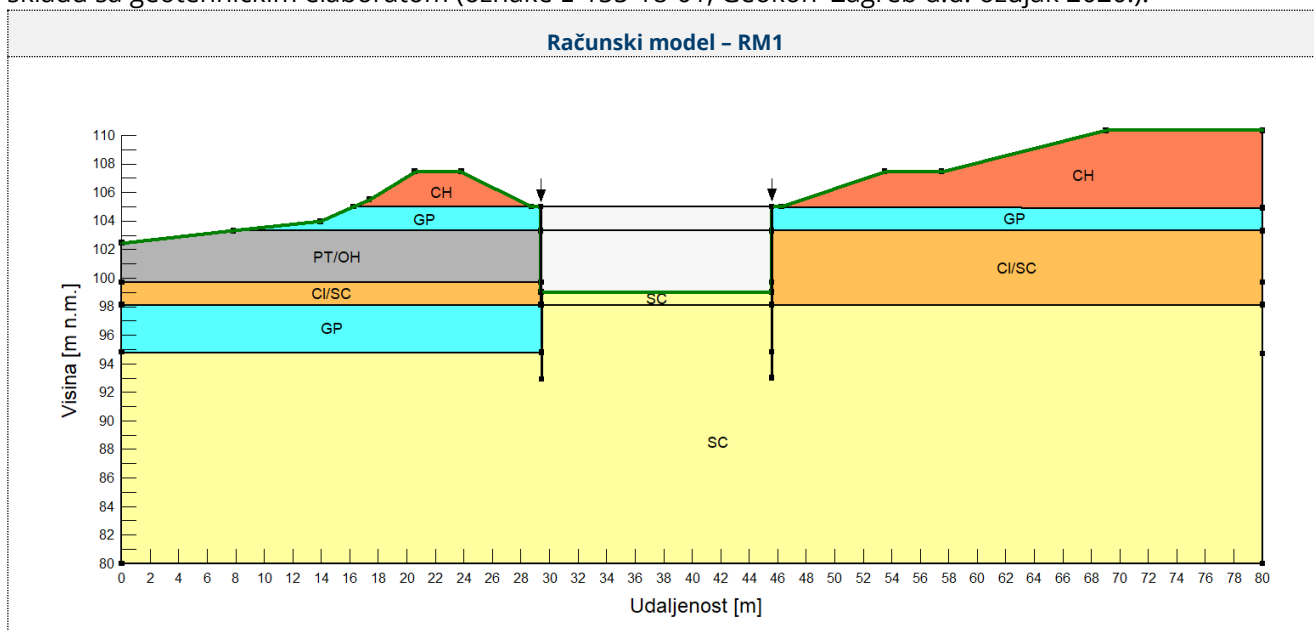


Tablica 1.2 – Proračunske vrijednosti parametara čvrstoće i krutosti temeljnog tla:

Grupa, vrsta i oznaka materijala	Zapreminska težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	Kohezija $c'_d$ (kPa)	Kut trenja $\Phi'_d$ (°)
1) CH	19	8	21,3
2) GP	21	0	29,3
3) CI/SC	19	8	21,3
4) Pt/OH	19	4	16,2
5) SC	20	0	24,8

## 4.2.2 RAČUNSKI MODEL

Za potrebe provedbe analize stabilnosti formiran je sljedeći računski model RM1. Uslojenost modela je u skladu sa geotehničkim elaboratom (oznake E-155-18-01, Geokon-Zagreb d.d. ožujak 2020.).





### 4.2.3 ANALIZA OPTEREĆENJA

Proračun stabilnosti proveden je za sljedeće proračunske situacije: široki iskop te stabilnost građevne jame.

### 4.2.4 PROJEKTNE SITUACIJE

Analize su provedene na odabranim računskim modelima za dvije projektne situacije:

Tablica 1.1 – Projektne situacije

R. br.	Projektna situacija	PRORAČUNSKI MODEL
S1	Široki iskop	<b>Široki iskop</b> Proračun je proveden s dreniranim parametrima čvrstoće. Proračuni su provedeni za <b>obje strane</b> građevne jame.
S2	Stabilnost građevne jame	<b>Eksploatacija</b> Proračun je proveden s dreniranim parametrima čvrstoće. Proračuni su provedeni za <b>obje strane</b> građevne jame.

### 4.2.5 REZULTATI PRORAČUNA

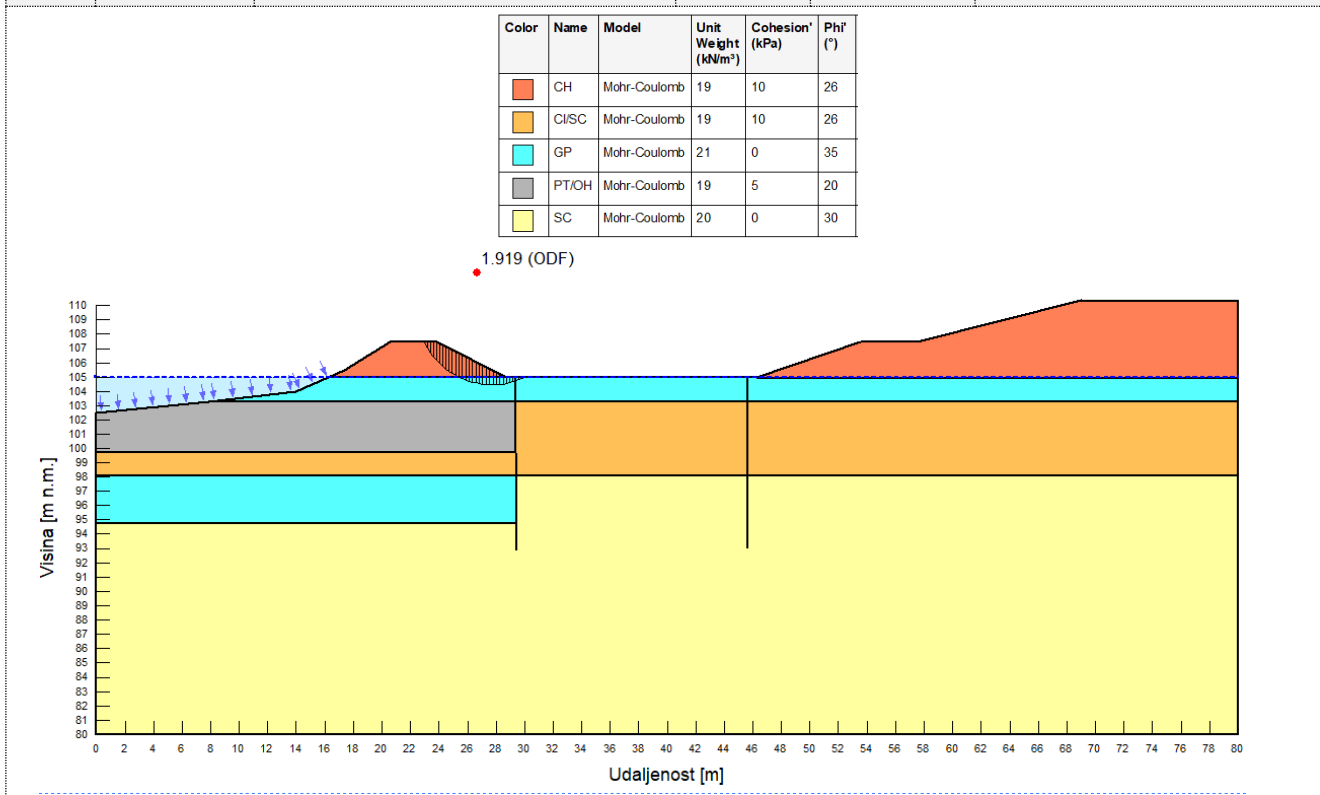
Minimalni potrebni faktori sigurnosti iznose  $F_s=1,0$ . Numeričkim analizama dobivene su slijedeće vrijednosti faktora sigurnosti za odabrane klizne plohe kojima se karakterizira globalna stabilnost pokosa:

Tablica 1.2 – Faktori sigurnosti za projektne situacije

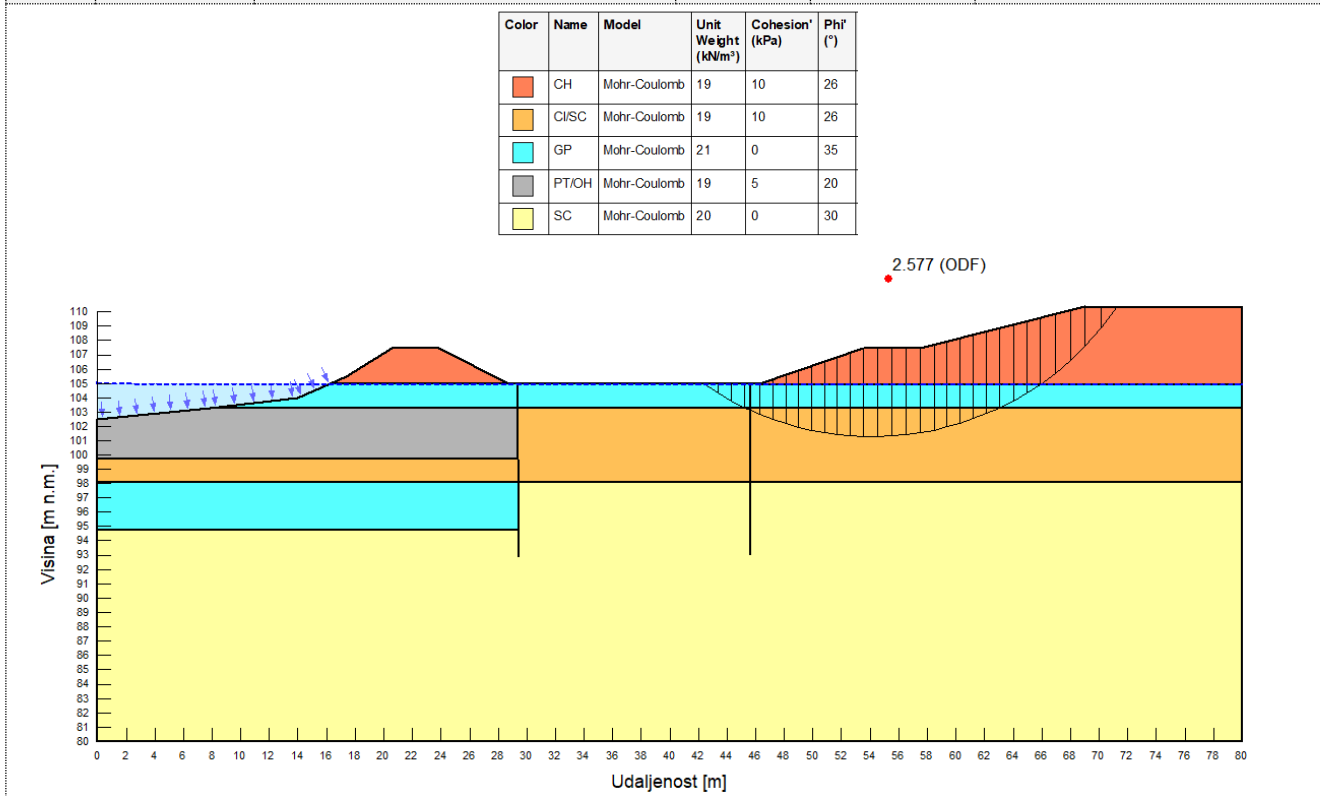
R. br.	Oznaka proj. sit.	Stanje klizišta - Projektna situacija	F <sub>min</sub>	F <sub>s</sub>	Napomena
1	RM1-S1-a	Široki iskop – <b>lijeva strana</b> .	1,00	1,919	Klizna ploha minimalnog F <sub>s</sub> , drenirani parametri, široki iskop u nagibu 1:2.
2	RM1-S1-b	Široki iskop – <b>desna strana</b> .	1,00	2,577	Klizna ploha minimalnog F <sub>s</sub> , drenirani parametri, široki iskop u nagibu 1:2,5.
3	RM1-S2-a	Stabilnost građevne jame <b>lijeva strana</b> građevne jame.	1,00	1,698	Klizna ploha minimalnog F <sub>s</sub> , drenirani parametri, talpe duljine L=12 m.
4	RM1-S2-b	Stabilnost građevne jame <b>desna strana</b> građevne jame.	1,00	1,475	Klizna ploha minimalnog F <sub>s</sub> , drenirani parametri, talpe duljine L=12 m.



1	RM1-S1-a	Široki iskop - lijeva strana.	1,00	1,919	Klizna ploha minimalnog $F_s$ , drenirani parametri, široki iskop u nagibu 1:2.
---	----------	-------------------------------	------	-------	---



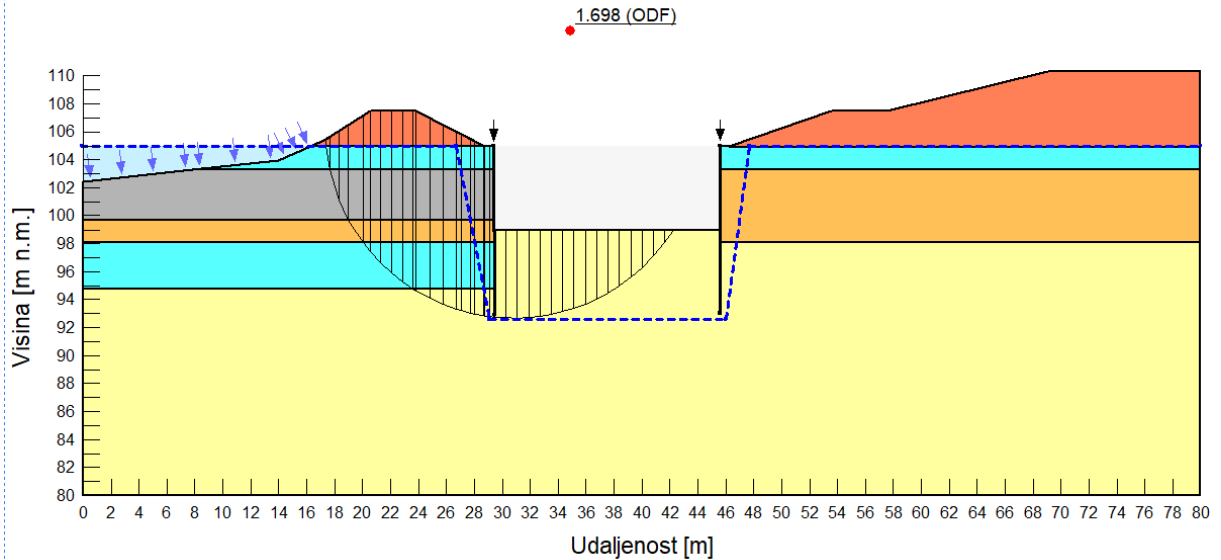
2	RM1-S1-b	Široki iskop - desna strana.	1,00	2,577	Klizna ploha minimalnog $F_s$ , drenirani parametri, široki iskop u nagibu 1:2,5.
---	----------	------------------------------	------	-------	---





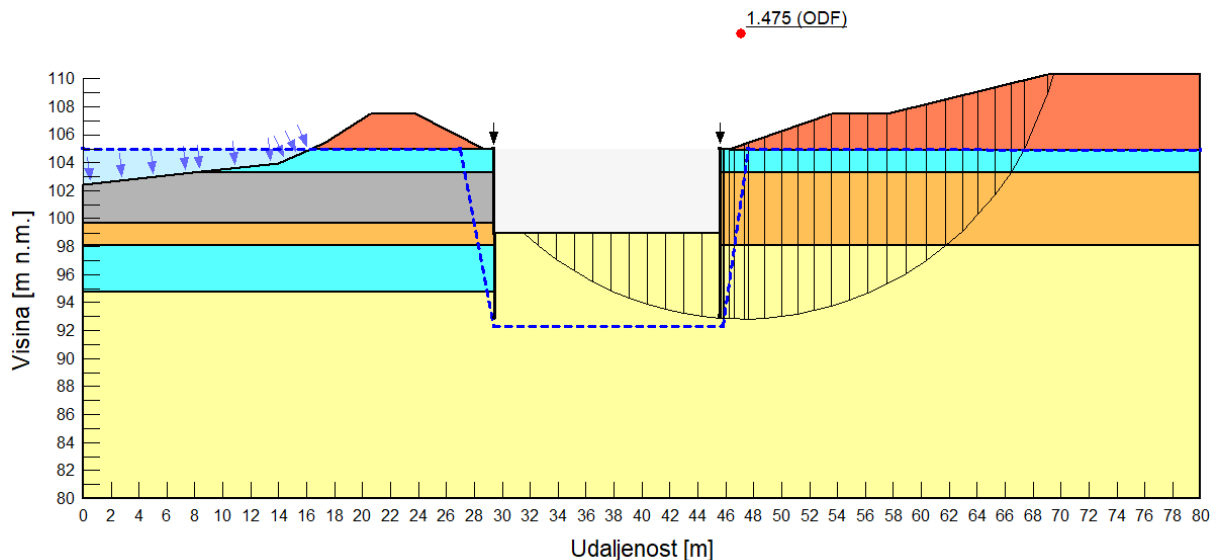
3	RM1-S2-a	Stabilnost građevne jame <b>lijeva strana</b> građevne jame.	1,00	1,698	Klizna ploha minimalnog $F_s$ , drenirani parametri,talpe duljine L=12 m.
---	----------	---	------	-------	---

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)
CH	CH	Mohr-Coulomb	19	10	26
CI/SC	CI/SC	Mohr-Coulomb	19	10	26
GP	GP	Mohr-Coulomb	21	0	35
PT/OH	PT/OH	Mohr-Coulomb	19	5	20
SC	SC	Mohr-Coulomb	20	0	30



4	RM1-S2-b	Stabilnost građevne jame <b>desna strana</b> građevne jame.	1,00	1,475	Klizna ploha minimalnog $F_s$ , drenirani parametri,talpe duljine L=12 m.
---	----------	--	------	-------	---

Color	Name	Model	Unit Weight (kN/m <sup>3</sup> )	Cohesion' (kPa)	Phi' (°)
CH	CH	Mohr-Coulomb	19	10	26
CI/SC	CI/SC	Mohr-Coulomb	19	10	26
GP	GP	Mohr-Coulomb	21	0	35
PT/OH	PT/OH	Mohr-Coulomb	19	5	20
SC	SC	Mohr-Coulomb	20	0	30







#### 4.2.6 ZAKLJUČAK ANALIZE STABILNOSTI

Proračuni stabilnosti provedeni su prema Eurokodu 7 – EN 1997 za granično stanje nosivosti. Provedenim numeričkim analizama stabilnosti i rezultatima proračuna može se zaključiti da projektirano stanje građevine za provjeravane projektne situacije, zadovoljava kriterije stabilnosti.



## 4.3 ANALIZA PROCJEĐIVANJA I HIDRAULIČKE STABILNOSTI

Izvršena je analiza hidrauličke stabilnosti iskopa građevne jame.

### 4.3.1 KARAKTERISTIKE MATERIJALA

Vrijednosti koeficijenta vodopropusnosti, te odnos vertikalne i horizontalne propusnosti dani su u tablici:

grupa, vrsta i oznaka materijala	koeficijent vodopropusnosti $\kappa$ (m/s)	$k_y/k_x$
1) Tijelo nasipa	4e-7	0,6
2) Kamen	1,2e-2	1,0
3) CI-CH	1,0e-9	0,6
4) SP-SC	1,4e-6	0,8
5) CI/SC	2,7e-7	0,8
6) Pt/OH	1e-7	0,6

### 4.3.2 PROJEKTNE SITUACIJE

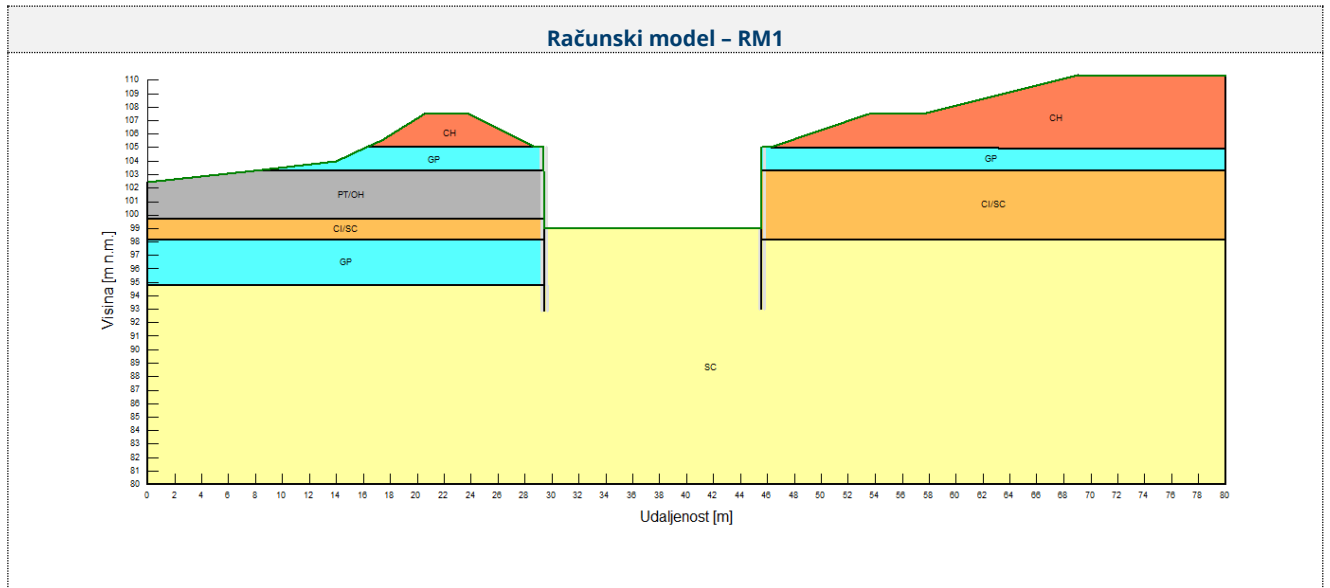
Analiza procjeđivanja za računski model provedena je za slijedeće projektne situacije:

Tablica 1.3 – Projektne situacije

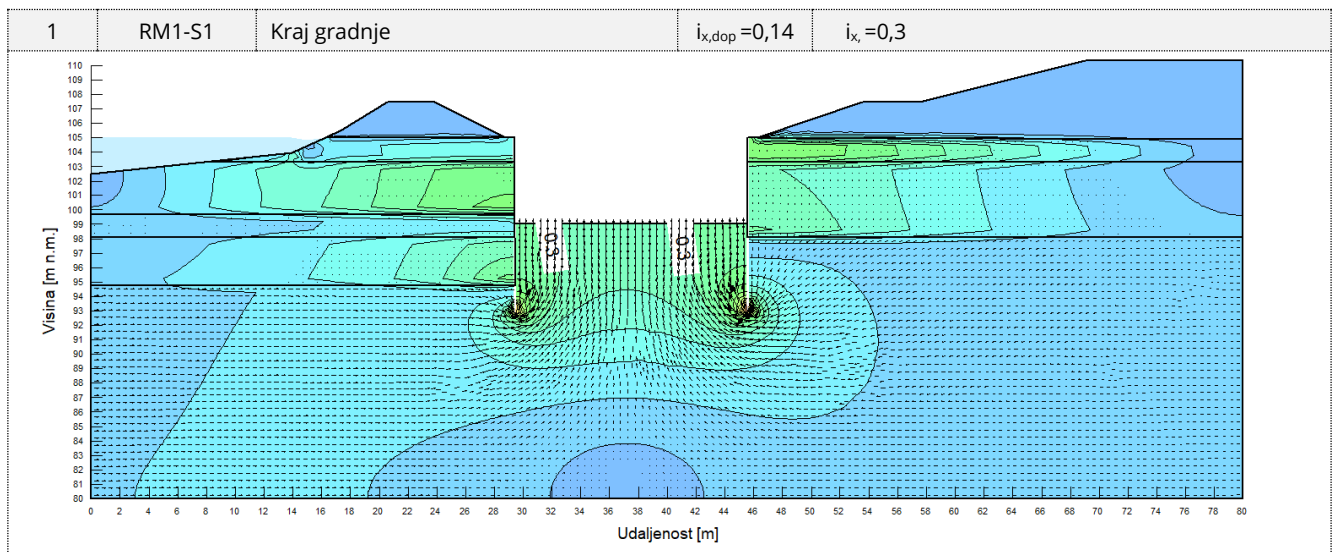
R. br.	Projektna situacija	PRORAČUNSKI MODEL
S1	Iskop građevne jame	<b>Iskop</b> Procjeđivanje vode u građevnu jamu, zaštita jame talpama L=12 m, srednji vodostaj (105,50 m n.m.). Proračun je proveden s dreniranim parametrima čvrstoće.



### 4.3.3 RAČUNSKI MODELI



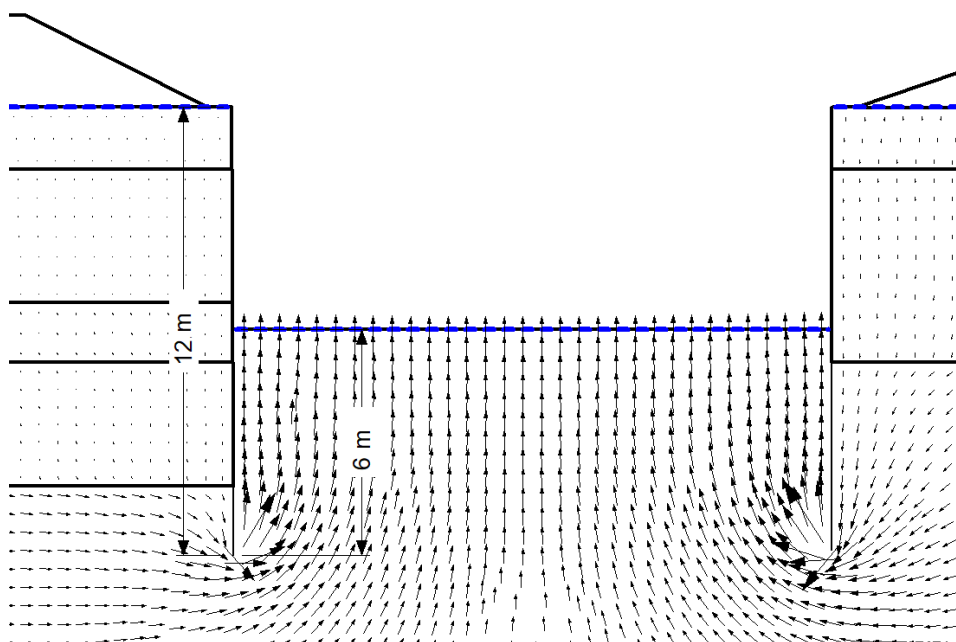
### 4.3.4 REZULTATI PRORAČUNA



Model	Max. vrijednost $i_{y,max}$	Dopuštena vrijednost $i_{y,dop}^*$
RM1-S1	0,3	0,14



#### 4.3.5 PRORAČUN HIDRAULIČKE STABILNOSTI ISKOPA GRAĐEVNE JAME



$$U = h_{uzgon} \cdot \gamma_w = 12 \text{ m} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 120,0 \text{ kPa} \text{ - sila uzgona}$$

$$G_{JET} = h_{JET} \cdot \gamma_{JET} = 6 \text{ m} \cdot 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 144,0 \text{ kPa} \text{ - težina}$$

$$0,9 \cdot G \geq 1,0 \cdot U \rightarrow \text{- uvjet stabilnosti na uzgon prema UPL}$$

$$129,6 \text{ kPa} > 120,0 \text{ kPa} \text{ - zadovoljava}$$



## 4.4 PRORAČUN NOSIVOSTI TEMELJNOG TLA I SLIJEGANJE ISPUSNE USTAVE

### 4.4.1 UVOD

Proračuni se provode prema Eurokodu 7 – EN 1997 za granično stanje nosivosti prema proračunskom pristupu 3 (PP3) koji ima sljedeću kombinaciju grupa parcijalnih koeficijenata:

#### A1+M2+R3

##### A1 – proračunske vrijednosti djelovanja $E_d$

Djelovanje trajno nepovoljno + djelovanje prolazno nepovoljno – A1

$1,35 \cdot G$  (trajno djelovanje) +  $1,50 \cdot Q$  (prolazno djelovanje)

**M2 – Proračunska vrijednost parametara čvrstoće tla dobiva se na način da se karakteristična vrijednost podijeli s parcijalnim koeficijentom za parametre tla.**

$$tg\phi'_d = tg\phi'_k / \gamma_\phi$$

$$c'_d = c'_k / \gamma_c$$

$$c_{ud} = c_{uk} / \gamma_{cu}$$

gdje je  $\gamma_\phi = \gamma_c = 1,25$  i  $\gamma_{cu} = 1,40$ .

U Republici Hrvatskoj za STR i GEO se upotrebljava proračunski pristup 3. Otpornosti R1, R2, R3 i R4 nisu mjerodavne.

##### **Odabir parametara materijala**

Tablica karakterističnih vrijednosti parametara materijala:

	JET GROUT	SP-SC
Zapreminska težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	22	20
Efektivna kohezija $c'$ (kPa)	50	0
Efektivni kut unutrašnjeg trenja $\phi'$ (°)	35	30
Edometarski modul stišljivosti $M_s$ (MPa)	30000	15
Poissonov koeficijent $\nu$	0,15	0,3



Tablica proračunskih vrijednosti parametara materijala:

	JET GROUT	SP-SC
Zapreminska težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	22	20
Efektivna kohezija $c'$ (kPa)	40	0
Efektivni kut unutrašnjeg trenja $\phi'$ (°)	29,3	24,8
Edometarski modul stižljivosti $M_s$ (MPa)	30000	15
Poissonov koeficijent $\nu$	0,15	0,3

#### 4.4.2 DJELOVANJE NA TEMELJNO TLO

Razina podzemne vode uzeta je 6,0m ispod površine terena u proračunima sa dreniranim uvjetima u tlu. Faktorizirana djelovanja na temeljno tlo na razini temeljne ploče preuzeta su iz mape E-155-18-06 – Ispusna ustava, a odnose se na najnepovoljnije kombinacije za GSN i GSU, odnosno najveću uzdužnu silu s pripadajućim poprečnim silama i momentima:

Objekt	d (m)	L (L') (m)	B (B') (m)	A (m <sup>2</sup> )	N <sub>d</sub> (kN)	T <sub>dx</sub> (kN)	T <sub>dy</sub> (kN)	M <sub>dx</sub> (kNm)	M <sub>dy</sub> (kNm)
Središnji dio ustave - GSN	0,0	13,25	12,20	161,65	46864	6075	-4690	28093	1381
Slapište ustave - GSN	0,0	18,50	12,20	225,70	46995	0	0	-4,15	36799
Središnji dio ustave - GSU	0,0	13,25	12,20	161,65	35698	6075	-3127	18806	1569
Slapište ustave - GSU	0,0	18,50	12,20	225,70	39724	0	-3256	14668	27258

gdje su:

- d - dubina temeljenja,
- L - duljina temeljne stope,
- B - širina temeljne stope,
- A - površina temeljne stope,
- N<sub>d</sub> - Faktorizirana maksimalna uzdužna sila u temeljnoj stopi N<sub>max</sub> (kN),
- T<sub>dx</sub>, T<sub>dy</sub> - pripadajuće faktorizirane poprečne sile u temeljnoj stopi (kN),
- M<sub>dx</sub>, M<sub>dy</sub> - pripadajući faktorizirani momenti u temeljnoj stopi (kNm),

#### 4.4.3 PROJEKTNE SITUACIJE

Proračun je proveden za odabrane najnepovoljnije projektne situacije:

R. br.	Projektna situacija	Napomena
1	GSN	Nosivost temeljnog tla - drenirano stanje - proračunski parametri
2	GSU	Slijeganje - drenirano stanje - karakteristični parametri





Provedenim proračunima pokazuje se interakcija temeljnih i potpornih konstrukcija s tlom (opterećenje od konstrukcije – nosivost temeljnog tla do sloma).

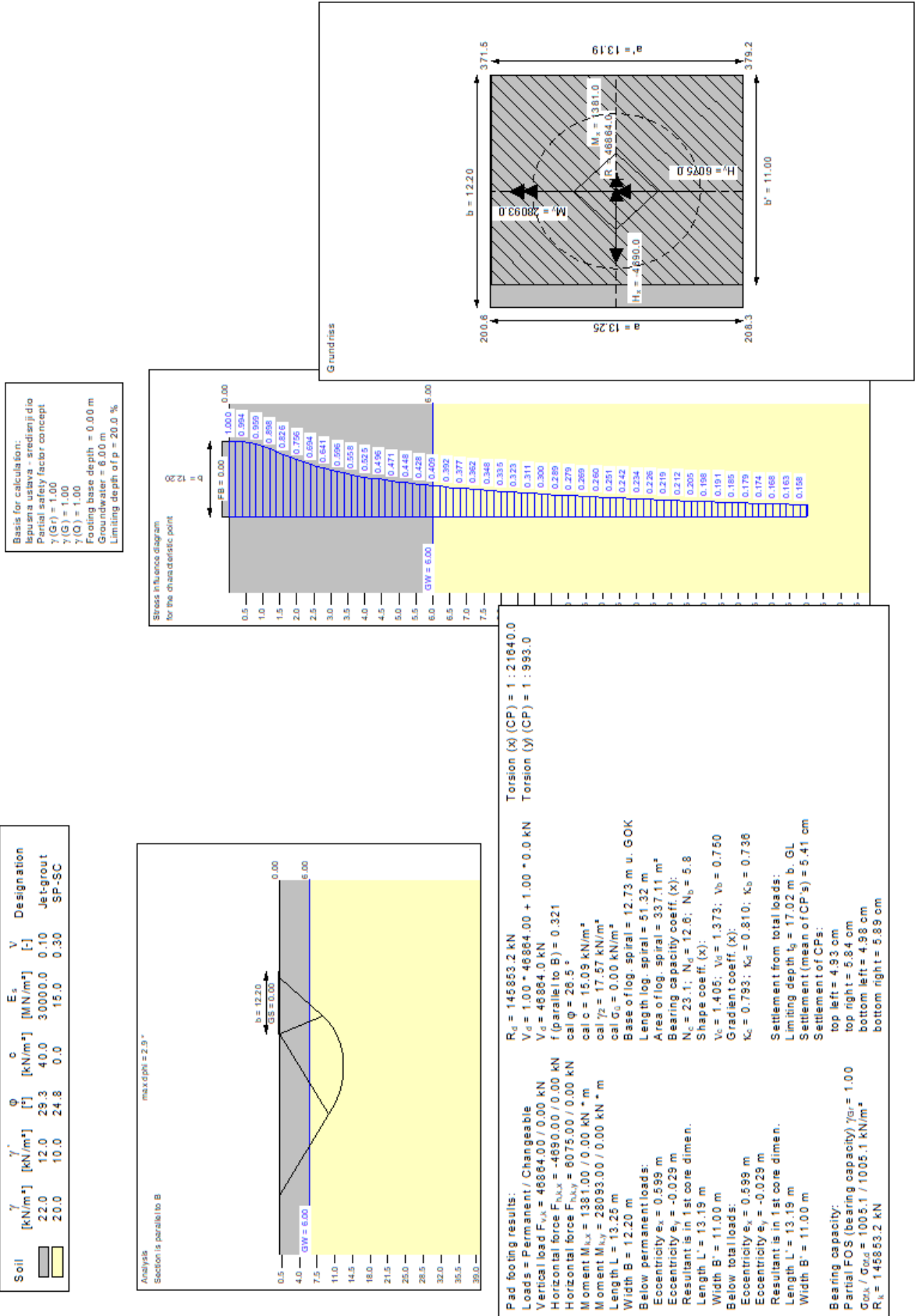
#### 4.4.4 POJEDINAČNI PRIKAZ REZULTATA PRORAČUNA

Rezultati proračuna nosivosti temeljnog tla prikazani su u nastavku:

R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Nosivost (kN)	Računsko opterećenje (kN)	Napomena
1	RM1-S1	GSN	145853,0	46864,0	Nosivost temeljnog tla - drenirano stanje - računski parametri
2	RM2-S1	GSN	236890,0	46995,0	Nosivost temeljnog tla - drenirano stanje - računski parametri



**NOSIVOST SREDIŠNJEG DIJELA USTAVE**



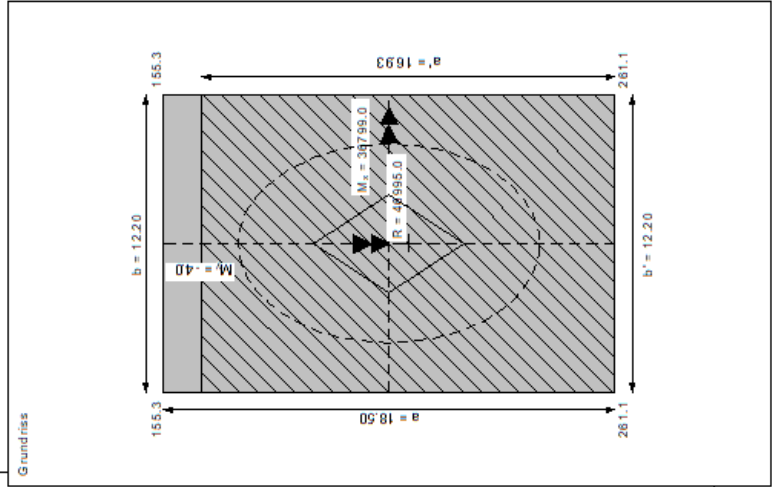
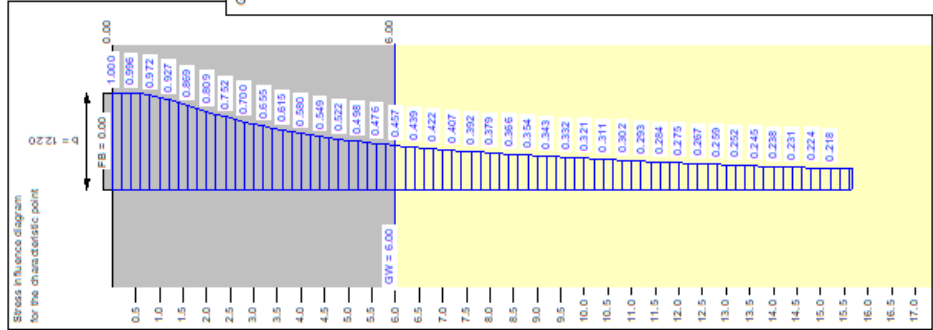
**Groundris**

**Torsion (x) (CP) = 1 : 21640.0**  
**Torsion (y) (CP) = 1 : 993.0**

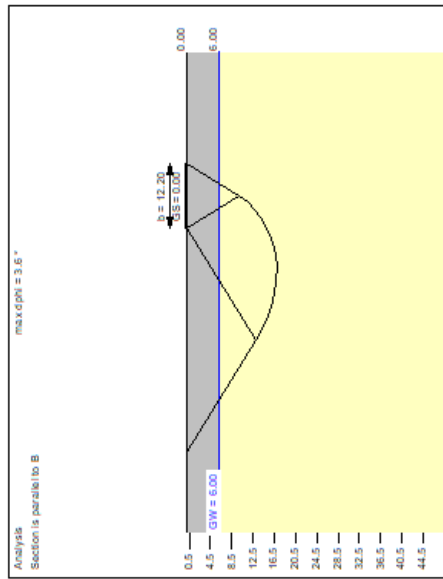


## NOSIVOST SLAPIŠTA USTAVE

Basis for calculation:  
Ispusna ustava - slapište  
Partial safety factor concept  
 $\gamma(G) = 1.00$   
 $\gamma(Q) = 1.00$   
Footing base depth = 0.00 m  
Groundwater = 6.00 m  
Limiting depth of  $p = 20.0\%$



Soil	$\gamma$ [kN/m³]	$\gamma'$ [kN/m³]	$\phi$ [°]	c [kN/m²]	$E_s$ [MN/m²]	v [-]	Designation
	22.0	12.0	29.3	40.0	30000.0	0.10	Jet-grout
	23.0	10.0	24.8	0.0	15.0	0.30	SP-SC



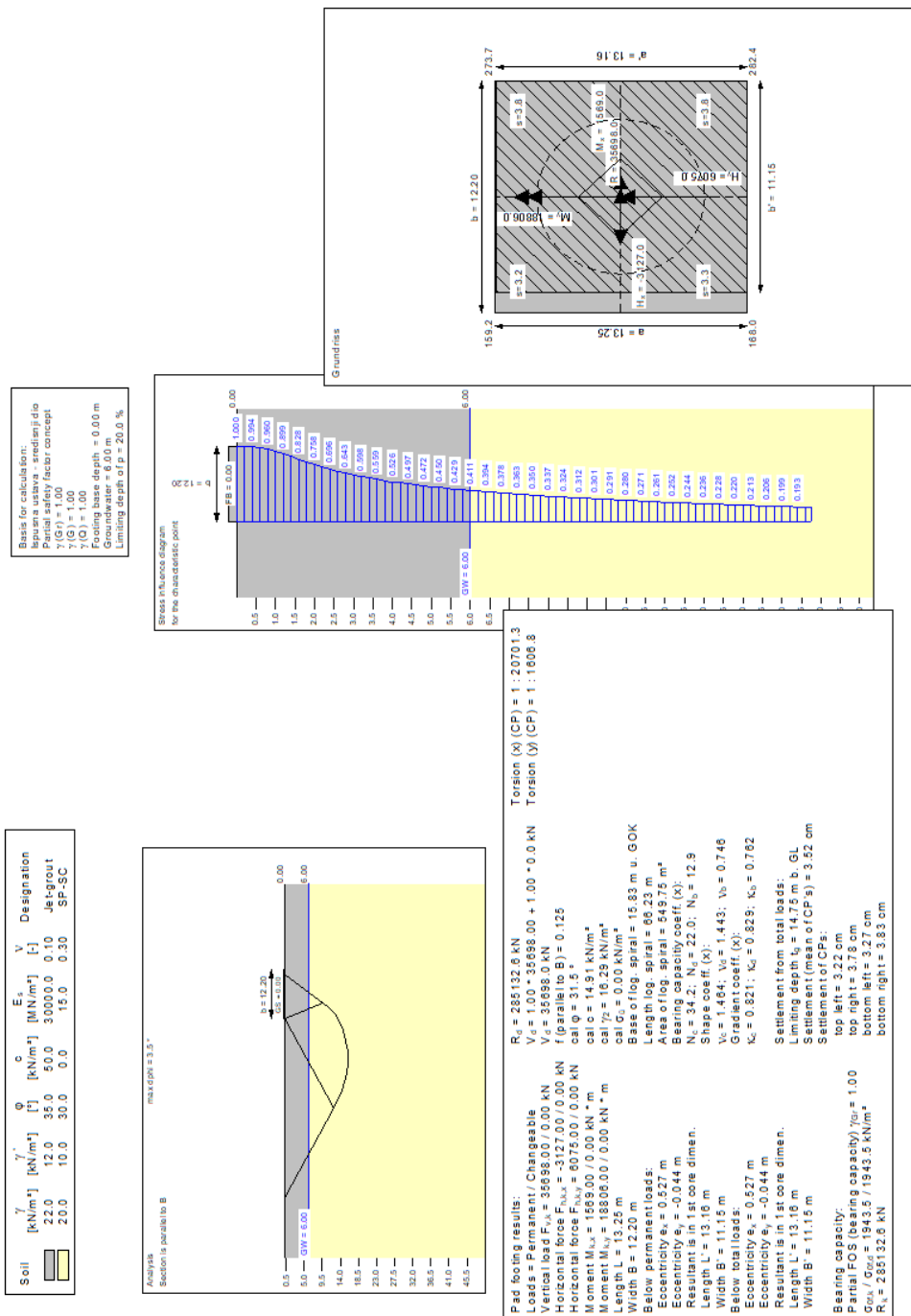
Pad footing results:  
**Loads = Permanent / Changeable**  
 Vertical load  $F_{V,k} = 48995.00 / 0.00$  kN  
 Horizontal force  $F_{H,k,x} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontal force  $F_{H,k,y} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{k,x} = 36799.00 / 0.00$  kN \* m  
 Moment  $M_{k,y} = -4.00 / 0.00$  kN \* m  
 Length  $L = 18.50$  m  
 Width  $B = 12.20$  m  
 Below permanent loads:  
 Eccentricity  $e_x = -0.000$  m  
 Eccentricity  $e_y = -0.783$  m  
 Resultant is in 1st core dimen.  
 Length  $L' = 16.93$  m  
 Width  $B' = 12.20$  m  
 Below total loads:  
 Eccentricity  $e_x = -0.000$  m  
 Eccentricity  $e_y = -0.783$  m  
 Resultant is in 1st core dimen.  
 Length  $L' = 16.93$  m  
 Width  $B' = 12.20$  m  
 Bearing capacity:  
 Partial FOS (bearing capacity)  $\gamma_{FOS} = 1.00$   
 bottom left = 4.42 cm  
 bottom right = 4.42 cm  
 $\sigma_{Rk} / \sigma_{Rd} = 1148.7 / 1148.7$  kN/m²  
 $R_k = 236889.6$  kN  
 $R_d = 236889.6$  kN  
 $V_d = 1.00 * 48995.00 + 1.00 * 0.00$  kN  
 $V_s = 48995.00$  kN  
 $f$  (parallel to B) = 0.198  
 $\text{cal } \phi = 26.1^\circ$   
 $\text{cal } c = 11.04$  kN/m²  
 $\text{cal } \gamma_s = 15.88$  kN/m³  
 $\text{cal } G_s = 0.00$  kN/m²  
 Base of log. spiral = 16.95 m u. GOK  
 Length log. spiral = 66.70 m  
 Area of log. spiral = 583.97 m²  
 Bearing capacity coeff. (X):  
 $N_c = 22.4$ ;  $N_s = 12.0$ ;  $N_b = 5.4$   
 Shape coeff. (X):  
 $V_c = 1.348$ ;  $V_d = 1.317$ ;  $V_b = 0.784$   
 Settlement from total loads:  
 Limiting depth  $t_b = 15.66$  m b. GL  
 Settlement (mean of CP's) = 3.97 cm  
 Settlement of CP's:  
 top left = 3.52 cm  
 bottom left = 4.42 cm  
 bottom right = 4.42 cm  
 Torsion (X) (CP) = 1 : 1519.7  
 Torsion (Y) (CP) = 0.0



Rezultati proračuna slijeganja temeljnog tla prikazani su u nastavku:

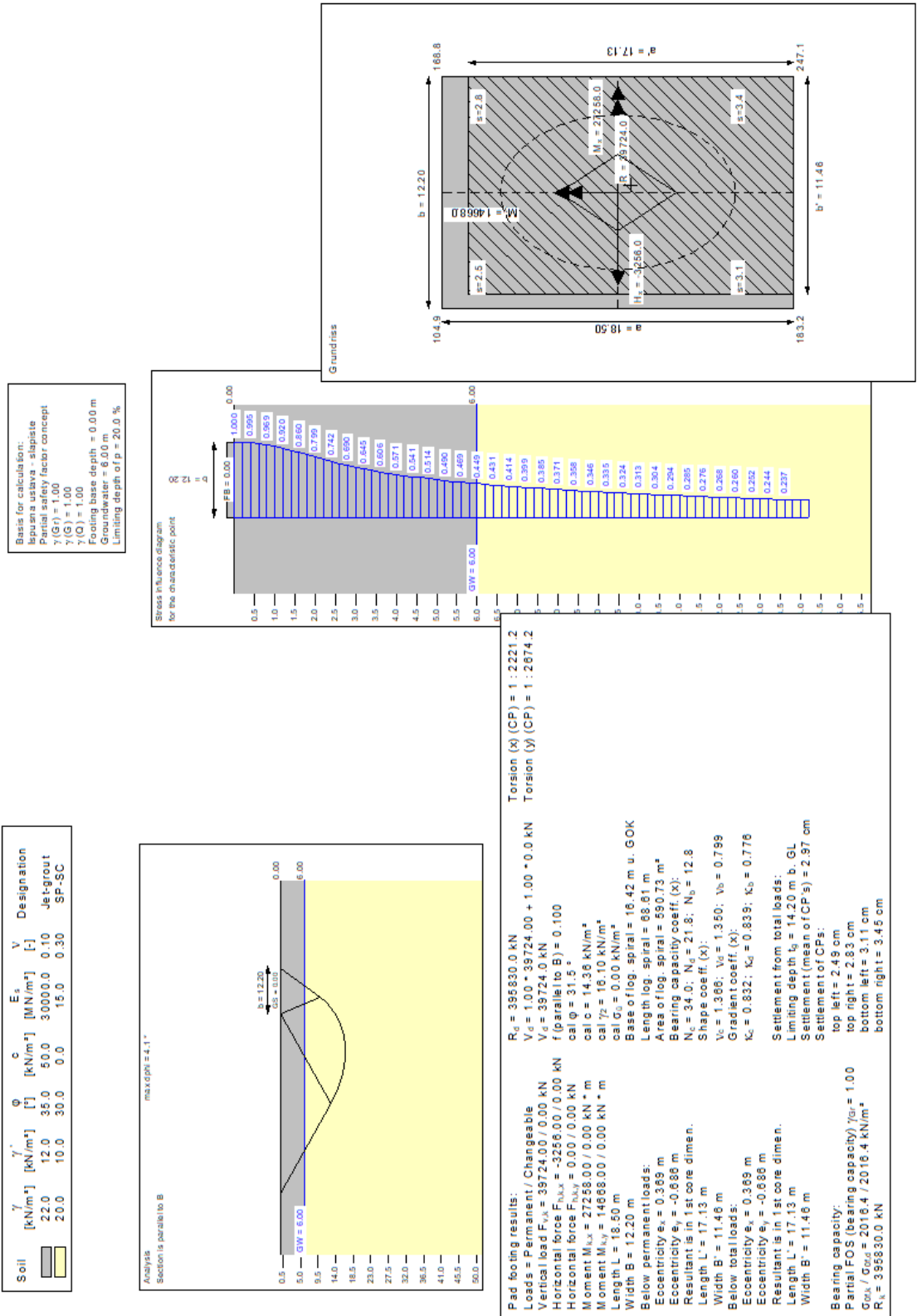
R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Opterećenje (kN)	Slijeganje (cm)	Napomena
1	RM1-S2	GSU – središnji dio ustave	35698,0	3,52	Slijeganje – drenirano stanje – karakteristični parametri
2	RM2-S2	GSU - slapište	39724,0	2,97	Slijeganje – drenirano stanje – karakteristični parametri

**SLIJEGANJE SREDIŠNJEG DIJELA USTAVE**





## SLIJEGANJE SLAPIŠTA USTAVE



### 4.4.5 ZAKLJUČAK UZ ANALIZE NOSIVOSTI

Provedeni su proračuni nosivosti temeljnog tla na poziciji objekta. Proračunima je dokazano da je temeljno tlo ima dostatnu nosivost te adekvatno slijeganje za predloženi način temeljenja.



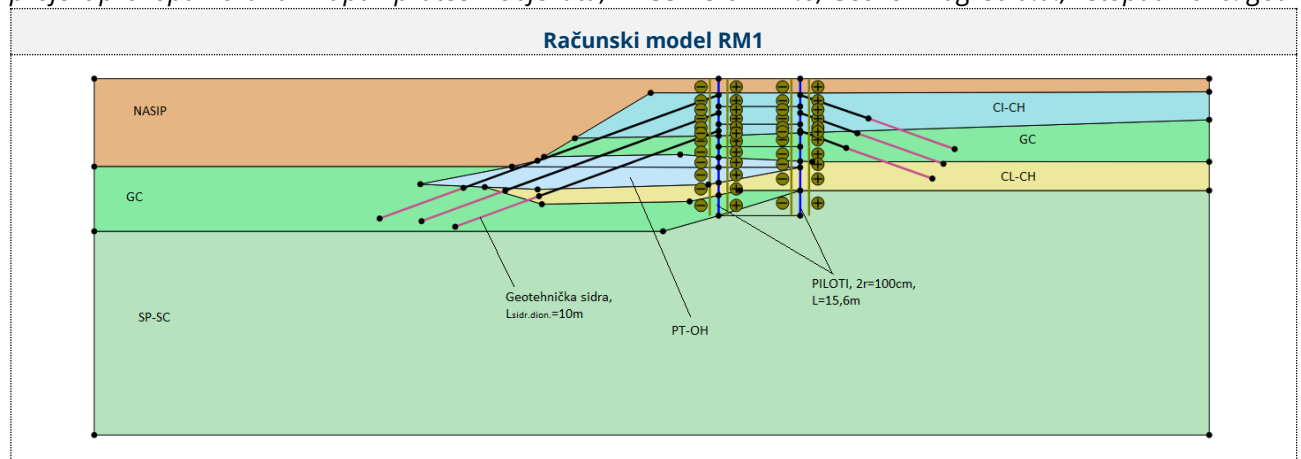
## 4.5 NAPONSKO – DEFORMACIJSKA ANALIZA PILOTNE STIJENE

### 4.5.1 UVOD

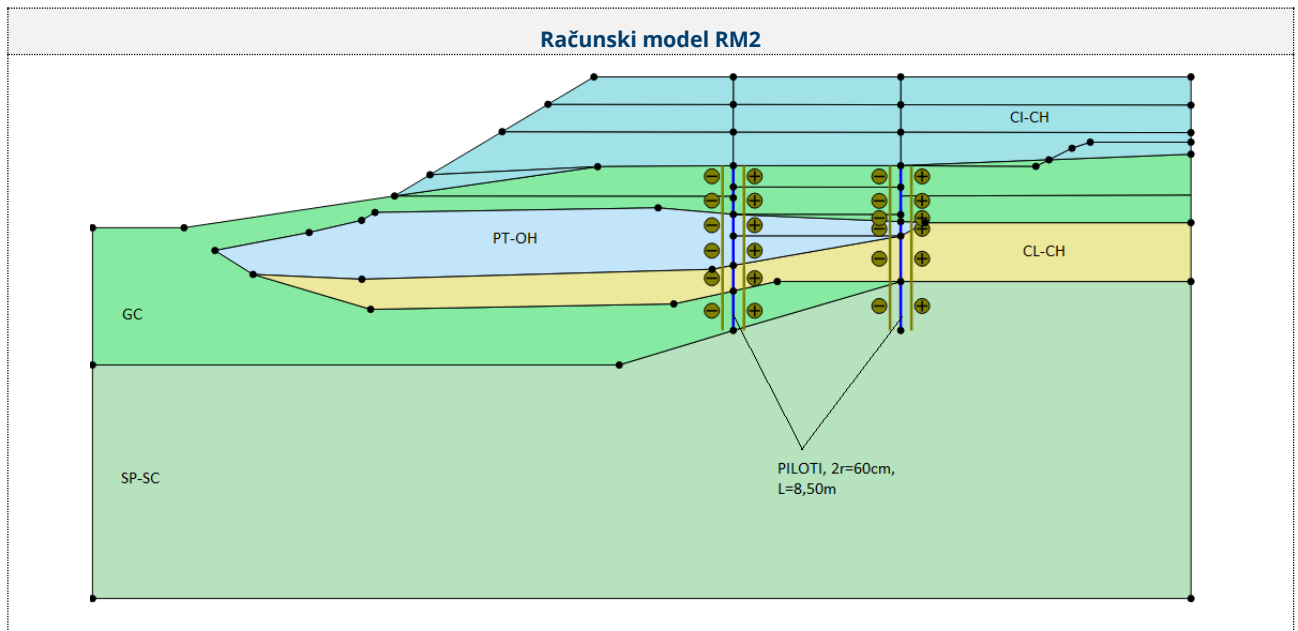
Naponsko - deformacijske analize provedene su metodom konačnih elemenata pri čemu su izračunati pomaci na potpornoj konstrukciji. Proračun je proveden 2D ravninskim modelom u računalnom programu Plaxis za granično stanje uporabljivosti s nefaktoriziranim stalnim djelovanjem na temeljno tlo i s karakterističnim parametrima tla prikazanim u ranijim poglavljima. Na taj način su određeni pomaci i očekivano „ponašanje“ potporne konstrukcije za stvarna djelovanja. Projektni kriterij za potpurnu konstrukciju je pomak do 5 cm. Na temelju dobivenih vrijednosti naprezanja unutar potporne konstrukcije izvedeno je njihovo dimenzioniranje. Pri dimenzioniranju konstrukcije, karakteristične vrijednosti reznih sila za mjerodavnu proračunsku situaciju dobivene naponsko-deformacijskom analizom množene su s parcijalnim koeficijentom 1,35.

### 4.5.2 RAČUNSKI MODELI

Naponsko – deformacijske analize izvršene su na računskim modelima RM1 i RM2. Računski model RM1 opisuje karakteristični poprečni profil pilotnih stijena PS-1 i PS-2. Računski model RM2 opisuje karakteristični poprečni profil pilotnih stijena RM-3 i RM-4. RM1 opisuje AB pilote  $\varnothing 100$  cm, duljine  $L=15,6$  m, osnog razmaka  $r=1,6$  m. RM2 opisuje AB pilote  $\varnothing 60$  cm, duljine  $L=8,5$  m, osnog razmaka  $r=1,0$  m. Geotehnički model tla je konstruiran na osnovi prognoznih inženjerskogeoloških profila tla i rezultata geotehničkih ispitivanja prikazanih u geotehničkom elaboratu *Dodatni geotehnički istražni radovi za Glavni projekt prokopa Korana - Kupa i pratećih objekata, E-155-18-01 v 1.0, Geokon-Zagreb d.d., listopad 2020. godine.*







### 4.5.3 PROJEKTNE SITUACIJE

U tablici su navedene projektne situacije s pripadajućim opisom za provjere graničnog stanja nosivosti i graničnog stanja uporabivosti. Situacije služe za naponsko deformacijsku analizu u kojima promatramo pomake tla i konstrukcije te definiramo unutarnje sile u pilotnoj konstrukciji.

Oznaka	Projektna situacija	Opis
S1	Eksploatacija	Promatraju se naprezanja i pomaci u konstrukciji prilikom eksploatacije, (traženi max pomak u konstrukciji je 5cm). Drenirani uvjeti, karakteristični parametri tla, pilot, u sidrima je izvršeno prednaprezanje od 100kN, srednji vodostaj ili niži (prikazani rezultati kritičnije faze)
S2	$\varphi/c$ redukcijaska analiza: eksploatacija	Promatraju se naprezanja u konstrukciji prilikom eksploatacije. Drenirani uvjeti, karakteristični parametri tla, pilot, u sidrima je izvršeno prednaprezanje od 100kN, srednji vodostaj ili niži (prikazani rezultati kritičnije faze)
S3	Potres	Nedrenirani uvjeti, karakteristični parametri. potporna konstrukcija izvedena, srednji vodostaj. Potres PP 475g.
S4	$\varphi/c$ redukcijaska analiza: potres	Provedena $\varphi/c$ redukcijaska analiza za potresnu projektnu situaciju.



## 4.5.4 ODREĐIVANJE RAČUNSKIH KRUTOSTI I NOSIVOSTI ELEMENATA KONSTRUKCIJE

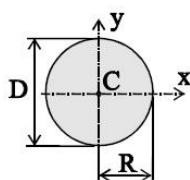
### 4.5.4.1 AB piloti

Općenito vrijedi:

$$E_r A_r = \frac{E_s A_s}{r}$$

$$E_r I_r = \frac{E_s A_s d^2}{12 r} = \frac{E_s A_s}{12} \frac{\left(\sqrt{12 \frac{I_s}{A_s}}\right)^2}{r} = \frac{E_s I_s}{r}$$

$$d = \sqrt{12 \frac{I_s}{A_s}}$$



$$I_x = I_y = \frac{D^4 \pi}{64} = \frac{R^4 \pi}{4}$$

$$A_r = R^2 \pi$$

gdje su:

$E_r$	računski modul elastičnosti
$A_r$	računska vrijednost površine presjeka
$I_r$	računska vrijednost momenta inercije presjeka
$E_s$	stvarni modul elastičnosti
$A_s$	stvarna vrijednost površine presjeka
$I_s$	stvarna vrijednost momenta inercije presjeka
$r$	osni razmak pilota
$d$	stvarna visina presjeka

Proračun je proveden za pilote promjera  $\varnothing 100$  cm na osnom razmaku  $r=1,6$  m za računski model RM1 i za pilote promjera  $\varnothing 60$  cm na osnom razmaku  $r=1,0$  m za računski model RM2.

			RM1	RM2
<b>D</b>	promjer pilota	[m]	1,00	0,60
<b><math>A_s</math></b>	stvarna vrijednost površine presjeka	[m <sup>2</sup> ]	0,785	0,283
<b><math>I_s = (\pi \cdot d^4) / 64</math></b>	stvarna vrijednost momenta inercije presjeka	[m <sup>4</sup> ]	0,0491	0,0064
<b><math>E_s = 3,15 \times 10^7</math></b>	stvarni modul elastičnosti	[kN/m <sup>2</sup> ]	3,15E+07	3,15E+07
<b><math>E_s A_s</math></b>			2,47E+07	8,91E+06
<b><math>E_s I_s</math></b>			1,55E+06	2,00E+05
<b>r</b>	osni razmak	[m]	<b>1,6</b>	<b>1,0</b>
<b><math>d = (12 \cdot I_s / A_s)^{0,5}</math></b>	računska visina presjeka	[m]	0,866	0,520
<b><math>E_r A_r = E_s A_s / r</math></b>			1,55E+07	8,91E+06



			RM1	RM2
$E_r I_r = E_s A_s \cdot d^2 / (12 \cdot r)$			9,66E+05	2,00E+05
w	težina umanjena za težinu tla, $\gamma_{\text{beton}} = 25 \text{ kN/m}^3$	[kN/m/m]	2,45	1,41
n	Poisson's ratio		0,15	0,15

#### 4.5.4.2 Geotehnička sidra

Tip elementa	Promjer sidrišnog tijela [m]	$A_s$ [m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s A_s$ [kN]	Razmak sidra $r_s$ [m]	$E_r A_r$ [kN/m']
Embedded beam row_ $L_s = 10,0$ m (sidrišna dionica)	0,15	0,0176	$2 \cdot 10^7$	353.400,0	1,60	220.000,0
Anchor (slobodna dionica)	-	-	-	302.000	1,60	--

#### 4.5.5 REZULTATI NAPONSKO - DEFORMACIJSKE ANALIZE

Proračun pomaka, reznih sila u pilotima i sidrima proveden je za slijedeće projektne situacije – faze gradnje i eksploatacije:

Početno stanje

1. Ugradnja pilota
2. Iskop tla u fazama i ugradnja 1. reda sidara (prednapinjanje na 100kN)
3. Iskop i ugradnja 2. reda sidara (prednapinjanje na 100kN)
4. Iskop ugradnja 3. reda sidara (prednapinjanje na 100kN)
5. Konačna kota iskopa i eksploatacija pri srednjem vodostaju Korane 105,5 m n.m.
6. Sniženi vodostaj u odnosu na srednji vodostaj Korane 105,5 m n.m. u eksploataciji
7. Dinamički uvjeti – potresno opterećenje (500-godišnji povratni period)

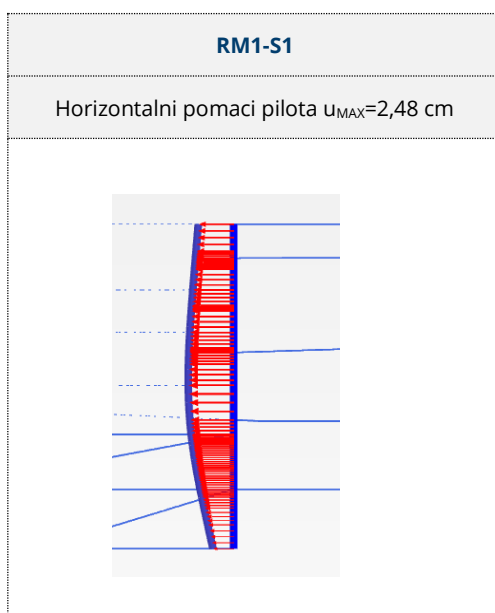
Zbog velike količine rezultata proračuna (12 faza), u projektu će se prikazati samo rezultati proračuna kritičnih faza (s najvećim pomacima i reznim silama u konstrukciji).

Za fazu konačne kote iskopa i faze potresnih opterećenja provedene su analize globalne stabilnosti, tzv. c-fi analizom.

**Naglašava se potreba izvedbe konstrukcije, odnosno iskopa u potopljenim uvjetima, budući da postoji mogućnost hidrauličkog sloma građevne jame u slučaju crpljenja vode prilikom iskopa novog korita (uvoda u ispusnu ustavu).**



R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Napomena
1	RM1-S1	Eksploatacija	Promatraju se naprezanja i pomaci u konstrukciji prilikom eksploatacije, (traženi max pomak u konstrukciji je 5cm). Drenirani uvjeti, karakteristični parametri tla, pilot, u sidrima je izvršeno prednaprezanje od 100kN, srednji vodostaj ili niži (prikazani rezultati kritičnije faze)



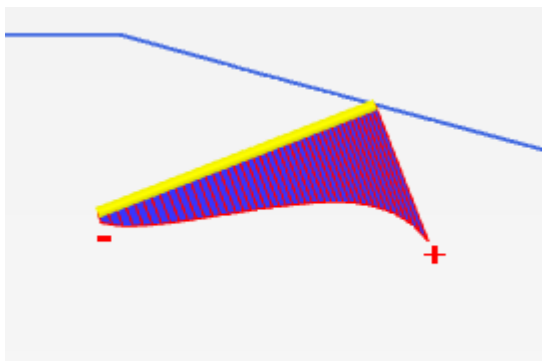
<b>RM1-S1: Dijagrami unutarnjih sila u pilotima</b>		
<b>M dijagram</b>	<b>N dijagram</b>	<b>Q dijagram</b>
$M_{max}$ [kNm/m']	$N_{max}$ [kN/m']	$Q_{max}$ [kN/m']
750,0	-262,0	-212,0



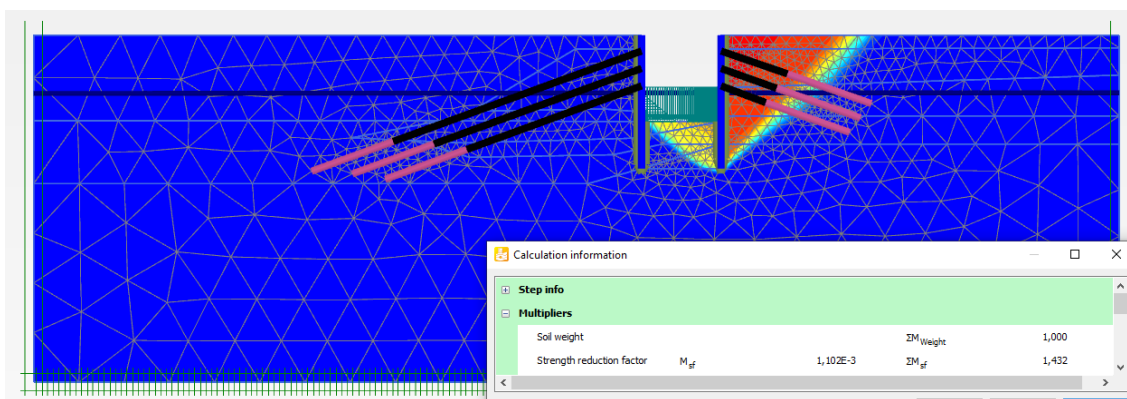
### Maksimalna aksijalna sila u sidrišnoj dionici

$N_{max}$   
[kN/m']

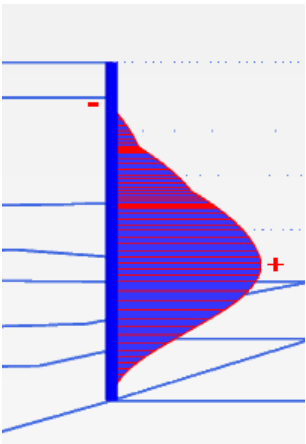
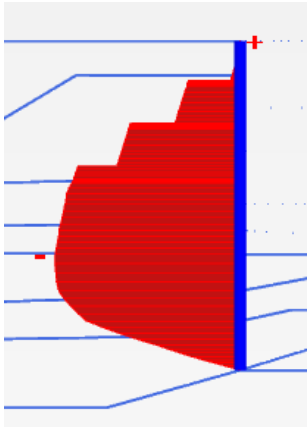
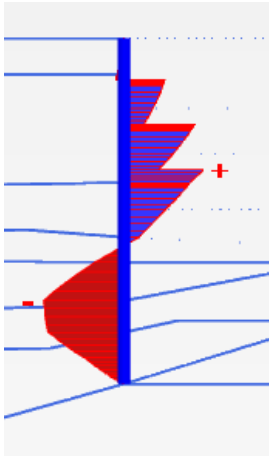
112,6

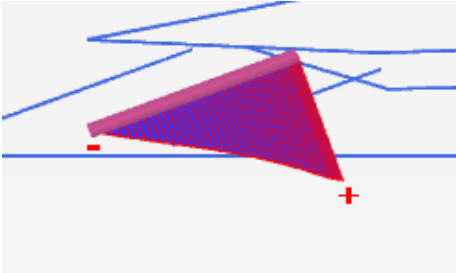


R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Fs	Napomena
2	RM1-S2	$\phi/c$ redukcijaska analiza: eksploatacija	1,43	Promatraju se naprezanja u konstrukciji prilikom eksploatacije. Drenirani uvjeti, karakteristični parametri tla, pilot, u sidrima je izvršeno prednaprezanje od 100kN, srednji vodostaj ili niži (prikazani rezultati kritičnije faze)





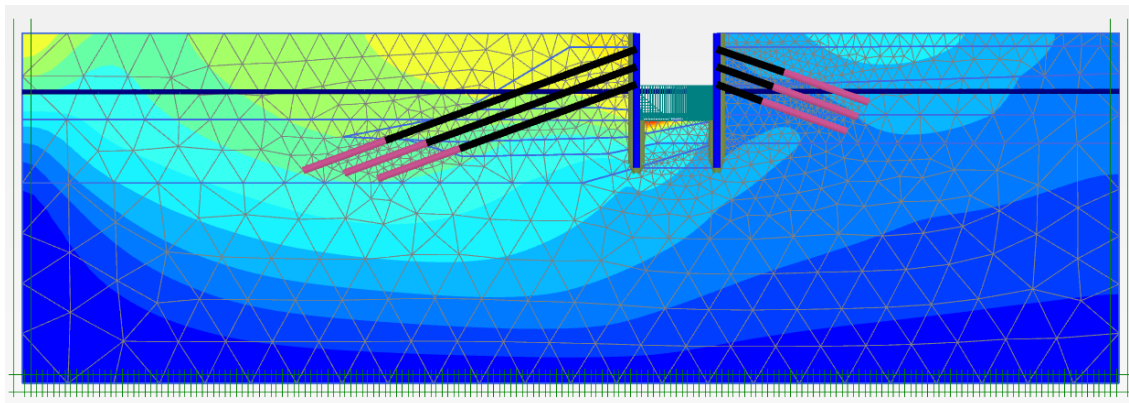
RM1-S2: Dijagrami unutarnjih sila u pilotima		
M dijagram	N dijagram	Q dijagram
$M_{\max}$ [kNm/m']	$N_{\max}$ [kN/m']	$Q_{\max}$ [kN/m']
677,7	-171,9	-177,9
		

Maksimalna aksijalna sila u sidrišnoj dionici
$N_{\max}$ [kN/m']
120,6






R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Napomena
3	RM1-S3	Potres	Nedrenirani uvjeti, karakteristični parametri. potporna konstrukcija izvedena, srednji vodostaj. Potres PP 475g.



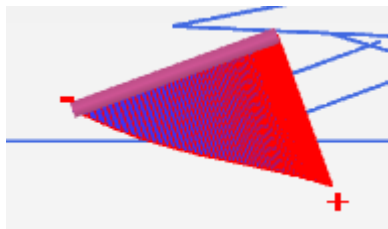
RM1-S3: Dijagrami unutarnjih sila u pilotima		
M dijagram	N dijagram	Q dijagram
$M_{max}$ [kNm/m']	$N_{max}$ [kN/m']	$Q_{max}$ [kN/m']
838,6	-275,0	-230,2



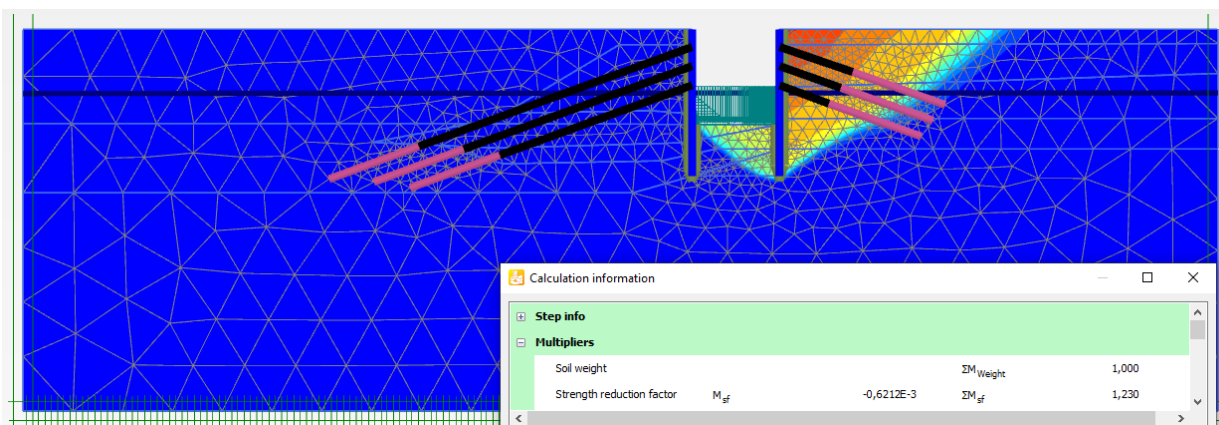
**Maksimalna aksijalna sila u sidrišnoj dionici**

$N_{max}$   
[kN/m']

147,3



R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	F <sub>s</sub>	Napomena
4	RM1-S4	φ/c redukcijaska analiza: potres	1,23	Provedena φ/c redukcijaska analiza za potresnu projektanu situaciju.



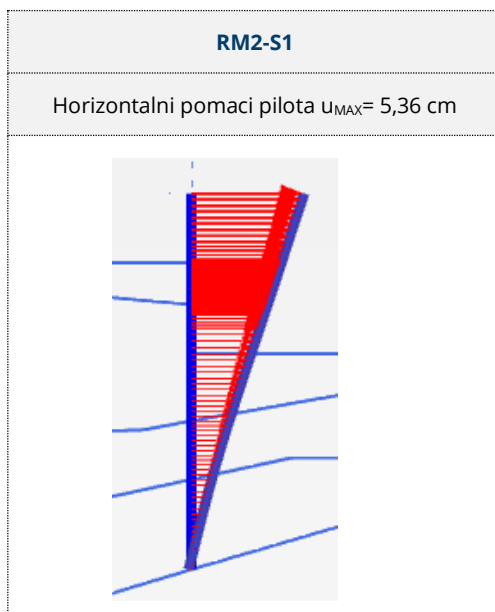


RM1-S4: Dijagrami unutarnjih sila u pilotima		
M dijagram	N dijagram	Q dijagram
$M_{max}$ [kNm/m']	$N_{max}$ [kN/m']	$Q_{max}$ [kN/m']
789,2	-214,2	250,8

Maksimalna aksijalna sila u sidrišnoj dionici
$N_{max}$ [kN/m']
186,0



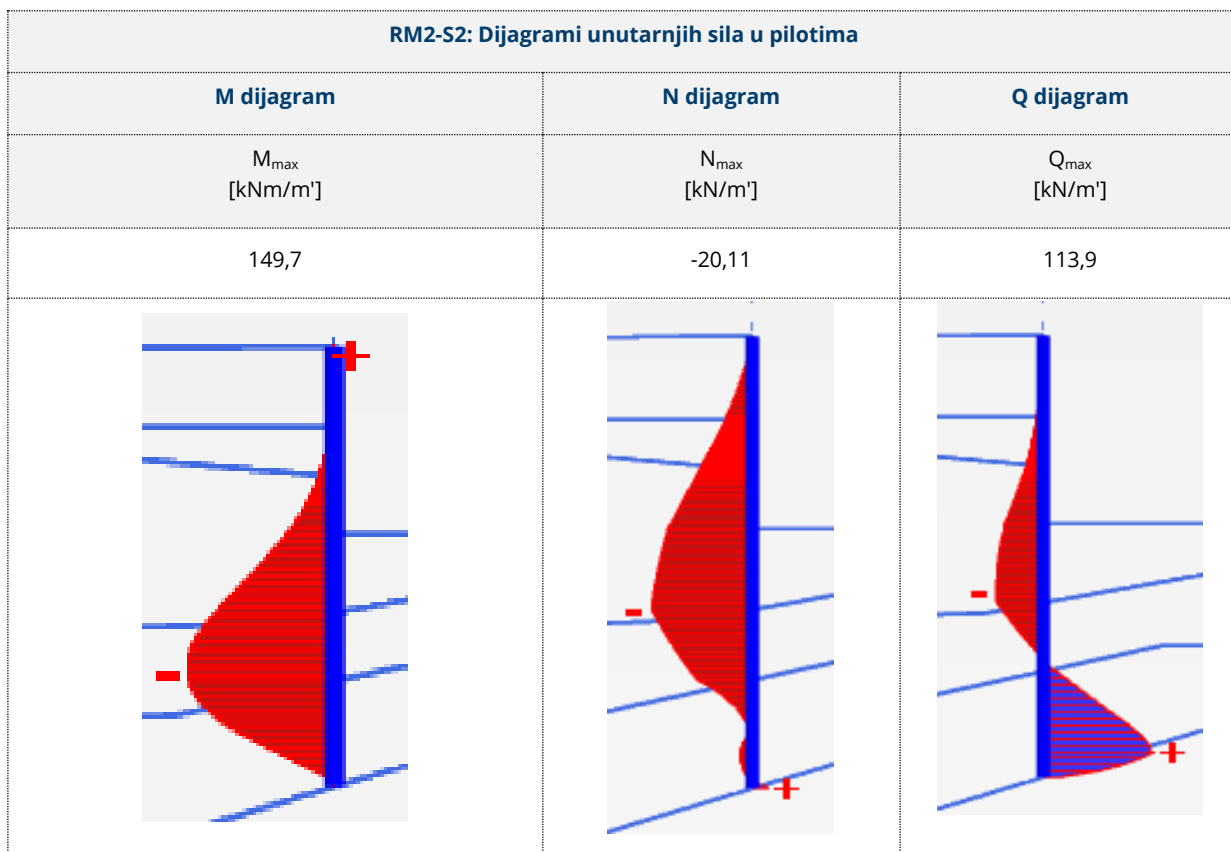
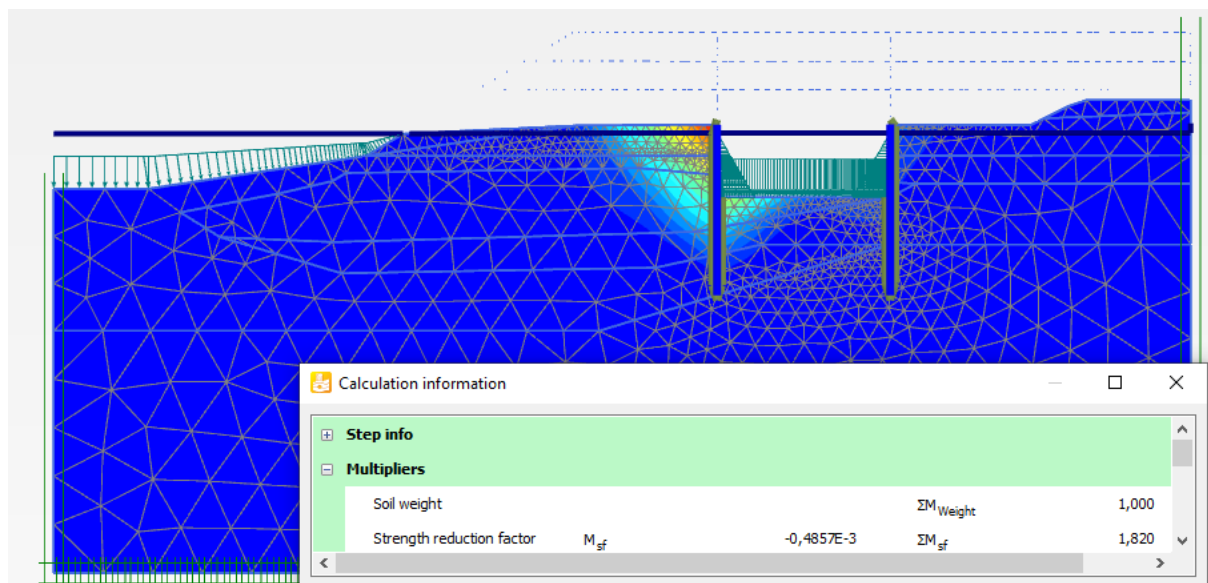
R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Napomena
5	RM2-S1	Eksploatacija	Promatraju se naprezanja i pomaci u konstrukciji prilikom eksploatacije, (traženi max pomak u konstrukciji je 5cm). Drenirani uvjeti, karakteristični parametri tla, pilot, u sidrima je izvršeno prednaprezanje od 100kN, srednji vodostaj ili niži (prikazani rezultati kritičnije faze)



<b>RM2-S1: Dijagrami unutarnjih sila u pilotima</b>		
<b>M dijagram</b>	<b>N dijagram</b>	<b>Q dijagram</b>
$M_{max}$ [kNm/m']	$N_{max}$ [kN/m']	$Q_{max}$ [kN/m']
164,0	19,34	84,0

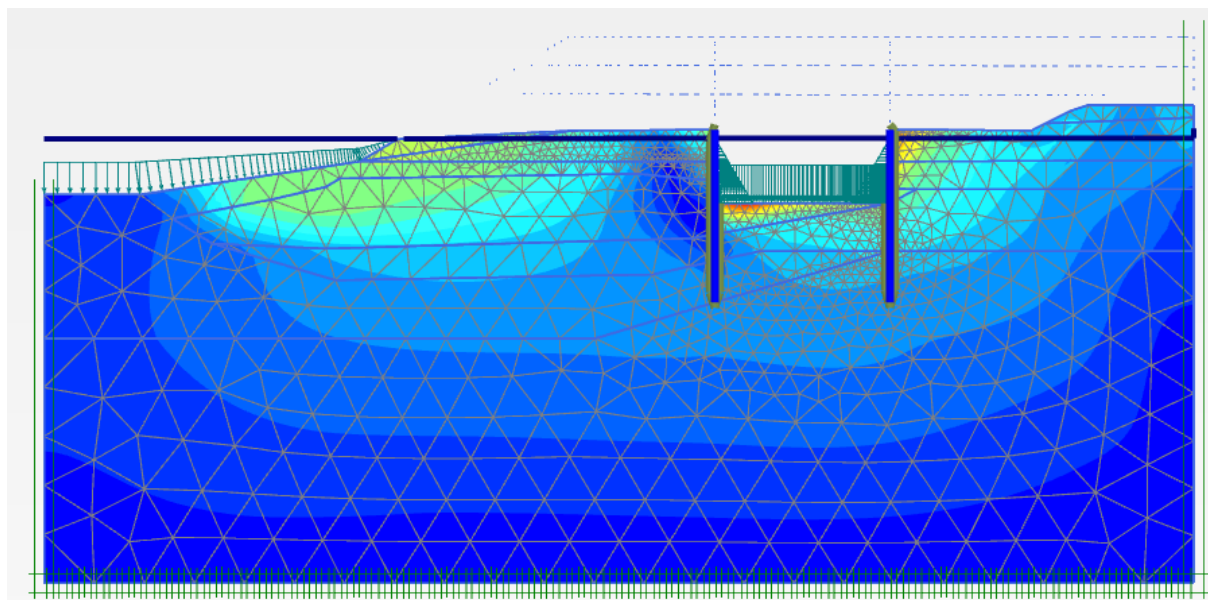


R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Fs	Napomena
6	RM2-S2	$\phi/c$ reduksijska analiza: eksploatacija	1,82	Promatraju se naprezanja u konstrukciji prilikom eksploatacije. Drenirani uvjeti, karakteristični parametri tla, pilot, u sidrima je izvršeno prednaprezanje od 100kN, srednji vodostaj ili niži (prikazani rezultati kritičnije faze)





R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Napomena
7	RM2-S3	Potres	Nedrenirani uvjeti, karakteristični parametri. potporna konstrukcija izvedena, srednji vodostaj. Potres PP 475g.



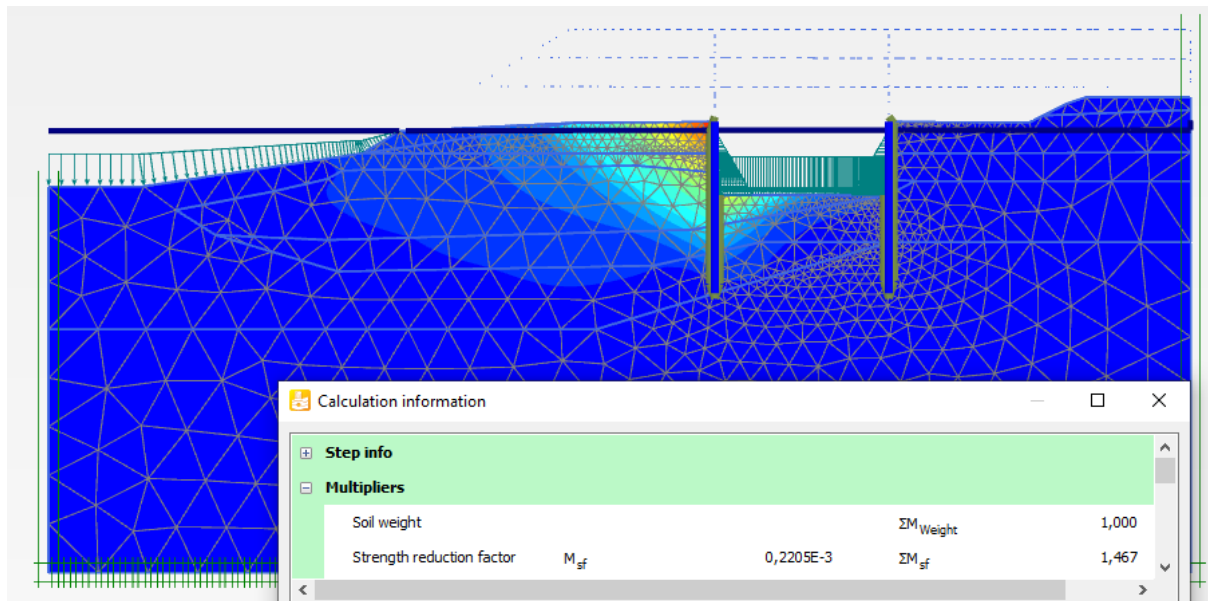
RM2-S3: Dijagrami unutarnjih sila u pilotima

M dijagram	N dijagram	Q dijagram
$M_{max}$ [kNm/m']	$N_{max}$ [kN/m']	$Q_{max}$ [kN/m']
-184,4	-13,96	103,7

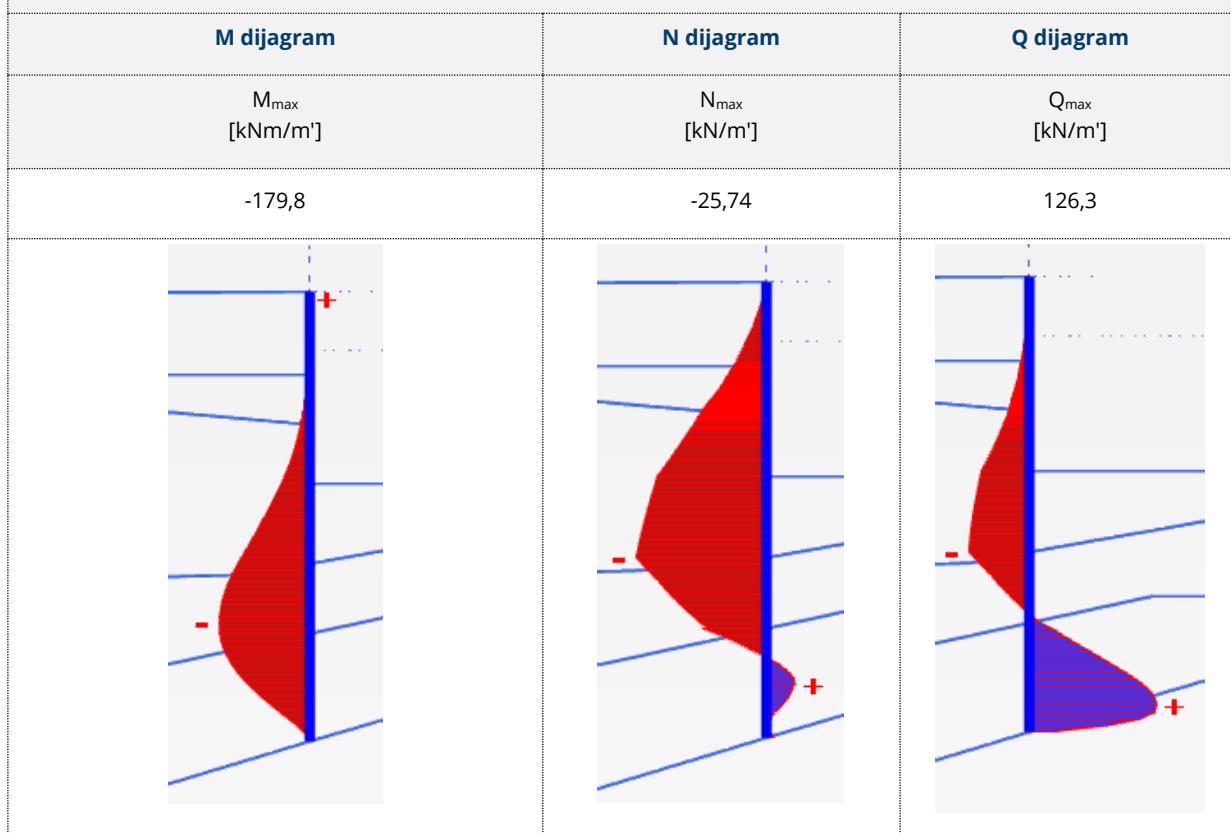




R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Fs	Napomena
8	RM2-S4	$\phi/c$ redukcijska analiza: potres	1,467	Provedena $\phi/c$ redukcijska analiza za potresnu projektnu situaciju.



**RM2-S4: Dijagrami unutarnjih sila u pilotima**





## 4.5.6 ZAKLJUČAK NAPONSKO – DEFORMACIJSKIH ANALIZA PILOTNIH STIJENA

Analizirana su dva karakteristična poprečna presjeka na dijelovima konstrukcije gdje se očekuju maksimalna naprezanja. Računski model RM1 formiran je u presjeku s najvećom denivelacijom za pilotne stijene PS-1 i PS-2. Pilotne stijene pridržane su geotehničkim sidrima u 3 reda na visinskom razmaku 2 m i horizontalnom od 1,6 m. Računski model RM2 formiran je u presjeku s najvećom denivelacijom za pilotne stijene PS-3 i PS-4. U oba računski modela, analizirane su projektne situacije eksploatacije s očekivanim vodostajem u slučaju otvorenih ustava te niskog vodostaja.

Rezultati naponsko - deformacijskih analiza ukazuju na dovoljan faktor sigurnosti pilotne stijene - za računski model RM1  $F_s=1,43$  ( $F_s=1,23$  u potresnoj proračunskoj situaciji) te RM2  $F_s=1,82$  ( $F_s=1,47$  u potresnoj proračunskoj situaciji).

Maksimalni dobiveni horizontalni pomaci vrha pilota u fazi eksploatacije iznose:

RM1:  $u_h = 2,48$  cm

RM2:  $u_h = 5,36$  cm

Napomena: Na računskom modelu RM2 očekuju se manji pomaci od dobivenih proračunom u Plaxisu, budući se proračun odnosi na ravninsko stanje (po m' modela), a stvarna situacija opterećenja po dužini pilotne stijene je puno povoljnija. Maksimalna visina pridržavanog nasipa u PS3 i PS-4 nalazi se isključivo u proračunskom presjeku, dok se nasip u idućih 10m spušta u teren, odnosno u potpunosti nestaje opterećenje tlom na pilote, a piloti su povezani naglavnom gredom.

Za dimenzioniranje je mjerodavan najveći moment savijanja te pripadna uzdužna i poprečna sila. Naprezanja u pilotu i sidrima u pilotnoj stijeni PS-2 u računskom modelu RM1 manja su od naprezanja u pilotu PS-1, dok su u računskom modelu RM2 naprezanja u pilotu pilotne stijene PS-4 manja od naprezanja u pilotu PS-3. Stoga se svi piloti i sidra dimenzioniraju na naprezanja pilotnih stijena PS-1 i PS-3 što je na strani sigurnosti.

## 4.5.7 DIMENZIONIRANJE ELEMENATA

### 4.5.7.1 Rekapitulacija unutarnjih sila (maksimalne vrijednosti)

#### **Računski model RM1 (PS-1 i PS-2)**

GSN - eksploatacija

Moment:  $M_{Sd} = 1,35 \times 750,0 \text{ kNm/m}' \times 1,6 \text{ m} = 1620,0 \text{ kNm}$

Poprečna sila  $V_{Sd} = 1,35 \times 212,0 \text{ kN/m}' \times 1,6 \text{ m} = 457,92 \text{ kN}$

Uzdužna sila  $N_{Sd} = 1,35 \times 262,0 \text{ kN/m}' \times 1,6 \text{ m} = 565,92 \text{ kN}$

Sila u sidru:  $S_{Sd} = 1,35 \times 120,6 \times 1,6 \text{ kN} = 260,50 \text{ kN}$

Potresna projektna situacija

Moment:  $M_{Sd} = 1,00 \times 838,6 \text{ kNm/m}' \times 1,6 \text{ m} = 1341,76 \text{ kNm}$

Poprečna sila  $V_{Sd} = 1,00 \times 230,2 \text{ kN/m}' \times 1,6 \text{ m} = 368,32 \text{ kN}$

Uzdužna sila  $N_{Sd} = 1,00 \times 275,0 \text{ kN/m}' \times 1,6 \text{ m} = 440,00 \text{ kN}$

Sila u sidru:  $S_{Sd} = 1,00 \times 186,0 \text{ kN} \times 1,6 \text{ m} = 297,6 \text{ kN}$

#### **Računski model RM2 (PS-3 i PS-4)**

GSN - eksploatacija



Moment:  $M_{Sd} = 1,35 \times 164,0 \text{ kNm/m}' \times 1,0 \text{ m} = 221,4 \text{ kNm}$

Poprečna sila  $V_{Sd} = 1,35 \times 84,00 \text{ kN/m}' \times 1,0 \text{ m} = 113,4 \text{ kN}$

Uzdužna sila  $N_{Sd} = 1,35 \times 19,34 \text{ kN/m}' \times 1,0 \text{ m} = 26,1 \text{ kN}$

Potresna projektna situacija

Moment:  $M_{Sd} = 1,00 \times 184,4 \text{ kNm/m}' \times 1,0 \text{ m} = 184,4 \text{ kNm}$

Poprečna sila  $V_{Sd} = 1,00 \times 103,7 \text{ kN/m}' \times 1,0 \text{ m} = 103,7 \text{ kN}$

Uzdužna sila  $N_{Sd} = 1,00 \times 13,96 \text{ kN/m}' \times 1,0 \text{ m} = 13,96 \text{ kN}$

#### 4.5.7.2 Proračun armature pilota Ø100 cm PS-1 I PS-2

U dimenzioniranju AB pilota Ø 100 cm na osnovom razmaku  $r=1,6 \text{ m}$  koriste se naprezanja (po m' modela) dobivene proračunskim programom Plaxis. Za dimenzioniranje je mjerodavan najveći moment savijanja te pripadna uzdužna i poprečna sila.



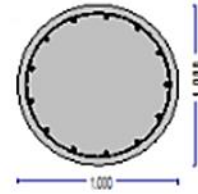
### 1. Pilot - fi 100

Column cross section in biaxial bending  
(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, )

D =1.000 m, Med =565.92 kN  
Med<sub>yy</sub> =1620.00 kNm, Med<sub>zz</sub> = 0.00 kNm

Reinforced concrete design

Concrete-Steel class: C20/27-B500B (EC2 §2)  
Environmental class : XC4 (EC2 §4.4.1)  
Concrete cover : Cnom=50 mm (EC2 §4.4.1)  
γ<sub>c</sub>=1.50, γ<sub>s</sub>=1.15 (EC2 Table 2.1N)  
f<sub>cd</sub>=α<sub>cc</sub>·f<sub>ck</sub>/γ<sub>c</sub>=1.00x20/1.50=20.00 MPa (EC2 §2.1.6)  
f<sub>ctd</sub>=α<sub>ct</sub>·f<sub>ctk0.05</sub>/γ<sub>c</sub>=1.00x2.0/1.50=1.22 MPa (EC2 §2.1.6)  
f<sub>yd</sub>=f<sub>yk</sub>/γ<sub>s</sub>=500/1.15=425 MPa (EC2 §2.2.7)  
Modulus of elasticity of concrete E<sub>cm</sub>=22.0 GPa



### 2. Dimensions and loads

Circular column with diameter D=1.000 m  
Loads, Axial load Med=565.92kN (compression), moments Med<sub>xx</sub>=1620.00kNm, Med<sub>yy</sub>=0.00kNm  
shear Ved=457.92 kN  
Effective depth of cross section d=h-d<sub>1</sub>, d<sub>1</sub>=d<sub>2</sub>=Cnom+Ø<sub>s</sub>+Ø/2=50+10+32/2=76mm, d=924mm

### 3. Design for compression with small eccentricity (ULS)

(EC2 §6.1, §9.2.1)

Ned=565.92kN, Med<sub>yy</sub>=1620.00kNm, Med<sub>zz</sub>=0.00kNm

Design using numerical integration

Design chart for single bending and axial force  
obtained from numerical integration of the  
concrete and steel forces over the cross-section

Ned=565.92kN (compression), Med=1620.00kNm  
C20/27-B500B  
D=1000mm  
d=924mm, d<sub>1</sub>=76mm, d<sub>2</sub>=76mm, d<sub>1</sub>/D=0.076  
e=Med/Ned=1620.00/565.92=2.863m=2863mm  
z<sub>s</sub>=h/2-d<sub>1</sub>=1000/2-76=424mm, e=2863mm>z<sub>s</sub>=424mm

A<sub>s1</sub>=A<sub>s2</sub>=4905mm<sup>2</sup>, (A<sub>s1</sub>+A<sub>s2</sub>)/A<sub>c</sub>=1.256  
z<sub>c2</sub>/z<sub>s1</sub>=-3.50/8.31

A<sub>s,tot</sub>= 98.2cm<sup>2</sup>

Minimum longitudinal reinforcement, A<sub>s</sub>>=0.002A<sub>c</sub>, Ø<sub>s</sub>>=8, A<sub>s,min</sub>=6Ø<sub>20</sub> (18.84cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.5.2.2)

Maximum longitudinal reinforcement, A<sub>s</sub><=0.04A<sub>c</sub>, (A<sub>s,max</sub>=214.2cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.5.2.2)

Transverse reinforcement, links with minimum Ø<sub>s</sub> at maximum spacing S<sub>cl,t</sub> (EC2 §9.5.3)

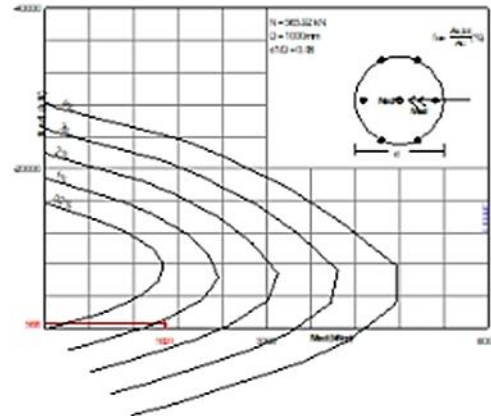
at column heights from 1.00m to H-1.00m: Links Ø<sub>s</sub>>=6, S<sub>cl,t</sub><=400mm

at regions 0 to 1.00m and H-1.00m to H : Links Ø<sub>s</sub>>=6, S<sub>cl,t</sub><=240mm

Basic required anchorage length L<sub>bd</sub>=700mm =0.700m (EC2 Eq.8.3)

Longitudinal reinforcement: **13Ø32** (104.5cm<sup>2</sup>)

Transverse reinforcement: Links Ø<sub>10</sub>/400 [h:1.00m-H-1.00m], Ø<sub>10</sub>/240 [h:0-1.00m, H-1.00m-H]



### 4. Ultimate limit state (ULS), Design for shear

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Shear capacity without shear reinforcement V<sub>rdc</sub> (EC2 §6.2.2)

V<sub>rdc</sub>=[C<sub>rdc</sub>·k·(100ρ<sub>l</sub>·f<sub>ck</sub>)<sup>0.33</sup>+k<sub>1</sub>·α<sub>cp</sub>]·b<sub>w</sub>·d (EC2 Eq.6.2.a)

V<sub>rdc</sub>>=(v<sub>min</sub>+k<sub>1</sub>·α<sub>cp</sub>)·b<sub>w</sub>·d (EC2 Eq.6.2.b)

C<sub>rdc</sub>=0.18/γ<sub>c</sub>=0.18/1.50=0.120, f<sub>ck</sub>=30MPa, b<sub>w</sub>=1000mm, d=924mm

k=1+√(200/d)<=2, k=1.47, k<sub>1</sub>=0.15

ρ<sub>l</sub>=A<sub>s1</sub>/(b<sub>w</sub>·d)=5250/(1000x924)=0.0057

α<sub>cp</sub>=Ned/A<sub>c</sub>=1000x565.92/1000000=0.57N/mm<sup>2</sup>

v<sub>min</sub>=0.0350·k<sup>1.50</sup>·√f<sub>ck</sub> = 0.34N/mm<sup>2</sup>, (EC2 Eq.6.3N)

V<sub>rd,c</sub>(min)=0.001x(0.34+0.15x0.57)x1000x924=393.16kN

V<sub>rdc</sub>=0.001x[0.120x1.47x(0.57x30)<sup>0.33</sup>+0.15x0.57]x1000x924=498.92kN

Ved=457.92 kN <= V<sub>rdc</sub>=498.92 kN, Ved<=V<sub>rdc</sub> shear reinforcement is not needed

Concrete strut capacity V<sub>rdmax</sub> (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)

V<sub>rdmax</sub>=α<sub>cw</sub>·b<sub>w</sub>·z·v<sub>1</sub>·f<sub>cd</sub>/(cotθ+tanθ), Ved/max(V<sub>rdmax</sub>)=0.10, θ=45.0° cotθ=1.00 tanθ=1.00

α<sub>cw</sub>=1.00 z=0.9d, f<sub>ck</sub>=30.0<=60Mpa v<sub>1</sub>=0.6[1-f<sub>ck</sub>/250]=0.6[1-30/250]=0.528, f<sub>cd</sub>=20.00Mpa

V<sub>rdmax</sub>=0.001x1.00x1000x0.9x924x0.528x20.00/2.00=4390.8 kN

Ved=457.9 kN < 4390.8 kN =V<sub>rdmax</sub>, the check is verified



Odabrana armatura za AB pilote:

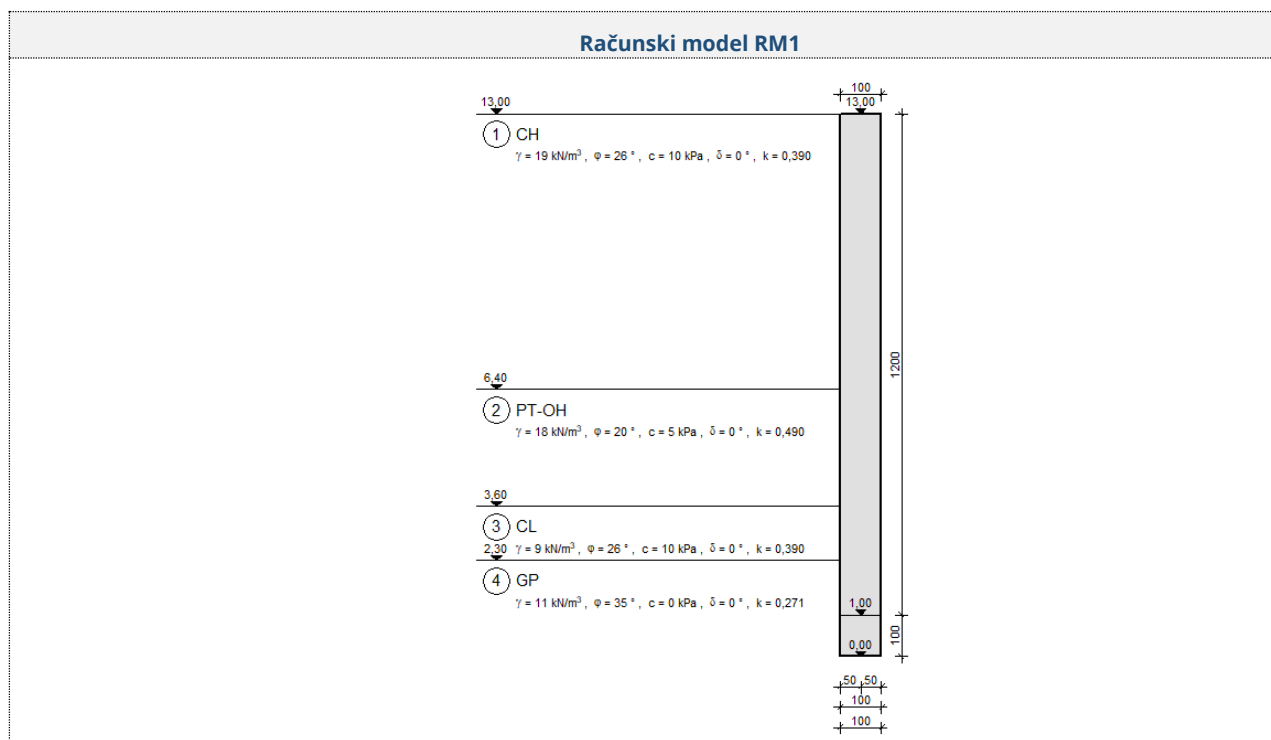
- Uzdužna armatura: 13Ø32 ( $A_s=104,5 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )
- Poprečna armatura: - Ø12/13,5 cm (spiralno)
- Prsten za povezivanje: Ø20/ 200cm'

#### 4.5.7.3 Proračun armature naglavne grede PS-1 i PS-2

Proračun AB naglavne grede dimenzija poprečnog presjeka HxB = 100 x 140 cm.

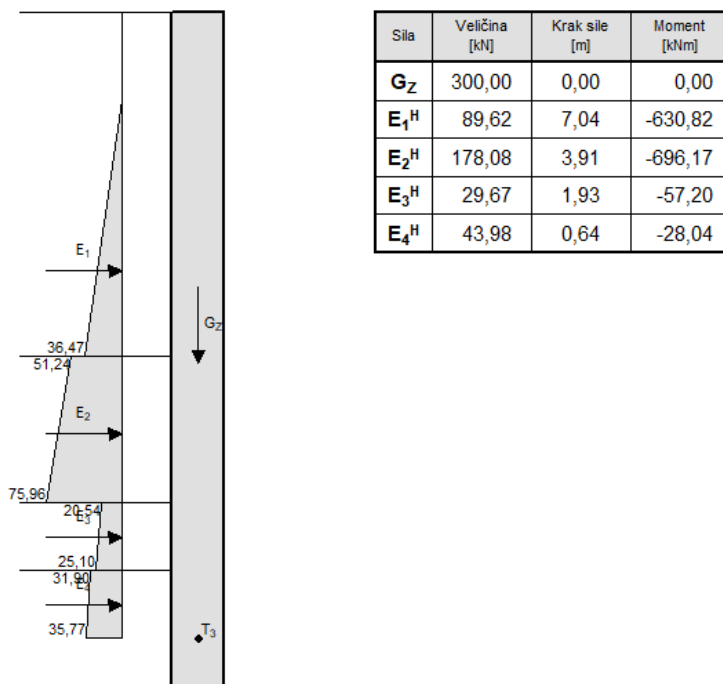
Za dimenzioniranje je mjerodavna ukupna poprečna sila koja djeluje na naglavnu gredu u slučaju da jedan pilot izgubi nosivost i pripadni moment.

Horizontalna sila dobivena proračunom efektivnih napona u računalnom programu Aspalathos. Proračun je rađen prema Eurokodu 7 proračunski pristup 3.





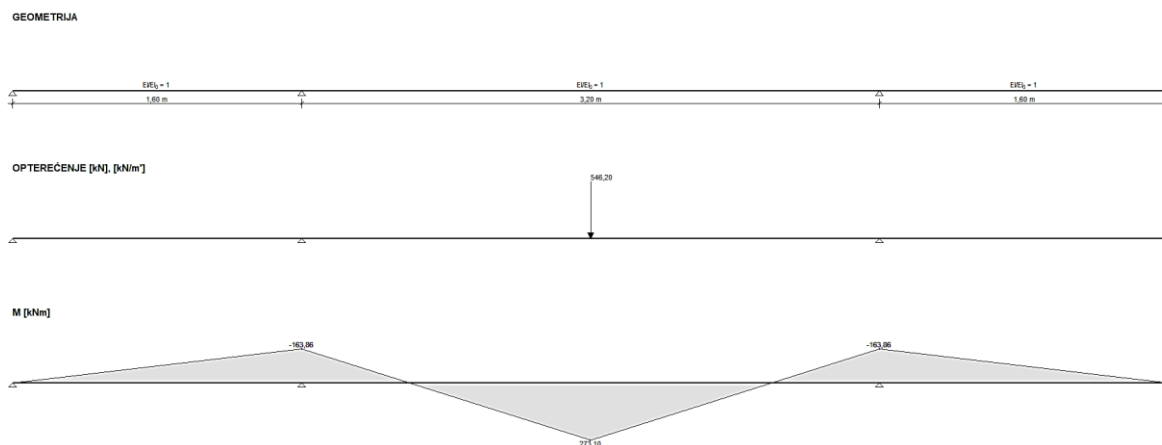
Ukupna aktivna sila na pilot iznosi:



Ukupna horizontalna sila koja djeluje na jedan pilot iznosi:

$$H_{sd} = E_1^H + E_2^H + E_3^H + E_4^H = (89,62 + 178,08 + 29,67 + 43,98) \times 1,6 = 546,2 \text{ kN}$$

Pripadni moment dobiven je uklanjnjem jednog ležaja (pilota) na kontinuiranom nosaču:



Slijedeća tablica daje vrijednosti sila za proračun armature naglavne grede:

Aspalathos kalkulator	
$V_k = 546,2 \text{ kN}$	$V_d = 546,2 \cdot 1,35 = 737,4 \text{ kN}$
$M_k = 273,1 \text{ kNm/m'}$	$M_d = 273,1 \cdot 1,35 = 368,7 \text{ kN}$





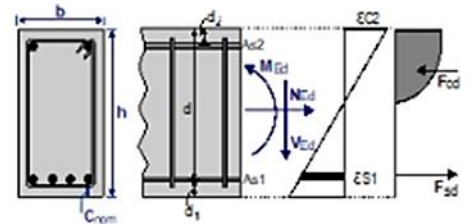
### 1. naglavna greda 140x100

Design of beam section for bending, and shear  
(EC2 EN1992-1-1:2004, EC0 EN1990:2002, )

$b \times h = 1.400 \times 1.000$  m,  $M_{ed} = 368.70$  kNm,  
 $V_{ed} = 737.40$  kN,  $N_{ed} = 0.00$  kN

Reinforced concrete design

Concrete-Steel class: C30/37-B500B (EC2 §3)  
Environmental class : XC4 (EC2 §4.4.1)  
Concrete cover :  $C_{nom} = 50$  mm (EC2 §4.4.1)  
 $\gamma_c = 1.50$ ,  $\gamma_s = 1.15$  (EC2 Table 2.1N)  
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1.00 \times 30 / 1.50 = 20.00$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05 / \gamma_c = 1.00 \times 2.0 / 1.50 = 1.33$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)  
Modulus of elasticity of concrete  $E_{cm} = 33.0$  GPa



### 2. Dimensions and loads

Beam width  $b_w = 1.400$  m, beam height  $h = 1.000$  m  
Effective depth of cross section  $d_1 = C_{nom} + \varnothing_s + 0.5\varnothing = 50 + 10 + 0.5 \times 20 = 70$  mm,  $d_2 = 70$  mm,  $d = 1000 - 70 = 930$  mm

Ultimate limit state (ULS)

Bending moment  $M_{ed} = 368.70$  kNm, Shear  $V_{ed} = 737.40$  kN, Axial force  $N_{ed} = 0.00$  kN (compression)

Serviceability limit state (SLS)

Bending moment  $M_{ed} = 273.10$  kNm, Shear  $V_{ed} = 546.20$  kN, Axial force  $N_{ed} = 0.00$  kN (compression)

### 3. Ultimate limit state (ULS), design for bending

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.2.1)

Effective depth of cross section  $d_1 = C_{nom} + \varnothing_s + 0.5\varnothing = 50 + 10 + 0.5 \times 20 = 70$  mm,  $d = 1000 - 70 = 930$  mm

Dimensioning for bending: Allgover, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Reinforcement for bending (only tension reinforcement is needed)

$M_{ed} = 368.70$  kNm  $b_w = 1400$  mm  $d = 930$  mm  $K_d = 5.73$   $x/d = 0.04$   $\rho_2 / \rho_{s1} = -0.9 / 20.0$   $\rho_s = 2.33$ ,  $A_{s1} = 9.25$  cm<sup>2</sup>

Minimum longitudinal tension reinf.,  $A_s > 0.26 b d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s, \min} = 19.63$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.1)

Maximum tension or compression reinf.,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s, \max} = 560.0$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.3)

Reinforcement for bending: **7Ø20** (21.98 cm<sup>2</sup>) (bottom)

#### 3.1. Ultimate moment capacity of cross section

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

$b = 1400$  mm,  $h = 1000$  mm,  $d = 930$  mm,  $A_{s1} = 2198$  mm<sup>2</sup>,  $A_{s2} = 0$  mm<sup>2</sup>

$\rho_2 = -1.44\%$ ,  $\rho_{s1} = 20.00\%$ ,  $A_{s1} / b \cdot d = 0.00169$  (0.169%)

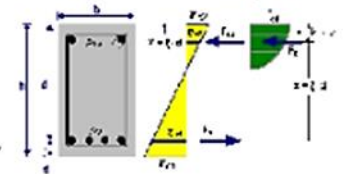
$x/d = \rho_2 / (\rho_2 + \rho_{s1}) = 1.44 / (1.44 + 20.00) = 0.067$ ,  $x = 62.5$  mm

$\alpha_r = 0.547$ ,  $\alpha_a = 0.360$ ,  $F_c = \alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} = F_{s1} = 957.03$  kN,  $A_{s1} = F_{s1} / f_{yd} = 2200$  mm<sup>2</sup>

$z = d - \alpha_a \cdot x = (1 - \alpha_a \cdot \rho_2 / (\rho_2 + \rho_{s1})) d$ ,  $z/d = 1.0 - 0.360 \times 0.067 = 0.976$ ,  $z = 907.5$  mm,

$K_d = 1 / (0.547 \cdot 0.067 \cdot 0.976 \cdot 20.00) = 1.394$  mm<sup>2</sup>/N,  $K_d = 1.181$

Bending capacity  $M_r = b \cdot d^2 / K_d = [10^6] \times 1400 \times 930^2 / 1.394 = 869.00$  kNm





#### 4. Ultimate limit state (ULS), Design for shear

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Shear capacity without shear reinforcement  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot c_{cp}] \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a)  
 $V_{rdc} \geq (v_{min} + k_1 \cdot c_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 30 \text{MPa}$ ,  $b_w = 1400 \text{mm}$ ,  $d = 930 \text{mm}$   
 $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.46$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $\rho_l = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 2198 / (1400 \times 930) = 0.0017$   
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.34 \text{N/mm}^2$ , (EC2 Eq.6.3N)  
 $V_{rd,c(min)} = 0.001 \times (0.34) \times 1400 \times 930 = 442.68 \text{kN}$   
 $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.46 \times (0.17 \times 30)^{0.33}] \times 1400 \times 930 = 392.65$ ,  $V_{rdc} = 442.68 \text{kN}$   
 $V_{ed} = 737.40 \text{kN} > V_{rdc} = 442.68 \text{kN}$ ,  $V_{ed} > V_{rdc}$  shear reinforcement is needed

Concrete strut capacity  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_l \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed} / \max(V_{rdmax}) = 0.12$ ,  $\theta = 21.8^\circ$   $\cot \theta = 2.50$   $\tan \theta = 0.40$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$   $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 30.0 \leq 60 \text{MPa}$   $v_l = 0.6 [1 - f_{ck}/250] = 0.6 [1 - 30/250] = 0.528$ ,  $f_{cd} = 20.00 \text{MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 1400 \times 0.9 \times 930 \times 0.528 \times 20.00 / 2.90 = 4267.0 \text{kN}$   
 $V_{ed} = 737.4 \text{kN} < 4267.0 \text{kN} = V_{rdmax}$ , the check is verified

Shear reinforcement of vertical links (EC2 §6.2.3 Eq.6.8)  
 $V_{rds} = (A_{sw}/s) z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta$ ,  $V_{rds} = 737.40 \text{kN}$ ,  $z = 0.9d$ ,  $f_{ywd} = 0.8 f_{yk} = 400.00 \text{N/mm}^2$ ,  $\cot \theta = 2.50$   
 $A_{sw}/s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta) = (10^6) \times 737.40 / (0.9 \times 930 \times 400 \times 2.50) = 881 \text{mm}^2/\text{m}$  ( $A_{sw}/s = 8.81 \text{cm}^2/\text{m}$ )  
Required shear reinforcement: ( $A_{sw}/s = 8.81 \text{cm}^2/\text{m}$ )

Minimum links for shear reinforcement (EC2 §9.2.2)  
Minimum shear reinforcement ratio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)  
 $\rho_{w,min} = (0.08 \times (f_{ck})^{0.5}) / f_{yk}$ ,  $f_{ck} = 30 \text{N/mm}^2$ ,  $f_{yk} = 500 \text{N/mm}^2$ ,  $\rho_{w,min} = 0.0009$   
 $\min A_{sw}/s = 10 \times 0.0009 \times 1400 \times \sin(90^\circ) = 12.60 \text{cm}^2/\text{m}$

Maximum longitudinal spacing of links  $s_{lmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{mm}$ ) = 600mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)  
Maximum transverse spacing of link legs  $s_{tmax} = 0.75d$  ( $\leq 600 \text{mm}$ ) = 600mm (§9.2.2.8, Eq.9.8N)

Minimum shear reinforcement  $2\text{Ø}10/245$  ( $A_{sw}/s = 12.82 \text{cm}^2/\text{m}$ )

Shear reinforcement:  $2\text{Ø}10/245$  ( $A_{sw}/s = 12.82 \text{cm}^2/\text{m}$ )

#### 5. Serviceability limit state (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$M_{ed}(SLS) = 273.10 \text{kNm}$ ,  $V_{ed}(SLS) = 546.20 \text{kN}$   
Final creep coefficient  $\phi(\infty, t_0) = 1.59$  (EC2 §3.1.4, Annex B)  
Total shrinkage strain  $\epsilon_{cs} = -0.04\%$   
 $\gamma_c = 1.00$ ,  $\gamma_s = 1.00$  (EC2 §2.4.2.4.2)  
Modulus of elasticity of concrete  $E_{cm} = 33.0 \text{GPa}$ ,  $E_{ceff} = 33.0 / (1 + 1.59) = 12.74 \text{GPa} = 12740 \text{MPa}$ ; (EC2 Eq.7.20)  
Modulus of elasticity of steel  $E_s = 200 \text{GPa} = 200000 \text{MPa}$   
Modular ratio  $E_s/E_c = 200/33.0 = 6.06$ , effective  $E_s/E_{c,eff} = 200/12.74 = 15.70$   
Tension reinforcement:  $7\text{Ø}20$  ( $21.98 \text{cm}^2$ )  
Reinforcement ratio  $\rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 2198 / (1400 \times 930) = 0.002$

##### 5.1. State I (uncracked section) (SLS)

Bending stiffness of uncracked section,  $EI = (200/15.70) \times (0.001 \times 122.506) = 1560588 \text{kNm}^2$   
 $A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2})$ ,  $e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$ ,  $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) \cdot (n-1)$   
 $S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001) \times 2198 \times 0.420 = (0.001) \times 0.924 \text{ m}^3$ ,  $y_2 = 490 \text{mm}$ ,  $y_{2s} = y_2 - d_2 = 490 - 70 = 420 \text{mm}$  (EC2 Eq.7.21)  
Curvature due to moment  $1/r_M = 273.10 / 1560588 = (0.001) \times 0.175$  (1/m)  
Curvature due to shrinkage  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.04) \times 15.70 \times (0.924 / 122.506) = (0.001) \times 0.005$  (1/m)  
Total curvature  $1/r = (0.001) \times 0.175 + (0.001) \times 0.005 = (0.001) \times 0.180$  (1/m)  
Cracking moment,  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.9 \times (122.506 / 0.490) = 724.69 \text{kNm}$



#### 5.2. State II (fully cracked section) (SLS)

$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.002$ ,  $n \cdot \alpha_e = 15.70$ ,  $n \cdot \rho = 0.031$ ,  $\xi = 0.721$ ,  $\alpha = 0.221$ ,  $x = \alpha \cdot d = 0.206\text{m}$   
Bending stiffness of fully cracked section,  $EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^3 = 0.721 \times 200 \times 2198 \times 0.930^3 = 274293 \text{ kNm}^2$   
 $y_2 = (1 - \alpha) \cdot d = 724\text{mm}$ ,  $e_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 724 \times 273.10 / 274293 = 0.72$   
 $S = A_s \cdot y_2 = (0.001) \times 2198 \times 0.724 = (0.001) \times 1.592 \text{ m}^3$  (EC2 Eq.7.21)  
Curvature due to moment  $1/r_M = 273.10 / 274293 = (0.001) \times 0.996 \text{ (1/m)}$   
Curvature due to shrinkage  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.04) \times 15.70 \times (1.592 / 21.530) = (0.001) \times 0.046 \text{ (1/m)}$   
Total curvature  $1/r = (0.001) \times 0.996 + (0.001) \times 0.046 = (0.001) \times 1.042 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed} = 273.10 \text{ kNm}$ ,  $\epsilon_c / \epsilon_s = 0.20 / 0.72$ ,  $x = 206\text{mm}$ ,  $\sigma_s = 144 \text{ N/mm}^2$

#### 5.3. Checking deflections by calculation (SLS)

$M_{ed} = 273.10 < 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 724.59 = 507.21 \text{ kNm}$ ,  $\zeta = 0.00$  (EC2 §7.4.3)  
Final curvature  $(1/r) = 0.00 \times (0.001 \times 1.042) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 0.180) = (0.001) \times 0.180 \text{ (1/m)}$  (Eq.7.18)

#### 5.4. Minimum reinforcement areas (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Minimum reinforcement areas  $A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Eq.7.1)  
 $b = 1.400\text{m}$ ,  $b_{eff} = 1.400\text{m}$ ,  $h = 1.000\text{m}$ ,  $d = 0.930\text{m}$ ,  $x = 0.206\text{m}$ ,  $\varnothing = 20\text{mm}$   
 $N_{ed} = 0.00\text{kN}$ ,  $\sigma_c = (N_{ed} / bh) = 0.0\text{N/mm}^2$ ,  $\sigma_s = f_{yd} = 435\text{N/mm}^2$   
 $A_{ct} = (h - x) \cdot b = (1000 - 206) \times 1400 = 1112051 \text{ mm}^2$   
 $\max(h, b) = 1\text{m}$ ,  $f_{ctm} = 2.90\text{N/mm}^2$ ,  $A_{ct} = 1112051\text{mm}^2$ ,  $k = 0.65$ ,  $k_c = 0.40$ ,  $k_1 = 1.50$   
Minimum reinforcement,  $A_{s,min} = 0.40 \times 0.65 \times 2.90 \times 1112051 / 435 = 1928\text{mm}^2$

#### 5.5. Calculation of crack width (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k = s_{r,max} \cdot (r_{sm} - r_{cm})$  (EC2 Eq.7.8)  
 $r_{sm} - r_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s = 144\text{N/mm}^2$ , short term loading:  $E_s / E_c = 6.06$ ,  $k_t = 0.6$ , long term loading:  $E_s / E_c = 15.70$ ,  $k_t = 0.4$   
 $2.5(h - d) = 175 \text{ mm}$ ,  $(h - x) / 3 = 265 \text{ mm}$ ,  $h / 2 = 500 \text{ mm}$   
 $A_{ceff} = 2.5(h - d)b = 2.5 \times (1000 - 930) \times 1400 = 245000 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff} = A_s / A_{ceff} = 2198 / 245000 = 0.009$   
 $r_{sm} - r_{cm} = [144 - 0.4 \times (2.9 / 0.009) (1 + 15.70 \times 0.009)] / 200 = -0.02\% \geq 0.6 \times 144 / 200 = 0.43\%$   
 $s_{r,max} = k_3 \cdot (C_{nom} + \varnothing_s) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing / \rho_{eff}$  (EC2 Eq.7.11)  
 $\varnothing = 20\text{mm}$ ,  $k_1 = 0.8$ ,  $k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5$ ,  $k_3 = 3.4$ ,  $k_4 = 0.425$   
 $s_{r,max} = 3.4 \times 60.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 20 / 0.009 = 582.98 \text{ mm}$   
 $w_k = s_{r,max} \cdot (r_{sm} - r_{cm}) = 582.98 \times 0.001 \times 0.43 = 0.25 \text{ mm}$   
 $w_k = 0.25\text{mm} \leq 0.30\text{mm} = w_{max}$ , Environmental class: XC4, Crack width under limit

Odabrana armatura za naglavnu gredu:

- Nosiva armatura: 7Ø20 cm ( $A_s = 21,98 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )
- Konstruktivna armatura: 7Ø20 cm ( $A_s = 21,98 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )
- Poprečna armatura (vilice): 2Ø12/20 cm ( $22,62 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )

#### 4.5.7.4 Proračun armature pilota Ø60 cm PS-3 i PS-4

U dimenzioniranju AB pilota Ø 60 cm na osnovu razmaku  $r = 1,0 \text{ m}$  koriste se naprezanja (po m' modela) dobivene proračunskim programom Plaxis. Za dimenzioniranje je mjerodavan najveći moment savijanja te pripadna uzdužna i poprečna sila.





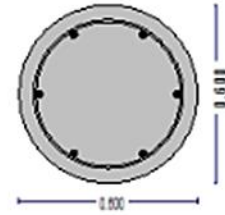
### 1. Pilot - fi 60

Column cross section in biaxial bending  
(EC2 EN1992-1-1:2004, ECO EN1990:2002, )

D = 0.600 m, Ned = 72.00 kN  
Med yy = 221.40 kNm, Med zz = 0.00 kNm

Reinforced concrete design

Concrete-Steel class: C30/37-B500B (EC2 §3)  
Environmental class : XC4 (EC2 §4.4.1)  
Concrete cover : Cnom=50 mm (EC2 §4.4.1)  
 $\gamma_c=1.50$ ,  $\gamma_s=1.15$  (EC2 Table 2.1N)  
 $f_{cd}=\alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1.00 \times 30 / 1.50 = 20.00$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd}=\alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05 / \gamma_c = 1.00 \times 2.0 / 1.50 = 1.33$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd}=f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)  
Modulus of elasticity of concrete  $E_{cm}=33.0$  GPa



### 2. Dimensions and loads

Circular column with diameter D=0.600 m  
Loads, Axial load Ned=72.00kN (compression), moments Medxx=221.40kNm, Medyy=0.00kNm  
shear Ved=113.40 kN  
Effective depth of cross section d=h-d1, d1=d2=Cnom+Øs+Ø/2=50+10+25/2=72mm, d=528mm

### 3. Design for compression with small eccentricity (ULS)

(EC2 §6.1, §9.2.1)

Ned=72.00kN, Med,yy=221.40kNm, Med,zz=0.00kNm

Design using numerical integration

Design chart for single bending and axial force  
obtained from numerical integration of the  
concrete and steel forces over the cross-section  
Ned=72.00kN (compression), Med=221.40kNm  
C30/37-B500B  
D=600mm  
d=528mm, d1= 72mm, d2= 72mm, d1/D=0.121  
 $e=Med/Ned=221.40/72.00=3.075m=3075mm$   
 $z_s=h/2-d1=600/2-72=228mm$ ,  $e=3075mm > z_s=228mm$

$As1=As2=1414mm^2$ ,  $(As1+As2)/Ac=1.00\%$   
 $\sigma_{c2}/\sigma_{s1}=-3.50/6.96$

$As,tot=28.27cm^2$

Minimum longitudinal reinforcement,  $As \geq 0.0020Ac$ ,  $\phi_s \geq 8$ ,  $As,min=6\phi_{12}$  ( 6.78cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.5.2.2)

Maximum longitudinal reinforcement,  $As \leq 0.04Ac$ , ( $As,max=113.1cm^2$ ) (EC2 §9.5.2.3)

Transverse reinforcement, links with minimum  $\phi_s$  at maximum spacing  $S_{cl,t}$  (EC2 §9.5.3)

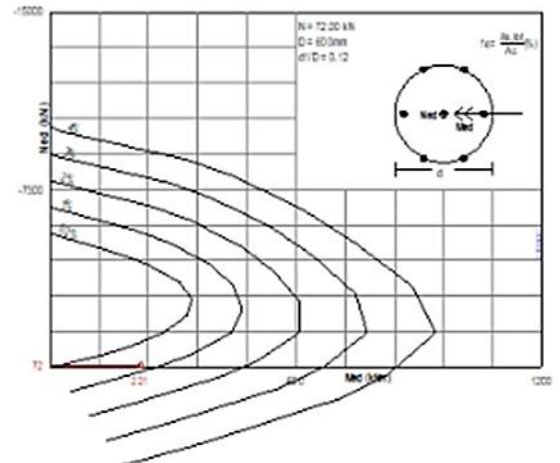
at column heights from 0.60m to H-0.60m: Links  $\phi_s \geq 6$ ,  $S_{cl,t} \leq 400mm$

at regions 0 to 0.60m and H-0.60m to H : Links  $\phi_s \geq 6$ ,  $S_{cl,t} \leq 240mm$

Basic required anchorage length  $L_{bd}=550mm = 0.550m$  (EC2 Eq.8.3)

Longitudinal reinforcement: **6Ø25** (29.46cm<sup>2</sup>)

Transverse reinforcement: Links **Ø10/400** [h:0.60m-H-0.60m], **Ø10/240** [h:0~0.60m, H-0.60m-H]





#### 4. Ultimate limit state (ULS), Design for shear

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Shear capacity without shear reinforcement  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)  
 $V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a)  
 $V_{rdc} > = (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.b)  
 $C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120$ ,  $f_{ck} = 30 \text{ MPa}$ ,  $b_w = 600 \text{ mm}$ ,  $d = 528 \text{ mm}$   
 $k = 1 + \sqrt{(200/d)} \leq 2$ ,  $k = 1.62$ ,  $k_1 = 0.15$   
 $\rho_l = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 1450 / (600 \times 528) = 0.0046$   
 $\sigma_{cp} = N_{ed} / A_c = 1000 \times 72.00 / 360000 = 0.20 \text{ N/mm}^2$   
 $v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.40 \text{ N/mm}^2$ , (EC2 Eq.6.3N)  
 $V_{rd, c(\min)} = 0.001 \times (0.40 + 0.15 \times 0.20) \times 600 \times 528 = 136.10 \text{ kN}$   
 $V_{rdc} = 0.001 \times [0.120 \times 1.62 \times (0.46 \times 30)^{0.33} + 0.15 \times 0.20] \times 600 \times 528 = 157.08 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 113.40 \text{ kN} \leq V_{rdc} = 157.08 \text{ kN}$ ,  $V_{ed} \leq V_{rdc}$  shear reinforcement is not needed

Concrete strut capacity  $V_{rdmax}$  (EC2 §6.2.3 Eq.6.9)  
 $V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta)$ ,  $V_{ed} / \max(V_{rdmax}) = 0.08$ ,  $\theta = 45.0^\circ$   $\cot \theta = 1.00$   $\tan \theta = 1.00$   
 $\alpha_{cw} = 1.00$   $z = 0.9d$ ,  $f_{ck} = 30.0 \leq 60 \text{ MPa}$   $v_1 = 0.6 [1 - f_{ck} / 250] = 0.6 [1 - 30 / 250] = 0.528$ ,  $f_{cd} = 20.00 \text{ MPa}$   
 $V_{rdmax} = 0.001 \times 1.00 \times 600 \times 0.9 \times 528 \times 0.528 \times 20.00 / 2.00 = 1504.0 \text{ kN}$   
 $V_{ed} = 113.4 \text{ kN} < 1504.0 \text{ kN} = V_{rdmax}$ , the check is verified

Odabrana armatura za AB pilote:

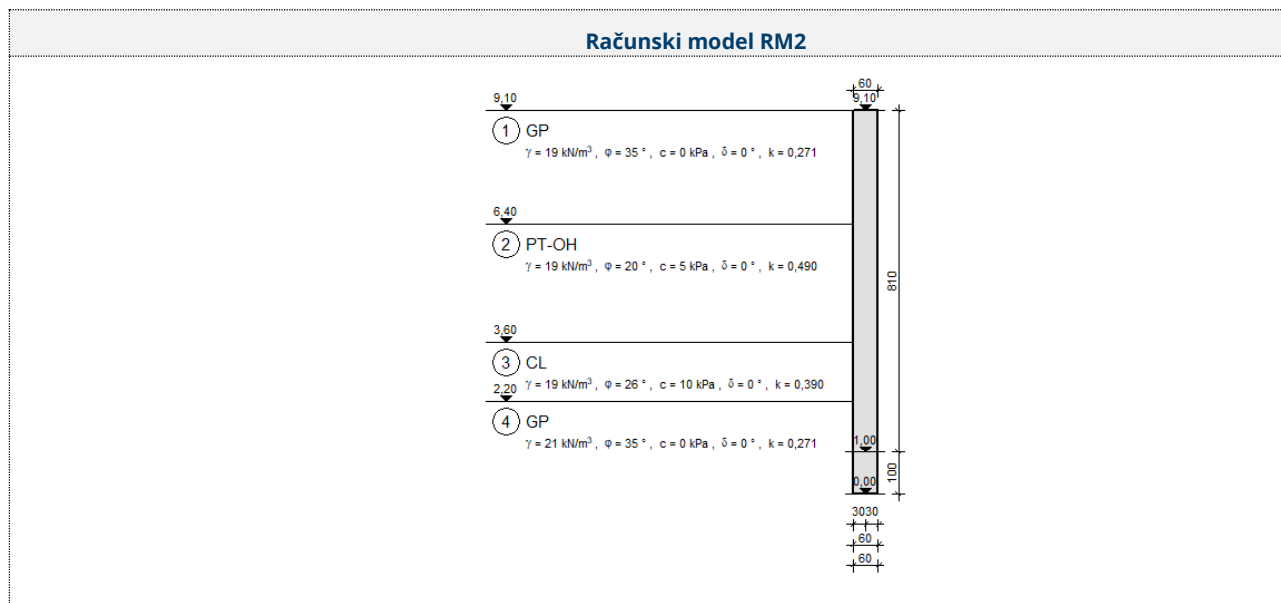
- Uzdužna armatura: 7Ø25 ( $A_s = 34,46 \text{ cm}^2/\text{m}'$ )
- Poprečna armatura: - Ø12/13,5 cm (spiralno)
- Prsten za povezivanje: Ø20/ 200cm'

#### 4.5.7.5 Proračun armature naglavne grede PS-3 i PS-4

Proračun AB naglavne grede dimenzija poprečnog presjeka  $H \times B = 80 \times 100 \text{ cm}$ .

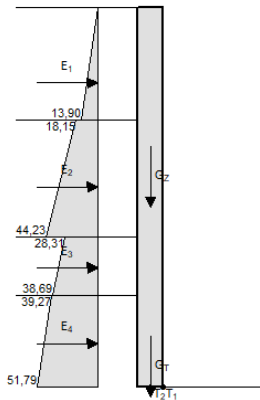
Za dimenzioniranje je mjerodavna ukupna poprečna sila koja djeluje na naglavnu gredu u slučaju da jedan pilot izgubi nosivost i pripadni moment.

Horizontalna sila dobivena proračunom efektivnih napona u računalnom programu Aspalathos. Proračun je rađen prema Eurokodu 7 proračunski pristup 3.





Ukupna aktivna sila na pilot iznosi:



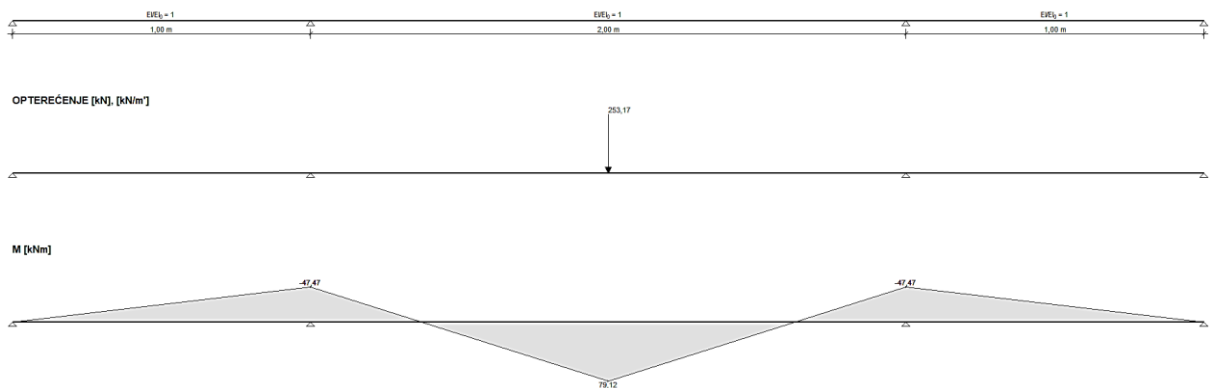
Sila	Većčina [kN]	Krak sile (T <sub>1</sub> ) [m]	Moment (T <sub>1</sub> ) [kNm]	Krak sile (T <sub>2</sub> ) [m]	Moment (T <sub>2</sub> ) [kNm]
G <sub>Z</sub>	121,50	0,30	36,45	0,00	0,00
G <sub>T</sub>	15,00	0,30	4,50	0,00	0,00
E <sub>1</sub> <sup>H</sup>	18,77	7,30	-137,00	7,30	-137,00
E <sub>2</sub> <sup>H</sup>	87,34	4,80	-419,64	4,80	-419,64
E <sub>3</sub> <sup>H</sup>	46,90	2,86	-134,31	2,86	-134,31
E <sub>4</sub> <sup>H</sup>	100,16	1,05	-105,12	1,05	-105,12

Ukupna horizontalna sila koja djeluje na jedan pilot iznosi:

$$H_{sd} = E_1^H + E_2^H + E_3^H + E_4^H = (18,77 + 87,34 + 46,90 + 100,16) \times 1,0 = 253,17 \text{ kN}$$

Pripadni moment dobiven je uklanjanjem jednog ležaja (pilota) na kontinuiranom nosaču:

GEOMETRIJA



Slijedeća tablica daje vrijednosti sila za proračun armature naglavne grede:

Aspalathos kalkulator	
$V_k = 253,17 \text{ kN}$	$V_d = 253,17 * 1,35 = 341,78 \text{ kN}$
$M_k = 79,12 \text{ kNm/m'}$	$M_d = 79,12 * 1,35 = 106,81 \text{ kN}$





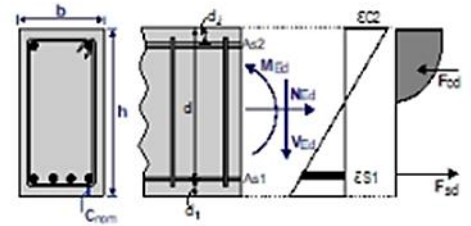
### 1. naglavna greda 100x80

Design of beam section for bending, and shear  
(EC2 EN1992-1-1:2004, ECO EN1990:2002, )

$b \times h = 1.000 \times 0.800$  m,  $M_{ed} = 106.80$  kNm,  
 $V_{ed} = 341.80$  kN,  $N_{ed} = 0.00$  kN

#### Reinforced concrete design

Concrete-Steel class: C30/37-B500B (EC2 §3)  
Environmental class : XC4 (EC2 §4.4.1)  
Concrete cover :  $C_{nom} = 50$  mm (EC2 §4.4.1)  
 $\gamma_c = 1.50$ ,  $\gamma_s = 1.15$  (EC2 Table 2.1N)  
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1.00 \times 30 / 1.50 = 20.00$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05 / \gamma_c = 1.00 \times 2.0 / 1.50 = 1.33$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)  
Modulus of elasticity of concrete  $E_{cm} = 33.0$  GPa



### 2. Dimensions and loads

Beam width  $b_w = 1.000$  m, beam height  $h = 0.800$  m  
Effective depth of cross section  $d_1 = C_{nom} + \varnothing_s + 0.5\varnothing_s = 50 + 10 + 0.5 \times 20 = 70$  mm,  $d_2 = 70$  mm,  $d = 800 - 70 = 730$  mm

#### Ultimate limit state (ULS)

Bending moment  $M_{ed} = 106.80$  kNm, Shear  $V_{ed} = 341.80$  kN, Axial force  $N_{ed} = 0.00$  kN (compression)

#### Serviceability limit state (SLS)

Bending moment  $M_{ed} = 79.10$  kNm, Shear  $V_{ed} = 253.20$  kN, Axial force  $N_{ed} = 0.00$  kN (compression)

### 3. Ultimate limit state (ULS), design for bending

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1, §9.2.1)

Effective depth of cross section  $d_1 = C_{nom} + \varnothing_s + 0.5\varnothing_s = 50 + 10 + 0.5 \times 20 = 70$  mm,  $d = 800 - 70 = 730$  mm

Dimensioning for bending: Allgover, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Reinforcement for bending (only tension reinforcement is needed)

$M_{ed} = 106.80$  kNm  $b_w = 1000$  mm  $d = 730$  mm  $K_d = 7.06$   $x/d = 0.03$   $\rho_2 / \rho_{s1} = -0.7 / 20.0$   $k_s = 2.33$ ,  $A_{s1} = 3.40$  cm<sup>2</sup>

Minimum longitudinal tension reinf.,  $A_s \geq 0.26 b d \cdot f_{ctm} / f_{yk}$ , ( $A_{s, \min} = 11.01$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.1)

Maximum tension or compression reinf.,  $A_s \leq 0.04 A_c$ , ( $A_{s, \max} = 320.0$  cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.3)

Reinforcement for bending: **4Ø20** (12.56 cm<sup>2</sup>) (bottom)

#### 3.1. Ultimate moment capacity of cross section

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

$b = 1000$  mm,  $h = 800$  mm,  $d = 730$  mm,  $A_{s1} = 1256$  mm<sup>2</sup>,  $A_{s2} = 0$  mm<sup>2</sup>

$\rho_2 = -1.45\%$ ,  $\rho_{s1} = 19.83\%$ ,  $A_{s1} / b \cdot d = 0.00172$  (0.172%)

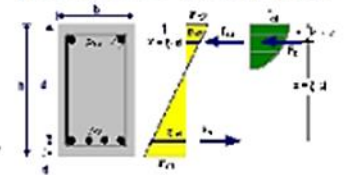
$x/d = \rho_2 / (\rho_2 + \rho_{s1}) = 1.45 / (1.45 + 19.83) = 0.068$ ,  $x = 49.7$  mm

$\alpha_r = 0.550$ ,  $k_a = 0.360$ ,  $F_c = \alpha_r \cdot b \cdot x \cdot f_{cd} = F_{s1} = 546.95$  kN,  $A_{s1} = F_{s1} / f_{yd} = 1257$  mm<sup>2</sup>

$z = d - k_a \cdot x = (1 - k_a \cdot \rho_2 / (\rho_2 + \rho_{s1})) d$ ,  $z/d = 1.0 - 0.360 \times 0.068 = 0.975$ ,  $z = 712.1$  mm,

$K_d = 1 / (0.550 \cdot 0.068 \cdot 0.975 \cdot 20.00) = 1.368$  mm<sup>2</sup>/N,  $K_d = 1.170$

Bending capacity  $M_r = b \cdot d^2 / K_d = [10^6] \times 1000 \times 730^2 / 1.368 = 390.00$  kNm





**4. Ultimate limit state (ULS), Design for shear**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Shear capacity without shear reinforcement  $V_{rdc}$

(EC2 §6.2.2)

$$V_{rdc} = [C_{rdc} \cdot k \cdot (100 \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Eq.6.2.a)

$$V_{rdc} >= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

(EC2 Eq.6.2.b)

$$C_{rdc} = 0.18 / \gamma_c = 0.18 / 1.50 = 0.120, f_{ck} = 30 \text{MPa}, b_w = 1000 \text{mm}, d = 730 \text{mm}$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2, k = 1.52, k_1 = 0.15$$

$$\rho_l = A_{s1} / (b_w \cdot d) = 1256 / (1000 \times 730) = 0.0017$$

$$v_{min} = 0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.36 \text{N/mm}^2,$$

(EC2 Eq.6.3N)

$$V_{rdc}(\text{min}) = 0.0017 \cdot (0.36) \cdot 1000 \cdot 730 = 262.80 \text{kN}$$

$$V_{rdc} = 0.0017 \cdot [0.120 \cdot 1.52 \cdot (0.17 \cdot 30)^{0.33}] \cdot 1000 \cdot 730 = 229.19, V_{rdc} = 262.80 \text{kN}$$

$$V_{ed} = 341.80 \text{kN} > V_{rdc} = 262.80 \text{kN}, V_{ed} > V_{rdc} \text{ shear reinforcement is needed}$$

Concrete strut capacity  $V_{rdmax}$

(EC2 §6.2.3 Eq.6.9)

$$V_{rdmax} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_l \cdot f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta), V_{ed} / \max(V_{rdmax}) = 0.10, \theta = 21.8^\circ \cot \theta = 2.50 \tan \theta = 0.40$$

$$\alpha_{cw} = 1.00 \quad z = 0.9d, f_{ck} = 30.0 \leq 60 \text{MPa} \quad v_l = 0.6 [1 - f_{ck} / 250] = 0.6 [1 - 30 / 250] = 0.528, f_{cd} = 20.00 \text{MPa}$$

$$V_{rdmax} = 0.0017 \cdot 1.00 \cdot 1000 \cdot 0.9 \cdot 730 \cdot 0.528 \cdot 20.00 / 2.90 = 2392.4 \text{kN}$$

$$V_{ed} = 341.80 \text{kN} < 2392.4 \text{kN} = V_{rdmax}, \text{ the check is verified}$$

Shear reinforcement of vertical links

(EC2 §6.2.3 Eq.6.8)

$$V_{rds} = (A_{sw} / s) \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta, V_{rds} = 341.80 \text{kN}, z = 0.9d, f_{ywd} = 0.8 f_{yk} = 400.00 \text{N/mm}^2, \cot \theta = 2.50$$

$$A_{sw} / s = V_{rds} / (z \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta) = (10^6) \cdot 341.80 / (0.9 \cdot 730 \cdot 400 \cdot 2.50) = 520 \text{mm}^2 / \text{m} \quad (A_{sw} / s = 5.20 \text{cm}^2 / \text{m})$$

$$\text{Required shear reinforcement: } (A_{sw} / s = 5.20 \text{cm}^2 / \text{m})$$

Minimum links for shear reinforcement

(EC2 §9.2.2)

Minimum shear reinforcement ratio  $\rho_{w,min}$

(EC2 Eq.9.5N)

$$\rho_{w,min} = (0.08 \cdot (f_{ck})^{0.5} / f_{yk}), f_{ck} = 30 \text{N/mm}^2, f_{yk} = 500 \text{N/mm}^2, \rho_{w,min} = 0.0009$$

$$\min A_{sw} / s = 10 \cdot 0.0009 \cdot 1000 \cdot \sin(90^\circ) = 9.00 \text{cm}^2 / \text{m}$$

$$\text{Maximum longitudinal spacing of links } s_{lmax} = 0.75d (\leq 600 \text{mm}) = 545 \text{mm}$$

(EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)

$$\text{Maximum transverse spacing of link legs } s_{tmax} = 0.75d (\leq 600 \text{mm}) = 545 \text{mm}$$

(§9.2.2.8, Eq.9.8N)

$$\text{Minimum shear reinforcement } 2\text{Ø}10/345 \quad (A_{sw} / s = 9.10 \text{cm}^2 / \text{m})$$

$$\text{Shear reinforcement: } 2\text{Ø}10/345 \quad (A_{sw} / s = 9.10 \text{cm}^2 / \text{m})$$

**5. Serviceability limit state (SLS)**

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

$$M_{ed}(SLS) = 79.10 \text{ kNm}, V_{ed}(SLS) = 253.20 \text{ kN}$$

$$\text{Final creep coefficient } \phi(\infty, t_0) = 1.59$$

(EC2 §3.1.4, Annex B)

$$\text{Total shrinkage strain } \epsilon_{cs} = -0.04\%$$

$$\gamma_c = 1.00, \gamma_s = 1.00$$

(EC2 §2.4.2.4.2)

$$\text{Modulus of elasticity of concrete } E_{cm} = 33.0 \text{GPa}, E_{ceff} = 33.0 / (1 + 1.59) = 12.74 \text{GPa} = 12740 \text{MPa}; \quad (EC2 Eq.7.20)$$

$$\text{Modulus of elasticity of steel } E_s = 200 \text{GPa} = 200000 \text{MPa}$$

$$\text{Modular ratio } E_s / E_c = 200 / 33.0 = 6.06, \text{ effective } E_s / E_{c,eff} = 200 / 12.74 = 15.70$$

$$\text{Tension reinforcement: } 4\text{Ø}20 \quad (12.56 \text{cm}^2)$$

$$\text{Reinforcement ratio } \rho = A_{s1} / (b \cdot d) = 1256 / (1000 \cdot 730) = 0.002$$

**5.1. State I (uncracked section) (SLS)**

$$\text{Bending stiffness of uncracked section, } EI = (200 / 15.70) \cdot (0.001 \cdot 44.632) = 568560 \text{ kNm}^2$$

$$A_i = A_c + (n-1) \cdot (A_{s1} + A_{s2}), \quad e = (n-1) \cdot (A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i, \quad I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2) \cdot (n-1)$$

$$S = A_s \cdot y_{2s} = (0.001) \cdot 1256 \cdot 0.323 = (0.001) \cdot 0.405 \text{ m}^3, \quad y_2 = 393 \text{mm}, \quad y_{2s} = y_2 - d_2 = 393 - 70 = 323 \text{mm} \quad (EC2 Eq.7.21)$$

$$\text{Curvature due to moment } 1/r_M = 79.10 / 568560 = (0.001) \cdot 0.139 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Curvature due to shrinkage } 1/r_{cs} = (0.001 \cdot 0.04) \cdot 15.70 \cdot (0.405 / 44.632) = (0.001) \cdot 0.006 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Total curvature } 1/r = (0.001) \cdot 0.139 + (0.001) \cdot 0.006 = (0.001) \cdot 0.145 \quad (1/\text{m})$$

$$\text{Cracking moment, } M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.9 \cdot (44.632 / 0.393) = 329.72 \text{ kNm}$$



### 5.2. State II (fully cracked section) (SLS)

$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.002$ ,  $n = \alpha_e = 15.70$ ,  $n \cdot \rho = 0.031$ ,  $\xi = 0.721$ ,  $\alpha = 0.221$ ,  $x = \alpha \cdot d = 0.161m$   
Bending stiffness of fully cracked section,  $EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^3 = 0.721 \times 200 \times 1256 \times 0.730^3 = 96573 \text{ kNm}^2$   
 $y_2 = (1 - \alpha)d = 569mm$ ,  $\epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 569 \times 79.10 / 96573 = 0.47$   
 $S = A_s \cdot y_2 = (0.001) \times 1256 \times 0.569 = (0.001) \times 0.714 \text{ m}^3$  (EC2 Eq.7.21)  
Curvature due to moment  $1/r_M = 79.10 / 96573 = (0.001) \times 0.819 \text{ (1/m)}$   
Curvature due to shrinkage  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.04) \times 15.70 \times (0.714 / 7.580) = (0.001) \times 0.059 \text{ (1/m)}$   
Total curvature  $1/r = (0.001) \times 0.819 + (0.001) \times 0.059 = (0.001) \times 0.878 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed} = 79.10 \text{ kNm}$ ,  $\epsilon_c / \epsilon_s = 0.13 / 0.47$ ,  $x = 161mm$ ,  $\sigma_s = 93 \text{ N/mm}^2$

### 5.3. Checking deflections by calculation (SLS)

$M_{ed} = 79.10 < 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 329.72 = 230.80 \text{ kNm}$ ,  $\zeta = 0.00$  (EC2 §7.4.3)  
Final curvature  $(1/r) = 0.00 \times (0.001 \times 0.878) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 0.145) = (0.001) \times 0.145 \text{ (1/m)}$  (Eq.7.18)

### 5.4. Minimum reinforcement areas (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Minimum reinforcement areas  $A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Eq.7.1)  
 $b = 1.000m$ ,  $b_{eff} = 1.000m$ ,  $h = 0.800m$ ,  $d = 0.730m$ ,  $x = 0.161m$ ,  $\varnothing = 20mm$   
 $N_{ed} = 0.00kN$ ,  $\sigma_c = (N_{ed} / bh) = 0.0N/mm^2$ ,  $\sigma_s = f_{yd} = 435N/mm^2$   
 $A_{ct} = (h - x) \cdot b = (800 - 161) \times 1000 = 638554 \text{ mm}^2$   
 $\max(h, b) = 1m$ ,  $f_{ctm} = 2.90N/mm^2$ ,  $A_{ct} = 638554mm^2$ ,  $k = 0.65$ ,  $k_c = 0.40$ ,  $k_1 = 1.50$   
Minimum reinforcement,  $A_{s,min} = 0.40 \times 0.65 \times 2.90 \times 638554 / 435 = 1107mm^2$

### 5.5. Calculation of crack width (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$  (EC2 Eq.7.8)  
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s = 93N/mm^2$ , short term loading:  $E_s / E_c = 6.06$ ,  $k_t = 0.6$ , long term loading:  $E_s / E_c = 15.70$ ,  $k_t = 0.4$   
 $2.5(h - d) = 175 \text{ mm}$ ,  $(h - x) / 3 = 213 \text{ mm}$ ,  $h / 2 = 400 \text{ mm}$   
 $A_{c,eff} = 2.5(h - d)b = 2.5 \times (800 - 730) \times 1000 = 175000 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} = 1256 / 175000 = 0.007$   
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [93 - 0.4 \times (2.9 / 0.007) (1 + 15.70 \times 0.007)] / 200 = -0.43\% \geq 0.6 \times 93 / 200 = 0.28\%$   
 $s_{r,max} = k_3 \cdot (C_{nom} + \varnothing_s) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \varnothing_s / \rho_{eff}$  (EC2 Eq.7.11)  
 $\varnothing_s = 20mm$ ,  $k_1 = 0.8$ ,  $k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5$ ,  $k_3 = 3.4$ ,  $k_4 = 0.425$   
 $s_{r,max} = 3.4 \times 60.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 20 / 0.007 = 677.73 \text{ mm}$   
 $w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 677.73 \times 0.001 \times 0.28 = 0.19 \text{ mm}$   
 $w_k = 0.19mm < 0.30mm = w_{max}$ , Environmental class: XC4, Crack width under limit

Odabrana armatura za naglavnu gredu:

- Nosiva armatura: 4Ø20 cm ( $A_s = 12,56 \text{ cm}^2/m'$ )
- Konstruktivna armatura: 4Ø20 cm ( $A_s = 12,56 \text{ cm}^2/m'$ )
- Poprečna armatura (vilice): 2Ø12/20 cm ( $22,62 \text{ cm}^2/m'$ )

#### 4.5.7.6 Proračun sidara

##### Proračun otpornosti na kontaktu sidrišnog tijela i tla

$$R_{ok} = \tau \cdot (2 \cdot r \cdot \pi) \cdot L_s$$

- otpornost sidra (kontakt tlo – sidro) gdje je:

$$r = 0,075 \text{ m}$$

- polumjer bušotine

$$L_s = 10 \text{ m}$$

- sidrišna dionica

$$\tau$$

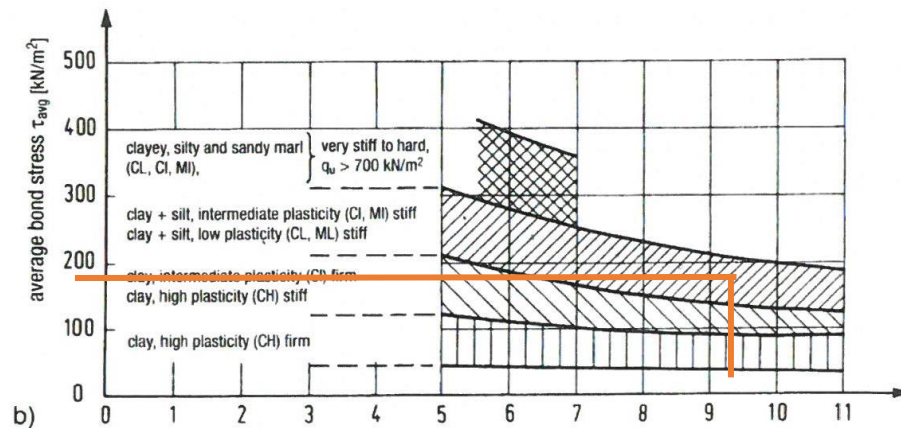
- očekivana prosječna karakteristična vrijednost posmičnog naprezanja

Sidrišne dionice se najvećim dijelom pretpostavljeno nalaze u šljunkovitim naslagama, samo manji dio u glini pjeskovitoj niske plastičnosti (CL-SC). Otpornost na kontaktu sidrišnog tijela i tla uzima se u sloju gline, što je na strani sigurnosti.





Iskustvene (očekivane) prosječne vrijednosti posmičnog naprezanja na kontaktu sidra i tla dalje tablica (prema Smoltczyk-u.):



Sukladno temeljnom tlu, iz tablice je odabrana vrijednost za krutu glinu niske plastičnosti.

$$\tau = 0,14 \text{ MPa.}$$

$$R_{ak} = 140 \cdot (2 \cdot 0,075 \cdot \pi) \cdot 10 = 659,7 \text{ kN}$$

- karakteristična vanjska otpornost sidrišnog tijela

$$R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R = 659,7 / 1,5 = 439,8 \text{ kN}$$

- računaska vanjska otpornost sidrišnog tijela (trajno sidro)

$$P_k = 186,0 \text{ kN/m} \cdot 1,60 \text{ m} = 297,6 \text{ kN}$$

- projektna sila dobivena proračunom u programu Plaxis

$$P_d = P_k \cdot \gamma_Q = 1,00 \times 297,6 \text{ kN} = 297,6 \text{ kN}$$

- računaska sila u sidru (potresna projektna situacija)

$$P_d \leq R_{ad}$$

- uvjet nosivosti

$$297,60 \text{ kN} \leq 439,8 \text{ kN}$$

- zadovoljava

$$\text{Iskoristivost } \eta = 68\% < 100\%$$

- zadovoljava

### **Proračun otpornosti tetive sidra**

Proračun se vrši za sidra sa 3 užadi  $\Phi 0,6''$ . Karakteristike su prikazane u tablici:

Tehničke specifikacije	Mjerna jedinica	3 $\Phi 0,6''$
Efektivni vanjski promjer	mm	140
Prosječni unutarnji promjer	mm	-
Prosječna površina poprečnog presjeka	mm <sup>2</sup>	420
Vlačna čvrstoća pri pucanju	kN	743
Granica popuštanja	kN	655

$$P_{p0,1k} = 655 \text{ kN}$$

- karakteristična otpornost tetive (čvrstoća popuštanja)

$$R_{k,i} = P_{p0,1k} / \gamma_R = 655 / 1,15 = 569 \text{ kN}$$

- računaska otpornost tetive

$$P_k = 186,0 \text{ kN/m} \cdot 1,60 \text{ m} = 297,6 \text{ kN}$$

- projektna sila dobivena proračunom u programu Plaxis

$$P_d = P_k \cdot \gamma_Q = 297,6 \cdot 1,50 = 446,4 \text{ kN}$$

- računaska sila u sidru

$$P_d \leq R_{k,i}$$

- uvjet nosivosti

$$446,4 \text{ kN} \leq 569,00 \text{ kN}$$

- zadovoljava



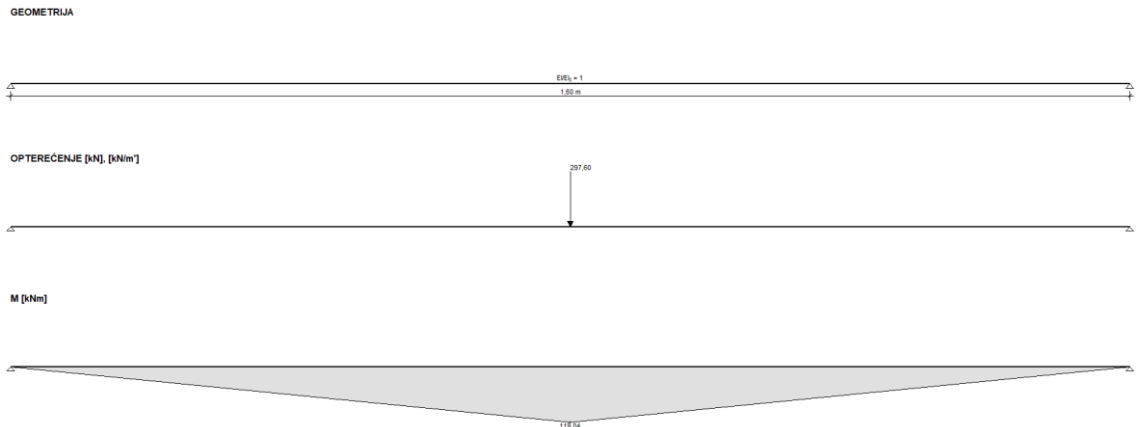
Iskoristivost  $\eta = 78\% < 100\%$

- zadovoljava

#### 4.5.7.7 Proračun sidrene grede

Ukupna horizontalna sila koja djeluje na sidrenu gredu jednaka je najvećoj sili kojom sidro djeluje na gredu, a koja iznosi  $P_d=297,6$  kN:

Pripadni moment dobiven je nanošenjem sile sidra između ležajeva (AB pilota):



Slijedeća tablica daje vrijednosti sila za proračun armature naglavne grede:

<b>Aspalathos kalkulator</b>
$V_k = 297,6$ kN
$M_k = 119,04$ kNm/m'

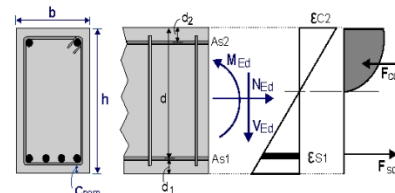
##### 1. sidrena greda 70\*70

Design of beam section for bending, shear and axial force  
(EC2 EN1992-1-1:2004, EKO EN1990:2002, )

$b \times h = 0.700 \times 0.700$  m,  $M_{ed} = 119.10$  kNm,  
 $V_{ed} = 297.60$  kN,  $N_{ed} = -12.25$  kN

Reinforced concrete design

Concrete-Steel class: C30/37-B500B (EC2 §3)  
Environmental class: XC4 (EC2 §4.4.1)  
Concrete cover:  $C_{nom} = 50$  mm (EC2 §4.4.1)  
 $\gamma_c = 1.50$ ,  $\gamma_s = 1.15$  (EC2 Table 2.1N)  
 $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 1.00 \times 30 / 1.50 = 20.00$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{ctd} = \alpha_{ct} \cdot f_{ctk} \cdot 0.05 / \gamma_c = 1.00 \times 2.0 / 1.50 = 1.33$  MPa (EC2 §3.1.6)  
 $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1.15 = 435$  MPa (EC2 §3.2.7)  
Modulus of elasticity of concrete  $E_{cm} = 33.0$  GPa



##### 2. Dimensions and loads

Beam width  $b_w = 0.700$  m, beam height  $h = 0.700$  m  
Effective depth of cross section  $d_1 = C_{nom} + \varnothing_s + 0.5\varnothing = 50 + 8 + 0.5 \times 12 = 64$  mm,  $d_2 = 64$  mm,  $d = 700 - 64 = 636$  mm

Ultimate limit state (ULS)

Bending moment  $M_{ed} = 119.10$  kNm, Shear  $V_{ed} = 297.60$  kN, Axial force  $N_{ed} = -12.25$  kN (compression)

Serviceability limit state (SLS)

Bending moment  $M_{ed} = 83.37$  kNm, Shear  $V_{ed} = 297.60$  kN, Axial force  $N_{ed} = -12.25$  kN (compression)



### 3. Ultimate limit state (ULS), design for bending with axial force

(EC2 §6.1, §9.2.1)

Dimensioning for bending: Allgower, G.-Avak, R. Bemessungstabellen nach Eurocode 2 für Rechteck und Plattenbalkenquerschnitte, In: Beton - und Stahlbetonbau 87 (1992)

Reinforcement for bending with axial force (only tension reinforcement is needed)

Med=119kNm Nsd=-12kN bw=700mm d=636mm Kd= 4.81 x/d=0.05  $\epsilon_{c2}/\epsilon_{s1}=-1.1/20.0$  ks=2.34, **As1= 4.23cm<sup>2</sup>**

Minimum longitudinal tension reinf.,  $As \geq 0.26bd \cdot f_{ctm}/f_{yk}$ , (As,min= 6.71cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1)

Maximum tension or compression reinf.,  $As \leq 0.04Ac$ , (As,max=196.0cm<sup>2</sup>) (EC2 §9.2.1.1.3)

**Longitudinal reinforcement: 6Ø12 ( 6.78cm<sup>2</sup>) (bottom)**

#### 3.1. Ultimate moment capacity of cross section

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.1)

b=700mm, h=700mm, d=636mm, As1=678mm<sup>2</sup>, As2=0mm<sup>2</sup>

$\epsilon_{c2}=-1.35\%$ ,  $\epsilon_{s1}=19.95\%$ ,  $As1/b \cdot d=0.00152$  (0.152%)

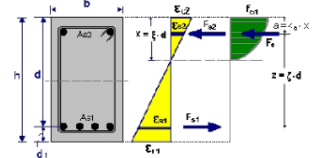
$x/d=\epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1})=1.35/(1.35+19.95)=0.063$ , x=40.3mm

ar=0.523, ka=0.358,  $F_c=ar \cdot b \cdot x \cdot f_{cd}=F_{s1}=295.22$ kN,  $As1=F_{s1}/f_{yd}=679$ mm<sup>2</sup>

$z=d-ka \cdot x=(1-ka \cdot \epsilon_{c2}/(\epsilon_{c2}+\epsilon_{s1}))d$ , z/d=1.0-0.358x0.063=0.977, z=621.6mm,

$Kd^2=1/(0.523 \cdot 0.063 \cdot 0.977 \cdot 20.00)=1.543$  mm<sup>2</sup>/N, Kd=1.242

Bending capacity  $M_r=b \cdot d^2/Kd^2=[10^{-6}] \times 700 \times 636^2/1.543=184.00$ kNm



### 4. Ultimate limit state (ULS), Design for shear

(EC2 EN1992-1-1:2004, §6.2, §9.2.2)

Shear capacity without shear reinforcement  $V_{rdc}$  (EC2 §6.2.2)

$V_{rdc}=[C_{rdc} \cdot k \cdot (100\rho_l \cdot f_{ck})^{0.33} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.a)

$V_{rdc} > (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$  (EC2 Eq.6.2.b)

$C_{rdc}=0.18/\gamma_c=0.18/1.50=0.120$ ,  $f_{ck}=30$ MPa,  $b_w=700$ mm,  $d=636$ mm

$k=1+\sqrt{200/d} \leq 2$ ,  $k=1.56$ ,  $k_1=0.15$

$\rho_l=As1/(b_w \cdot d)=678/(700 \times 636)=0.0015$

$\sigma_{cp}=N_{ed}/A_c=1000 \times 12.25/490000=0.03$ N/mm<sup>2</sup>

$v_{min}=0.0350 \cdot k^{1.50} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.37$ N/mm<sup>2</sup>, (EC2 Eq.6.3N)

$V_{rd,c(min)}=0.001 \times (0.37 + 0.15 \times 0.03) \times 700 \times 636 = 166.73$ kN

$V_{rdc}=0.001 \times [0.120 \times 1.56 \times (0.15 \times 30)^{0.33} + 0.15 \times 0.03] \times 700 \times 636 = 139.60$ ,  $V_{rdc}=166.73$ kN

$V_{ed}=297.60$  kN >  $V_{rdc}=166.73$  kN, **Ved > Vrdc shear reinforcement is needed**

Concrete strut capacity  $V_{rdmax}$

(EC2 §6.2.3 Eq.6.9)

$V_{rdmax}=\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_l \cdot f_{cd}/(\cot\theta + \tan\theta)$ ,  $V_{ed}/\max(V_{rdmax})=0.14$ ,  $\theta=21.8^\circ$   $\cot\theta=2.50$   $\tan\theta=0.40$

$\alpha_{cw}=1.00$   $z=0.9d$ ,  $f_{ck}=30.0 \leq 60$ MPa  $v_l=0.6[1-f_{ck}/250]=0.6[1-30/250]=0.528$ ,  $f_{cd}=20.00$ MPa

$V_{rdmax}=0.001 \times 1.00 \times 700 \times 0.9 \times 636 \times 0.528 \times 20.00/2.90=1459.0$  kN

$V_{ed}=297.6$  kN <  $1459.0$  kN =  $V_{rdmax}$ , the check is verified

Shear reinforcement of vertical links

(EC2 §6.2.3 Eq.6.8)

$V_{rds}=(A_{sw}/s)z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta$ ,  $V_{rds}=297.60$ kN,  $z=0.9d$ ,  $f_{ywd}=0.8f_{yk}=400.00$ N/mm<sup>2</sup>,  $\cot\theta=2.50$

$A_{sw}/s=V_{rds}/(z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta)=297.60/(0.9 \times 636 \times 400 \times 2.50)=5.20$ mm<sup>2</sup>/m ( $A_{sw}/s= 5.20$ cm<sup>2</sup>/m)

Required shear reinforcement: ( $A_{sw}/s= 5.20$ cm<sup>2</sup>/m)

Minimum links for shear reinforcement

(EC2 §9.2.2)

Minimum shear reinforcement ratio  $\rho_{w,min}$  (EC2 Eq.9.5N)

$\rho_{w,min}=(0.08 \times (f_{ck})^{0.5})/f_{yk}$ ,  $f_{ck}=30$ N/mm<sup>2</sup>,  $f_{yk}=500$ N/mm<sup>2</sup>,  $\rho_{w,min}=0.0009$

$\min A_{sw}/s=10 \times 0.0009 \times 700 \times \sin(90^\circ) = 6.30$ cm<sup>2</sup>/m

Maximum longitudinal spacing of links  $s_{lmax}=0.75d$  ( $\leq 600$ mm)=475mm (EC2 §9.2.2.6, Eq.9.6N)

Maximum transverse spacing of link legs  $s_{tmax}=0.75d$  ( $\leq 600$ mm)=475mm (§9.2.2.8, Eq.9.8N)

Minimum shear reinforcement 2Ø 8/315 ( $A_{sw}/s= 6.39$ cm<sup>2</sup>/m)

**Shear reinforcement: 2Ø 8/315 ( $A_{sw}/s= 6.39$ cm<sup>2</sup>/m)**

### 5. Serviceability limit state (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7)

Med(SLS)=83.37 kNm, Ved(SLS)=297.60 kN, Ned(SLS)=-12.25 kN

Final creep coefficient  $\phi(\infty, t_0)=1.59$  (EC2 §3.1.4, Annex B)

Total shrinkage strain  $\epsilon_{cs}=-0.04\%$

$\gamma_c=1.00$ ,  $\gamma_s=1.00$

(EC2 §2.4.2.4.2)

Modulus of elasticity of concrete  $E_{cm}=33.0$ GPa,  $E_{ceff}=33.0/(1+1.59)=12.74$ GPa=12740MPa (EC2 Eq.7.20)

Modulus of elasticity of steel  $E_s=200$ GPa=200000MPa

Modular ratio  $E_s/E_c=200/33.0=6.06$ , effective  $E_s/E_c, eff=200/12.74=15.70$

Tension reinforcement: 6Ø12 ( 6.78cm<sup>2</sup>)

Reinforcement ratio  $\rho=As1/(b \cdot d)=678/(700 \times 636)=0.002$





### 5.1. State I (uncracked section) (SLS)

Bending stiffness of uncracked section,  $EI=(200/15.70) \times (0.001 \times 20.807) = 265061 \text{ kNm}^2$   
 $A_i = A_c + (n-1)(A_{s1} + A_{s2})$ ,  $e = (n-1)(A_{s1} \cdot y_{1s} - A_{s2} \cdot y_{2s}) / A_i$ ,  $I = I_c + b \cdot h \cdot e^2 + (A_{s1} \cdot y_{1s}^2 + A_{s2} \cdot y_{2s}^2)(n-1)$   
 $S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 678 \times 0.280 = (0.001) \times 0.190 \text{ m}^3$ ,  $y_2 = 344 \text{ mm}$ ,  $y_{2s} = y_2 - d_2 = 344 - 64 = 280 \text{ mm}$  (EC2 Eq.7.21)  
Curvature due to moment  $1/r_M = 83.37 / 265061 = (0.001) \times 0.315 \text{ (1/m)}$   
Curvature due to shrinkage  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.04) \times 15.70 \times (0.190 / 20.807) = (0.001) \times 0.006 \text{ (1/m)}$   
Total curvature  $1/r = (0.001) \times 0.315 + (0.001) \times 0.006 = (0.001) \times 0.320 \text{ (1/m)}$   
Cracking moment,  $M_{cr} = f_{ctm} \cdot (I / y_2) = 2.9 \times (20.807 / 0.344) = 175.26 \text{ kNm}$

### 5.2. State II (fully cracked section) (SLS)

$\rho = A_s / (b \cdot d) = 0.002$ ,  $n \cdot \rho = 15.70$ ,  $n \cdot \rho = 0.031$ ,  $\xi = 0.721$ ,  $\alpha = 0.221$ ,  $x = \alpha \cdot d = 0.141 \text{ m}$   
Bending stiffness of fully cracked section,  $EI = \xi \cdot E_s \cdot A_s \cdot d^3 = 0.721 \times 200 \times 678 \times 0.636^3 = 39570 \text{ kNm}^2$   
 $y_2 = (1 - \alpha)d = 495 \text{ mm}$ ,  $\epsilon_s = y_2 \cdot M / EI = (0.001) \times 495 \times 83.37 / 39570 = 1.04$   
 $S = A_s \cdot y_2 = (0.001)^2 \times 678 \times 0.495 = (0.001) \times 0.336 \text{ m}^3$  (EC2 Eq.7.21)  
Curvature due to moment  $1/r_M = 83.37 / 39570 = (0.001) \times 2.107 \text{ (1/m)}$   
Curvature due to shrinkage  $1/r_{cs} = (0.001 \times 0.04) \times 15.70 \times (0.336 / 3.106) = (0.001) \times 0.068 \text{ (1/m)}$   
Total curvature  $1/r = (0.001) \times 2.107 + (0.001) \times 0.068 = (0.001) \times 2.175 \text{ (1/m)}$   
 $M_{ed} = 83.37 \text{ kNm}$ ,  $M_{ed} = -12.25 \text{ kNm}$ ,  $\epsilon_c / \epsilon_s = 0.30 / 1.04$ ,  $x = 142 \text{ mm}$ ,  $\epsilon_s = 208 \text{ N/mm}^2$

### 5.3. Checking deflections by calculation (SLS)

$M_{ed} = 83.37 + 0.70 \times M_{cr} = 0.70 \times 175.26 = 122.68 \text{ kNm}$ ,  $\xi = 0.00$  (EC2 §7.4.3)  
Final curvature  $(1/r) = 0.00 \times (0.001 \times 2.175) + (1 - 0.00) \times (0.001 \times 0.320) = (0.001) \times 0.320 \text{ (1/m)}$  (Eq.7.19)  
(Eq.7.18)

### 5.4. Minimum reinforcement areas (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.2)

Minimum reinforcement areas  $A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot A_{ct} / \sigma_s$  (EC2 Eq.7.1)  
 $b = 0.700 \text{ m}$ ,  $b_{eff} = 0.700 \text{ m}$ ,  $h = 0.700 \text{ m}$ ,  $d = 0.636 \text{ m}$ ,  $x = 0.142 \text{ m}$ ,  $\emptyset = 12 \text{ mm}$   
 $M_{ed} = -12.25 \text{ kNm}$ ,  $\sigma_c = (M_{ed} / bh) = 0.0 \text{ N/mm}^2$ ,  $\sigma_s = f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$   
 $A_{ct} = (h - x) \cdot b = (700 - 142) \times 700 = 390888 \text{ mm}^2$   
 $\max(h, b) = 700 \text{ mm}$ ,  $f_{ctm} = 2.90 \text{ N/mm}^2$ ,  $A_{ct} = 390888 \text{ mm}^2$ ,  $k = 0.72$ ,  $k_c = 0.40$ ,  $k_1 = 0.67$   
Minimum reinforcement,  $A_{s,min} = 0.40 \times 0.72 \times 2.90 \times 390888 / 435 = 751 \text{ mm}^2$

### 5.5. Calculation of crack width (SLS)

(EC2 EN1992-1-1:2004, §7.3.3)

$w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$  (EC2 Eq.7.8)  
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [\sigma_s - k_t \cdot (f_{ct,eff} / \rho_{eff}) (1 + \alpha \cdot \rho_{eff})] / E_s \geq 0.6 \sigma_s / E_s$  (EC2 Eq.7.9)  
 $\sigma_s = 208 \text{ N/mm}^2$ , short term loading:  $E_s / E_c = 6.06$ ,  $k_t = 0.6$ , long term loading:  $E_s / E_c = 15.70$ ,  $k_t = 0.4$   
 $2.5(h - d) = 160 \text{ mm}$ ,  $(h - x) / 3 = 196 \text{ mm}$ ,  $h / 2 = 350 \text{ mm}$   
 $A_{c,eff} = 2.5(h - d)b = 2.5 \times (700 - 636) \times 700 = 112000 \text{ mm}^2$  (§7.3.2.3)  
 $\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} = 678 / 112000 = 0.006$   
 $\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = [208 - 0.4 \times (2.9 / 0.006) (1 + 15.70 \times 0.006)] / 200 = -0.01\% \geq 0.6 \times 208 / 200 = 0.63\%$   
 $s_{r,max} = k_3 \cdot (C_{nom} + \emptyset_s) + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \emptyset / \rho_{eff}$  (EC2 Eq.7.11)  
 $\emptyset = 12 \text{ mm}$ ,  $k_1 = 0.8$ ,  $k_2 = (e_1 + e_2) / 2e_1 = 0.5$ ,  $k_3 = 3.4$ ,  $k_4 = 0.425$   
 $s_{r,max} = 3.4 \times 58.00 + 0.8 \times 0.5 \times 0.425 \times 12 / 0.006 = 534.19 \text{ mm}$   
 $w_k = s_{r,max} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}) = 534.19 \times 0.001 \times 0.63 = 0.33 \text{ mm}$   
 $w_k = 0.33 \text{ mm} \leq 0.40 \text{ mm} = w_{max}$ , Environmental class: XC4, Crack width under limit

Odobrana armatura za sidrene grede:

- Nosiva armatura:  $6\emptyset 12 \text{ cm}$  ( $A_s = 6,78 \text{ cm}^2/\text{m}$ )
- Poprečna armatura (vilice):  $\emptyset 10/24 \text{ cm}$  ( $6,54 \text{ cm}^2/\text{m}$ )



## 4.6 NAPONSKO - DEFORMACIJSKA ANALIZA ZAŠTITE GRAĐEVNE JAME

### 4.6.1 UVOD

Naponsko deformacijska analiza zaštite građevne jame provedena je metodom konačnih elemenata pri čemu su izračunati pomaci na potpornoj konstrukciji. Proračun je proveden 2D ravninskim modelom u računalnom programu Plaxis za granično stanje uporabljivosti s nefaktoriziranim stalnim djelovanjem na temeljno tlo i s karakterističnim parametrima tla. Na taj su način određeni pomaci i očekivano „ponašanje“ potporne konstrukcije za stvarna djelovanja.

### 4.6.2 PARAMETRI MATERIJALA

Naponsko deformacijska analiza zaštite građevne jame provedena je za granično stanje uporabljivosti s nefaktoriziranim stalnim djelovanjem na temeljno tlo i s karakterističnim parametrima tla.

Tablica karakterističnih vrijednosti parametara materijala:

	CH	Pt-OH	CI-SC	GP	SC	JET
Materijal model	Hardening soil	Hardening soil	Hardening soil	Mohr-Coulomb	Hardening soil	Mohr-Coulomb
Materijal type	Undrained	Undrained	Undrained	Drained	Drained	Non-porous
Zapreminska težina $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19	19	19	21	20	24
Efektivna kohezija $c'$ (kPa)	10	5	10	1	1	50
Efektivni kut unutrašnjeg trenja $\phi'$ (°)	26	20	26	35	30	35
Modul elastičnosti E50' (MPa)	6	3	5	30	15	30000
Povratni modul elastičnosti Eur' (MPa)	18	9	15	/	45	/
bezdimezionalni koeficijent m (-)	0,8	0,8	0,8	/	0,5	/
Koeficijent vodopropusnosti k (cm/s)	4e-7	1e-7	2,7e-7	1,2e-2	1,4e-6	/



## 4.6.3 ODREĐIVANJE KRUTOSTI POTPORNE KONSTRUKCIJE

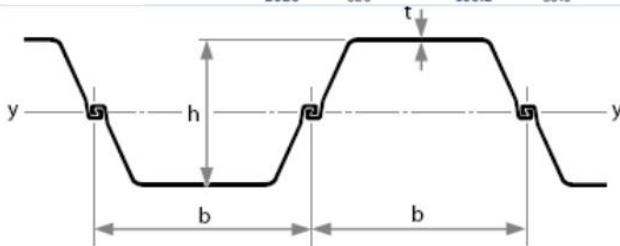
### 4.6.3.1 Čelične talpe

Potporna konstrukcija se sastoji od čeličnih talpi kontinuirano izvedenog duž građevne jame. Tražene talpe su sljedećih karakteristika:

Section	Elastic section modulus <sup>1)</sup> W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	Plastic section modulus <sup>2)</sup> W <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	Weight kg/m	Cross sectional area cm <sup>2</sup>	Circumference <sup>3)</sup> cm	Coating area <sup>4)</sup> m <sup>2</sup> /m	Static moment S <sub>y</sub> cm <sup>3</sup>	Second moment of inertia I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup>	Radius of gyration i <sub>y</sub> cm	Classification to ENV 1993-5 Steel grades S 240 GP S 355 GP S 430 GP
per m wall	2020	2340	139.2	177.3	290	2.90	1170	42420	15.47	2 2 3
per E	520		83.5	106.4	200	1.88	-	7910	8.62	- - -
per D	2420		167.0	212.8	374	3.62	-	50900	15.47	- - -
per Dr	2790		250.5	319.2	548	5.36	-	70510	14.86	- - -



Section modulus	Weight	Second moment of inertia	Back thickness	Web thickness	Wall height	Section width		
W <sub>y</sub> <sup>1)</sup> cm <sup>3</sup> /m	kg/m <sup>2</sup> kg/m	I <sub>y</sub> cm <sup>4</sup> /m	t	s	h	b		
Wall	Single pile	Wall	mm	mm	mm	mm		
2020	520	139.2	83.5	42420	12.5	9.0	420	600



Općenito vrijedi:

$$E_r A_r = \frac{E_s A_s}{r}$$

$$E_r I_r = \frac{E_s A_s}{12} \frac{d^2}{r} = \frac{E_s A_s}{12} \frac{\left( \sqrt{12 \frac{I_s}{A_s}} \right)^2}{r} = \frac{E_s I_s}{r}$$

$$d = \sqrt{12 \frac{I_s}{A_s}}$$

gdje su:

- E<sub>r</sub> računski modul elastičnosti
- A<sub>r</sub> računska vrijednost površine presjeka
- I<sub>r</sub> računska vrijednost momenta inercije presjeka
- E<sub>s</sub> stvarni modul elastičnosti
- A<sub>s</sub> stvarna vrijednost površine presjeka



$I_s$	stvarna vrijednost momenta inercije presjeka
$r$	osni razmak
$d$	stvarna visina presjeka

Zbog položaja neutralne osi talpi pretpostavlja se djelomično sprezanje uslijed djelovanja trenja na spojevima (bravicama) između talpi u iznosu od 70 % od punog sprezanja. Računska krutost čeličnih talpije reducirana za 30 %. Čelične talpe zadane su sa slijedećim karakteristikama ( $A_R$  i  $I_R$ ):

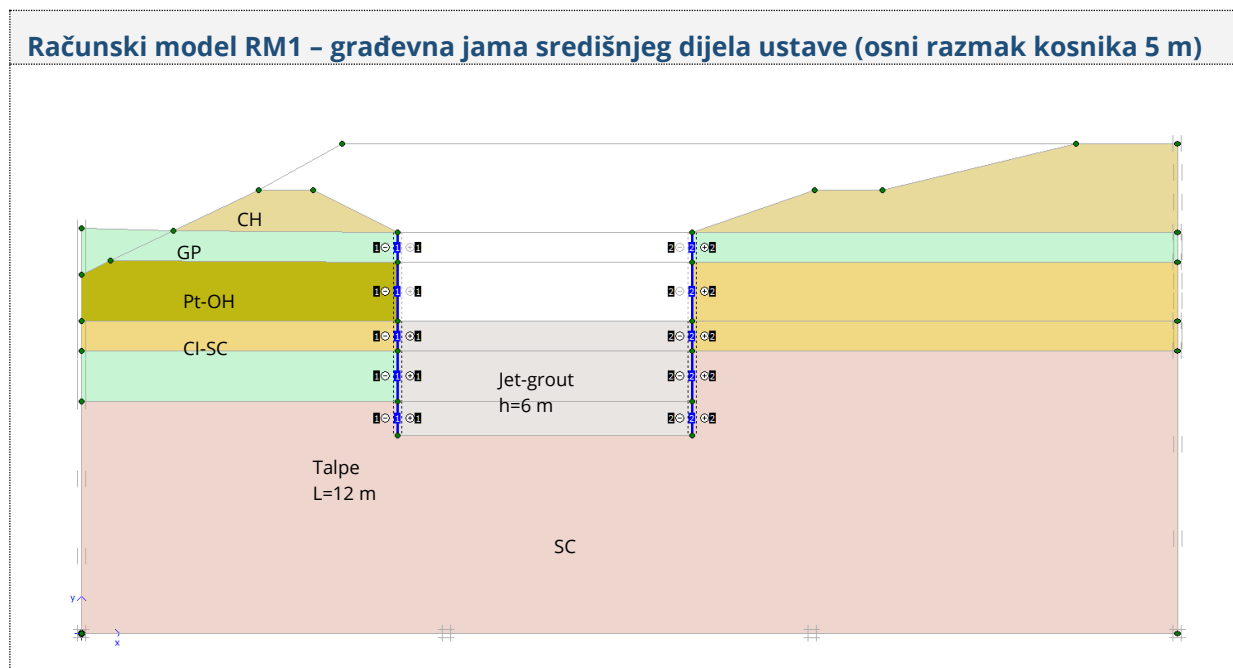
	$A_s$	$I_s$	$EA_s$	$EI_s$	$A_R$	$I_R$	$EA_R$	$EI_R$
	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[kN]	[kNm <sup>2</sup> ]	[m <sup>2</sup> ]	[m <sup>4</sup> ]	[kN]	[kNm <sup>2</sup> ]
	$1,77 \cdot 10^{-2}$	$4,24 \cdot 10^{-4}$	$3,54 \cdot 10^6$	$8,48 \cdot 10^4$	$1,24 \cdot 10^{-2}$	$2,97 \cdot 10^{-4}$	<b><math>2,48 \cdot 10^6</math></b>	<b><math>5,94 \cdot 10^4</math></b>

#### 4.6.3.2 Čelične kutne razupore

Čelične razupore definirane su površinom poprečnog presjeka, razmakom između razupora i ekvivalentnom duljinom razupora.

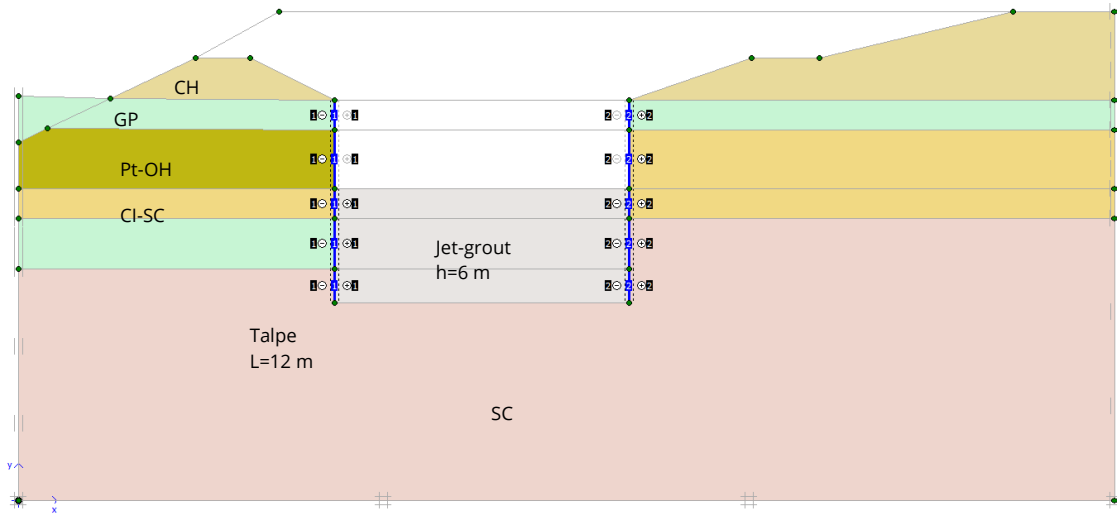
	$A_s$ površina p.p. [m <sup>2</sup> ]	$E$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$EA_s$ [kN]	Lrazmak [m]	Ekvivalentna duljina [m]
RM1	3,4E-03	2,1 E+08	7,14E+05	5,0	7,0
RM2	3,4E-03	2,1 E+08	7,14E+05	6,5	8,2

#### 4.6.4 RAČUNSKI MODEL





### Računski model RM2 – građevna jama slapišta ustave (osni razmak kosnika 6,5 m)





## 4.6.5 PROJEKTNE SITUACIJE

Provjere deformacija nasipa i temeljnog tla provedene su za sljedeće projektne situacije:

oznaka	PROJEKTNE SITUACIJE / OPIS
S-1	<b>Iskop 6,0 m – karakteristični parametri</b> Iskop dubine do 6,0 m. Podzemna voda na koti terena (na vrhu čeličnih talpi). Duljina talpi 12 m. Debljina sloja Jet grouting-a h=6 m. Proračunom je provedena drenirana analiza s karakterističnim efektivnim parametrima. Promatra se iznos pomaka konstrukcije.
S-2	<b>Iskop 6,0 m – karakteristični parametri</b> Iskop dubine do 6,0 m. Podzemna voda na koti terena (na vrhu čeličnih talpi). Duljina talpi 12 m. Debljina sloja Jet grouting-a h=6 m. Proračunom je provedena drenirana analiza s karakterističnim efektivnim parametrima. Promatra se faktor sigurnosti iskopa.( $\phi/c$ –reduction).

## 4.6.6 REZULTATI NAPONSKO - DEFORMACIJSKE ANALIZE

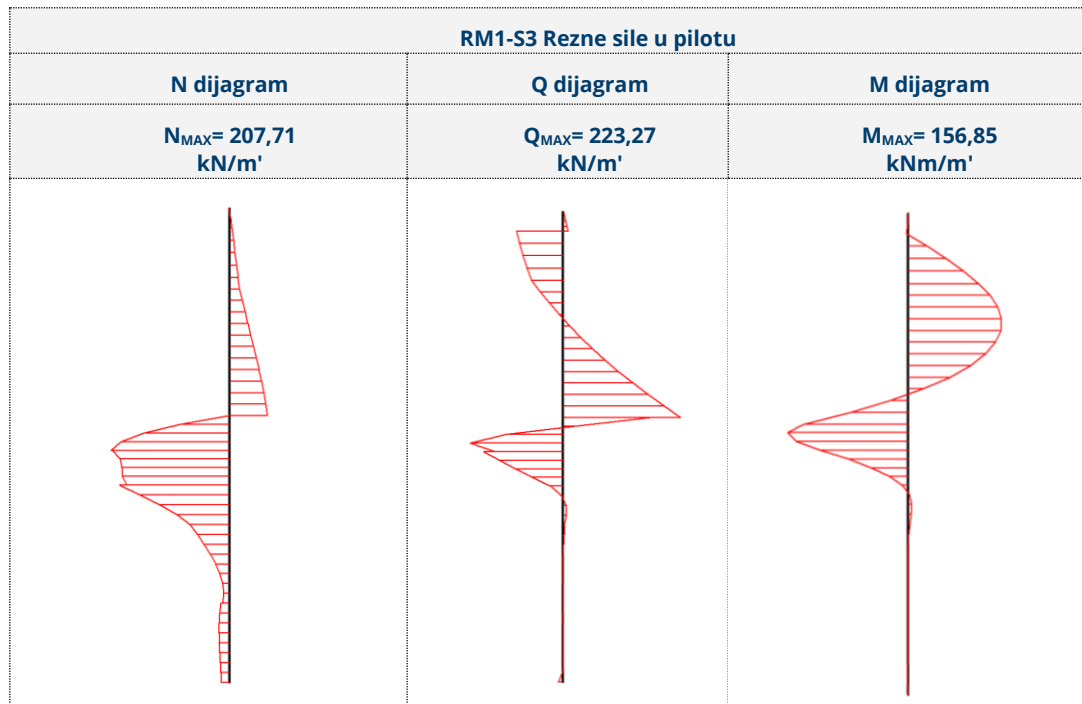
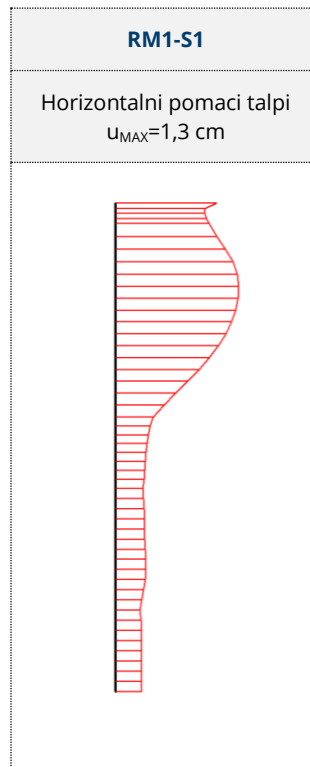
### 4.6.6.1 RM1

Prikazani su rezultati naponsko – deformacijske analize za projektne situacije:

R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Maksimalni pomak talpi Dx (cm)	Napomena
1	RM1-S1	Iskop– karakteristični efektivnim parametri	1,5 cm	Iskop dubine do 6,0 m. Podzemna voda na koti terena (na vrhu čeličnih talpi). Duljina talpi 12 m. Debljina sloja Jet grouting-a h=6 m. Proračunom je provedena drenirana analiza sa karakterističnim efektivnim parametrima. Promatra se iznos pomaka konstrukcije.

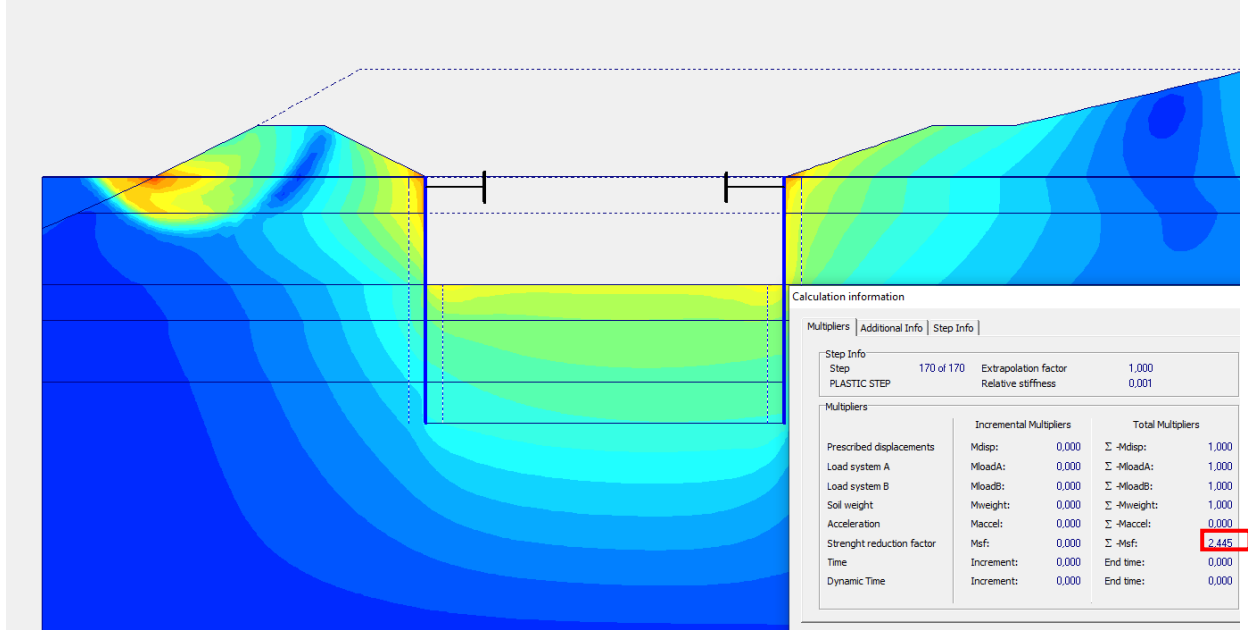
Horizontal displacements (Ux)  
Extreme Ux 14,50\*10<sup>-3</sup> m







R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	$F_{Smin}$	$F_s$	Napomena
2	RM1-S2	Iskop— karakteristični efektivni parametri	1,0	2,445	Iskop dubine do 6,0 m. Podzemna voda na koti terena (na vrhu čeličnih talpi). Duljina talpi 12 m. Debljina sloja Jet grout-a h=6 m. Proračunom je provedena drenirana analiza sa karakterističnim efektivnim parametrima. Promatra se faktor sigurnosti iskopa.(phi/c -reduction).



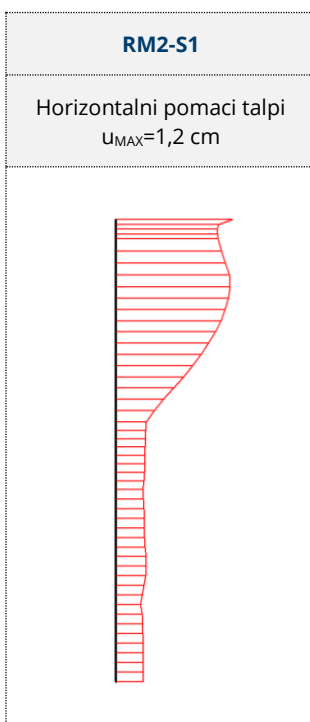


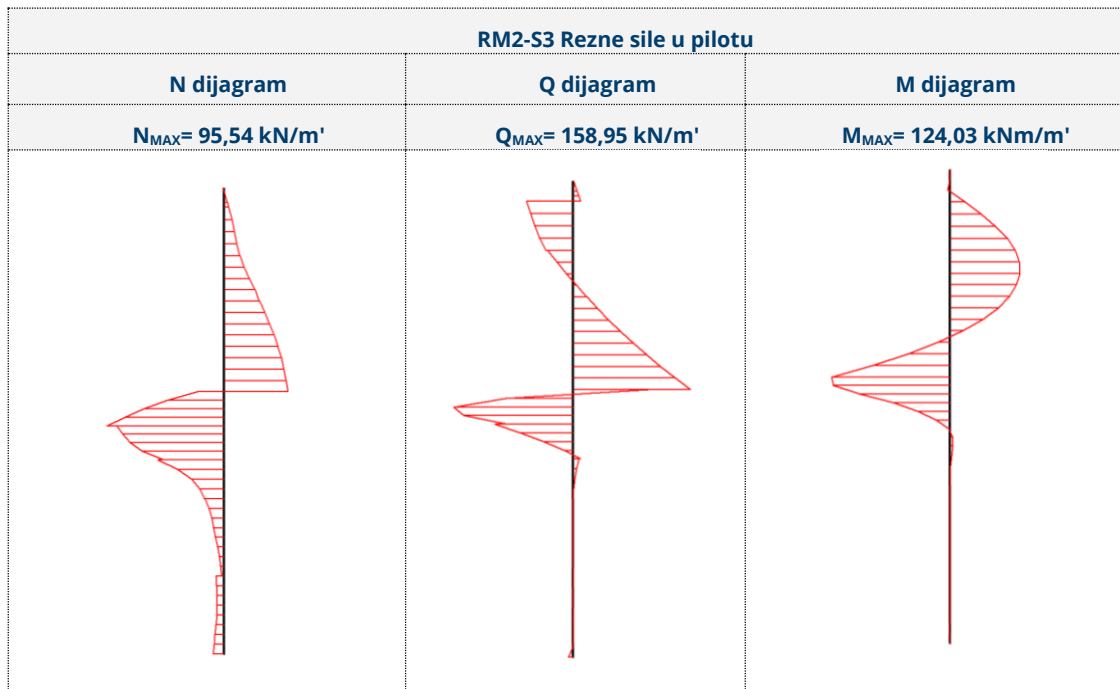
#### 4.6.6.2 RM2

Prikazani su rezultati naponsko – deformacijske analize za projektne situacije:

R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	Maksimalni pomak talpi Dx (cm)	Napomena
1	RM2-S1	Iskop – karakteristični efektivnim parametri	1,5 cm	Iskop dubine do 6,0 m. Podzemna voda na koti terena (na vrhu čeličnih talpi). Duljina talpi 12 m. Debljina sloja Jet grouting-a h=6 m. Proračunom je provedena drenirana analiza sa karakterističnim efektivnim parametrima. Promatra se iznos pomaka konstrukcije.

Horizontal displacements (Ux)  
Extreme Ux 14,93\*10<sup>-3</sup> m







R. br.	Oznaka proj. sit.	Projektna situacija	$F_{Smin}$	$F_s$	Napomena
2	RM1-S2	Iskop—karakteristični efektivni parametri	1,0	2,450	Iskop dubine do 6,0 m. Podzemna voda na koti terena (na vrhu čeličnih talpi). Duljina talpi 12 m. Debljina sloja Jet grout-a h=6 m. Proračunom je provedena drenirana analiza sa karakterističnim efektivnim parametrima. Promatra se faktor sigurnosti iskopa.(phi/c -reduction).

Multipliers			
Step Info		Extrapolation factor	2,000
Step	165 of 165	Relative stiffness	0,000
PLASTIC STEP			
Multipliers			
	Incremental Multipliers	Total Multipliers	
Prescribed displacements	Mdisp: 0,000	Σ -Mdisp:	1,000
Load system A	MloadA: 0,000	Σ -MloadA:	1,000
Load system B	MloadB: 0,000	Σ -MloadB:	1,000
Soil weight	Mweight: 0,000	Σ -Mweight:	1,000
Acceleration	Maccel: 0,000	Σ -Maccel:	0,000
Strength reduction factor	Msf: 0,000	Σ -Msf:	2,450
Time	Increment: 0,000	End time:	0,000

#### 4.6.7 DIMENZIONIRANJE TALPI

Dimenzioniranje čeličnih talpi provedeno je za mjerodavne rezne sile dobivene naponsko-deformacijskom analizom provedenom u programu Plaxis. Za dimenzioniranje poprečnog presjeka mjerodavan je najveći moment savijanja i pripadna poprečna sila. U dimenzioniranju se koristi parcijalni faktor sigurnosti za promjenjivo djelovanje  $\gamma_Q=1,50$  prema izrazima:

$$M_{Sd} = \gamma_Q \cdot M_{MAX}$$

$$Q_{Sd} = \gamma_Q \cdot Q_{PRIPADNO}$$



Sljedeća tablica daje vrijednosti sila za dimenzioniranje čeličnog žmurja:

Plaxis	Računska sila
<b>RM1</b>	
$M_{\max} = 156,85 \text{ kNm/m}'$	$M_{\text{Sd}} = 1,35 \cdot 156,85 = 211,75 \text{ kNm/m}$
$Q_{\text{pripadno}} = 20,93 \text{ kN/m}'$	$Q_{\text{Sd}} = 1,35 \cdot 20,93 = 28,26 \text{ kN/m}$
<b>RM2</b>	
$M_{\max} = 124,03 \text{ kNm/m}'$	$M_{\text{Sd}} = 1,35 \cdot 124,03 = 167,44 \text{ kNm/m}$
$Q_{\text{pripadno}} = 99,45 \text{ kN/m}'$	$Q_{\text{Sd}} = 1,35 \cdot 99,45 = 134,26 \text{ kN/m}$

Karakteristika čelika S 235:

$$f_y = 235 \text{ N/mm}^2 = 2,35 \cdot 10^5 \text{ kN/m}^2$$

Geometrijske karakteristike čeličnih talpi (po metru dužnom zida):

$$A = 177,30 \text{ cm}^2 = 1,773 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 / \text{m} - \text{površina poprečnog presjeka}$$

$$A_{\text{reducirano}} = 0,7 \cdot A = 1,24 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 / \text{m} - \text{reducirana površina poprečnog presjeka}$$

$$W_y = 2,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{m} - \text{moment inercije}$$

$$W_{y,\text{reducirano}} = 0,7 \cdot W_y = 1,407 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 / \text{m} - \text{reducirani moment inercije}$$

Dokaz nosivosti na djelovanje momenta savijanja:

$$M_{\text{Rd}} = \frac{W_{y,\text{reducirano}} \cdot f_y}{\gamma_{M_0}} = \frac{1,407 \cdot 10^{-3} \cdot 2,35 \cdot 10^5}{1,10} = 300,59 \text{ kNm/m}$$

$M_{\max} = 156,85 \text{ kNm/m}'$ - najveća vrijednost dobivena naponsko deformacijskom analizom

$$M_{\text{Sd}} = \gamma_Q \cdot M_{\max} = 1,35 \cdot 156,85 = 211,75 \text{ kNm/m}'$$

$$M_{\text{Sd}} \leq M_{\text{Rd}} - \text{uvjet nosivosti}$$

$$211,75 \text{ kNm/m} < 300,59 \text{ kNm/m}$$

Dokaz nosivosti na djelovanje pripadne poprečne sile:

$$Q_{\text{Rd}} = A_{\text{reducirano}} \times \frac{f_y}{\sqrt{3} \times \gamma_{M_0}} = 1,24 \cdot 10^{-2} \times \frac{2,35 \cdot 10^5}{\sqrt{3} \times 1,1} = 1529,45 \text{ kN/m}'$$

$Q_{\text{pripadno}} = 20,93 \text{ kN/m}'$ - pripadna vrijednost za  $M_{\max}$  iz naponsko deformacijske analize

$$Q_{\text{Sd}} = \gamma_Q \cdot Q_{\text{pripadno}} = 1,35 \cdot 20,93 = 28,26 \text{ kN/m}$$

$$Q_{\text{Sd}} \leq Q_{\text{Rd}} - \text{uvjet nosivosti}$$

$$28,26 \text{ kN/m}' < 1529,45 \text{ kN/m}'$$

**Rezultati dimenzioniranja čeličnih talpi pokazuju da odabrani elementi potporne konstrukcije zadovoljava uvjete proračuna u kontekstu proračunskih pretpostavki.**





## 4.6.8 DIMENZIONIRANJE VEZNE GREDE I KUTNE RAZUPORE

### 4.6.8.1 Statički proračun

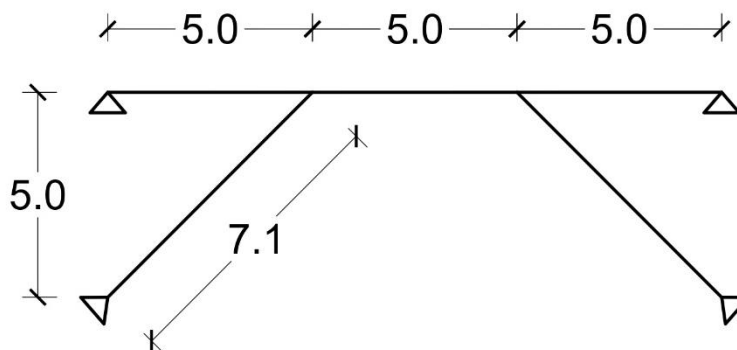
Proračunske vrijednosti uzdužne sile u kutnoj razupori definirane su iz rezultata naponsko-deformacijske analize i prikazane u tablici:

Sila u kutnoj razupori		karakteristična	računska
<b>RM1</b>			
N <sub>1</sub>	[kN/m]	-97,62	1,35 * (-97,62) = -131,79
N <sub>2</sub>	[kN/m]	-72,63	1,35 * (-72,63) = -98,05
<b>RM2</b>			
N <sub>1</sub>	[kN/m]	-71,76	1,35 * (-71,76) = -96,88
N <sub>2</sub>	[kN/m]	-56,36	1,35 * (-56,36) = -76,09

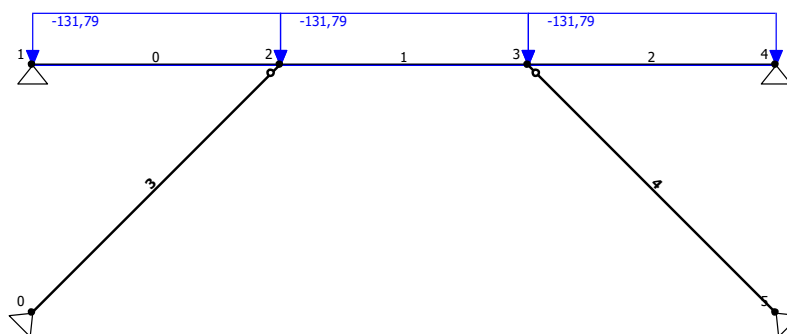
#### 4.6.8.1.1 RM1

Iz tablice u poglavlju 4.6.8.1 vidljivo je da je vrijednost uzdužne sile za RM1 maksimalna u razupori N<sub>1,d</sub> = -131,79 kN/m'.

$$q_d = F_{razupora}^{plaxis} = -131,79 \text{ kN/m.}$$

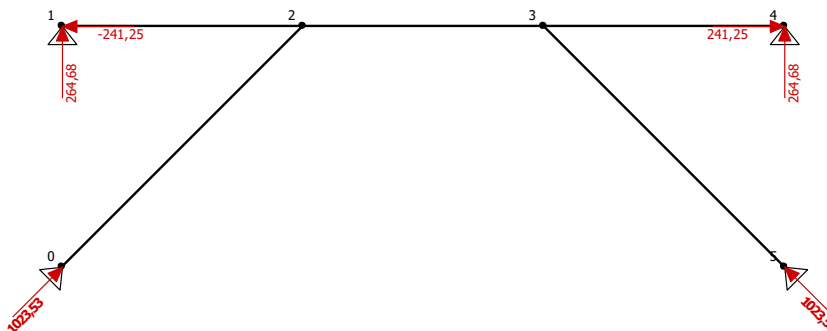


Schema opterećenja:

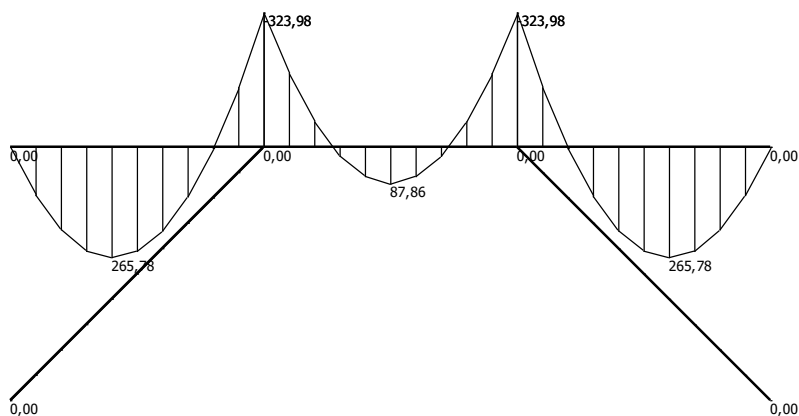




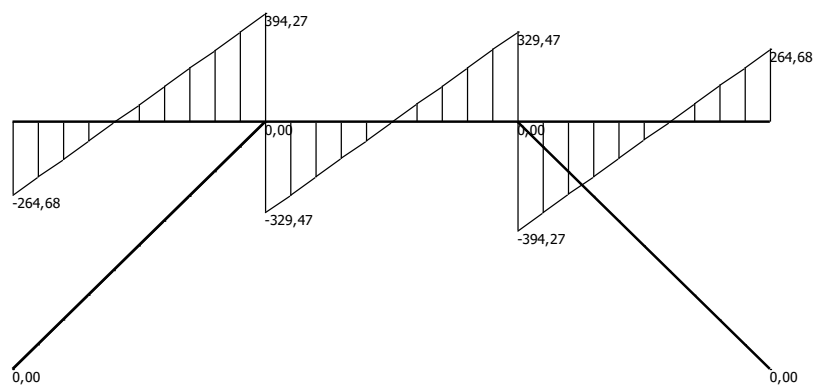
Reakcije na ležajevima (kN):



Dijagram momenata (kNm):

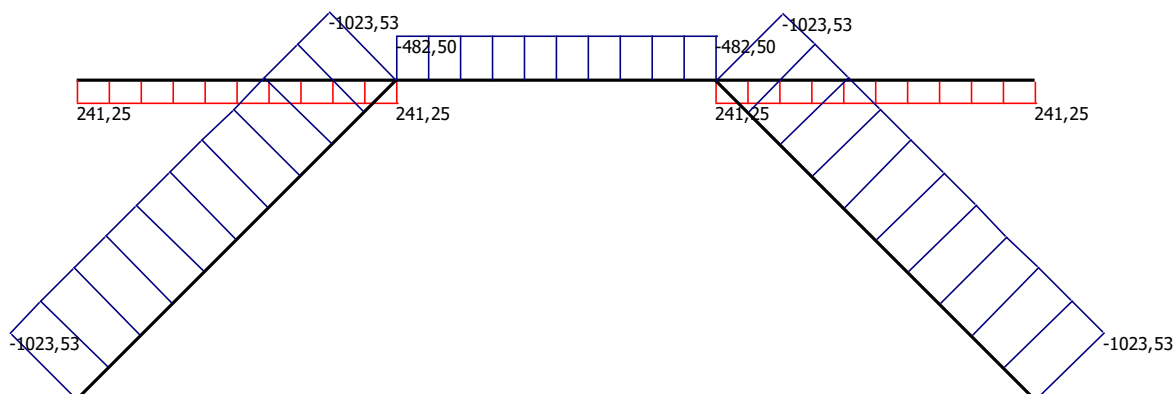


Dijagram poprečnih sila (kN):





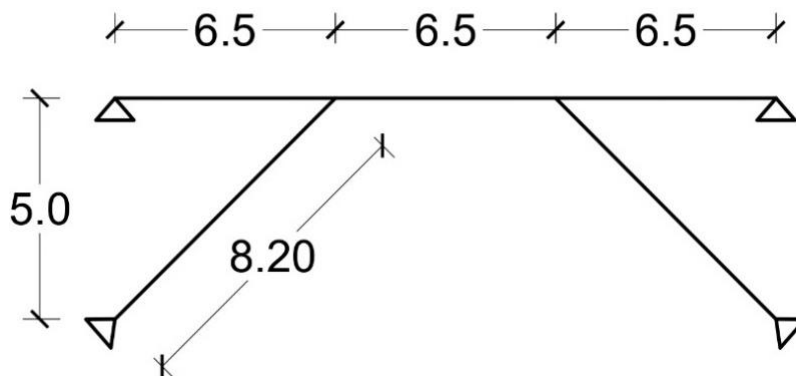
Dijagram uzdužnih sila (kN):



#### 4.6.8.1.2 RM2

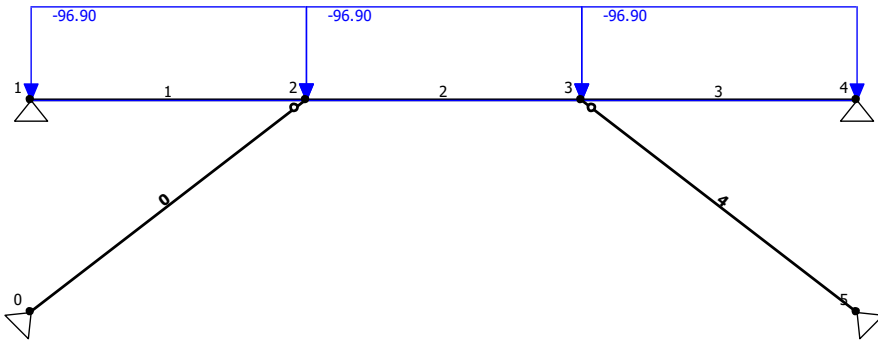
Iz tablice u poglavlju 4.6.8.1 vidljivo je da je vrijednost uzdužne sile za RM2 maksimalna u razupori N1,d = - 96,88 kN/m'.

$$q_d = F_{razupora}^{plaxis} = -96,88 \text{ kN/m.}$$

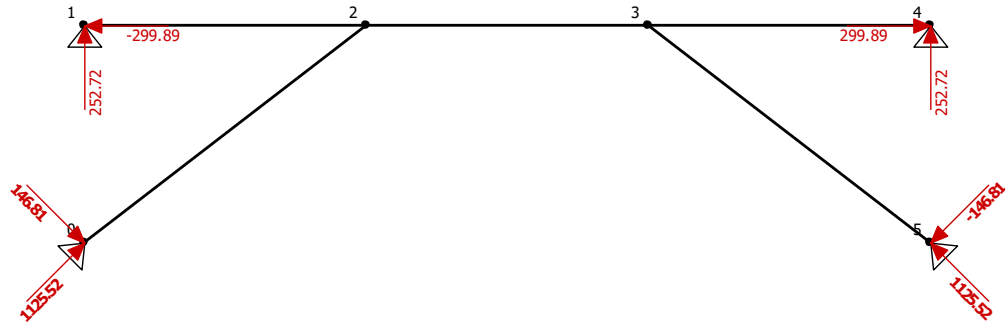




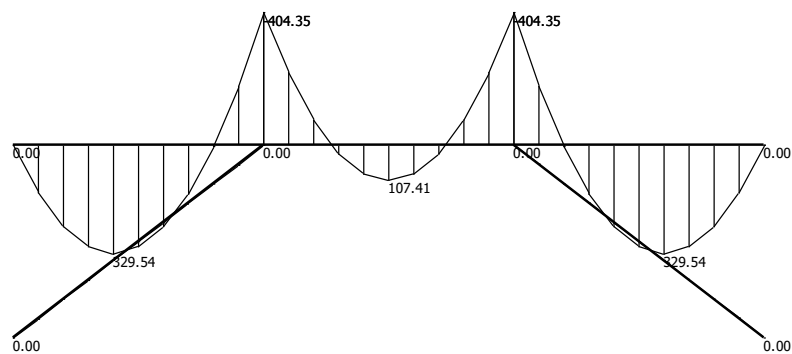
Schema opterećenja:



Reakcije na ležajevima (kN):

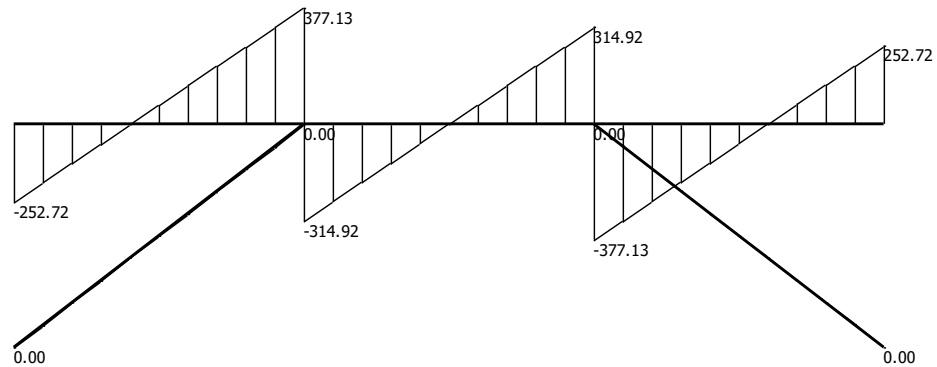


Dijagram momenata (kNm):

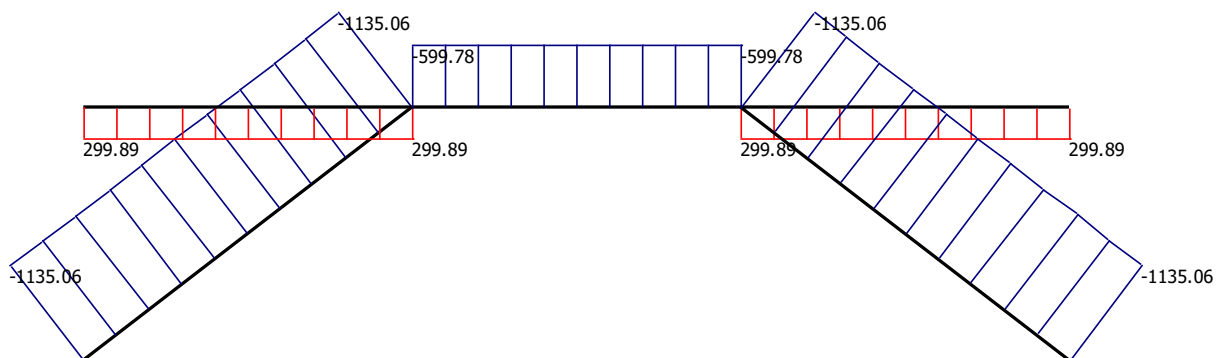




Dijagram poprečnih sila (kN):



Dijagram uzdužnih sila (kN):



## 4.6.8.2 Dimenzioniranje vezne grede

### 4.6.8.2.1 RM1

Dimenzioniranje vezne grede je provedeno za najveći moment savijanja, pripadnu poprečnu i uzdužnu silu iz statičkog proračuna u poglavlju 4.6.8.1.1. Vrijednosti reznih sila su proračunske budući da je djelovanje na statički sustav zadano kao faktorizirana vrijednost:

Rezne sile	Računska vrijednost:
$M_{Sd}=M_{max}$	323,98 kNm
$Q_{Sd}=Q_{pripadno}$	$(391,27+329,47)= 720,74$ kN
$N_{Sd}=N_{pripadno}$	$(482,50+241,25)= 723,75$ kN



#### MATERIJAL

$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$   
 $f_u = 510 \text{ N/mm}^2$   
 $\varepsilon = 0,814$   
 $E = 210000 \text{ N/mm}^2$   
 $G = 80777 \text{ N/mm}^2$   
 $\nu = 0,3$

#### REZNE SILE

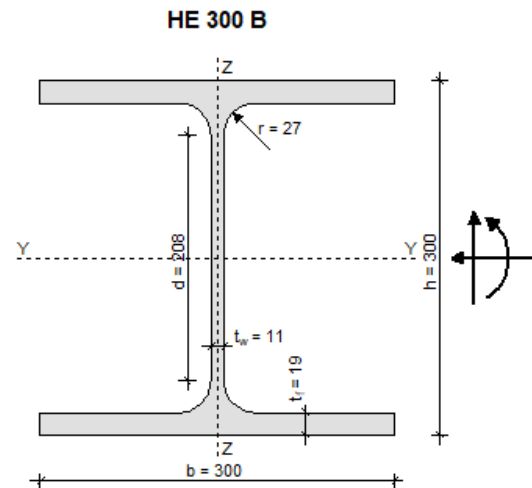
$N_{Sd} = -723,75 \text{ kN}$   
 $V_{z,Sd} = 720,74 \text{ kN}$   
 $M_{y,Sd} = 323,98 \text{ kNm}$

#### PARC. FAKTORI SIG.

$\gamma_{M0} = 1,1$   
 $\gamma_{M1} = 1,1$   
 $\gamma_{M2} = 1,25$

#### PARAMETRI

$A = 149,100 \text{ cm}^2$   
 $A_y = 118,200 \text{ cm}^2$   
 $A_z = 47,400 \text{ cm}^2$   
 $I_y = 25170,000 \text{ cm}^4$   
 $W_y = 1677,700 \text{ cm}^3$   
 $W_{ply} = 1868,700 \text{ cm}^3$   
 $i_y = 13,000 \text{ cm}$   
 $I_z = 8562,800 \text{ cm}^4$   
 $W_z = 570,900 \text{ cm}^3$   
 $W_{plz} = 870,100 \text{ cm}^3$   
 $i_z = 7,600 \text{ cm}$   
 $I_t = 185,000 \text{ cm}^4$   
 $I_{\omega} = 1687791,400 \text{ cm}^6$



### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

#### HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = 18,91 \leq \frac{396}{13 \cdot \alpha - 1} \cdot \varepsilon = 27,14, \alpha = 0,99 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

#### POJASNICA

$$\frac{c}{t_f} = 7,89 \leq 10 \cdot \varepsilon = 8,14 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 1**

### OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

#### UZDUŽNA SILA $N_{Sd}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 4811,86 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 723,75 \text{ kN}$$

#### MOMENT SAVIJANJA $M_{y,Sd}$

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 603,08 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 323,98 \text{ kNm}$$

#### POPREČNA SILA $V_{z,Sd}$

$$\frac{d}{t_w} = 18,91 \leq 69 \cdot \varepsilon = 56,14$$

$\Rightarrow$  provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 883,19 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 720,74 \text{ kN}$$

#### INTERAKCIJA M - N - V

$$\rho = \left( 2 \cdot \frac{V_{z,Sd}}{V_{z,Rd}} - 1 \right)^2 = 0,400$$

$$\frac{M_{n,v,y,Rd}}{M_{y,Rd}} = 1 - \rho = 0,600 \Rightarrow M_{n,v,y,Rd} = 362,1 \text{ kNm}$$

$$M_{n,v,y,Rd} = 362,1 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 323,98 \text{ kNm}$$





## OTPORNOST ELEMENTA

### UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76.41, \beta_A = 1.00$$

OS Y-Y

$$l_y = 100 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_y}{i_y} = 7.69$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0.101$$

$$h/b = 1.00 \leq 1.2$$

$$t_f = 19 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

LINIJA IZVIJANJA b

$$\chi_y = 1.0353$$

OS Z-Z

$$l_z = 350 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_z}{i_z} = 46.05$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0.603$$

LINIJA IZVIJANJA c

$$\chi_z = 0.7838$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = \mathbf{3771.43 \text{ kN}} \geq N_{Sd} = 723.75 \text{ kN}$$

### OTPORNOST NA BOČNO IZVIJANJE

$$g = -0.5 \text{ cm}, L = 500 \text{ cm}$$

$$k = 1.0, k_w = 1.0, C_1 = 1.132, C_2 = 0.459$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \cdot \left( C_2 \cdot g + \sqrt{\frac{k^2}{k_w^2} \cdot \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot g)^2} \right)$$

$$M_{cr} = \mathbf{1604.05 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w \cdot W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.643 > 0.4$$

$$\text{MJERODANVA LINIJA IZVIJANJA a} \Rightarrow \chi_{LT} = 0.8729$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{\beta_w \cdot W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{526.42 \text{ kNm}} \geq M_{y,Sd} = 323.98 \text{ kNm}$$

### INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA

$$\beta_{M,y} = 1.400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{My} - 4) + \left( \frac{W_{ply} - W_y}{W_y} \right) = -0.007 \leq 0.9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1.001 \leq 1.5$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_{\min} \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{\frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0.683} \leq 1$$



#### INTERAKCIJA M - N S BOČNIM IZVIJANJEM

$$\beta_{M,LT} = 1.400$$

$$\mu_{LT} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot (2 \cdot \beta_{M,LT} - 4) + \left( \frac{W_{pl,LT} - W_{LT}}{W_{LT}} \right) = -0.023 \leq 0.9$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{Sd}}{\chi_{LT} \cdot A \cdot f_y} = 1.004 > 1.0 \Rightarrow k_{LT} = 1.0$$

$$\frac{N_{Sd}}{\chi_z \cdot \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,Sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0.807} \leq 1$$

#### 4.6.8.2.2 RM2

Dimenzioniranje vezne grede je provedeno za najveći moment savijanja, pripadnu poprečnu i uzdužnu silu iz statičkog proračuna u poglavlju 4.6.8.1.2. Vrijednosti reznih sila su proračunske budući da je djelovanje na statički sustav zadano kao faktorizirana vrijednost:

Rezne sile	Računska vrijednost:
$M_{Sd} = M_{max}$	404,35 kNm
$Q_{Sd} = Q_{pripadno}$	$(377,13 + 314,92) = 692,05$ kN
$N_{Sd} = N_{pripadno}$	$(599,78 + 299,89) = 899,67$ kN

#### MATERIJAL

$f_y = 355$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_u = 510$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\varepsilon = 0.814$   
 $E = 210000$  N/mm<sup>2</sup>  
 $G = 80777$  N/mm<sup>2</sup>  
 $\nu = 0.3$

#### REZNE SILE

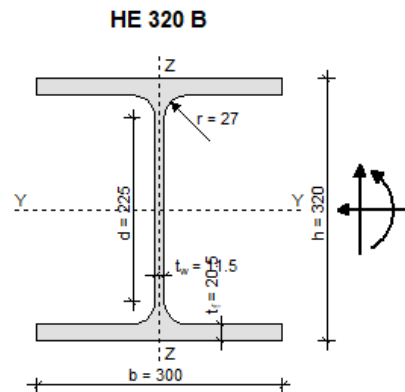
$N_{Sd} = -899.67$  kN  
 $V_{z,Sd} = 692.05$  kN  
 $M_{y,Sd} = 404.35$  kNm

#### PARC. FAKTORI SIG.

$\gamma_{Mo} = 1.1$   
 $\gamma_{M1} = 1.1$   
 $\gamma_{M2} = 1.25$

#### PARAMETRI

$A = 161.300$  cm<sup>2</sup>  
 $A_y = 127.400$  cm<sup>2</sup>  
 $A_z = 51.800$  cm<sup>2</sup>  
 $I_y = 30820.000$  cm<sup>4</sup>  
 $W_y = 1926.500$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{ply} = 2149.200$  cm<sup>3</sup>  
 $i_y = 13.800$  cm  
 $I_z = 9238.800$  cm<sup>4</sup>  
 $W_z = 615.900$  cm<sup>3</sup>  
 $W_{plz} = 939.100$  cm<sup>3</sup>  
 $i_z = 7.600$  cm  
 $I_t = 225.100$  cm<sup>4</sup>  
 $I_{\omega} = 2068712.000$  cm<sup>6</sup>



#### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

##### HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = 19.57 \leq \frac{396}{13 \cdot \alpha - 1} \cdot \varepsilon = 26.85, \alpha = 1.00 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

##### POJASNICA

$$\frac{c}{t_f} = 7.32 \leq 10 \cdot \varepsilon = 8.14 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U KLASU 1



### OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

#### UZDUŽNA SILA $N_{Sd}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 5205.59 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 899.67 \text{ kN}$$

#### MOMENT SAVIJANJA $M_{y,Sd}$

$$M_{y,Rd} = \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 693.61 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 404.35 \text{ kNm}$$

#### POPREČNA SILA $V_{z,Sd}$

$$\frac{d}{t_w} = 19.57 \leq 69 \cdot \epsilon = 56.14$$

⇒ provjera izbočavanja hrpta nije potrebna

$$V_{z,Rd} = \frac{A_{v,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 965.17 \text{ kN} \geq V_{z,Sd} = 692.05 \text{ kN}$$

#### INTERAKCIJA M - N - V

$$\rho = \left( 2 \cdot \frac{V_{z,Sd}}{V_{z,Rd}} - 1 \right)^2 = 0.188$$

$$\frac{M_{n,v,y,Rd}}{M_{y,Rd}} = 1 - \rho = 0.812 \Rightarrow M_{n,v,y,Rd} = 562.93 \text{ kNm}$$

$$M_{n,v,y,Rd} = 562.93 \text{ kNm} \geq M_{y,Sd} = 404.35 \text{ kNm}$$

### OTPORNOST ELEMENTA

#### UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76.41, \beta_A = 1.00$$

OS Y-Y

$$I_{yy} = 100 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{l_{yy}}{i_y} = 7.25$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0.095$$

$$h/b = 1.07 \leq 1.2$$

$$t_f = 20.5 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

LINIJA IZVIJANJA **b**

$$\chi_y = 1.0374$$

OS Z-Z

$$I_{zz} = 455 \text{ cm}$$

$$\lambda_z = \frac{l_{zz}}{i_z} = 59.87$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0.784$$

LINIJA IZVIJANJA **c**

$$\chi_z = 0.6725$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = 3500.78 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 899.67 \text{ kN}$$



#### OTPORNOST NA BOČNO IZVIJANJE

$$g = -0.5 \text{ cm}, L = 650 \text{ cm}$$

$$k = 1.0, k_w = 1.0, C_1 = 1.132, C_2 = 0.459$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k \cdot L)^2} \cdot \left( C_2 \cdot g + \sqrt{\frac{k^2}{k_w^2} \cdot \frac{I_\omega}{I_z} + \frac{(k \cdot L)^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot g)^2} \right)$$

$$M_{cr} = \mathbf{1270.97 \text{ kNm}}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{\beta_w \cdot W_{ply} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0.775 > 0.4$$

$$\text{MJERODANVA LINIJA IZVIJANJA a} \Rightarrow \chi_{LT} = 0.8098$$

$$M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot \frac{\beta_w \cdot W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \mathbf{561.67 \text{ kNm}} \geq M_{y,Sd} = 404.35 \text{ kNm}$$

#### INTERAKCIJA M - N BEZ BOČNOG IZVIJANJA

$$\beta_{M,y} = 1.400$$

$$\mu_y = \bar{\lambda}_y \cdot (2 \cdot \beta_{My} - 4) + \left( \frac{W_{ply} - W_y}{W_y} \right) = 0.002 \leq 0.9$$

$$k_y = 1 - \frac{\mu_y \cdot N_{Sd}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y} = 1.000 \leq 1.5$$

$$\chi_{min} \cdot \frac{N_{Sd}}{A \cdot f_y} + \frac{k_y \cdot M_{y,Sd}}{W_{ply} \cdot f_y} = \mathbf{0.749} \leq 1$$

#### INTERAKCIJA M - N S BOČNIM IZVIJANJEM

$$\beta_{M,LT} = 1.400$$

$$\mu_{LT} = \bar{\lambda}_{LT} \cdot (2 \cdot \beta_{MLT} - 4) + \left( \frac{W_{p,LT} - W_{LT}}{W_{LT}} \right) = 0.015 \leq 0.9$$

$$k_{LT} = 1 - \frac{\mu_{LT} \cdot N_{Sd}}{\chi_{LT} \cdot A \cdot f_y} = 0.997 \leq 1.0$$

$$\chi_z \cdot \frac{N_{Sd}}{A \cdot f_y} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,Sd}}{\chi_{LT} \cdot \frac{W_{ply} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}} = \mathbf{0.974} \leq 1$$



### 4.6.8.3 Dimenzioniranje kutne razupore

#### 4.6.8.3.1 RM1

Dimenzioniranje kutne razupore provedeno je za uzdužnu silu u kutnoj razupori dobivenu statičkim proračunom u poglavlju 4.6.8.1.1:

Kutna razupora	Uzdužna sila u kutnoj razupori (kN)	Duljina kutne razupore (m)
Kutna razupora karakteristika poput HEB 240	-1023,53	7,1

Vrijednost uzdužne sile je proračunska budući da je djelovanje na statički sustav zadano kao faktorizirana vrijednost.

#### MATERIJAL

$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$   
 $f_u = 510 \text{ N/mm}^2$   
 $\epsilon = 0.814$   
 $E = 210000 \text{ N/mm}^2$   
 $G = 80777 \text{ N/mm}^2$   
 $\nu = 0.3$

#### REZNE SILE

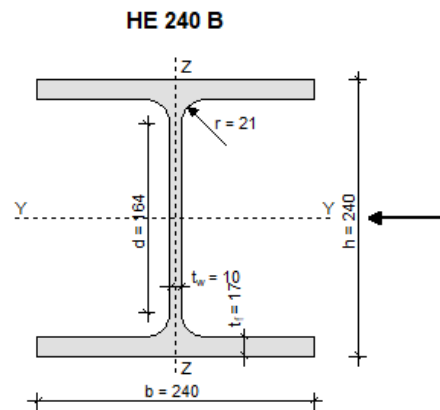
$N_{Sd} = -1023.53 \text{ kN}$

#### PARC. FAKTORI SIG.

$\gamma_{M0} = 1.1$   
 $\gamma_{M1} = 1.1$   
 $\gamma_{M2} = 1.25$

#### PARAMETRI

$A = 106.000 \text{ cm}^2$   
 $A_y = 84.700 \text{ cm}^2$   
 $A_z = 33.200 \text{ cm}^2$   
 $I_y = 11260.000 \text{ cm}^4$   
 $W_y = 938.300 \text{ cm}^3$   
 $W_{ply} = 1053.100 \text{ cm}^3$   
 $i_y = 10.300 \text{ cm}$   
 $I_z = 3922.700 \text{ cm}^4$   
 $W_z = 326.900 \text{ cm}^3$   
 $W_{plz} = 498.400 \text{ cm}^3$   
 $i_z = 6.100 \text{ cm}$   
 $I_t = 102.700 \text{ cm}^4$   
 $I_\omega = 486946.400 \text{ cm}^6$



#### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

##### HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = 16.40 \leq 33 \cdot \epsilon = 26.85 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

##### POJASNICA

$$\frac{c}{t_f} = 7.06 \leq 10 \cdot \epsilon = 8.14 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U KLASU 1



### OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{Mo}} = 3420.91 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 1023.53 \text{ kN}$$

### OTPORNOST ELEMENTA

UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76.41, \beta_A = 1.00$$

OS Y-Y

$$I_{yy} = 710 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_y = \frac{l_{yy}}{i_y} = 68.93$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0.902$$

$$h/b = 1.00 \leq 1.2$$

$$t_f = 17 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

LINIJA IZVIJANJA **b**

$$\chi_y = 0.6598$$

OS Z-Z

$$I_{zz} = 710 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_z = \frac{l_{zz}}{i_z} = 116.39$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 1.523$$

LINIJA IZVIJANJA **c**

$$\chi_z = 0.3071$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = 1050.58 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 1023.53 \text{ kN}$$

#### 4.6.8.3.2 RM2

Dimenzioniranje kutne razupore provedeno je za uzdužnu silu u kutnoj razupori dobivenu statičkim proračunom u poglavlju 4.6.8.1.2:

Kutna razupora	Uzdužna sila u kutnoj razupori (kN)	Duljina kutne razupore (m)
Kutna razupora karakteristika poput HEB 280	-1135,06	8,2

Vrijednost uzdužne sile je proračunska budući da je djelovanje na statički sustav zadano kao faktorizirana vrijednost.

#### MATERIJAL

$f_y = 355 \text{ N/mm}^2$   
 $f_u = 510 \text{ N/mm}^2$   
 $\varepsilon = 0.814$   
 $E = 210000 \text{ N/mm}^2$   
 $G = 80777 \text{ N/mm}^2$   
 $\nu = 0.3$

#### REZNE SILE

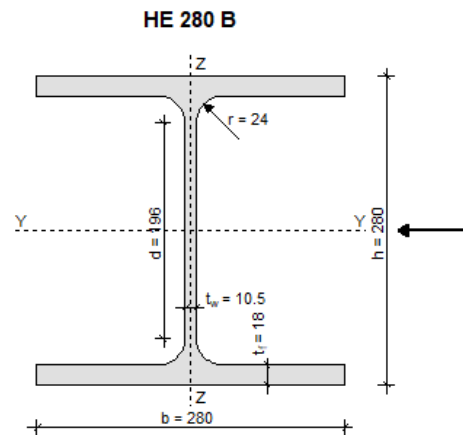
$N_{Sd} = -1135.06 \text{ kN}$

#### PARC. FAKTORI SIG.

$\gamma_{Mo} = 1.1$   
 $\gamma_{M1} = 1.1$   
 $\gamma_{M2} = 1.25$

#### PARAMETRI

$A = 131.400 \text{ cm}^2$   
 $A_y = 104.400 \text{ cm}^2$   
 $A_z = 41.100 \text{ cm}^2$   
 $I_y = 19270.000 \text{ cm}^4$   
 $W_y = 1376.400 \text{ cm}^3$   
 $W_{ply} = 1534.400 \text{ cm}^3$   
 $i_y = 12.100 \text{ cm}$   
 $I_z = 6594.500 \text{ cm}^4$   
 $W_z = 471.000 \text{ cm}^3$   
 $W_{plz} = 717.600 \text{ cm}^3$   
 $i_z = 7.100 \text{ cm}$   
 $I_t = 143.700 \text{ cm}^4$   
 $I_{\omega} = 1130154.800 \text{ cm}^6$







#### KLASIFIKACIJA POPREČNOG PRESJEKA

HRBAT

$$\frac{d}{t_w} = 18.67 \leq 33 \cdot \varepsilon = 26.85 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

POJASNICA

$$\frac{c}{t_f} = 7.78 \leq 10 \cdot \varepsilon = 8.14 \Rightarrow \text{KLASA 1}$$

POPREČNI PRESJEK JE SVRSTAN U **KLASU 1**

#### OTPORNOST POPREČNOG PRESJEKA

UZDUŽNA SILA  $N_{Sd}$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = 4240.64 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 1135.06 \text{ kN}$$

#### OTPORNOST ELEMENTA

UZDUŽNA TLAČNA OTPORNOST

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 76.41, \beta_A = 1.00$$

OS Y-Y

$$I_{yy} = 820 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_y = \frac{l_{yy}}{I_{yy}} = 67.77$$

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 0.887$$

$$h/b = 1.00 \leq 1.2$$

$$t_f = 18 \text{ mm} \leq 100 \text{ mm}$$

LINIJA IZVIJANJA **b**

$$\chi_y = 0.6696$$

OS Z-Z

$$I_{zz} = 820 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_z = \frac{l_{zz}}{I_{zz}} = 115.49$$

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_1} \cdot \sqrt{\beta_A} = 1.512$$

LINIJA IZVIJANJA **c**

$$\chi_z = 0.3108$$

$$N_{b,Rd} = \chi_{\min} \cdot N_{c,Rd} = 1318.14 \text{ kN} \geq N_{Sd} = 1135.06 \text{ kN}$$

#### 4.6.8.4 Odabrani čelični profili

Dimenzioniranje potpornih elemenata građevne jame provedeno je za najveći moment savijanja, pripadnu poprečnu i uzdužnu silu iz statičkog proračuna za obje građevne jame (RM1 i RM2), međusobno različitih geometrijskih karakteristika (dimenzija). U računskom modelu RM1 naponsko-deformacijskom analizom dobivena je veća vrijednost sile u razupori nego u računskom modelu RM2. Unatoč tome, građevna jama analizirana računskim modelom RM2 mjerodavna je za odabir čeličnih profila vezne grede i kosnika zbog nepovoljnije geometrije, kao što je vidljivo u statičkom proračunu i dimenzioniranju u ovom poglavlju.

#### **ODABRANI ČELIČNI PROFILI:**

- vezna greda: HEB 320
- kosnici: HEB 280



## 4.6.9 DIMENZIONIRANJE MLAZNO INJEKTIRANIH STUPNJAKA

### 4.6.9.1 Odabir tehnologije

Tablica br.3; Odnos vrste tla i mogućih promjera injekcijskih tijela (Čorko,1997.)

Vrsta tla	Promjer (cm)
<b>Šljunak</b>	<b>80-120</b>
S malo pijeska	Do 100
S puno pijeska	80-90
<b>Pijesak</b>	<b>55-80</b>
Vrlo zbijen	55-60
Srednje zbijen	70-75
<b>Glina</b>	<b>45-100</b>
Žitka	Do 100
meka	Do 75
kruta	55-60
Polučvrsta do čvrsta	45-50
<b>Organsko tlo i nasip</b>	Vrlo promijenjivo ( <b>do 100</b> )

Prema geotehničkom elaboratu tlo se svrstava pijesak ,te je odabran promjer stupnjaka 80 cm. S obzirom na vrstu tla (nevezano) i na potreban promjer kao tehnologiju izvođenja odabran je stroj sa jednim fluidom(injektirana smjesa).

Parametri:

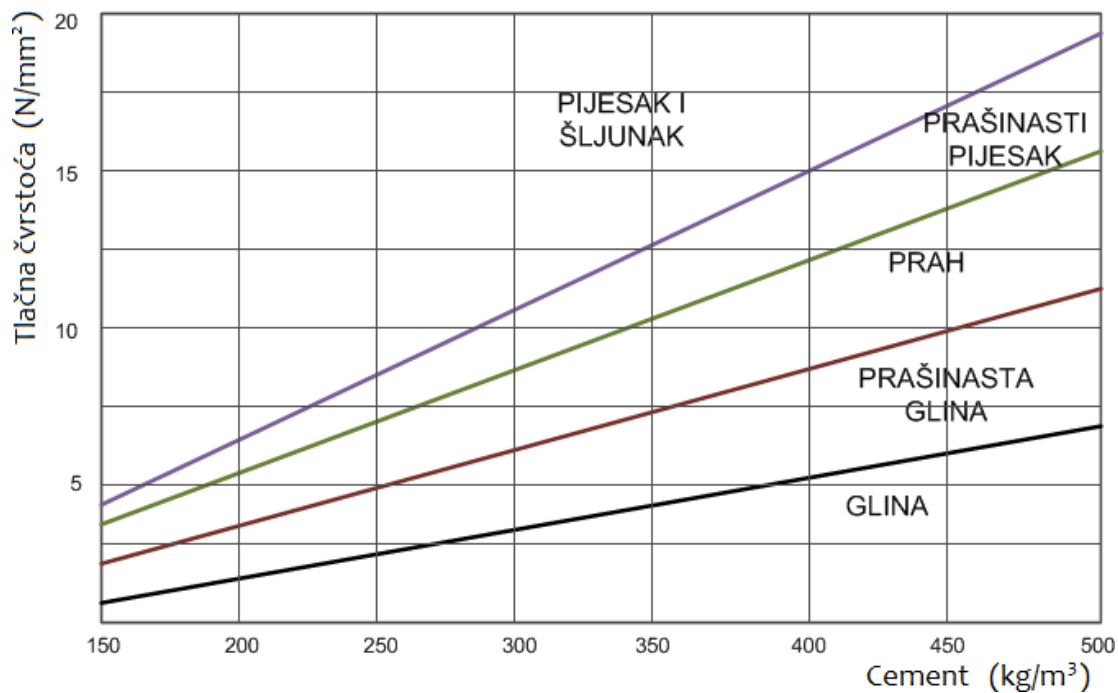
Tlak injektiranja: 500 bara

Broj mlaznica: 2

Promjer mlaznica: 2 mm

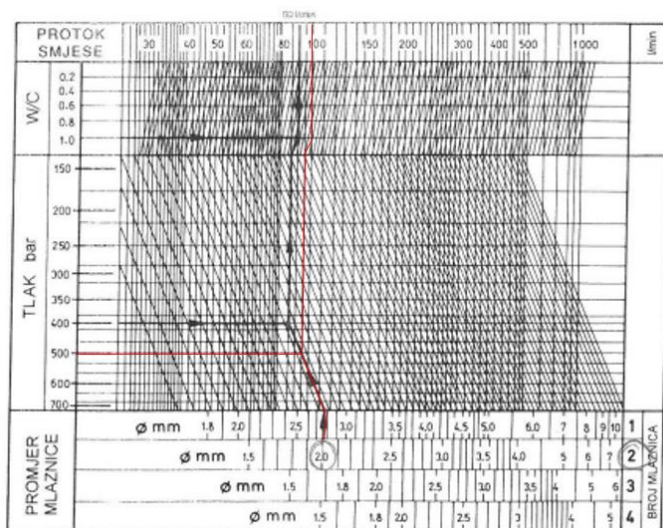
Vodocementni faktor: W/C=1.0

→CASAGRANDE DIJAGRAM→za tlačnu čvrtoću od 15 N/mm<sup>2</sup> potrebno je oko 400 kg/m<sup>3</sup> cementa.



Slika br.8; Odnos čvrstoće i količine cementa ugrađenog u odgovarajući volumen tla (Casagrande)

→CASAGRANDE NOMOGRAM→ za 2 mlaznice promjera  $\varphi=2\text{mm}$  i tlak od 500 bara(min) i za  $W/C=1.0$ , protok smjese je  $Q=100\text{ l/s}$ .



Slika br.9; Nomogram za određivanje protoka injekcijske smjese (Casagrande)

#### 4.6.9.2 Sadržaj cementa i vode u injekcijskoj smjesi

W/C=1.0

$$\text{Gustoća injekcijske smjese: } \rho_{is} = \frac{2}{3.0 + \frac{w}{c} + 1.0} + 1 = 1.5 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Količina vode: } W = \frac{3000 \cdot \frac{W}{C}}{3 \cdot \frac{W}{C} + 1} = \frac{3000 \cdot 1}{3 \cdot 1 + 1} = 750 \text{ kg}$$

$$\text{Količina cementa: } C = 1500 \cdot (\rho_{is} - 1.0) = 1500 \cdot (1.5 - 1.0) = 750 \text{ kg}$$

#### 4.6.9.3 Analiza sastava injekcijske smjese

Kod mlaznog injektiranja najčešće se koriste injekcijske smjese na bazi cementa i vode s dodacima najčešće bentonit. Udjel bentonita je cca 3%.

Ako je W/C=1, a postotak bentonita 3% proizlazi:

Bentonit	30 kg
Cement	1000 kg
Voda	1000 kg

Količina injekcijske smjese (pretpostavka da cement i bentonit imaju istu gustoću ( $\rho=3\text{t/m}^3$ ):

Masa veznog sredstva:  $m=1000+30=1030 \text{ kg}$



Volumen veznog sredstva:

$$V_1 = 1.03/3 = 0.343 \text{ m}^3 \rightarrow 340 \text{ l}$$

Ukupni volumen injekcijske smjese (vezivo + voda):

$$V_2 = 1000 + 340 = 1340 \text{ l}$$

Proizlazi da volumen injekcijske smjese odgovara približno volumenu vode  $V_w \cdot 1.3$ . Promjer valjka: 0.8 m

$$\text{Volumen dužnog tijela valjka: } V = \frac{0.8^2 \cdot \pi}{4} \cdot 1.0 = 0.503 \text{ m}^3 / \text{m}$$

Treba ugraditi 400 kg/m<sup>3</sup> cementa:

$$C'' = 400 \cdot 0.503 = 201.2 \text{ kg/m'}$$

→ gubitak od 20%

$$C' = 1.20 \cdot 201.2 = 241.4 \text{ kg/m'}$$

Potrebni volumen injekcijske smjese za m':

$$V_{is} = 241.4 \cdot 1.3 = 313 \text{ l/m'}$$

$$\text{Ova količina se može ugraditi u vremenu: } t = \frac{V_{is}}{Q} = \frac{313}{100} = 3.13 \text{ min} \rightarrow 188 \text{ s}$$

Podizanje pribora u inkrementima od 7 cm:  $N = 100/7 = 14.3$  Injektiranje na nekom horizontu od 10 s:  
 $t' = 14.3 \cdot 10 = 143 \text{ s} \approx 141 \text{ s}$

Prema tome uz ovakvu kombinaciju parametara izvedbe mogli bismo ugraditi traženu količinu injekcijske smjese u zadani volumen.

Projektant :

Ivan Mihaljević, dipl.ing.grad.



## 5 TEHNIČKI UVJETI IZVEDBE I PROGRAM KONTROLE I OSIGURANJA KVALITETE

### 5.1 OPĆENITO

Ovaj prikaz mjera osiguranja kvalitete u procesu projektiranja se odnosi na mjere provedene tijekom projektiranja u svrhu postizanja zadovoljavajuće kvalitete projekta.

Sustav kontrole i osiguranja kvalitete u projektiranju zasniva se na sljedećim mjerama:

1. Mjere osiguranja kvalitete projektiranja
2. Mjere osiguranja kvalitete izvedbe
3. Opće mjere zaštite na radu

Opći tehnički uvjeti na koje se poziva poglavlje program kontrole i osiguranja kvalitete mogu se naći na stranicama [Hrvatskih voda](#),

Tijekom građenja potrebno je provoditi kontrolu u cilju osiguranja projektiranih svojstava i kvalitete gotove građevine, dok se OTU provodi u dijelu koji nije u suprotnosti s tehničkim propisom za građevinske konstrukcije, tehničkim propisom za građevne proizvode, i drugim važećim propisima i normama za to područje.

Smatra se da su tehničke specifikacije formulisane sukladno članku 209. ZJN 2016, što podrazumijeva da je upućivanje na norme popraćeno izrazom „ili jednakovrijedno“ te su ponuditelji slobodni nuditi jednakovrijedna rješenja, a kod dokazivanja Naručitelj će u cijelosti primjenjivati odredbe članka 211. ZJN 2016.. Nadalje, sukladno članku 210. ZJN 2016, tehničke specifikacije ne upućuju na određenu marku ili izvor ili određeni proces s obilježjima proizvoda koje pruža određeni gospodarski subjekt, odnosno smatra se da su iste popraćene izrazom „ili jednakovrijedno“. Za tražena testiranja od strane tijela za ocjenu sukladnosti ili potvrde koje izdaju takva tijela primjenjuje se članak 213. ZJN 2016. Smatra se da su norme osiguranja kvalitete i norme upravljanja okolišem u cijelosti formulisane na način da se članci 270. i 271. ZJN 2016 u cijelosti primjenjuju.

### 5.2 MJERE OSIGURANJA KVALITETE PROJEKTIRANJA

#### 5.2.1 ORGANIZACIJSKE MJERE OSIGURANJA KVALITETE PROJEKTIRANJA

U svrhu osiguranja kvalitete projektiranja provedene su sljedeće organizacijske mjere:

- 1) potpisom odgovornih osoba na naslovnoj stranici potvrđuje se da su provedene organizacijske mjere osiguranja kvalitete.

#### 5.2.2 TEHNIČKE MJERE OSIGURANJA KVALITETE PROJEKTIRANJA

Tijekom projektiranja provedene su sljedeće opće tehničke mjere osiguranja kvalitete:





- 1) obilazak lokacije
- 2) analiza dostupnih podloga,
- 3) tehnički opis i koncepcija rješenja prikazani su u Poglavlju Tehnički opis
- 4) primijenjena je razina sigurnosti u skladu sa značenjem zahvata i uobičajenom inženjerskom praksom.

## 5.3 MJERE OSIGURANJA KVALITETE IZVEDBE

### 5.3.1 PRIPREMNE RADNJE

Pripremni radovi obuhvaćaju izradu plana rada i plana organizacije gradilišta. Plan rada treba sadržavati organizaciju i opremu gradilišta, dinamiku izvođenja, te popis mehanizacije i tehničkih karakteristika opreme. Planom organizacije gradilišta uređuje se organizacija transporta i deponiranja materijala potrebnog za rad. Plan rada i organizacije gradilišta daje se na uvid Nadzornom inženjeru koji može tražiti njegovu izmjenu uz pismeno obrazloženje. Da bi se upoznali uvjeti na terenu, Izvođač radova treba obići lokaciju objekta. Pitanju pristupa lokaciji, uređenju radilišta, kao i kretanju po samom radilištu treba posvetiti posebnu pažnju.

### 5.3.2 IZVOĐAČ

Izvođač radova mora posjedovati zakonom tražene ateste o svojstvima za materijale koji se ugrađuju te ih zajedno sa nalazima ostalih kontrola treba dostavljati nadzornom inženjeru radi praćenja kvalitete i sigurnosti radova. Nadzorni inženjer nadalje prema dogovoru i potrebi dobivene podatke dostavlja projektantu. Ukoliko svojstva materijala ne zadovoljavaju projektom tražene uvjete, njihova upotreba i ugradnja nije dozvoljena bez odobrenja Projektanta.

### 5.3.3 PROJEKTANSKI NADZOR

Projektantski nadzor obavlja projektant. Nakon uvida u Projekt organizacije i tehnologije građenja odredit će se dinamika projektantskog nadzora. U sklopu projektantskog nadzora će se rješavati detalji izvedbe koji ovise o tehnologiji pojedinog izvođača a nisu u potpunosti riješeni projektom.

### 5.3.4 GEOTEHNIČKI NADZOR

Geotehnički nadzor se obavlja od pripremnih radnji prije početka izvedbe pa do kraja geotehničkih elemenata zahvata. U sklopu geotehničkog nadzora obavlja se:

- obilazak gradilišta i vizualni pregled cjelokupnog područja zahvata,
- kontrola i registriranje izvedbe geotehničkih elemenata zahvata,
- ocjena podudarnosti sastava i svojstava tla u odnosu na model tla primijenjen u projektu,
- tumačenje geotehničkih elemenata projekta u dogovoru sa projektantom.

Osnovni ciljevi geotehničkog nadzora su :

- evidentiranje promjena u temeljnom tlu u odnosu na provedene istražne radove (fotodokumentiranjem),



- u slučaju nepredviđenih događaja pokretanje aktivnosti na otklanjanju štetnih utjecaja, (npr. ako se pregledom ustanovi da je grubo narušena sigurnost građevine, određuju se interventne mjere, sastavlja se izvještaj i obavještavaju projektant i glavni nadzornim inženjer).

Redovni vizualni pregledi obavljaju se u skladu sa dinamikom radova, a barem dva puta tjedno. Izvanredni vizualni pregledi obavljaju se prema potrebi (npr. nakon velikih kiša, promjena stanja u okolini i sl.).

Osnovni podaci o obavljenom geotehničkom nadzoru unose se u Građevinski dnevnik.

## 5.3.5 PRIPREMNI RADOVI

### 5.3.5.1 Iskolčenje i osiguranje iskolčenja

Za cijelo vrijeme građenja izvoditelj mora trajno kontrolirati ispravnost prethodno izvršenog iskolčenja. Kontrolira se ispravnost iskolčenih osi građevine, osiguranje svih točaka, postavljenih poprečnih profila, repera i poligonskih točaka.

Izvoditelj je u potpunosti odgovoran za očuvanje i za zaštitu svih geodetskih iskolčenja, oznaka i osiguranja na području izvođenja radova. Dođe li do oštećenja ili do uništenja pojedinih točaka, njihovih osiguranja, repera, pokosnih letava, obveza je izvoditelja da odmah o tom obavijesti nadzornog inženjera. U najkraćem roku izvoditelj mora o svom trošku obaviti popravak nastalih oštećenja ili obnovu. Nadzorni će inženjer provjeriti svaki takav popravak ili obnovu. U posebnim slučajevima nadzorni inženjer ima pravo ponovno postavljanje uništenih točaka povjeriti i drugom poduzeću, i to na trošak izvoditelja.

Pri građenju nasipa, nasutih brana i sličnih zemljanih konstrukcija, iskolčenja osi treba u načelu obnavljati na svaki 1,0-1,5 m izvedene visine. Izvoditelj mora u spomenutim visinskim intervalima iskolčiti i granice različitih materijala.

Svaku moguću promjenu projekta mora izvoditelj provesti na terenu. U skladu s tim izvoditelj će izvršiti sva potrebna iskolčenja, provesti osiguranja osi građevina i drugih točaka te na postavljenim poprečnim profilima. Sve promjene izvoditelj će ucrtati u nacрте osiguranja osi građevina. Izvoditelj je obvezan dati nadzornom inženjeru na uvid sve podatke o iskolčenima zbog promjena u projektu.

#### Opis radova

Iskolčenje osi trase ili građevina obuhvaća sva geodetska mjerenja kojima se podatci iz projekta prenose na teren. Ovi radovi uključuju:

- iskolčenje osi trase ili građevina;
- iskolčenje projektiranih poprečnih profila;
- osiguranje iskolčenih točaka za vrijeme gradnje.

Iskolčenja točaka trase ili građevina obavlja se s referentnih geodetskih točaka klasičnim, terestričkim metodama, a tamo gdje to uvjeti dozvoljavaju, iskolčenja se mogu obavljati i satelitskim GNSS metodama te CROPOS-om.

#### Materijali

Za stabilizaciju osnovnih mreža i operativnih poligona koriste se betonski stupići s označenim središtem, plastične oznake s klinovima od bronce ili nehrđajućeg čelika te mesingana ili čelična sidra. Za obilježavanje detaljnih točaka građevina koriste se drveni kolčići, čelična ili mesingana sidra, čavli te različite boje. Način stabilizacije i održavanja referentnih geodetskih točaka određeni su pravilnicima Državne geodetske uprave.

#### Opis izvođenja radova

Nadzorni inženjer kroz elaborat iskolčenja predaje izvođaču geodetskih radova podatke o točkama geodetske osnovne mreže i operativnog poligona koje su primjereno stabilizirane u skladu s terenom na



kojemu se radovi izvode. Sve navedene geodetske točke ili mreže trebaju biti određene u važećem državnom koordinatnom sustavu, a sve u skladu s važećim geodetskim pravilnicima.

Nadzorni inženjer predaje izvođaču geodetskih radova i podatke o visinskim točkama (reperima) postavljenim duž trase, kao i određeni broj repera koji je uspostavljen kod svakog većeg objekta. Reperi moraju biti stabilizirani na čvrstom tlu, u stijeni ili u nekom drugom stabilnom objektu te označeni jasno vidljivom vodootpornom bojom i određeni u važećem državnom visinskom sustavu.

Nadzorni inženjer treba biti posebno upoznat s geodetskim radovima koji se izvode pri gradnji navedenih građevina. Izvođač geodetskih radova iskolčava os trase prema numeričkim podacima iz projekta u razmacima koji ovise o topografskim obilježjima (reljefu) terena, ali koji nisu veći od 50 m.

Iskolčenje projektiranih poprečnih profila treba obaviti prema potrebama izvođača građevinskih radova. Na zahtjev izvođača radova mogu se iskolčiti i dodati poprečni profili (međuprofilu).

Obveza je izvođača geodetskih radova obaviti iskolčenja svih građevina prema projektu i podacima iskolčenja. Prije toga izvođač geodetskih radova treba nadzornom inženjeru dati na uvid i odobrenje nacрте i podatke iskolčenja točaka u položajnom i visinskom smislu te plan osiguranja iskolčenih točaka.

Nadzorni inženjer će u roku od tri dana upisom u građevinski dnevnik potvrditi da odobrava navedenu dokumentaciju. Tek nakon tog upisa u građevinski dnevnik izvođač geodetskih radova može započeti iskolčenje građevina.

U slučaju da nadzorni inženjer ima primjedbe na dokumentaciju za iskolčenje, tada će iznijeti zahtjeve koje izvođač geodetskih radova mora ispuniti prije nego što započne s iskolčenjima građevina. Izvođač geodetskih radova dužan je iskolčavati trasu ili točke objekta, poprečne profile, obavljati osiguranje za vrijeme građenja na način primjeren uvjetima rada na gradilištu.

Poslije svakog iskolčenja izvođač geodetskih radova mora izvijestiti nadzornog inženjera o izvedenim radovima radi potrebne kontrole. To je od posebne važnosti za građevine ili njihove dijelove koji se zatrpavaju. Izvođač geodetskih radova je odgovoran za svaki propust koji je, namjerno ili nenamjerno, učinio.

Kod primopredaje trase investitor predaje izvođaču nacрте trase, i to:

- situaciju u mjerilu 1:1000 (1:2000 ili drugom) s ucrtanom osi te naznakom elemenata trase. U situaciji su, također, ucrtane referentne geodetske točke potrebne za iskolčenje;
- račun glavnih i detaljnih točaka osi trase ili objekta i profila
- popis koordinata osnovnih točaka i točaka operativnog poligona s položajnim opisima;
- popis repera s položajnim opisima;
- skicu položaja svih referentnih točaka;
- uzdužni profil trase objekta s niveletom, stacionažama i kotama najmanje na položaj svakoga poprečnog profila trase određenog u projektu.

Nakon preuzimanja iskolčenja osi ili trase građevine, izvođač geodetskih radova dužan je sve preuzete točke osigurati na način da se tijekom građenja ili po njegovom završetku navedene točke mogu obnoviti s istom kvalitetom podataka. Osim detaljnih točaka trase, odnosno drugih građevina izvođač je dužan osigurati i sve referentne točke uzduž trase vodovoda i kanalizacije ili pojedinačnih građevina.

Osiguranje točaka mora biti izvedeno na dovoljnoj udaljenosti od ruba građevine, odnosno područja radova. Osiguranje točaka se provodi kolčićima koji su istih mjera kao i kolčići za označavanje osi građevine. Osiguranje posebnih točaka trase ili građevina obavlja se letvicama poprečnog presjeka 3 x 5 cm postavljenih u obliku trokuta iznad osiguravane točke. O postupku osiguranja točaka izvođač geodetskih radova vodi zapisnik i skicu, odnosno nacרת osiguranja. Jedan primjerak nacרת osiguranja izvođač geodetskih radova predaje nadzornom inženjeru.

### **Način preuzimanja radova**

Investitor putem izvoditelja radova predaje izvođaču geodetskih radova glavni i izvedbeni projekt u



analognom i digitalnom obliku te podatke o referentnim geodetskim točkama. Nadzorni inženjer i izvođač geodetskih radova trebaju utvrditi stvarno stanje referentnih geodetskih točaka na terenu. U slučaju uništenja uspostavljenih točaka dogovorit će njihovu obnovu na teret investitora.

O svim promjenama projekta investitor, odnosno nadzorni inženjer dužni su pravovremeno informirati izvođača geodetskih radova. U slučaju da izvođač geodetskih radova nije pravovremeno informiran o promjeni projekta, troškove za dodatna geodetska mjerenja snosi investitor.

### Zahtjevi kvalitete

Točnost i pouzdanost referentnih geodetskih točaka mora biti u skladu s geodetskim Pravilnicima i normama za pojedine vrste mjerenja te u skladu sa zahtjevima za točnost izvođenja pojedinih radova, prema ovim ili Posebnim tehničkim uvjetima te zahtjevima projekta. Ukoliko nadzorni inženjer iskaže sumnju u pouzdanost izvođenja nekih radova utvrđenih projektom, može radove obustaviti. Tada je izvođač geodetskih radova, po nalogu nadzornog inženjera, dužan ponoviti mjerenja. Geodetska kontrola, u položajnom i visinskom smislu, provodi se za čitavo vrijeme građenja. Ako nadzorni inženjer nije zadovoljan kvalitetom geodetskih podataka, ima pravo sva mjerenja povjeriti drugoj stručnoj osobi, odnosno tvrtki.

### Obračun radova

Rad na iskolčenju linijskih građevina obračunava se po m duljine, a iskolčenja svih drugih građevina prema m<sup>2</sup>.

## 5.3.5.2 Izmjera stvarnog (izvedenog) stanja gotovih građevina

### Opis radova

Po završetku svih radova na linijskim i drugim objektima, a prije tehničkog prijama, izvođač je dužan po izvođaču geodetskih radova, na zahtjev investitora, obnoviti os trase, odnosno točaka objekta te svih referentnih geodetskih točaka. Napravljeni elaborat predaje se, uz zapisnik, investitoru.

I nadzorni inženjer, prije tehničkog pregleda građevine, ima pravo tražiti od izvođača radova dodatna geodetska mjerenja izgrađenog objekta.

Investitor je dužan, najkasnije na dan tehničkog pregleda dati na uvid Povjerenstvu za tehnički pregled, uz ostalu dokumentaciju propisanu Zakonom o prostornom uređenju i gradnji, na uvid i:

- elaborat iskolčenja ovjeren od strane ovlaštenog inženjera geodezije,
- geodetski situacijski nacrt izvedenog stanja (situacija) za izgrađenu građevinu kao dio geodetskog elaborata za evidentiranje građevina koji je ovjeralo tijelo državne uprave nadležno za poslove katastra, izradila fizička ili pravna osoba registrirana za obavljanje te djelatnosti po posebnom propisu.
- Popis koordinata lomnih točaka građevine čestice, odnosno obuhvata zahvata u prostoru te jedne ili više građevine na toj čestici, odnosno tom obuhvatu predan i izrađen u GML formatu.

Sastavni dijelovi geodetskog elaborata su:

- naslovna stranica;
- geodetski situacijski nacrt stvarnog stanja (situacija) za izgrađenu građevinu sa prikazom granica građevinske (katastarske) čestice prema pravilima za prikazivanje katastarskih čestica na katastarskome planu;
- popis koordinata lomnih točaka građevine čestice, odnosno obuhvata zahvata u prostoru te jedne ili više građevine na toj čestici, odnosno tom obuhvatu predan i izrađen u GML formatu
- tehničko izvješće o elaboratu.



Detaljni sadržaj geodetskog elaborata, ovisno u koju je svrhu izrađen, dan je u Pravilniku o parcelacijskim i drugim elaboratima.

Snimak izvedenog stanja investitor naručuje u svrhu izdavanja uporabne dozvole.

Potvrđivanje elaborata za evidentiranje građevine provodi se u katastarskom operatoru nakon ishođenja uporabne dozvole pod uvjetom da je u katastarskom operatoru formirana građevinska (katastarska) čestica za građevinu koja se evidentira.

Zemljišnoj knjizi dostavlja se prijavni list i pravomoćno rješenje doneseno u upravnom postupku po službenoj dužnosti od strane katastarskog ureda.

Nadležni sud će izgrađenu građevinu upisati u zemljišne knjige ako je za tu građevinu izdana uporabna dozvola.

Investitor podnosi zahtjev za upis novoizgrađenog objekta u katastar i zemljišnu knjigu i tako legalizira izgrađeni objekt, tj. dužan je ishoditi uporabnu dozvolu.

Uporabnu dozvolu izdaje ured koji je izdao i prethodne dozvole. Izdavanju uporabne dozvole prethodi tehnički pregled građevine.

### **Kontrola kvalitete radova**

Kvaliteta, točnost i pouzdanost mjerenja mora biti u skladu s pravilnicima i normama za pojedine vrste geodetskih radova ili prema Posebnim tehničkim uvjetima.

Ovjerom elaborata od tijela državne uprave nadležnog za poslove katastra potvrđuje se da je elaborat u skladu sa svim geodetskim pravilima i normama.

### **Obračun radova**

Uobičajeno je obračun geodetskih radova iskazivati po m<sup>2</sup>, odnosno hektaru (ha), a kod linijskih građevina obračun može biti po m<sup>1</sup>.

### **5.3.5.3 Sječa i krčenje drveća i raslinja u zoni zahvata**

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer preuzima svaku fazu radova posebno, o čemu vodi evidenciju. Nakon završetka radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova. Vizualno se ocjenjuje kvaliteta radova, ravnost i usklađenost s projektom. U cijenu su uključeni i svi troškovi odvoza korisnog drveta na udaljenost do 20 km prema nalogu investitora.

Svi radovi na čišćenju terena se izvode u skladu sa projektom, propisima, ovim programom kontrole i osiguranja kakvoće (PKOK), projektom organizacije građenja (POG), zahtjevima nadzornog inženjera i poglavljem 13-03 OTU-a za radove u vodnom gospodarstvu.

#### **5.3.5.3.1 Sječenje i skupljanje šiblja do Ø 10 cm**

Sječenje raslinja obavlja se sječenjem istog što bliže tlu i ručnim izvlačenjem na udaljenost do 50 m.

Kontrola se obavlja vizualno nakon izvlačenja raslinja i odvoza sa gradilišta.

Obračun se vrši prema m<sup>2</sup> iskrčene površine mjerenjem na terenu.

Strojno sječenje raslinja do promjera Ø 10 cm

Strojno sječenje raslinja do Ø 10 cm motornim pilama obavlja se sječenjem istog što bliže tlu, kresanjem sitnih grana i ručnim izvlačenjem van mjesta rada na udaljenost do 50 m. Krupnije raslinje se reže na 1 m dužine i slaže kao drvo za ogrjev ili u druge svrhe, a sitnije grane privremeno deponiraju.



Ručno sječenje raslinja do promjera  $\varnothing$  10 cm

Ručno sječenje raslinja do  $\varnothing$  10 cm sjekirama izvodi se udarcima što bliže tlu, najčešće na nepristupačnom terenu gdje nije moguć rad motornim pilama. Porušeno raslinje se izvlači van mjesta rada, krešu se sitne grane, deponiraju u privremene deponije na udaljenosti do 50 m i uklanjaju. Krupne grane i stabla se režu na dužinu 1 m, slažu i odvoze sa gradilišta.

### 5.3.5.3.2 Sječenje stabala motornom pilom $\varnothing$ 10 – 30 cm i veća

Stabla  $\varnothing$  10 – 30 cm i veća, se sijeku motornim pilama što bliže tlu. Nakon rušenja stabla sitne grane se krešu ručno te izvlače van mjesta rada na udaljenost do 20 m i uklanjaju. Debla i krupne grane se režu na dužinu od 1 m, izvlače na udaljenost 50 m van mjesta rada i slažu u pravilne hrpe i odvoze sa gradilišta (odvoz korisnog drveta na udaljenost do 20 km prema nalogu investitora).

Tijekom radova motornom pilom radnici su dužni:

poznavati i pridržavati se obveznih sigurnosnih propisa za rad motornom pilom;

- I. rabiti osobnu zaštitnu opremu;
- II. održavati motor, lanac i vodilicu motorne pile na odgovarajući način;
- III. poznavati radnu tehniku sječe i rušenja stabala;
- IV. poznavati osnove prve pomoći u slučaju ozljeđivanja suradnika.

Kada se debla prevoze na veće udaljenosti, tada se režu na dužinu 4-6 m. Tada ih je potrebno kamionskim dizalicama tovariti u kamione i odvesti sa gradilišta.

Stabla  $\varnothing$  10 – 30 cm i veća treba posjeći što bliže tlu. Kontrola izvođenja se obavlja vizualno nakon sječenja i uklanjanja sa gradilišta.

Obračun se vrši prema komadu posječenih stabala brojanjem na terenu prije same sječe.

### 5.3.5.4 Strojno vađenje panjeva

Rad predviđa strojno vađenje panjeva promjera  $\varnothing$  10-30 cm i većih, otkopavanjem bagerima ili vađenjem dozerom sa riperima te njihovim sakupljanjem van mjesta rada na udaljenosti do 30 m.

Panjevi  $\varnothing$  10-30 cm i veći mogu se vaditi otkopavanjem bagerima. Otkopava se zemlja oko panja sve dok nije moguće potezanjem bagerske lopate ili posebnog alata iščupati panj iz zemlje.

Panjevi se mogu vaditi i potezanjem riperima ili nožem dozera.

Strojno vađenje panjeva  $\varnothing$  10-30 cm i većih treba izvesti tako da se uz panjeve izvadi i veći dio žilja. Prije početka rada panjeve koji se vade treba vidno označiti. Deponiranje je potrebno obaviti sa što manje zemljanog materijala na panju. Kontrola se obavlja vizualno tijekom rada i nakon završetka vađenja.

Rad obuhvaća i zatrpavanje udubljenja od izvađenih panjeva koja nisu pokrivena stavkom uređenje temeljnog tla.

Obračun se vrši po komadu izvađenog panja brojanjem i označavanjem na terenu prije vađenja.

### 5.3.5.5 Deponiranje / kontroliranje zbrinjavanje panjeva i nekorisne drvene mase od posječenih stabala

Rad obuhvaća čišćenje i uklanjanje sveg nepotrebnog materijala zaostalog nakon izvedenih radova uklanjanja grmlja, sječe stabala i vađenja panjeva. Stavka obuhvaća utovar i prijevoz nekorisne drvene mase





i panjeva do nalazišta materijala na udaljenosti do 15 km i sve troškove deponiranja u nalazištu materijala. Panjeve strojno zakapati u nalazište materijala s minimalnim nadslojem od 60 cm.

Obračun radova se vrši po m<sup>3</sup> deponirane drvene mase.

## 5.3.6 ZEMLJANI RADOVI

### 5.3.6.1 Uklanjanje humusa

Ispod svake građevine otklanja se humusni sloj zemlje. Preporučljiva dubina skidanja humusa ja cca 20 cm što dakako uvelike ovisi o strukturi tla gdje se humus skida (priloženo u tablicama obračuna količina). Skinuti sloj humusa i ostali dio iskopane zemlje treba deponirati na samom gradilištu. Višak zemlje odvozi se na trajnu deponiju. Lokalno deponiranu zemlju kasnije koristimo za humusiranje i zatravljenje terena.

#### Opis rada

Rad obuhvaća površinski iskop humusa raznih debljina i njegovo prebacivanje na privremena ili stalna odlagališta. Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, planom osiguranja kvalitete, zahtjevima nadzornog inženjera i ovim uvjetima.

#### Izrada

Zbog svojih svojstava humus pod opterećenjem znatno mijenja obujam, a pri promjenama količine vode osjetno mu se smanjuje nosivost, tako da nije pogodan kao građevni materijal i mora ga se odstraniti.

Humus se iskopava isključivo strojno, a ručno jedino tamo gdje to strojevi ne bi mogli obaviti na zadovoljavajući način. Šiblje se mjestimično može odstraniti zajedno s humusom, ali se od njega mora odvojiti prije upotrebe humusa pri humusiranju kosina nasipa ili usjeka.

Odguravanje humusa u odlagalište mora se obavljati tako da ne dođe do miješanja s ne humusnim materijalom. Ako postoji višak humusa, potrebno je prethodno predvidjeti lokaciju i oblik odlagališta za njegovo odlaganje.

Prilikom iskopa humusa, ne smije se dopustiti duže zadržavanje vode na tlu jer bi ga ona prekomjerno razvlažila. Stoga tijekom iskopa treba voditi računa o tome da je omogućena stalna poprečna i uzdužna odvodnja. Vodu treba odvesti izvan nasipa priključkom na neki odvodni jarak, potok ili prirodnu depresiju.

Površine na kojima je nakon iskopa humusa predviđena izrada nasipa potrebno je odmah urediti i zbiti.

Identifikacija humusnog sloja obavlja se na osnovi mirisa, boje, sastojaka biljnih i životinjskih ostataka koji podliježu procesima razlaganja kao i količine ukupnih organskih tvari. Ako humusni, nije moguće jasno odijeliti vizualnim načinom, debljina humusnog sloja određuje se na osnovi laboratorijskog ispitivanja organskih tvari (HRN U.B1.024). Ako nije drukčije određeno, humusnim slojem smatra se površinski sloj sraslog tla u kojem je količina organskih tvari veća od 10 mas. %.

#### Obračun rada

Rad se mjeri u kvadratnim metrima (m<sup>2</sup>) površine stvarno iskopanog humusa, a plaća po ugovorenim jediničnim cijenama koje uključuju iskop humusa, svi utovari istovari, odvoz na deponiju s razastiranjem i planiranjem te plaćanjem naknade za korištenje deponije kao i sve ostalo prema opisu uključeno je u jediničnu cijenu stavke, ako nije specificirano drugačije.





### 5.3.6.2 Široki iskop

#### Opis rada

Ovaj rad obuhvaća široke iskope koji su predviđeni projektom, planom osiguranja kvalitete ili zahtjevom nadzornog inženjera, a to su: iskopi usjeka, zasjeka, nalazišta, iskopi radi korekcija vodotoka i regulacija rijeka, iskopi kod devijacije pruge, cesta i prilaznih putova, kao i široki iskopi pri gradnji objekata (mostova, pothodnika, nadvožnjaka, podvožnjaka, propusta). Rad uključuje i utovar iskopanog materijala u prijevozna sredstva, prijevoz i istovar na deponiju te plaćanje naknade za njeno korištenje, uređenje i sanaciju deponije. Iskop se obavlja prema visinskim kotama iz projekta, te propisanim nagibima kosina, a uzimajući u obzir geomehanička svojstva tla i zahtijevana svojstva za namjensku upotrebu iskopanog materijala, u skladu s ovim uvjetima.

Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, planom osiguranja kvalitete, zahtjevima investitora i nadzornog inženjera te ovim uvjetima.

#### Izrada

Izbor tehnologije rada kod širokog iskopa ovisi o:

- predviđenim objektima
- vrsti tla,
- mogućnostima primjene određene mehanizacije za iskop i prijevoz,
- visini i dužini zahtijevanog iskopa,
- količini tla koje treba iskopati,
- prijevoznim dužinama,
- rokovima završetka iskopa, odnosno rokovima dovršetka građevine,
- važnosti pojedinog iskopa za dinamiku rada na građevini,
- ekonomičnosti iskopa.

Koristeći se navedenim elementima, kao i drugim okolnostima koje mogu utjecati na izbor tehnologije rada, izvođač će, držeći se odgovarajućih važećih propisa i normi, izabrati optimalnu tehnologiju za iskop.

Iskop se može izvesti na jedan od ovih načina ili njihovom kombinacijom:

- iskop u punom profilu s čela,
- iskop usjeka (zasjeka) sa strane,
- iskop u uzdužnim slojevima,
- iskop s uzdužnim prosjekom.

Sve iskope treba obaviti prema predviđenim visinskim kotama i propisanim nagibima po projektu, odnosno po zahtjevima nadzornog inženjera. Pri izradi iskopa treba provesti sve mjere sigurnosti pri radu i sva potrebna osiguranja postojećih objekata, infrastrukturnih vodova i potrebnih komunikacija.

Pri radu na iskopu treba paziti da ne dođe do potkopavanja ili oštećenja projektom predviđenih pokosa uslijed čega bi moglo doći do klizanja i odrona. Izvođač je dužan svaki mogući slučaj potkopavanja ili oštećenja pokosa odmah sanirati prema uputama nadzornog inženjera i za to nema pravo tražiti odštetu ili naknadu za višak rada ili nepredviđeni rad. Široki iskop treba obavljati prema odabranoj tehnologiji upotrebom odgovarajuće mehanizacije i drugih sredstava, a ručni rad ograničiti na nužni minimum. Ručni iskop se predviđa u području infrastrukturnih vodova.



### 5.3.6.2.1 Iskop u materijalu kategorije "C"

Pod materijalom kategorije "C" podrazumijevaju se svi materijali koje nije potrebno minirati, nego se mogu kopati izravno, upotrebom pogodnih strojeva - buldožerom, bagerom, ili skrejperom. U ovu kategoriju spadala bi:

- sitnozrnata vezana (koherentna) tla kao što su gline, prašine, prašinate gline
- (ilovače), pjeskovite prašine i les,
- krupnozrnata nevezana (nekoherentna) tla kao što su pijesak, šljunak odnosno
- njihove mješavine, prirodne kamene drobine - siparišni ili slični materijali,
- mješovita tla koja su mješavina krupnozrnatih nevezanih i sitnozrnatih vezanih materijala.

U materijalima ove kategorije iskop se obavlja izravno strojevima. Ako je iskopani materijal osjetljiv na atmosferske utjecaje, pa se prilikom iskopa takvi materijali moraju odmah utovariti, prevesti i ugraditi u nasipe ili odvesti na deponiju. Svi iskopi moraju se izvesti prema profilima, kotama i nagibima iz projekta, vodeći računa o svojstvima i upotrebljivosti iskopanog materijala u određene svrhe.

Materijali iz širokog iskopa mogu biti različitog sastava, pa poprečna i uzdužna odvodnja mora biti u svim fazama rada besprijekorno riješena. Sva voda mora se odvesti izvan trupa nasipa u pogodne recipijente. Otežani rad kao i zamjena vodom prezasićenog miješanog materijala, čiji su uzroci nepravilan rad i loša odvodnja, neće se posebno plaćati. Za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svih radova na projektu, izvođač je dužan brinuti se o tome da zbog moguće nepravilne odvodnje ne dođe do oštećenja izrađenih pokosa i da se ne ugrozi njihova stabilnost prije ozelenjivanja i predaje objekta na upotrebu. Nagib radnih pokosa pri iskopu je u granicama 1:1 za nevezana krupnozrnata tla do 2:1 za sitnozrnata vezana koherentna tla. Kako materijale dobivamo iskopom u plitkim zemljanim usjecima ili zasjecima, količina vlage obično im je visoka, a mogu sadržavati i veliku količinu organskih tvari, potrebno je provesti ispitivanja pogodnosti materijala prije ugradnje. Ako se ispitivanjima utvrdi da materijali nisu za ugradnju, nadzorni će inženjer odrediti mjesto odlaganja tog materijala. Takvi materijali se najčešće upotrebljavaju za zatrpavanje kanala i depresija, izvan područja konstrukcije.

Ako se iskopaju veće količine materijala od projektiranih ili odobrenih od nadzornog inženjera, tj. nastale pogreškom izvođača, ne plaćaju se.

#### Obračun rada

Rad se mjeri u kubnim metrima (m<sup>3</sup>) stvarno iskopanog materijala u sraslom stanju. U jediničnu cijenu uračunani su svi radovi na iskopu materijala s utovarom u prijevozna sredstva, odvozom i istovarom viška materijala na deponiju, troškovi privremenog i trajnog deponiranja te radovi na uređenju i čišćenju pokosa od labilnih blokova i rastresitog materijala, planiranje iskopanih i susjednih površina, te izvođač nema pravo zahtijevati bilo kakvu dodatnu naknadu za taj rad.

### 5.3.6.3 Iskop stepenica

#### Opis rada

Rad obuhvaća iskope stepenica na nagnutim temeljnim tlima u svim kategorijama materijala, s utovarom, prijevozom i istovarom na deponiju te plaćanje naknade za njeno korištenje, uređenje i sanaciju deponije, prema profilima i mjerama danim u projektu ili po odredbi nadzornog inženjera.

Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, planom osiguranja kvalitete, zahtjevima nadzornog inženjera i ovim uvjetima.

#### Izrada

Sav se rad na iskopu stepenica obavlja upotrebom odgovarajuće mehanizacije. Iznimno, manji se dio rada može obaviti ručno, no takav rad treba svesti na najmanju mjeru. Na nagnutim terenima, za stabilno



nalijeganje nasipa na temeljno tlo odnosno na trup postojećeg kolosijeka, stepenice se rade kod svih nagiba većih od 20°.

Širina stepenica može biti od min. 1 m ili više s međurazmakom. Visina stepenica je do max. 1,5 m. Stepenice moraju u smjeru nizbrdo imati nagib od 5%. Kosina zasjeka stepenica iznosi 2:1 ili blaže.

Temeljno tlo mora na stepenicama imati traženu zbijenost, ovisno o vrsti tla i visinskom položaju.

### Obračun rada

Iskop stepenica mjeri se po stvarno iskopanoj količini sraslog tla, u kubnim metrima (m<sup>3</sup>). Iskop stepenica plaća se po kubnom metru iskopanog tla po jediničnim cijenama u koje je, osim iskopa, uključen odvoz i istovar viška materijala na deponiju te potrebno oblikovanje ploha na padini i u temeljnom tlu.

Za višak iskopa, koji nije iskazan projektom ili odobren od nadzornog inženjera, troškove plaća izvođač.

### 5.3.6.4 Iskopi za temelje i građevne jame

#### Opis rada

Rad obuhvaća iskope za temelje širine do 2 m i građevne jame za objekte šire od 2 m, raznih dubina, u zemljanom materijalu. Iskopi se rade točno po mjerama i profilima te visinskim kotama iz projekta.

Sav rad na iskopu mora biti obavljen u skladu s posebnim geotehničkim projektom, propisima, planom osiguranja kvalitete, planom izvođenja radova, zahtjevima nadzornog inženjera i ovim uvjetima.

U rad na iskopu se ubrajaju i dodatni poslovi na sabiranju i crpljenju oborinskih, podzemnih ili izvorskih voda, vertikalni prijenos iskopanog materijala potrebnog za nasipavanje oko gotovog temelja i odvoz na odlagalište viška iskopanog materijala.

Radovi na izradi zaštite građevinske jame (talpe, žmurje, piloti, itd.) nisu predmet ovog poglavlja. Obrađeni su u geotehničkim radovima.

#### Opis izvođenja radova

Metode iskopa građevne jame definirane su ovisno o sljedećim okolnostima:

- vrsta materijala u kojem se izvodi iskop,
- položaj dna iskopa u odnosu na razinu vode,
- ukupna dubina iskopa od površine terena,
- položaj susjednih građevina.

Pri iskopu treba provesti sve mjere zaštite na radu i sva potrebna osiguranja postojećih objekata i komunikacija.

Posebno treba paziti da prilikom iskopa ne dođe do potkopavanja ili oštećenja projektom predviđenih pokosa kako ne bi došlo do klizanja pokosa ili odrona. Izvoditelj je dužan svaki slučaj potkopavanja ili oštećenja pokosa odmah sanirati prema uputama nadzornog inženjera ili za složenije slučajeve prema projektu sanacije.

Iskop se obavlja strojno upotrebom odgovarajuće mehanizacije i drugih sredstava prema odabranoj tehnologiji, a iznimno manji dio rada se može obavljati ručno tamo gdje se ne može raditi strojevima.

Iskopani materijal treba odbacivati od stjenki i ruba iskopa na potrebnu sigurnu udaljenost zbog opasnosti od urušavanja, te ga razvrstati po upotrebljivosti za nasipavanje oko temelja, za ugradnju u nasipe ili za prijevoz na odlagalište.

Ako je dno građevne jame u nevezanom materijalu treba ga neposredno prije izrade temelja ili objekta urediti nabijanjem. Ako je dno temeljne jame u vezanom (koherentnom) materijalu i ako je došlo do raskvašenja ili oštećenja dna potrebno je neposredno prije izrade temelja ili objekta napraviti zamjenu



materijalu ili na drugi odgovarajući način urediti oštećeni dio tla.

Ako je krivnjom izvoditelja došlo do prekopa dna građevne jame izvoditelj je dužan zamijeniti nedostajući materijal prema odredbama nadzornog inženjera odnosno u skladu s projektnim zahtjevima.

Iskope za temelje treba obavljati prema izvedbenim nacrtima projekta temeljenja.

Ako nije drukčije predviđeno geotehničkim elaboratom ili projektom, iskope za temelje treba pregledati specijalist - geomehaničar (po potrebi i geolog) i/ili nadzorni inženjer te utvrditi da li materijali u iskopu odgovaraju predviđenima u geotehničkom elaboratu (projektu) i upisom u građevni dnevnik odobriti daljnju izgradnju.

Građevne jame treba oblikovati prema projektu. Ako je projektom predviđeno podgrađivanje, a tijekom rada nastanu okolnosti koje iziskuju promjenu načina razupiranja, izvođač o tome treba obavijestiti nadzornog inženjera.

Ako se pri iskopu pojavljuju prepreke kao što su kabeli, kanali, drenaže, ostaci objekata, izvođač je dužan o tome obavijestiti nadzornog inženjera koji odlučuje na koji će način izvođač odstraniti ili osigurati takve prepreke, poštujući sve propise i upute vezane za njihovo djelovanje i upravljanje.

Ako se prilikom iskopa obavlja i crpljenje vode, onda se to treba raditi tako da se ne smanji zbijenost tla ili da se ne odnose sitnije čestice. Radi smanjenja brzine i količine dotoka vode, izrađuje se žmurje od dasaka, betonskih ili čeličnih talpi sa žljebovima.

Pri iskopu treba primijeniti sigurnosne mjere radi zaštite pokosa, što je dužnost izvođača.

### **Način preuzimanja izvedenih radova**

Prije početka radova potrebno je izraditi prethodnu geodetsku snimku. Nakon izvedenih radova potrebno je izraditi završnu geodetsku snimku.

Prije početka radova i tokom radova nadzorni inženjer kontrolira radove o čemu vodi evidenciju. Nakon završetka radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova, te usklađenost s projektom.

### **Obračun radova**

Rad se obračunava kubnim metrima (m<sup>3</sup>) po stvarno obavljenom iskopu u sraslom stanju prema mjerama iz projekta ili odredbama nadzornog inženjera. Mjeri se od gornjeg ruba do dna iskopa, pri čemu se uzimaju u obzir i kategorije tla.

Dubine se mjere od prosječne kote terena na obodu građevne jame koja se smatra ishodišnom razinom za određivanje dubine iskopa. Mjeri se i iskop za potrebni radni prostor. Ako projektom nije drukčije određeno, kada se građevna jama za temelj podgrađuje, izvoditelju se priznaje iskop za radni prostor širine 50 cm koji se računa kao svijetli razmak između oplata građevne jame i oplata temelja.

U jediničnoj cijeni sadržan je sav rad potreban za izradu iskopa temelja građevnih jama, tj. iskopi, potrebna razupiranja, oplata, sva odvodnja, vertikalni prijenos i privremeno odlaganje iskopanog materijala, njegov utovar u prijevozna sredstva, prijevoz na određena mjesta i istovar, kao i uređenje i čišćenje terena poslije završetka ovih poslova, a sve prema opisu iz ovog poglavlja, pa izvoditelj nema pravo zahtijevati bilo kakve dodatne naknade. U cijenu je uključen i odvoz i istovar viška materijala na deponiju te troškovi privremenog i trajnog deponiranja. Ako nije drukčije ugovoreno pregledi iskopa s upisom u građevni dnevnik trošak su izvoditelja.



### 5.3.6.5 Uređenje temeljnog tla mehaničkim zbijanjem

Ovaj rad obuhvaća sve radove na mehaničkom zbijanju, koji se moraju obaviti kako bi se sraslo tlo osposobilo da bez štetnih posljedica preuzme opterećenje od nasipa, zaštitnog sloja i prometno opterećenje.

Rad mora biti obavljen u skladu s projektom, propisima, planom osiguranja kvalitete, zahtjevima nadzornog inženjera i ovim uvjetima.

#### Izrada

Kod vezanih tala temeljno se tlo uređuje tek pošto je uklonjen sav humus prema projektu, odnosno odredbi nadzornog inženjera. Temeljno to se uređuje i poravnava prema projektiranim kotama, uzdužnim i poprečnim nagibima. Tlo s kojeg je skinut humus treba prije svega dovesti u stanje vlažnosti koje omogućuje optimalni utrošak energije zbijanja. To se postiže vlaženjem ili rahljenjem i sušenjem tla. Tek kada materijal postigne optimalnu vlažnost po standardnom Proctorovu postupku (HRN U.B1.038), pristupa se zbijanju.

Kod materijala osjetljivih na vodu, veliku pažnju treba posvetiti očuvanju temeljnog tla od prekomjernog vlaženja. Tehnologiju i dinamiku rada treba podesiti tako da se, ako vlažnost dopusti, temeljno tlo zbije odmah nakon skidanja humusa. Za vrijeme građenja mora biti osigurana odvodnja temeljnog tla.

Zbijanje temeljnog tla obavlja se prema odabranoj tehnologiji, odgovarajućim sredstvima za zbijanje, ovisno o vrsti vezanog tla.

#### Kontrola kakvoće

Propisi na osnovi kojih se kontrolira kakvoća materijala u temeljnom tlu:

- HRN U.B1.010/79 Uzimanje uzoraka tla
- HRN U.B1.012/79 Određivanje vlažnosti uzoraka tla
- HRN U.B1.014/68 Određivanje specifične težine tla
- HRN U.B1.016/68 Određivanje zapreminske težine tla
- HRN U.B1.018/80 Određivanje granulometrijskog sastava
- HRN U.B1.020/80 Određivanje granica konzistencije tla.
- HRN U.B1.024/68 Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla
- HRN U.B1.038/68 Određivanje optimalnog sadržaja vode

#### Tekuća ispitivanja

Ova ispitivanja obuhvaćaju određivanje stupnja zbijenosti u odnosu na standardni Proctorov postupak ( $D_{pr}$ ) ili određivanje modula stižljivosti ( $M_s$ ) kružnom pločom Ø30 cm (ovisno o vrsti materijala). Radi se najmanje jedno ispitivanje na svakih 500 m<sup>2</sup> uređenog temeljnog tla.

Posebnim tehničkim uvjetima, kao sastavnim dijelom projekta, projektant može odrediti i veću gustoću ispitivanja od navedenih.

#### Kontrolna ispitivanja

Vrste ovih ispitivanja iste su kao kod tekućih ispitivanja, a njihov broj ovisi o materijalima, stanju vlažnosti tla i slično. Minimalni je broj ovih ispitivanja jedno ispitivanje na svakih 2000 m<sup>2</sup> uređenog temeljnog tla.

#### Obračun radova

Rad se mjeri i obračunava po kvadratnom metru stvarno uređenog temeljnog tla.

Plaća se po ugovorenim jediničnim cijenama u koje je uračunano čišćenje, planiranje, eventualno rijanje tla radi sušenja, vlaženja i zbijanja, tj. potpuno uređenje temeljnog tla.



### 5.3.6.6 Ugradnja geotekstila

Ugradnjom netkanog razdjelnog geotekstila u tlo osigurava se separacija ugrađenih slojeva. Hidrauličke funkcije geotekstila (filtriranje i dreniranje) povećavaju posmičnu otpornost. Spojevi geotekstila se rješavaju strojnim šivanjem ili preklapanjem u minimalnoj duljini 20 cm.

#### Zahtjevi na proizvođača materijala i materijal

Geotekstil mora biti proizveden od proizvođača koji je certificiran po EN ISO 9001 (ili jednakovrijednim normama). Svojstva razdjelnog geotekstila dana su u tablici:

SVOJSTVO	NORMA ili jednakovrijedna	zahtjev
Površinska masa (g/m <sup>2</sup> )	EN ISO 9864	≥ 300 g/m <sup>2</sup>
Vlačna čvrstoća u uzdužnom smjeru	EN ISO 10319	≥ 25,0 kN/m
Vlačna čvrstoća u poprečnom smjeru		≥ 25,0 kN/m
Izduženje uzdužni smjer	EN ISO 10319	60%
Izduženje poprečni smjer		60%
Debljina	EN ISO 10319	2,5 mm
Otpornost na CBR proboj	EN ISO 12236	≥ 4500 N
minimalno vrijeme otpornosti na izloženost UV	EN ISO 20432	15 dana

Izvođač je dužan pribaviti odgovarajuće tehničke podatke o netkanom tekstilu od proizvođača, s navedenim područjima primjene i uputama o načinu spajanja.

Prije ugradnje geotekstila treba ukloniti veće neravnine kako bi se geotekstil ugradio na ravnu, odgovarajuće pripremljenu plohu. Spojeve geotekstila treba izvesti šivanjem. Pri spajanju geotekstila šivanjem potrebno je izvesti preklop u širini najmanje 20 cm materijala. Šivanje se obavlja posebnim strojevima, a šav mora biti udaljen od ruba trake minimalno 5-10 cm

Izvođač se prilikom šivanja geotekstila mora pridržavati sljedećeg:

- napetost konca prilikom šivanja mora biti dovoljno velika da stisne geotekstil koji se spaja, ali ne prevelika da ga ne reže;
- gustoća uboda ne može biti manja od 1 uboda na 1 cm;
- ako jednostruki spoj nije dovoljno čvrst može se primijeniti dvostruki ili trostruki konac u jednom ubodu;
- ovisno o traženoj čvrstoći spoja, šivanje se može obaviti u jednom, dva ili tri reda;
- ovisno o traženoj čvrstoći spoja, mogu se primjenjivati različiti tipovi uboda.

#### Zahtjevi kakvoće

Netkani geotekstil treba položiti tako da bude dobro i jednoliko napet u uzdužnom i poprečnom smjeru. Zbog toga se rubovi netkanog geotekstila moraju učvrstiti željeznim spojnicama promjera 5-8 mm ili pomoću drvenih klinova na razmacima od dva metra.

Spajanje pojedinih razastrtih traka netkanog geotekstila treba obaviti u uzdužnom i poprečnom smjeru pomoću željeznih spojnica ili drvenih klinova s preklopom traka od 10 - 20 cm, odnosno šivanjem odgovarajućim strojem ili zavarivanjem pomoću plamenika.

Kod spajanja šivanjem ili zavarivanjem, čvrstoća spoja na kidanje treba biti ista kao čvrstoća netkanog geotekstila, što treba dokazati ispitivanjem.





Kada je geotekstil položen na tlo, ne dozvoljava se prijelaz građevinskih strojeva, kamiona i drugih vozila preko njega.

Netkani geotekstil se ne smije polagati na smrznuto tlo, niti za vrijeme dok pada kiša ili prije opasnosti od nje.

Rad treba organizirati tako da se razastre samo toliko površine netkanog geotekstila koja će se istog dana prekriti nasipnim slojem.

Na podlogu geotekstila se nasipava i zbija takav materijal kako je određeno projektom ili uputama Nadzornog inženjera. Debljina prvog sloja nasipa mora biti dovoljna da zaštiti geotekstil od rada strojeva, a ni u kojem slučaju ne može biti manja od 30 cm. Izvođač mora koristiti takve strojeve i sredstva za nabijanje koja ne oštećuju geotekstil. Na oštećenim mjestima Izvođač je obavezan provesti odgovarajući popravak na svoj trošak. Izvođač mora rad na izgradnji i zbijanju nasipa obaviti tako da ne izazove efekt pregnječenja tla u podlozi geotekstila. Sve štete izazvane pregnječenjem tla padaju na teret Izvođača.

Rad na mora biti obavljen u skladu sa projektom, propisima, ovim programom kontrole i osiguranja kakvoće (PKOK), projektom organizacije građenja (POG), zahtjevima nadzornog inženjera, poglavljem 3-03.1 i 3-04.1 OTU-a za radove u vodnom gospodarstvu.

### **Tekuća ispitivanja**

Netkani geotekstil ispituje se prema propisanim zahtjevima, i to minimalno jedan uzorak na 10000 m<sup>2</sup>.

Kakvoća spojeva kontrolira se ispitivanjem aksijalne čvrstoće na kidanje i izduženje kod sloma, prema tablici, na jednom uzorku izrezanom iz jednog mjesta spajanja traka netkanog geotekstila. Obavlja se na svakih 10000 m<sup>2</sup>.

Nadzorni inženjer ima pravo zahtijevati veću učestalost navedenih kontrolnih ispitivanja.

### **Obračun radova**

Rad se obračunava po m<sup>2</sup> ugrađenog geotekstila.

### **5.3.6.7 Guranje, prebacivanje, utovar, prijevoz i razastiranje materijala**

Rad mora biti obavljen u skladu sa projektom, propisima, ovim programom kontrole i osiguranja kakvoće (PKOK), projektom organizacije građenja (POG), zahtjevima nadzornog inženjera i poglavljem 2-07. OTU-a za radove u vodnom gospodarstvu.

### **5.3.6.8 Zaštita pokosa primjenom humusnog materijala i travnate vegetacije**

#### **Opis radova**

Ovaj rad obuhvaća zaštitu kosih i ravnih površina vodotoka i nasipa, odnosno dna i pokosa kanala, pokosa nasipa te drugih površina koje su izložene djelovanju malih količina vode primjenom humusnog materijala i travnate vegetacije. Ova se zaštita primjenjuje za dno i pokose kanala u kojima pretežiti dio godine nema vode. U protivnom se zaštita zatravljanjem obavlja iznad jednogodišnje velike vode. Površine koje je potrebno zaštititi određuju se projektom ili prema zahtjevu nadzornog inženjera, uz suglasnost projektanta.

#### **Materijal**

Za ovu zaštitu upotrebljava se humusni materijal bez primjesa grana, korijenja, kamenih i drugih materijala koji nisu pogodni za razvoj vegetacije, smjesa travnatog sjemena i gnojivo, sve prema projektu. Vrsta i mješavina trave odabire se u ovisnosti o pedološkim svojstvima tla i klimatskim uvjetima područja zbog sigurnosti rasta vegetacije. Pri njihovu odabiru potrebno je voditi brigu i o što boljem uklapanju građevine u prirodni okoliš. Količina sjemena iznosi oko 5,1-8,0 g/m<sup>2</sup>. Ovisno o pedološkim svojstvima tla i

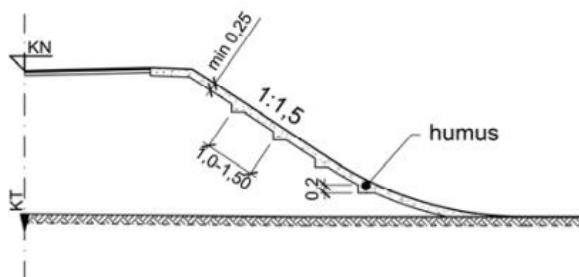


odabranom sjemenu trave, treba odabrati prikladno gnojivo. Količina gnojiva iznosi oko 80 g/m<sup>2</sup>.

### Opis izvođenja radova

Prije početka izrade ove zaštite izvođač je dužan osigurati osnovne uvjete stabilnosti površina koje se štite, prema ovim OTU-ima. Dno kanala mora biti izvedeno u skladu s projektom, propisanog uzdužnog nagiba bez lokalnih neravnina u kojima bi se zadržavala voda. Preko isplanirane površine dna i pokosa kanala, pokosa nasipa ili druge površine koju treba štiti nanosi se humusni materijal. Humusni materijal se pri zaštiti pokosa nanosi počinjući od dna prema vrhu pokosa koji je prethodno u uzdužnom smislu izbrazdan. Debljina humusnog sloja obično je određena projektom. Kada to nije slučaj primjenjuje se sloj minimalne debljine 0,25 m. Humusni se sloj planira i zbija lakim nabijačima. Po fino uređenom humusnom sloju sije se trava.

Nakon izrade humusnog sloja i nakon što je trava zasijana, zaštićene površine treba njegovati do konačnog rasta travnate vegetacije, a ako je potrebno i pokositi 1-2 puta. Primjena ove vrste zaštite kod pokosa nasipa prikazana je na slici.



Zaštita pokosa primjenom humusnog materijala i travnate vegetacije

### Zahtjevi kakvoće

Izvođač mora predočiti nadzornom inženjeru rezultate analiza o pravilnom izboru vrste trave i gnojiva, kao i rezultate kontrole kakvoće sjemena. Gotove površine zaštićene humusnim materijalom i travnom vegetacijom preuzimaju se na osnovi količine obrasle površine travom jednolike gustoće, svježije boje i zdravog izgleda. Stvarno izvedenu debljinu humusnog sloja utvrđuje nadzorni inženjer.

### Način preuzimanja izvedenih radova

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer preuzima svaku fazu radova posebno, o čemu vodi evidenciju. Nakon završetka radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova. Vizualno se ocjenjuje kvaliteta radova, ravnost površine i usklađenost s projektom, a rezultatima ispitivanja kakvoća upotrijebljenog materijala i građevnih proizvoda.

### Obračun radova

Zaštita dna i pokosa kanala, pokosa nasipa i drugih površina primjenom humusnog materijala i travnate vegetacije obračunava se u kvadratnim metrima (m<sup>2</sup>), prema stvarno izvršenim radovima. U jediničnoj cijeni sadržan je sav materijal potreban za tu vrstu zaštite i za rad opisan u ovom potpoglavlju

## 5.3.7 SANACIJA OKOLIŠA GRADILIŠTA

Pod završnim radovima podrazumijeva se uređenje okoline gradilišta tako da se, što je moguće bolje, dovede sve u prvobitno stanje. Eventualno preostali materijal iz privremene deponije treba odvesti na trajnu legalnu deponiju. Privremene objekte gradilišta treba ukloniti tako da ne ostanu vidni tragovi.



## 5.3.8 GEOTEHNIČKI RADOVI

### 5.3.8.1 Mlazno injektiranje stupnjaka

#### Opis radova

Injektiranje je kontrolirano ubacivanje materijala (obično injekcijske smjese na bazi cementa) pod tlakom u tlo ili stijenu s ciljem poboljšanja mehaničkih i fizikalnih karakteristika. Radovi se izvode prema normi Izvedba posebnih geotehničkih radova – Mlazno injektiranje – HRN EN 12716.

Kod mlaznog injektiranja posve se razbija struktura tla injektiranjem pod visokim tlakom te se čestice tla miješaju (in-situ) s vezivnim sredstvom pa nastaje homogenizirana masa poboljšanih svojstava. Struktura tla se prvenstveno razbija kod koherentnih i cementiranih materijala, dok se kod nekoherentnog tla injekcijska smjesa miješa s rastresitim materijalom, ali i utiskuje u pore tla. Tehnologija se primjenjuje kod raznih vrsta tla s raznim injekcijskim smjesama, iako se normalno koriste vodo-cementne, te vodo-cementno-bentonitne smjese. U određenim slučajevima koristi se i vapno (čisto vapno, vapno s cementom i dr.).

Danas su u primjeni tri osnovna postupka izvedbe mlaznog injektiranja:

- jednofluidni sustav (injekcijska smjesa),
- dvofluidni sustav (injekcijska smjesa + zrak, odnosno injekcijska smjesa + voda),
- trofluidni sustav (injekcijska smjesa + voda + zrak).

Ovisno o primijenjenoj tehnologiji i karakteristikama tla mogu se postići promjeri od 40 do 300 cm tlačne čvrstoće od 0,2 do 10 MPa.

Radovi na izvedbi mlaznog injektiranja sastoje se od:

- pripremnih radova i pripreme lokacije,
- iskolčenja položaja pojedinih stupnjaka,
- izvedbe mlaznog injektiranja rotacijskom tehnikom
- izvedba bušotine do predviđene dubine bez injektiranja,
- povratna operacija uključuje mlazno injektiranje pod tlakom od 200-600 bara
- ugradnja armaturnih šipki u svježe injektiran stupnjak (ako je propisano projektom),
- kontrole kvalitete ugrađenih materijala i kvalitete izvedenih radova,

Brzinom podizanja pribora i kontrolom pritiska postiže se jednoliko radijalno penetriranje injekcijske smjese u tlo. Time se u tlu formiraju valjkasta tijela znatno boljih mehaničkih karakteristika od tretiranog tla.

Veličina, odnosno promjer prodiranja u tlo ovisi prvenstveno o geotehničkim karakteristikama tla i primijenjenim pritiscima.

Tijekom izvođenja radova potrebno je za projektne parametre mlaznog injektiranja mjeriti i bilježiti potrošnju injekcijske smjese.

Projektne parametri dani su na osnovi podataka o sastavu i karakteristikama tla i prema potrebnoj kvaliteti stupnjaka, pri čemu su korišteni iskustveni računski obrasci (dijagrami) za ovakvu vrstu rada.

**U ovom projektu predviđena je upotreba jednofluidnog sustava mlaznog injektiranja.** Može se primijeniti u svim vrstama tla, pri čemu se u zbijenim tlima mogu postići promjeri do 1 m, a u u rahlim do 0,8 m.

**Početni parametri mlaznog injektiranja su:**



• tlak injektiranja	cca 500 bara
• utrošak suhe tvari injekcijske smjese po m' vertikalnog stupnjaka	260 kg
• vodocementni faktor	1:1
• broj mlaznica	2
• promjer mlaznica	2,0 mm
• Uz rad s dvije mlaznice $\phi$ 2 mm i injekcijski tlak od 500 bara odabrana smjesa (W/C = 1,0) ugrađuje se u vremenu	cca 100 l/min
• visina podizanja pribora	7 cm
• trajanje injektiranja na nekom nivou	13 sec
• minimalno dva okretaja	
• gustoća smjese	1,5 g/cm <sup>3</sup>
• očekivani promjer stupnjaka	80 cm

Visinu podizanja pribora odnosno brzine podizanja (kad se radi sa kontinuiranim dizanjem a ne u inkrementima), kao i vremena trajanja injektiranja na nekom nivou treba odrediti ovisno o opremi koja se koristi za provedbu mlaznog injektiranja (broj mlaznica, kapacitet opreme-pumpe i dr.). U slučaju da se koristi oprema koja radi po principu podizanja pribora u inkrementima uvjet rada je da imamo najmanje dva puna okreta pribora na svakom horizontu.

- Iskolčenje osi i položaja bušotina s točnošću od cca  $\pm$  5 cm.
- Lociranje bušačkog pribora u centar budućeg injektiranog stupa te bušenje kroz slojeve tla do predviđene dubine. Prilikom bušenja treba konstatirati kroz koje materijale se prolazi.
- Po dosezanju konačne dubine počinje se s mlaznim injektiranjem pri čemu će se formirati mlazno injektirano tijelo u tlu koje nazivamo stupnjak.
- Pri dnu bušačkog pribora nalaze se dvije mlaznice koje imaju otvore okomito na os bušačkog pribora. Pribor se rotira uz istovremeno injektiranje cementnom suspenzijom pod pritiskom od predvidivo 500 bara. Nakon injektiranja od predvidivo 13 s (minimalno dva puna okretaja mlaznica) pribor se podiže za 7 cm, a postupak se ponavlja sve dok se ne izvede stup u predviđenoj visini.
- Osnovni kriterij kod mlaznog injektiranja je uvjet da se po m' stupnjaka ugradi 260 kg cementa (cca 325 l injekcijske mase).

### Materijali - Injekcijska smjesa

Mlazno injektiranje izvest će se smjesama na bazi cementa. Predviđa se koristiti cement aktivnosti minimalno 450 (injekcijskih smjesa na bazi cementa PC 45). Predviđeni vodocementni faktor (w/c) je 1,0. Injekcijska smjesa je slijedećeg sastava:

- |          |         |
|----------|---------|
| • cement | 1000 kg |
| • voda   | 1000 l  |

U toku rada moguće su manje korekcije o čemu će odluku donijeti voditelj tehničkog nadzora ili projektant.

### Kontrola kvalitete

Kontrolu kvalitete materijala treba provesti u skladu s važećim propisima i normama. Izvođač radova treba posjedovati ateste o kvaliteti svih ugrađenih materijala. Kontrola kvalitete provodi se kako za komponentne materijale tako i za odgovarajuće smjese Vrsta čelika za armiranje koja se upotrebljava mora



biti sukladna odredbama norme HRN EN 13670.

#### **Laboratorijska ispitivanja injekcijske smjese obuhvaćaju:**

- prethodna ispitivanja,
- kontrolna ispitivanja.

Prethodna ispitivanja služe za određivanje recepture smjese pri čemu je potrebno provjeriti:

- fizikalna i mehanička svojstva cementa,
- protočnost,
- izdvajanje vode,
- vrijeme vezivanja,
- promjena zapremnine,
- tlačnu čvrstoću nakon 7, 14 i 28 dana.

Kontrolna laboratorijska ispitivanja obuhvaćaju ispitivanje kvalitete smjese za injektiranje:

- gustoće
- određivanje tlačne čvrstoće.

Kontrolna ispitivanja provode se na dnevnoj bazi ispitivanjem gustoće i uzimanjem uzoraka za ispitivanje tlačne čvrstoće (nakon 7 i 28 dana). Tlačna čvrstoća uzoraka nakon 28 dana treba biti najmanje 3MN/m<sup>2</sup>. Uzorak se uzima iz središnje i obodne zone injektiranog tijela tla.

#### **Kontrolni postupci koji se provode prilikom izvedbe mlaznog injektiranja:**

- brzina mlaza i količina cementa injektiranog u tlo,
- protok injekcijske smjese,
- brzine podizanja (izvlačenja) i rotacije pribora.

Podatke je potrebno bilježiti za svaki pojedini injektirani stup kako bi se kasnije po potrebi mogli analizirati uvjeti izvedbe (npr. je li koja mlaznica bila tijekom izvedbe zabrtvljena i dr.).

#### **5.3.8.1.1 Dokazivanje predviđene tehnologije izvođenja – probno polje:**

Prije početka radova na izvedbi, izvode se tri probna stupnjaka dubine 11,5 m. Za svaki probni stupnjak potrebno je promijeniti tehnologiju izvođenja (variranje tlaka, smjese, brzine izvlačenje...). Probno injektirani stupnjaci će se otkopati prilikom iskopa građevne jame, sedam dana po injektiranju, kako bi se izmjerio promjer injektiranog tijela i utvrdila kompaktnost izvedbe. Lokaciju probnog polja osigurava izvođač uz odobrenje nadzora, projektanta i investitora.

Također se uzimaju uzorci dobivenog materijala injektiranjem (mješavina čestica tla i cementne suspenzije) za ispitivanje postignute tlačne čvrstoće. Uzorci se uzimaju rotacijskom tehnikom bušenja sa dijamantnom krunom na svakom m središnje i obodne zone stupnjaka. Ispituje se tlačna čvrstoća nakon 7 i nakon 28 dana.

Za sva prethodna laboratorijska i in situ ispitivanja, potrebno je izraditi izvještaj u formi elaborata i dostaviti ih Nadzornom inženjeru i Projektantu, prije početka radova. U izvještaju uključiti i podatke o tehnologiji izvođenja stupnjaka (brzina mlaza, količina cementa, protok injekcijske smjese, brzina izvlačenja i rotacije pribora).

Kriterij odabira tehnologije je postizanje projektiranog poprečnog presjeka uz postizanje projektirane tlačne čvrstoće smjese središta i po obodne zone stupnjaka.



## Obračun radova

Radovi se obračunavaju po m' izvedenih stupnjaka prema projektiranim dimenzijama duljine i promjera, ako nije drukčije specificirano.

Ako nije specificirano drukčije, jedinična cijena obuhvaća: pripremu i raspoređivanje gradilišta, transport opreme, pribora i ljudstva, izradu radnog platoa, jalovo bušenje, izvođenje stupnjaka, čišćenje od povratne suspenzije, materijali i radovi na stupnjacima te ispitivanja potrebni za dokazivanje tehnologije izvođenja i kontrola kvalitete prilikom i nakon izvođenja radova.

### 5.3.8.2 Polaganje gabionskih madraca

#### Opis radova

Ovaj rad obuhvaća zaštitu kosih i ravnih površina vodotoka i nasipa, odnosno dna i pokosa kanala, pokosa nasipa te drugih površina pomoću gabionskih madraca na površinama određenim projektom ili prema zahtjevu nadzornog inženjera, uz suglasnost projektanta.

#### Materijali

Za ovu vrstu zaštite primjenjuju se gabionski madraci, odnosno košare koje su izrađene od žičane mreže ili polimerne mreže, žica kojom se mreža zateže, kameni materijal za ispunu te geotekstil. Materijal za ispunu je kameni ili šljunčani, postojan na utjecaje vode, smrzavice i atmosferilija, dobrog granulometrijskog sastava i dovoljno krupnog zrna da se ne gubi kroz mrežu.

Žičane mreže izrađene su od čeličnih žica (HRN EN 10223-4:2002, HRN EN 10218- 2:2003 (ili jednakovrijednim normama)) sa šesterokutnim očicama i dvostrukim navojem na spoju. Oblik mreže je pravokutna prizma. Čelična mreža je pocinčana radi trajnosti i veće otpornosti sprječavanja korozije. Veličina očica i promjer žice ovisni su o materijalu ispune koji može biti krupni šljunak, drobljeni kameni materijal ili lomljeni kamen.

Žica kojom se mreža zateže, kao i sav potrebni pribor, mora biti pocinčana. Polimerne mreže izrađene su od polietilena visoke gustoće, polivinilklorida, polietilena ili polipropilena. Mreže normalno imaju četverokutne očiće. Način sastavljanja, povezivanja i izrade elemenata košara istovjetan je s onim kod žičanih mreža.

Svojstva gabionskih madraca dani su u tablici:

SVOJSTVO	Vrijednost*	Norma
Mrežasti gabionski madraci	6x8, 2,20 mm/3,20 mm	EN 10223-3
Vlačna čvrstoća mrežnog gabionskog madraca	37 kN/m	EN 10223-3
Dopušteni posmični napon u neobraslom stanju	min. 445 N/m <sup>2</sup>	ASTM D6460
Otpornost na udarce gabionskog koša / prednja ili bočna strana	min. 40 kN	ISO 17746
Zaštita žice od korozije	Zn+5%Al, Klasa A + polimerni premaz	EN 10244-2; EN 10245
Otpornost mreže na koroziju prirodnog slanog spreja koja pokazuje manje od 5% crvene hrđe	min. 6000 h	EN ISO 9227
Smanjenje vlačne čvrstoće i istezanja polimernog premaznog materijala nakon izlaganja 2500 Q-UVA	max. 25 %	EN ISO 4892-3
Otpornost polimerne prevlake na abraziju pri 20 N	min. 100 000 ciklusa	EN 60229 (part 4.1.2.1)





\* Sve vrijednosti moraju biti potkrijepljene izjavom o svojstvima ili testnim protokolom akreditirane certifikacijske ustanove treće strane

Zahtijevane vrijednosti tehničkih svojstava geotekstila s osnovnom ulogom odvajanja materijala različitih svojstava, u slučaju da odabir nije proveden prema vrijednostima definiranim u geotehničkom elaboratu, provodi se prema ovim OTU-ima.

### Opis izvođenja radova

Dimenzije madraca određuju se projektom ili prema uputama nadzornog inženjera. Prilikom određivanja tih dimenzija prema ili treba se držati pravila da je dimenzija visine bitno manja u odnosu na ostale dvije dimenzije te da ona ne smije biti manja od 30 cm.

Prije postavljanja obloge od madraca, sve površine koje će se zaštititi moraju biti očišćene i grubo izravnate. Ispunjavanje madraca materijalom za ispunu vrši se na za to predviđenim mjestima ili odmah na licu mjesta, na definitivnom položaju svakog pojedinog madraca. Prije postavljanja gabionskih madraca može se na uređenu površinu tla postaviti geotekstil. Ako madraci završavaju izvan mjesta ugradnje, njihovo polaganje se obavlja pomoću odgovarajućih transportnih sredstava ili strojeva, odnosno iz plovnih objekata kad se štite površine ispod vode.

Madraci ispunjeni odgovarajućim materijalom zatvaraju se i učvršćuju žicom po bridovima te se gornja i donja mreža učvršćuje žicom u čvorovima na određenom rasteru. Madraci moraju biti dovoljno točno postavljeni u svoj položaj da između njih ne bude praznog prostora. Na mjestima gdje ipak ima praznina, treba nasipati odgovarajući kameni ili šljunčani materijal, kako bi se u potpunosti ispunile takve šupljine.

Ako nije drugačije određeno, čeličnom žicom treba međusobno povezati susjedne madrace.

### Zahtjevi kakvoće

Pletivo i spojni materijal za gabionske madrace moraju odgovarati zahtjevima kakvoće prema važećim normama, propisima i ovim OTU-ima. Kakvoća materijala za izradu ispune (krupni šljunak, drobljeni kameni materijal ili lomljeni kamen) i drugih primijenjenih materijala treba zadovoljiti odredbe iz ovih OTU-a predviđene za te materijale te važećim normama i propisima.

Prije početka rada izvođač je za sve materijale dužan od ovlaštenog tijela pribaviti dokaze o uporabljivosti te originalnu dokumentaciju o kakvoći predočiti nadzornom inženjeru na uvid i suglasnost.

Kontrola kvalitete provodi se i prema projektu odnosno prema PKOK i ovim OTU-ima ili jednakovrijednim uvjetima.

### Način preuzimanja izvedenih radova

Prije početka radova i tijekom radova nadzorni inženjer preuzima svaku fazu radova posebno, o čemu vodi evidenciju. Nakon završetka radova nadzorni inženjer vrši detaljan pregled i izmjeru izvedenih radova. Vizualno se ocjenjuje kvaliteta radova, ravnost površine i usklađenost s projektom, a rezultatima ispitivanja kakvoća upotrijebljenog materijala i građevnih proizvoda.

### Obračun radova

Zaštita dna i pokosa kanala, pokosa nasipa i drugih površina gabionskim madracima obračunava se po metru kvadratnom gotove obloge. U cijenu je uključen sav rad i materijal prema opisu u ovoj točki, priprema i uređenje površina, dobava mreža, žice i ostalog potrebnog materijala, izrada žičanih madraca, njihov prijevoz na mjesto ugradnje, dobava i prijevoz kamenog ili šljunčanog materijala za ispunu madraca, ugradnja tog materijala u madrace, zatvaranje i učvršćivanje madraca žicom te polaganje madraca u definitivni položaj na suhom ili na vodi iz plovnog objekta.

Obračun količina provodi se prema projektu ili izmjerama na terenu, ako tako odluči nadzorni inženjer.



### 5.3.8.3 Izvedba zagatnih stijena od čeličnog žmurja

#### Predradnje na izvedbi žmurja

Projektom je predviđeno korištenje čeličnog žmurja za zaštitu građevne jame. Kako bi se radovi izvodili potrebnom dinamikom, a u skladu s ovim projektom i tehničkim uvjetima, izvođač treba izraditi plan rada. Predviđeni plan rada treba sadržavati: organizaciju i opremu gradilišta, dinamiku izvođenja radova, te opis mehanizacije i tehničkih karakteristika opreme. Plan rada daje se na uvid Nadzoru, koji može tražiti njegovu izmjenu uz pismeno obrazloženje. Izvođač je dužan prije početka radova odrediti odgovornu osobu za njihovo izvođenje.

#### Prije izvođenja radova zabijanja čeličnih talpi, sve komunalne i druge instalacije na poziciji talpi će se ukloniti ili premjestiti.

Prije započinjanja radova, os zagatnog zida će se geodetski iskolčiti.

#### Materijali

Čelično žmurje izvodi se od platice jednakih ili boljih karakteristika nego onih predviđenih u ovom projektu, a za mehaničke karakteristike odgovara proizvođač svojim certifikatom.

Karakteristike čeličnog žmurja su sljedeće:

Svojstvo:	Minimalne tražene vrijednosti:
Vrsta čelika	S355
Moment otpora po m' zida od talpi $W_y$ (cm <sup>3</sup> /m')	2020
Površina poprečnog presjeka po metru (cm <sup>2</sup> )	177,3
Moment inercije po m' zida od talpi $I_y$ (cm <sup>4</sup> /m')	42420

Izvoditelj može upotrebljavati nove platice ili već upotrijebljene ukoliko nisu oštećene, deformirane i potrebno čiste, uz predočenje certifikata o sukladnosti;

Projektom rješenjem je predviđeno da se žmurje izvede kao vodonepropusno.

#### Izvođenje

Izvođač specijalističkih radova na zabijanju žmurja mora imati svu potrebnu opremu kako bi osigurao konačne dimenzije konstrukcije unutar propisanih vrijednosti. Obzirom na sastav temeljnog tla u koje se zabija čelično žmurje izvođač će odrediti metodu zabijanja koja je optimalna u pogledu brzine i točnosti zabijanja, te će po potrebi izvršiti zabijanje žmurja na probnoj dionici.

Elementi se ugrađuju u tlo pomoću odgovarajućeg vibro uređaja.

Prije ugradnje potrebno je premazati žmurje zaštitnim premazom protiv korozije u visini od 2,5 m od vrha žmurja.

Žmurje se zabija kontinuirano, jedan panel do drugog tako da ostanu kontinuirano međusobno završeni. Prilikom zabijanja potrebno je paziti na položaj i na vertikalnost svakog čeličnog panela, odnosno elementa. Zabijanje se izvodi najprije do polovice dubine, a zatim u drugoj fazi do konačne dubine predviđene projektom.

Iznimno su moguća veća odstupanja od dopuštenih uz odobrenje i na način koji to odredi geotehnički nadzor ako se time ne narušavaju bitna svojstva konstrukcije određene ovim projektom. To se posebno odnosi na sljedeće:



- ukoliko pojedine elemente čeličnog žmurja (talpe) neće biti moguće uz primijenjenu tehnologiju zabiti do projektirane dubine, može se upotrijebiti predbušenje svrdlom  $\phi$  20 – 30 cm kako bi se razrahilo temeljno tlo;
- ukoliko se iz bilo kojeg razloga neće moći ostvariti projektirana dubina zabijanja žmurja pojedinog elementa, iznimno se uz suglasnost i upis geotehničkog nadzora može dopustiti završetak na dosegnutoj koti. Čelična talpa se na površini terena se prema potrebi reže na projektiranu visinu, a podaci o položaju talpe i dosegnutoj dubini se upisuju u građevinski dnevnik;
- ukoliko zabijanjem čeličnih talpi dođe do naginjanja elementa u smjeru vođenja linije potrebno je izvlačenjem talpi, te ponovnim zabijanjem naginjanje ispraviti. Ako se navedenim postupkom ne postigne ispravljanje nagiba talpi, te dođe u pitanje nastavak zabijanja preostalih talpi, iznimno se uz suglasnost i upis geotehničkog nadzora može dopustiti da sa zabije talpa izvan spojnice prethodne, na način da vrši izravnavanje položajno i nagibom. Od te talpe nadalje se nastavlja zabijanje u liniji i spojnica.

### Kontrola kvalitete

Ovim se uvjetima propisuju maksimalna dopuštena odstupanja horizontalne i vertikalne poravnatosti, te nagiba žmurja u odnosu na projektirani vertikalni položaj koji se mogu ostvariti prilikom izvedbe (zabijanja) žmurja. Veličine dopuštenih odstupanja konačnih mjera preuzete su iz **norme HRN EN 12063 "Izvedba posebnih geotehnički radova – zagatne stijene od žmurja"**:

- Maksimalni dopušteni odmak linije žmurja od projektirane horizontalne osi na površini terena  $\pm$  50 mm,
- Maksimalna dopuštena visinska razlika vrha zabijenog žmurja u odnosu na projektiranu visinu vrha žmurja  $\pm$  20 mm (iznimno  $\pm$  50 mm),
- Maksimalni dopušteni otklon od projektirane vertikale po dubini za smjer okomit na liniju vođenja žmurja L/100,
- Maksimalni dopušteni otklon od projektirane vertikale po dubini za smjer linije vođenja žmurja L/75.

Konačna odstupanja konstrukcije od žmurja moraju se kretati unutar propisanih dopuštenih vrijednosti kako bi se osigurala bitna svojstva konstrukcije vezana na stabilnost, funkcionalnost i trajnost u skladu s projektom.

### Obračun radova

Izvedba zagatne stijene od čeličnog žmurja obračunava se po m<sup>2</sup> projektirane površine zagatnog zida od vrha do dna konstrukcije.

Jedinične cijene obuhvaćaju pripremu i raspremanje gradilišta, transport opreme, pribora i ljudstva, izradu radnog platoa za, zabijanje žmurja.

Ukoliko nije drukčije specificirano jedinične cijene uključuju i razupiranje i/ili sidrenje žmurja za osiguranje stabilnosti zagatne stijene.

Ukoliko nije drukčije specificirano, te ukoliko se projektom zahtijeva vodonepropusnost zagatne konstrukcije, jedinične cijene uključuju i brtvljenje spojnica žmurja, kao i crpenje vode iz građevinske jame za vrijeme trajanja radova.



## 5.3.9 POTPORNİ ZİDOVI - PILOTNE STIJENE

### 5.3.9.1 Betonski i armiranobetonski radovi

#### 5.3.9.1.1 Općenito

Radovi na betonskim konstrukcijama odnose se na izradu potporne konstrukcije, odnosno pilotnih stijena povezanih naglavnom gredom i zidova na naglavnim gredama.

Svi betonski i armiranobetonski radovi moraju se izvršiti prema odredbama „Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije“ (NN br.17/17, prilog II) i smjernicama iz norme HRN EN 13670 „Izvedba betonskih konstrukcija“ ili jednakovrijedno, ovim tehničkim uvjetima te odgovarajućim HRN normama ili jednakovrijedno.

Prema zahtjevima iz ovog Programa kontrole i osiguranja kvalitete beton se proizvodi kao Projektirani beton (beton sa specificiranim tehničkim svojstvima).

Prije početka radova Izvođač mora dostaviti Nadzornom inženjeru na odobrenje rezultate početnih ispitivanja betona, i Projekt tehnologije i izvođenja pojedinih radova koji će sadržavati sastave betona, pripremu (proizvodnju) betona, transport, ugradnju, njegu i kontrolu kvalitete betona.

Izvođač je dužan dokumentirati kvalitetu radova, elemenata i objekta statistički obrađenim rezultatima izvršenih ispitivanja i na drugi način, te certifikatima izdanim prema tehničkim propisima i tehničkim uvjetima ovog projekta.

Kontrolni postupak utvrđivanja svojstava svježeg betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju u skladu sa zahtjevima norme HRN EN 13670 ili jednakovrijedno i projekta betonske konstrukcije, a najmanje pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te kod opravdane sumnje ispitivanjem konzistencije istim postupkom kojim je ispitana u proizvodnji.

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrstnalog betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje betona u betonsku konstrukciju u skladu sa zahtjevima projekta betonske konstrukcije, ali ne manje od jednog uzorka za istovrsne elemente betonske konstrukcije koji se bez prekida ugrađivanja betona izvedu unutar 24 sata od betona istih iskazanih svojstava i istog proizvođača.

Za slučaj nepotvrđivanja zahtijevanog razreda tlačne čvrstoće betona treba na dijelu konstrukcije u koji je ugrađen beton nedokazanog razreda tlačne čvrstoće provesti naknadno ispitivanje tlačne čvrstoće betona u konstrukciji prema HRN EN 12504-1 ili jednakovrijedno i ocjenu sukladnosti prema EN 13791.

Geodetske kontrole i izmjere potrebne za izvođenje betonskih i armirano betonskih radova moraju biti izvedene točno i u svemu suglasno s izvedbenim nacrtima.

#### 5.3.9.1.2 Materijali za beton

Na osnovu rezultata početnih ispitivanja sastojaka i svojstava betona odabrati će se isporučioći sastojaka. Odabrani cement, agregat i voda moraju zadovoljavati uvjete propisane u normi HRN EN 206 ili jednakovrijedno i tamo navedenim normama.

Za proizvodnju betona mogu se upotrebljavati samo sastojci betona koji imaju propisanu deklaraciju i certifikat o sukladnosti s odgovarajućim specifikacijama. Vrste i učestalost nadzora/kontrole ispitivanja opreme i sastojaka betona provode se prema HRN EN 206 ili jednakovrijedno.

*Agregat* – Ugrađivat će se drobljeni separirani agregat sukladan zahtjevima norme HRN EN 12620 „Agregati za beton“ ili jednakovrijedno i odredbama norme HRN EN 206 ili jednakovrijedno.



*Cement* – Ugrađivat će se portland cement opće namjene oznake CEM I, specificiran prema normi HRN EN 197-1 ili jednakovrijedno, sukladan odredbama norme HRN EN 206 ili jednakovrijedno.

*Dodaci* – Dodaci na bazi klorida se ne smiju dodavati. Kontrola kemijskog i mineralnog dodatka betonu provodi se u centralnoj betonari (tvornici betona), u betonari pogona za proizvodnju predgotovljenih betonskih proizvoda i u betonari na gradilištu prema normi HRN EN 206 ili jednakovrijedno. Za konkretnu primjenu kemijskih i mineralnih dodatka izvođač mora pribaviti certifikat prije početka prethodnih ispitivanja. Prikladnost dodataka za konkretnu primjenu mora se utvrditi tijekom prethodnih ispitivanja betona.

*Voda* – Ako se koristi voda iz javnog vodovoda može se upotrebljavati bez potrebe dokazivanja uporabljivosti. Ako se za pripremanje betona koristi voda koja nije pitka Izvođač mora prethodno dokazati uporabljivost te vode u skladu s normom HRN EN 1008:2002 ili jednakovrijedno, najmanje jednom svaka tri mjeseca (postojanje soli, sadržaj organskih tvari).

### 5.3.9.1.3 Čelik za armiranje

Vrsta čelika za armiranje koja se upotrebljava mora biti sukladna odredbama norme HRN EN 13670 ili jednakovrijedno.

Čelik za armiranje mora imati isprave o sukladnosti u skladu sa Zakonom o građevnim proizvodima i drugim važećim propisima.

Za armirano betonske konstrukcije predviđen je slijedeći čelik za armiranje:

- armaturne rebraste šipke B 500 razreda duktilnosti B ( $f_{yk} = 500$  MPa - karakteristična granica razvlačenja)
- zavarene mreže B 500 razreda duktilnosti A i B ( $f_{yk} = 500$  MPa - karakteristična granica razvlačenja)

Ispitivanje svojstava čelika za armiranje provodi se prema nizovima normi HRN EN 10080 ili jednakovrijedno, te prema nizu normi HRN EN ISO 15630 ili jednakovrijedno i prema normi HRN EN 10002-1 ili jednakovrijedno.

### 5.3.9.1.4 Oplate i skele

Skele i oplate, uključujući njihove potpore i temelje, treba projektirati i konstruirati tako da su:

- otporne na svako djelovanje kojem su izložene tijekom izvedbe,
- dovoljno čvrste da osiguraju zadovoljenje tolerancija uvjetovanih za konstrukciju i spriječe oštećivanje konstrukcije,
- oblik, funkcioniranje, izgled i trajnost stalnih radova ne smiju biti ugroženi ni oštećeni svojstvima skela i oplate te njihovim uklanjanjem,
- Skele i oplate moraju zadovoljavati mjerodavne hrvatske i europske norme kao što je EN 1065.

### 5.3.9.1.5 Kontrola proizvodnje betona

Unutarnja kontrola proizvodnje betona provodit će se prema normi HRN EN 206 ili jednakovrijedno i mora obuhvatiti sve mjere nužne za održavanje i osiguranje svojstva betona sukladno zahtjevima norme HRN EN 206 ili jednakovrijedno i normi HRN EN 13670 ili jednakovrijedno.



Proizvođač je odgovoran za ocjenu sukladnosti betona s uvjetovanim svojstvima te mora provoditi i sljedeće:

- početno ispitivanje kad je traženo,
- kontrolu proizvodnje,
- kontrolu sukladnosti.

Proizvođačevu kontrolu proizvodnje treba za sve betone klase iznad C16/20 vrednovati i pregledavati ovlašteno nadzorno tijelo i zatim ovjeriti ovlašteno certifikacijsko tijelo.

Proizvođač je odgovoran za održavanje sustava kontrole proizvodnje.

### 5.3.9.1.6 Kontrolni postupci kod ugradnje betona

Izvoditelj mora prema normi HRN EN 13670 ili jednakovrijedno prije početka ugradnje provjeriti da li je beton u skladu sa zahtjevima iz projekta betonske konstrukcije te da li je tijekom transporta došlo do promjene njegovih svojstava koja bi bila od utjecaja na tehnička svojstva betonske konstrukcije.

#### Svježi beton

Kontrolu svježeg betona izvoditelj treba provoditi pregledom svake otpremnice i vizualnom kontrolom konzistencije kod svake dopreme (svakog vozila) te ispitivanjem konzistencije prema normi HRN EN 12350-2 (ispitivanje svježeg betona slijeganjem) ili jednakovrijedno o čemu treba voditi evidenciju.

#### Očvrsnuli beton

Ispitivanje očvrsnulog betona će se provoditi na uzorcima uzetim tijekom izvođenja radova, a u opsegu određenom programom u nastavku. Ispitivanje očvrsnulog betona se sastoji od ispitivanja:

- Tlačne čvrstoće prema HRN EN 12390-3 ili jednakovrijedno.

Kontrolni postupak utvrđivanja tlačne čvrstoće očvrsnulog betona provodi se na uzorcima koji se uzimaju neposredno prije ugradnje u betonsku konstrukciju, ali ne manje od jednog uzorka za istovrsne elemente betonske konstrukcije koji se bez prekida.

Uzorci će se uzimati i njegovati u skladu s HRN EN 12390-2 ili jednakovrijedno. Uzorci su oblika kocke dimenzija 15x15x15 cm. Rezultati ispitivanja će se evidentirati redosljedom kako su uzimani. Evidentirani rezultati će se grupirati u grupe betona. Grupe betona su definirane u programu uzimanja kontrolnih betonskih uzoraka.

### 5.3.9.1.7 Izvođenje betonskih radova

#### Transport betona

Transport projektiranog betona će se vršiti auto-miješalicama pri čemu moraju biti zadovoljeni svi zahtjevi iz tehničkih uvjeta projekta. Transportna sredstva ne smiju izazivati segregaciju betonske smjese tijekom vožnje od mjesta proizvodnje do mjesta ugradnje.

Vrijeme transporta i drugih manipulacija sa svježim betonom mora biti u neposrednoj vezi s vremenom početka vezivanja cementa prema zahtjevima HRN EN 206 ili jednakovrijedno.

#### Ugrađivanje betona (prema HRN EN 13670 ili jednakovrijedno)

S betoniranjem se može početi samo na osnovu pismene potvrde o preuzimanju podloge, armature i odobrenju betoniranja od strane nadzornog inženjera. Beton se mora ugrađivati sistematski i programirano prema određenom planu i odabranoj tehnologiji (kran-beton, pumpani beton). Zabranjeno je korigiranje vode u svježem betonu bez prisustva tehnologa betona.





Beton treba ugraditi i zbiti tako da se sva armatura i uloženi elementi dobro obuhvate betonom i osigura zaštitni sloj betona unutar propisanih tolerancija te beton dobije traženu čvrstoću i trajnost. Posebnu pažnju treba posvetiti ugradnji i zbijanju betona na mjestima promjene presjeka, suženja presjeka, uz otvore, na mjestima zgusnute armature i prekida betoniranja.

Ako se beton ugrađuje izravno na tlo, svježi beton treba zaštititi od miješanja s tlom i gubitka vode. Konstrukcijske elemente treba podložnim betonom od najmanje 3-5 cm odvojiti od temeljnog tla ili za odgovarajuću vrijednost povećati donji zaštitni sloj betona.

Prije betoniranja treba oplatu polijevati. Pri polijevanju oplata u tijeku betoniranja treba voditi računa da voda ne uđe u betonsku masu.

Beton treba ubacivati što bliže njegovom konačnom položaju u konstrukciji da bi se izbjegla segregacija. Nije dozvoljeno transportirati beton pomoću pervibratora. Svaki započeti konstruktivni dio ili element mora biti izbetoniran neprekinuto u započetoj opsegu, kako to predviđa program betoniranja, bez obzira na radno vrijeme, vremenske promjene ili isključenje pojedinih uređaja mehanizacije iz pogona.

### **Ugrađivanje betona u posebnim uvjetima**

Ugrađivanje betona u kalupe ili oplatu pri vanjskim temperaturama ispod +5 ili iznad +30°C se smatra betoniranjem u posebnim uvjetima. Za betoniranje u posebnim uvjetima se moraju osigurati posebne mjere zaštite betona, treba rabiti dodatke protiv smrzavanja betona. Prije prvog smrzavanja beton mora imati najmanje 50% zahtijevane čvrstoće. Kad se u vrlo hladnim danima skida oplata, ne smije doći do naglog hlađenja betona te se vanjske površine betona moraju zaštititi.

Pri betoniranju na visokim temperaturama početnu obradivost treba odrediti prema prethodno utvrđenom gubitku obradivosti prilikom transporta i ugradnje. U slučaju dužeg transporta ili spore ugradnje betona treba rabiti dodatke-usporivače vezivanja.

Cement i sastav betona koji se ugrađuju u masivne elemente moraju biti takvi da ni u kom slučaju temperatura betona ugrađenog u masu elementa ne bude iznad +65°C. U protivnom se poduzimaju mjere za hlađenje komponenata betona ili hlađenje betona u samom elementu.

### **Njegovanje ugrađenog betona**

Neposredno nakon betoniranja beton će se zaštićivati od:

- oborina i tekuće vode; prekrivanjem paronepropusnim folijama, vlaženjem i zaštitnim premazima,
- vibracija koje mogu utjecati na promjenu unutrašnje strukture i prionjivost betona i armature, kao i drugih mehaničkih oštećenja u vrijeme vezivanja i početnog očvršćivanja,
- niskih temperatura, zadržavanjem u oplati, prekrivanjem folijama i grijanjem vanjskim izvorima topline, do postizanja potrebnih površinskih čvrstoća,
- visokih vanjskih temperatura i isušivanja, vlaženjem i prekrivanjem materijalima koji zadržavaju vlagu.

Primjena zaštitnih premaza nije dopuštena na konstrukcijskim spojnica, na površinama koje će se naknadno obrađivati ili na površinama na kojima treba osigurati vezu s drugim materijalima, osim ako se prethodno potpuno ne uklone prije te sljedeće operacije ili ako dokazano ne djeluju štetno na tu sljedeću operaciju.



### 5.3.9.1.8 Ocjena postignute kvalitete

#### Ocjena sukladnosti betona

Beton mora zadovoljavati kriterije sukladnosti u skladu s normom HRN EN 206 ili jednakovrijedno.

Minimalni broj uzoraka za potvrđivanje sukladnosti određen je tablicom 17 (norme HRN EN 206 ili jednakovrijedno):

Proizvodnja	Minimalni broj uzoraka		
	Početnih 50 m3 proizvodnje	Nakon početnih 50 m3 proizvodnje; mjerodavan je veći uvjet:	
		Beton sa certificiranom proizvodnjom	Beton bez certificirane proizvodnje
Početna (do dosegnutih rezultata min. 35 uzoraka)	3 uzorka	1 na svakih 200 m <sup>3</sup> ili 1 na 3 dana proizvodnje <sup>d</sup>	1 na svakih 150 m <sup>3</sup> ili 1 na dan proizvodnje <sup>d</sup>
Kontinuirana <sup>b</sup> (nakon dosegnutih rezultata min. 35 uzoraka)	---	1 na svakih 400 m <sup>3</sup> ili 1 na 5 dana proizvodnje <sup>c</sup> <sup>d</sup> ili 1 na mjesec	

<sup>a</sup> Uzorkovanje će biti raspoređeno tijekom proizvodnje i neće obuhvaćati više od 1 uzorka na svakih 25 m<sup>3</sup>.

<sup>b</sup> Za slučaj da standardna devijacija na 15 ili više uzoraka premašuje gornju granicu standardne devijacije  $s_n$  prema tablici 19, broj uzoraka će se povećati da odgovara zahtjevu za početnu proizvodnju za sljedećih 35 uzoraka.

<sup>c</sup> Ili ako ima više od 5 dana proizvodnje u 7 uzastopnih dana, jednom na tjedan.

<sup>d</sup> Definicija „dana proizvodnje“ odredit će se u planom proizvodnje na gradilištu.

**Za armirano betonske pilote predviđene ovim projektom određuje se uzorkovanje minimalno 1 uzorka za svaki dan betoniranja.**

#### Kriteriji identičnosti tlačne čvrstoće

Beton certificirane kvalitete proizvodnje - Identičnost betona se ocjenjuje za svaki pojedini rezultat tlačne čvrstoće i srednju vrijednost od «n» pojedinih rezultata koji se ne preklapaju kako je naznačeno u tablici B-1 (norme HRN EN 206 ili jednakovrijedno). Smatra se da beton pripada sukladnom skupu ako su oba kriterija iz tablice zadovoljena za «n» rezultata dobivenih ispitivanjem čvrstoće uzoraka betona uzetih iz definirane količine betona.

Tablica B-1 (norma HRN EN 206 ili jednakovrijedno) - Kriteriji identičnosti tlačne čvrstoće

Broj «n» rezultata ispitivanja tlačne čvrstoće definirane količine betona	Kriterij 1	Kriterij 2
	Srednja vrijednost od «n» rezultata (fcm) N/mm <sup>2</sup>	Svaki pojedini rezultat (fci) N/mm <sup>2</sup>
1	Nije primjenjiv	$\geq f_{ck} - 4$
2-4	$\geq f_{ck} + 1$	$\geq f_{ck} - 4$
5-6	$\geq f_{ck} + 2$	$\geq f_{ck} - 4$

U slučaju proizvodnje betona u tvornici koja još nema certificiranu kvalitetu proizvodnje, za ocjenu će se primjenjivati kriterij sukladnosti tlačne čvrstoće naveden u tablici 14 (norme HRN EN 206 ili jednakovrijedno).



### Završna ocjena kvalitete betona u konstrukciji-uporabljivost betonske konstrukcije

Za ugrađeni beton će se dati Završna ocjena kvalitete betona koja obuhvaća:

- dokumentaciju o preuzimanju betona po grupama-rezultate nadzornih radnji i kontrolnih postupaka koji se sukladno normi HRN EN 206 ili jednakovrijedno obavezno provode prije ugradnje građevnih proizvoda u betonsku konstrukciju,
- dokaze uporabljivosti (rezultate ispitivanja, zapise o provedenim postupcima i dr.) koje je izvoditelj osigurao tijekom građenja betonske konstrukcije,
- mišljenje o kvaliteti ugrađenog betona koje se donosi na temelju vizualnog pregleda konstrukcije, pregleda dokumentacije u tijeku izvođenja,
- uvjete građenja i druge okolnosti koje prema građevinskom dnevniku i drugoj dokumentaciji izvoditelj mora imati na gradilištu, te dokumentacija koju mora imati proizvođač građevinskog proizvoda, a mogu biti od utjecaja na tehnička svojstva betonske konstrukcije.

Završnu ocjenu kvalitete betona u konstrukciji će dati zadužena stručna osoba naručitelja (nadzorni inženjer) ili po njemu angažirana pravna osoba za djelatnost kontrole i osiguranja kvalitete betona. Na osnovu ove ocjene se dokazuje uporabljivost i trajnost konstrukcije uvjetovana projektom konstrukcije i važećim propisima ili se traži naknadni dokaz kvalitete betona.

#### **5.3.9.1.9 Zahtijevana svojstva za svježi i očvrslu beton za elemente predviđene ovim projektom**

U tablici su dana svojstva o zahtjevima za svježi i očvrslu beton, prema elementima koji su predmetom ovog projekta:

Vrijednosti sastava i svojstva betona ovisno o klasi izloženosti, sukladno normi HRN EN 206 ili jednakovrijedno:

Konstruktivni element	Klasa tlačne čvrstoće	Razred izloženosti	Zaštitni sloj armature (mm)	Razred sadržaja klorida	max v/c omjer	Max. zrno agregata (mm)	Min. količina cementa (kg/m <sup>3</sup> )	Konzistencija - slijeganje (mm)
AB piloti	C30/37	XC2	50	Cl 0,20	0,60	16	400	175-225
Naglavna greda	C30/37	XC2	50	Cl 0,20	0,60	32	400	150-200

#### **5.3.9.1.10 Armirački radovi**

Tehnička svojstva armature moraju ispunjavati opće i posebne zahtjeve bitne za krajnju namjenu i moraju, ovisno o vrsti čelika biti specificirana prema normama nizova HRN EN 10080 ili jednakovrijedno, HRN 1130 ili jednakovrijedno odnosno normi HRN EN 1992-1-1 ili jednakovrijedno.

Savijanje je potrebno raditi točno prema nacrtima savijanja. Armatura se upotrebljava po oznakama B 500B.

Prije betoniranja armaturu treba očistiti, dobro povezati i podložiti da se osigura zaštitni sloj betona. Prije početka betoniranja armaturu pregledava nadzorni inženjer investitora, a kod složenijih konstrukcija i projektant. Betoniranje može početi tek nakon odobrenja odgovornog nadzornog inženjera i upisa u dnevnik.

Rukovodilac gradilišta dužan je od dobavljača pribaviti ateste čelika koji će se ugraditi kao i potvrde



da se svi atesti odnose na taline iz kojih je betonski čelik izrađen.

### **Ispitivanje svojstava čelika za armiranje**

Ispitivanja svojstava čelika za armiranje provodi se prema normama nizova HRN EN 10080 ili jednakovrijedno, HRN 1130 ili jednakovrijedno odnosno normi HRN EN 1992-1-1 ili jednakovrijedno te prema normama niza HRN EN ISO 15630 ili jednakovrijedno i prema normi HRN EN 10002-1 ili jednakovrijedno.

### **Dokazivanje uporabivosti i potvrđivanje sukladnosti**

Dokazivanje uporabivosti armature izrađene prema projektu betonske konstrukcije provodi se prema projektu i pripadajućim normama, a uključuje sljedeće:

- Izvođačeva kontrola izrade i ispitivanja,
- Nadzor proizvodnog pogona i nadzor izvođačeve kontrole izrade armature,
- Potvrđivanje sukladnosti čelika za armiranje.

### **Ugradnja armature**

*Armaturu treba ugraditi* u projektirane pozicije. Posebnu pažnju treba posvetiti armaturi i zaštitnom sloju betona na mjestu malih otvora koji nisu tretirani u projektu.

Pretpostavlja se da projektne specifikacije daju detaljne informacije o postavljanju i razmaku šipki armature te o mjerama koje treba poduzeti na mjestima zgusnutih šipki armature.

Armaturu treba učvrstiti i osigurati njezinu poziciju tako da se zadovolje tolerancije ovih Tehničkih specifikacija.

Uvjetovani zaštitni sloj betona treba osigurati pogodnim podmetačima ili ulošcima. Čelični držači u dodiru s površinom dopušteni su samo u suhoj okolini, tj. klasi izloženosti X0 prema HRN EN 206 ili jednakovrijedno.

Zahtjev za zaštitni sloj betona treba uzeti kao nominalnu vrijednost,  $C_n$ , i računati do površine bilo koje armature, uključivo i vezne.

**Ugradnja armature za armirano-betonske pilote predviđene ovim projektom dodatno mora zadovoljiti uvjete iz norme HRN EN 1536 Izvedba posebnih geotehničkih radova - Bušeni Piloti** ili jednakovrijedno.

### **Zavarivanje spojeva**

Čelični prsten za povezivanje vari se na uzdužnu nosivu armaturu pilota. Radovi se izvode u skladu sa normom HRN EN ISO 17660-1 ili jednakovrijedno.

## **5.3.9.2 Geotehnički radovi**

### **5.3.9.2.1 Izvedba bušenih CFA pilota (Continuous Flight Auger Piles)**

#### **Općenito**

CFA piloti (Continuous Flight Auger Piles) su posebice pogodni kod visokih razina podzemne vode i pretežno pjeskovitih materijala tla jer nije potrebno korištenje zacjvljenja ili isplake za održavanje stabilnosti stjenke bušotine. Tehnički uvjeti izvođenja temeljenja na bušenim pilotima u skladu su s uobičajenim principima projektiranja i izvedbe radova na dubokom temeljenju, te odgovarajućim pravilnicima za beton i armirani beton. Bušeni piloti izvode se u skladu s projektom i normom HRN EN 1536 Izvedba posebnih geotehničkih radova - Bušeni Piloti. Oni se mogu nadopuniti ili izmijeniti u tijeku radova, u dogovoru s projektantom i investitorom, ali samo u okvirima predviđenim ovim projektom. Takve dopune



tehničkih uvjeta, koje propiše projektant ili nadzorni inženjer, obvezuju izvođača radova. Ako te promjene znače promjenu uvjeta fiksiranih ugovorom o izvođenju, predviđaju se dopune ugovora.

### **Predradnje na izvedbi pilota**

Izvođač radova mora obići lokaciju kako bi se upoznao s uvjetima na terenu. Naročitu pažnju treba posvetiti pitanju pristupa lokaciji, uređenju radilišta, kao i kretanju po samom radilištu. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama (oborine duljeg trajanja).

Kako bi se radovi izvodili potrebnom dinamikom, a u skladu s ovim projektom i tehničkim uvjetima, izvođač pilota treba izraditi plan rada. Predviđeni plan rada treba sadržavati: organizaciju i opremu gradilišta, dinamiku izvođenja radova, te opis mehanizacije i tehničkih karakteristika opreme. Plan rada daje se na uvid Nadzoru, koji može tražiti njegovu izmjenu uz pismeno obrazloženje. Izvođač je dužan prije početka radova odrediti odgovornu osobu za njihovo izvođenje.

Prije početka radova mora se ispitati materijal betona koji će se upotrijebiti, uzimajući u obzir predviđenu tehnologiju izvođenja betonskih radova. Konzistencija betona treba odgovarati tehnologiji betoniranja pilota. Kod određivanja konzistencije svježeg betona, treba voditi računa o načinu transporta i ugradbe. Količina vode (vodocementni faktor) ovisi o agregatu, njegovom granulometrijskom sastavu, vrsti cementa, te eventualnim aditivima, i treba se kretati u granicama od 0.51 - 0.55. Ako se koriste aditivi, proizvođač treba dokazati da neće doći do smanjenja kvalitete betona.

### **Geodetski radovi**

Prije početka predmetnih radova, osi pilota trebaju biti iskolčene položajno i prema nacrtima projekta i planovima iskolčenja. Visinske kote definirat će se prema planovima gornje konstrukcije.

Točnost iskolčenja treba se kretati u granicama od 1,0 cm (visinski i položajno). U tijeku izvedbe pilota potrebno je konstantno kontrolirati iskolčenje. Pilote treba izvesti u tlocrtu s točnošću od 5 cm u bilo kojem smjeru. Dozvoljeno odstupanje osi pilota od vertikale iznosi 1%.

### **Radnje na izvedbi CFA pilota**

Radovi na izvedbi CFA pilota se sastoje od:

- izvedbe bušotina i prema potrebi sa osiguranjem stabilnosti bušotine,
- za vrijeme bušenja pilota na temelju vizualne obrade izvađenog materijala sa određene dubine određuje se geološki profil tla,
- priprema i ugradnja betona,
- pripreme i ugradnje armaturnih koševa (uvibriranje),
- uređenja glave pilota,
- pripreme pilota za vezu s naglavnom pločom,
- kontrole kvalitete materijala i kvalitete samih pilota.

Sve radove treba izvesti u skladu s projektom, te uputama nadzornog inženjera i projektanta. Tehnologija izvođenja bušotine je u ovisnosti o sastavu i karakteristikama tla i razinama podzemne vode.

### **Iskop i osiguranje stabilnosti bušotine**

CFA piloti se izvode bušenjem u jednom koraku pomoću beskonačne spirale. Tijekom bušenja tlo i spirala drže bokove bušotine stabilnim od zarušavanja. Nakon postizanja projektirane kote spirala se uz minimalnu rotaciju ili bez rotacije podiže kontroliranom brzinom uz istovremeno ispunjavanje bušotine sitnozrnim betonom žitke konzistencije ili injekcijskom smjesom na bazi cementa i pijeska kroz vrh spirale. Nakon završetka betoniranja pripremljeni armaturni koš se uvibrira u ispunjenu bušotinu neposredno nakon bušenja i betoniranja.



Bušaći stroj treba imati odgovarajuću snagu (pritisak na pribor i mogućnost rotacije) za izvedbu bušotine. Režim bušenja (brzinu rotacije i penetracije) je potrebno prilagoditi uvjetima u tlu. Nakon što se bušenjem dođe do projektirane kote potrebno je izvući spiralu za oko 15 cm i započeti ugradnju betona pod odgovarajućim tlakom. Izvlačenje spirale više od 15 cm prije ugradnje betona nije dopušteno jer dolazi do relaksacije u tlu i smanjenja nosivosti pilota na vrh, a može doći i do zarušavanja bušotine i miješanja tla i betona.

Također je bitno spiralu izvlačiti konstantnom brzinom koja je u zavisnosti od kapaciteta pumpe za ugradnju betona. Rotacija spirale bez penetracije u tlo ili upumpavanja betona je zabranjena.

Tlak ugradnje betona na dnu spirale treba minimalno biti jednak efektivnom vertikalnom naprezanju u tlu. Tlak treba održavati tijekom ugradnje betona (izvlačenja spirale) kako bi se osigurala stabilnost bušotine.

S ugradnjom betona treba započeti odmah nakon bušenja do projektirane dubine. U protivnom može doći do zaglavljenja bušačkog pribora. Preporuča se dopremiti na gradilište potrebnu količinu betona prije početka bušenja pilota.

Iznos betona ugrađenog u bušotinu se kreće u granicama oko 15-20% iznad idealnih teoretskih vrijednosti volumena pilota.

### **Armatura**

Za CFA pilote predviđen je deblji zaštitni sloj betona (75-100 mm). Vodilice potrebno postaviti na razmaku od maksimalno 3 m duž armaturnih šipki. Zbog načina ugradnje vibriranjem i utiskivanjem potrebno je koristiti veće profile armature, tj. izraditi krute armaturne koševе. Armaturne šipke se, također zbog lakše ugradnje, može poviti na vrhu pilota na način da čine šiljak.

Za izradu koševa upotrijebit će se rebrasta armatura B 500B. Kvalitetu upotrijebljenih materijala isporučitelj treba dokazati odgovarajućim ispitivanjima. Armaturni koševi složeni su iz armaturnih šipki, koje se razlikuju po funkciji kojoj su namijenjene:

- (a) šipke konstrukcije ukrućenja koševa (ukrute),
- (b) šipke za preuzimanje unutrašnjih sila (glavna armatura),
- (c) šipke za raspodjelu opterećenja (spirala).

Šipke za preuzimanje unutrašnjih sila određene su statičkim proračunom. Sastavljanje pojedinog koša provodi se slijedećim redom:

Prvo se izradi konstrukcija ukrućenja koša. Nakon toga se na izrađenu konstrukciju polažu vertikalne šipke skupine (b), a preko njih spirala - šipke (c). Svaki prolaz šipki (b) preko šipki (a) potrebno je spojiti varenjem. Šipke (b) i (c) međusobno se vežu: dijelom varenjem (cca 1/2 spojeva), a dijelom čeličnom paljenom žicom.

Izrada vodilica i postavljanje na pojedini koš obavlja se prema nacrtima armature koševa pilota. Uloga vodilica neobično je važna, jer one omogućuju ravnomjerno spuštanje koša, i što je najvažnije, da koš po ugradnji bude simetrično smješten u iskopu. Nadzorni inženjer će provjeriti armaturne koševе prije spuštanja u bušotinu.

### **Betonski radovi na izvođenju pilota**

Beton u pilot se nalijeva kroz cijev u svrdlu (koje privremeno podupire bušotinu). Tlak ugradnje betona na dnu spirale treba minimalno biti jednak efektivnom vertikalnom naprezanju u tlu. Tlak treba održavati tijekom ugradnje betona (izvlačenja spirale) kako bi se osigurala stabilnost bušotine. S ugradnjom betona treba započeti odmah nakon bušenja do projektirane dubine. U protivnom može doći do zaglave bušačkog pribora. Armatura se ubacuje u žitki beton vibriranjem.

Imajući u vidu da se betoniranje pilota treba izvesti bez prekida, nemogućnost uspješne intervencije





u slučaju prekida betoniranja i brzinu izvedbe bušotina za pilota, izvođač treba osigurati pravovremenu isporuku kvalitetnog betona u dovoljnoj količini.

Izbor načina prijevoza mora jamčiti homogenost svježeg betona i stalnost njegova sastava. Beton se u pravilu prevozi posebnim vozilima (miješalicama, mikserima).

Uređenjem glave pilota slijedi nakon postizanja potrebne otvrdlosti-čvrstoće betona na način da se višak betona na vrhu pilota ručnim alatima razbije i odstrani, a gornja površina se poravna i pripravi na zadanu kotu za spoj s naglavnom gredom. Odštemana betonska površina ne smije imati ostatke labavog agregata i mora biti potpuno čista i ravna prije betoniranja naglavnice.

Za izvedbu CFA pilota je pogodan sitnozrni beton žitke konzistencije. Vrijednost slump testa betonske mješavine treba biti 200 mm ± 25 mm.

Beton treba imati takva svojstva da se omogući:

- ugradnja pumpanjem kroz pribor bez poteškoća,
- penetracija i ispunjavanje šupljina u tlu nastalih prilikom bušenja,
- ugradnju armaturnog koša.

Može se upotrijebiti samo beton za koji se prethodnim ispitivanjem utvrdilo da ispunjava predviđene uvjete kvalitete.

Prije početka predmetnih radova potrebno je izvršiti sva nužna ispitivanja materijala koji će se upotrijebiti, uzimajući u obzir predviđenu tehnologiju izvođenja betonskih radova.

Da bi se betoniranje pilota uspješno obavilo, potrebno je maksimalno uskladiti rad svih sudionika pri izvedbi, što znači:

- na vrijeme pripremiti i ugraditi armaturne koševe,
- redovito opskrbljivati gradilište pravilno spravljenim i svježim betonom,
- ugradnju betona provoditi ujednačeno, bez prekida.

Pilot se betonira kontinuirano. Izvođač mora osigurati kvalitetan beton u dovoljnoj količini jer u slučaju prekida nije moguće uspješno nastaviti betoniranja. Prije početka betoniranja armaturu pregledava nadzorni inženjer investitora, a kod složenijih konstrukcija i projektant. Betoniranje može početi tek nakon upisa odgovornog inženjera u građevinski dnevnik da je armatura po položaju i broju komada ispravno izrađena. Nakon toga izvodi se betoniranje pilota te se nakon betoniranja uvibrira armaturni koš.

Betoniranje pilota mora se izvršiti u neprekidnom radu po cijeloj njegovoj dužini, a zastoji u radu ne smiju biti duži od 1 sata. U jediničnoj cijeni potrebno je uračunati vanprofilski dio kao i višak betona na vrhu pilota kojeg treba ručno odstraniti.

### **Kontrola kvalitete ugrađenih materijala**

Beton za pilote se izrađuje po recepturi za beton klase C 30/37, klase izloženosti XC2 s minimalno 400 kg cementa na 1,0 m<sup>3</sup> gotovog betona. Za spravljanje betona treba koristiti cement klase 45. Potrebno je pribaviti izjave o sukladnosti za sve sastavne komponente betona. Cijela količina cementa treba potjecati od istog proizvođača.

Voda za pripremu betona treba biti čista i bez štetnih sastojaka, što se potvrđuje atestom. Ako se upotrebljava obična voda za piće, nije potreban atest da kvaliteta odgovara propisanom.

Izbor načina transporta mora garantirati homogenost svježeg betona i konstantnost njegova sastava.

Kvaliteta čelika, betona i njegovih komponentnih materijala treba odgovarati normama iz "Tehničkog propisa za građevinske konstrukcije".



Beton treba biti propisane klase i konzistencije. Klasa betona kontrolira se pomoću probnih kocaka, a konzistencija pomoću mjere slijeganja.

Ako se beton ne proizvodi na samom gradilištu, kvaliteta gotovog betona kontrolirat će se uzimanjem probnih kocaka prilikom istovara iz prijevoznog sredstva. U tom slučaju, uzorci koji se uzimaju za ispitivanje u centralnim betonarama, služe za provjeru kvalitete proizvodnje u pogonu, dok uzorci uzeti prilikom istovara služe za dokaz kvalitete ugrađenog betona.

Kod volumena pilota manje od 15 m<sup>3</sup> uzima se jedna probna kocka za testiranje nakon 28 dana. Ako je volumen jednog pilota 15 - 30 m<sup>3</sup>, tada se uzimaju 2 probne kocke iz svakog pilota. U slučaju da je volumen pilota veća od 30 m<sup>3</sup>, iz svakog se pilota uzimaju 3 probne kocke. Probne kocke obavezno se uzimaju iz različitih miksera. Odnos između čvrstoća kocaka od 7 i 28 dana mora se prethodno odrediti u laboratoriju za određenu vrst cementa i mješavinu betona. Približan odnos čvrstoća betona je slijedeći:

$$\sigma_7 = 0,58 \sigma_{28}$$

Ovako ispitivan uzorak betona mora zadovoljiti uvjete minimalno za beton klase C 30/37 za pilote odnosno naglavnu gredu. Izvještaji o kontroli kvalitete betona moraju biti dostavljeni odmah nakon izvršenog testiranja. Kod svakog testa treba biti označen broj elementa na koji se odnosi ispitivanje.

### Ispitivanje izvedenih pilota

#### Integritet pilota (PIT)

Ispitivanje cjelovitosti pilota (PIT) u široj je primjeni kao ne razorna metoda ispitivanja kvalitete izvedenih betonskih pilota, prije njihovog uklapanja u konstrukciju.

Projektom su predviđena su ispitivanja cjelovitosti (integriteta) svih AB pilota. 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. O svim provedenim ispitivanjima treba tijekom izvedbe ažurno dostavljati preliminarne podatke. Detaljnu obradu i interpretaciju rezultata ispostaviti po završenom ispitivanju u obliku završnog izvještaja. U slučaju da se ustanove oštećenja i prekidi betoniranja značajnih dimenzija pristupit će se sanaciji pilota. Ova sanacija se može izvesti bušenjem bušotine kroz pilot i injektiranjem pod tlakom odgovarajućom injekcijskom smjesom.

#### Obračun radova

Radovi se obračunavaju po m' izvedenih bušenih pilota prema projektiranim dimenzijama duljine i promjera, ako nije drukčije specificirano.

Ako nije specificirano drukčije, jedinična cijena obuhvaća: pripremu i raspoređivanje gradilišta, transport opreme, pribora i ljudstva, izradu radnog platoa za bušenje, bušenje pilota, utovar i odvoz iskopanog tla (eventualno pomiješanog s isplakom) na predviđeno odlagalište, postavljanje armaturnih koševa i betoniranje pilota, uz predviđeno nadvišenje u glavi pilota, odbijanje pneumatskim čekićem lošeg betona u glavi pilota, utovar i odvoz betonskog otpada, priprema pilota za spoj s naglavnicom i ispitivanje cjelovitosti pilota.

Ukoliko nije drukčije specificirano, jedinične cijene uključuju i armirano betonske i armiračke radove, kao i dokaze kvalitete prema ovim tehničkim specifikacijama.

### 5.3.9.2.2 Izvedba glinobetonskih pilota

#### Općenito

Tehnički uvjeti izvođenja temeljenja na bušenim pilotima u skladu su s uobičajenim principima projektiranja i izvedbe radova na dubokom temeljenju, te odgovarajućim pravilnicima za beton i armirani



beton. Bušeni armiranobetonski piloti izvode se u skladu s projektom i normom HRN EN 1536 Izvedba posebnih geotehničkih radova - Bušeni Pilot te u skladu s normom Izvedba posebnih geotehničkih radova – Dijafragme (HRN EN 1538). Oni se mogu nadopuniti ili izmijeniti u tijeku radova, u dogovoru s projektantom i investitorom, ali samo u okvirima predviđenim ovim projektom. Takve dopune tehničkih uvjeta, koje propiše projektant ili nadzorni inženjer, obvezuju izvođača radova. Ako te promjene znače promjenu uvjeta fiksiranih ugovorom o izvođenju, predviđaju se dopune ugovora.

Prilikom izvedbe, glinobetonski piloti se izvode bušenjem u promjeru  $\varnothing$  100 cm, odnosno  $\varnothing$  60 cm između AB pilota uz međusobno preklapanje za 20 cm, odnosno 10 cm.

### **Predradnje na izvedbi pilota**

Izvođač radova mora obići lokaciju kako bi se upoznao sa uvjetima na terenu. Naročitu pažnju treba posvetiti pitanju pristupa lokaciji, uređenju radilišta, kao i kretanju po samom radilištu. Zbijenost podloge mora biti takva da omogućava nesmetano kretanje predviđene mehanizacije neovisno o vremenskim prilikama (oborine duljeg trajanja).

Kako bi se radovi izvodili potrebnom dinamikom, a u skladu s ovim projektom i tehničkim uvjetima, izvođač pilota treba izraditi plan rada. Predviđeni plan rada treba sadržavati: organizaciju i opremu gradilišta, dinamiku izvođenja radova, te opis mehanizacije i tehničkih karakteristika opreme. Plan rada daje se na uvid Nadzoru, koji može tražiti njegovu izmjenu uz pismeno obrazloženje. Izvođač je dužan prije početka radova odrediti odgovornu osobu za njihovo izvođenje.

Prije početka radova mora se ispitati materijal betona koji će se upotrijebiti, uzimajući u obzir predviđenu tehnologiju izvođenja betonskih radova.

### **Geodetski radovi**

Prije početka predmetnih radova, osi pilota trebaju biti iskolčene položajno i prema nacrtima projekta i planovima iskolčenja. Visinske kote definirat će se prema planovima gornje konstrukcije.

Točnost iskolčenja treba se kretati u granicama od 1,0 cm (visinski i položajno). U tijeku izvedbe pilota potrebno je konstantno kontrolirati iskolčenje. Pilote treba izvesti u tlocrtu s točnošću od 5 cm u bilo kojem smjeru. Dozvoljeno odstupanje osi pilota od vertikale iznosi 1%.

### **Materijali**

Sastav glino-betona odrediti će se prema preporukama EN 1538:2000 u m<sup>3</sup> smjese ulazi:

- Voda 400 l do -500 l
- Cement 50 kg do 200 kg
- Agregat 1200 kg do 1500 kg
- Natrij bentonit 12 kg do 30 kg
- Kalcij bentonit 30kg do 90 kg

### **Kontrola kvalitete ugrađenih materijala**

Očekivane mehaničke karakteristike su sljedeće:

- tlačna čvrstoća nakon 28 dana  $\sigma_{tl} > 1,5$  MN/m<sup>2</sup>,
- Youngov modul elastičnosti  $E = 300 - 350$  MN/m<sup>2</sup>,
- gustoća 2 kg/dm<sup>3</sup>,
- vodopropusnost reda veličine 10<sup>-8</sup> m/s.

Beton mora biti fluidan, imati sposobnosti istjecanja i zbijanja vlastitom težinom.

Kvalitetu svježe smjese treba dokazati prethodnim ispitivanjem i tekućim ispitivanjima za vrijeme



izvođenja radova. Prethodnim ispitivanjima potrebno je dokazati zadovoljenje traženih svojstava u smislu: gustoće, viskoziteta, izlučivanja vode, jednoosne tlačne čvrstoće i vodopropusnosti. Za izvođenje su definirana kontinuirana ispitivanja uzimanjem uzoraka. Ispituju se: gustoća, jednoosna tlačna čvrstoća i vodopropusnost.

Učestalost ispitivanja je 1 uzorak na 100 m<sup>3</sup> svježe suspenzije.

### **Obračun radova**

Radovi se obračunavaju po m' izvedenih bušenih pilota prema projektiranim dimenzijama duljine i promjera, ako nije drukčije specificirano.

Ako nije specificirano drukčije, jedinična cijena obuhvaća: pripremu i rasporemanje gradilišta, transport opreme, pribora i ljudstva, izradu radnog platoa za bušenje, bušenje pilota, utovar i odvoz iskopanog tla (eventualno pomiješanog s isplakom) na predviđeno odlagalište, betoniranje pilota, uz predviđeno nadvišenje u glavi pilota, odbijanje pneumatskim čekićem lošeg betona u glavi pilota, utovar i odvoz betonskog otpada, priprema pilota za spoj s naglavnicom.

### **5.3.9.2.3 Geotehnička sidra**

Izvedba čeličnih geotehničkih sidara treba biti u skladu s normom HRN EN 1537:2013 ili jednakovrijedno Izvedba posebnih geotehničkih radova - Sidra u tlu i stijeni.

#### **Općenito**

Kako bi se radovi izvodili potrebnom dinamikom, a u skladu s ovim projektom i tehničkim uvjetima, izvođač treba izraditi plan rada. Predviđeni plan rada treba sadržavati: organizaciju i opremu gradilišta, dinamiku izvođenja radova, te opis mehanizacije i tehničkih karakteristika opreme. Plan rada daje se na uvid Nadzoru, koji može tražiti njegovu izmjenu uz pismeno obrazloženje. Izvođač je dužan prije početka radova odrediti odgovornu osobu za njihovo izvođenje.

#### **Radnje na izvedbi geotehničkih sidara**

Radovi na izvedbi geotehničkih sidara se sastoje od:

- Pripremni radovi (radionička izrada vlačnog elementa sidra),
- izrada bušotine,
- ugradnja sidra,
- ugradnja injekcijske smjese te po potrebi post-grouting,
- prenaprezanje i uređenje glave sidra.

Sve radove treba izvesti u skladu s projektom te uputama nadzornog inženjera i projektanta. Tehnologija izvođenja bušotine je u ovisnosti o sastavu i karakteristikama tla i količini podzemne vode.

#### **Izvedba sidara**

Nakon što je izvedena naglavna i sidrena greda i nakon što je beton dostigao 70% projektirane čvrstoće pristupa se izradi sidara. Prethodno je prilikom izrade sidrene grede, s armaturom potrebno povezati uvodno kućište za sidra i upuštene niše u sidrenoj gredi na mjestu sidra.

Izvoditelj sidara treba posjedovati na gradilištu jedan primjerak geomehaničkog izvještaja te tijekom iskopa kontrolirati sastav i karakteristike tla.

Redoslijed izvedbe sidara treba biti takav da se pri izvođenju slijedećeg ne oštećuje prethodno izvedeno sidro koje još nije postiglo punu čvrstoću.

Sav nabušeni materijal potrebno je ukloniti od ušća bušotine kako isti ne bi smetao pri izvedbi sidara.



Odmah po dovršetku bušenja sidara slijedi ugradnja sidra od visokovrijednog čelika i injektiranje kroz odgovarajuću opremu kojim je moguće i kontrolirati količinu utrošene smjese.

Količina utroška smjese se kontrolira i treba biti za najmanje 10% veći od idealnog volumena.

Ugrađeno sidro je potrebno zaštititi od preranog opterećenja.

### Materijali

*Sidro* - Osnovna svojstva materijala strukova trebaju zadovoljavati neki od standarda ( ASTM A416, SS 5896, Euronorm 138).

Svojstvo:	Minimalne tražene vrijednosti:
Nominalni promjer struka (")	0,6
Broj struka (kom)	3
Površina jednog struka (mm <sup>2</sup> )	140
Vlačna čvrstoća čelika $f_{pk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	1860

Za ugrađeni materijal izvođač mora imati propisane ateste kojima se dokazuje kvaliteta.

*Cement* - Za spravljanje injekcijske smjese treba koristiti cement klase 45, Cijelu potrebnu količinu cementa treba pribaviti od istog proizvođača. Nije dozvoljeno koristiti CEM III / C, CEM IV i CEM V prema standardu EN 197-1.

*Aditivi* - U injekcijsku smjesu preporuča se dodati sredstvo za povećavanje volumena smjese tijekom vezivanja. Povećanje volumena treba biti 5+10%. Aditivi trebaju imati atest proizvođača, a provjerava ih se u kontrolnoj smjesi. Ako proizvođač daje recepturu za korištenje aditiva, treba je se pridržavati.

Važno je predvidjeti i cijevi za post grouting tj sekundarno injektiranje sidara. Post grouting može značajno poboljšati nosivost sidra u kohezivnom tlu povećanjem otpora po plaštu tijela sidra i okolnog tla. U prvotno sidrišno tijelo u dužini sidrišne dionice na sidru uvodi se dodatna injekcijska smjesa kroz unaprijed postavljene cijevi i to s pritiscima do 10 bara.

*Voda* - Ako se koristi voda iz javnog vodovoda može se upotrebljavati bez potrebe dokazivanja uporabljivosti. Ako se za pripremanje betona koristi voda koja nije pitka Izvođač mora prethodno dokazati uporabljivost te vode u skladu s normom HRN EN 1008:2002 ili jednakovrijedno, najmanje jednom svaka tri mjeseca (postojanje soli, sadržaj organskih tvari).

### Radionička izrada sidra

Standardni postupak izrade geotehničkih sidara sastoji se od slijedećih aktivnosti:

- Rezanje strukova na potrebnu duljinu, pri čemu treba voditi računa da je rezna površina okomita na os žice,
- Premazivanje strukova u slobodnoj dionici mašću i navlačenje cijevi PEHD cijevi na svaki struk.
- Izrada kabela, tj. montaža elemenata sidara na točno određen broj strukova u snopu i ulaganje PEHD cijevi za sekundarno injektiranje.

### Injekcijska smjesa

Injekcijska smjesa se spravlja od cementa, vode i dodataka. Konzistencija gotove smjese treba odgovarati tehnologiji injektiranja. Kod određivanja potrebne količine vode i konzistencije svježe smjese voditi računa i o načinu ugrađivanja.



Smjesa za injektiranje treba imati slijedeća svojstva:

- dobra sposobnost tečenja,
- dobra obradivost,
- malo otpuštanje vode,
- sposobnost bubrenja od 5% do 10%,
- čvrstoću uzorka koja odgovara C30/37,
- razliku čvrstoće uzorka na mješalici i izlazu injektora do 10%.

Obradivost, sposobnost tečenja, zadržavanje vode i bubrenje injekcijske smjese postiže se izradom sastava i upotrebom dodataka.

Injektiranje se izvodi smjesom čiji je orijentacioni sastav slijedeći:

- cement aktivnosti 45,
- dodatak za bubrenje,
- dodatak za ugrađivanje,
- dodatak za ubrzano vezivanje,
- odnos cement: voda = 1 : 0,35÷0,5.

Receptura za smjesu odredit će se laboratorijski na osnovu prethodnih ispitivanja prema HRN EN 447 ili jednakovrijedno od strane ovlaštene institucije.

Spravljanje smjese vršiti pomoću posebne miješalice - injektora, koji omogućuje izradu tiksotropne cementne suspenzije - injekcijske smjese uz kontrolu pritiska injektiranja. Injekcijska smjesa se miješa prisilno - mehanički.

Tijekom rada potrebno je kontrolirati svojstva injekcijske smjese uzimanjem uzoraka na mješalici i na izlazu injektora. Uzorci se čuvaju na radilištu, na njima se ispituje tlačna čvrstoća (7 i 28 dana). Ukoliko je razlika u čvrstoći uzoraka uzetih iz miješalice i na izlazu injektora veća od 10%, to ukazuje na gubitak vode u transportu, odnosno da smjesa nema dovoljnu sposobnost zadržavanja vode, što treba odmah korigirati.

Vršiti provjeru komponenata od kojih se izrađuje injekcijska smjesa. Sav materijal treba biti pravilno uskladišten.

Obzirom da se pri izradi smjese miješa više komponenti, nužno je držati se određenog redoslijeda doziranja i miješanja. Prvo se izmiješaju suhe komponente s manjom količinom vode, kako ne bi došlo do grudanja smjese, a zatim se dodaje potrebna količina vode za postizanje tražene konzistencije.

Utrošak injekcijske smjese iskazuje se u količini suhe tvari po m<sup>3</sup> bušotine, a određuje će se prema utrošcima na probnim sidrima.

### **Bušenje**

Sidra se ulažu prethodno izvedene bušotine.

S prethodno pripremljenog platoa izvode se kose bušotine završnog promjera 155 mm. Bušenje se radi rotacionom metodom bez vode, uz zacjevljenje. Bušotine su u nagibu 20° od vodoravne ravnine, uz toleranciju nagiba ±2°. Kod izrade bušotine potrebno je provjeriti da iskop odgovara projektiranim dimenzijama i da nije došlo do zarušavanja ili stezanja bušotine.

Bušenje za sidra treba biti 50 cm dublje od duljine sidra (taložnica).

Eventualno zacjevljenje izvlači se tijekom injektiranja bušotine.





## Ugradnja i injektiranje

Svrha injektiranja sidrišne dionice je ostvarenje kontakta sidro - tlo, povećanje čvrstoće i smanjenje propusnosti materijala tla u sidrišnoj dionici.

Za provođenje uspješnog injektiranja potrebno je dobro pročistiti bušotinu, odabrati adekvatnu smjesu za injektiranje, te odrediti kvantitativni režim injektiranja.

U injektiranju bušotina postoje tri, eventualno četiri glavna čimbenika koji imaju neposredni utjecaj na kvalitetu izvedbe. To su:

- receptura smjese za injektiranje,
- veličina i način primjene injekcijskog tlaka,
- brzina i vrijeme ubrizgavanja injekcijske smjese,
- eventualno - dodatak za brzi prirast čvrstoće injekcijske smjese.

Izvođač je dužan osigurati odgovarajuću opremu za izvođenje radova na injektiranju sa slijedećim karakteristikama:

- bušača garnitura treba biti tako opremljena da omogući bušenje do max. duljine od 45 m uz mogućnost istodobnog zacijevljivanja s napredovanjem bušenja,
- injektor s mogućnošću neprekidnog rada kapaciteta od min. 10 l/min pritiska 20 bara,
- samoregulirajući manometar koji treba automatski bilježiti čitav proces injektiranja bez prekida (mora imati podjelu od 100 kN/m<sup>2</sup> s mogućnošću čitanja na skali do max. 20 bara).

Injektiranju se pristupa nakon što je ugrađeno sidro. Izvodi se u više radnih postupaka:

- ispunjavanje cijevi injekcijskom smjesom, s ušća bušotine,
- izvlačenje zaštitne cijevi od početka sidrišne dionice,
- primarno injektiranje kroz zaštitnu cijev od postizanja pritiska od cca 5 bara,
- vođenje zaštitne cijevi,
- postavljenje brtvenog sklopa na uvodno kućište,
- sekundarno injektiranje sidrišne dionice kroz cijev za injektiranje,
- ispiranje injekcijske smjese unutar uvodnog kućišta.

Odmah po završenom bušenju obavljaju se svi potrebni radovi kako bi se u kontinuitetu pristupilo ugradnji vlačnog elementa i injektiranju. Po završenoj izradi bušotine ulaže se nosivi vlačni element od visokovrijednog čelika koji treba biti postavljen centrično, te taj položaj treba zadržati do kraja injektiranja.

Prilikom izvedbe injekcijskih radova potrebno je stalno nadzirati i kontrolirati radove, jer je to izuzetno važan zahvat o kojem ovisi kvaliteta sidara.

Nakon ugradnje vlačnog elementa sidra pristupa se izradi brtve tako da se brzovezujućim mortom napravi čep debljine 10-20 cm, kroz koji prolaze cjevčica za injektiranje i kratka cjevčica za odzračivanje.

Injektiranje sidra provodi se nakon što je ono položeno u bušotinu i paralelno, odnosno naizmjenično s vađenjem zacjevljenja bušotine. Injektiranje treba vršiti pomoću posebne miješalice - injektora, koji omogućuje izradu tiksotropne cementne suspenzije - injekcijske smjese, te kontrolu pritiska injektiranja.

Pritisak injektiranja treba mjeriti kontinuirano, manometrima s podjelom na 0,1 bara, postavljenim na injekcijsku pumpu i injekcijski vod kod ušća bušotine.

Nakon što se izvrši zapunjavanje sidrišne dionice propisanom injekcijskom smjesom, pojava injekcione smjese na ušću bušotine, pritisak injektiranja treba postepeno podizati do završnog pritiska



injektiranja koji iznosi 5 bara za prvi red sidara, 10 bara za postgrouting na drugom redu sidara. Navedeni završni pritisak potrebno je održavati min. 10 minuta. Utrošak ugrađene smjese treba biti kontroliran i pri tome treba biti veći od 10% i manji od 100% povećanog idealnog volumena sidrišne bušotine.

Ukoliko se tijekom rada pokažu nedostaci danih kriterija, isti se mogu korigirati u dogovoru s projektantom izvedbenog projekta.

Prekid injektiranja dozvoljava se samo izuzetno (viša sila i slično). U takvom slučaju potrebno je isprati bušotinu i ponoviti injektiranje.

Za vrijeme injektiranja potrebno je opažati okolni teren:

- da bi se pravovremeno uočilo eventualno izbijanje smjese,
- da ne bi došlo do neželjenih poremećaja u tlu ili na okolnim objektima.

### **Prenaprezanje i ispitivanje sidara**

Prenaprezanju sidara i ispitnim procedurama može se pristupiti tek nakon što smjesa za injektiranje sidrišne dionice dostigne čvrstoću 30 MPa. Ispitna procedura izvodi se prema HRN EN 1537:2000 – testna metoda 1 ili jednakovrijedno. Ispituju se isključivo sve strune istovremeno unutar jednog geotehničkog sidra. Maksimalno povećanje opterećenja u sidru iznosi 10 kN/sec. Ispituju se sva sidra od čega 10% sidara se ispituje na uvjet prikladnosti, a ostala sidra se ispituju na uvjet prihvatljivosti. Pozicije sidara ispitivanijih na uvjet prikladnosti određuje nadzorni inženjer uz suglasnost projektanta.

Točan trenutak prednaprezanja odredit će se na osnovu rezultata prethodnih ispitivanja injekcijske smjese. Prednaprezanje ujedno predstavlja i primopredajno ispitivanje sidra, čime se kontrolira uspješnost izvedenih sidara. Dozvoljena maksimalna sila u sidru koju nije dozvoljeno prekoračiti tijekom ispitivanja određuje se u odnosu na lomnu čvrstoću i granicu popuštanja.

Za unošenje sile tijekom prednaprezanja treba koristiti specijalne hidrauličke preše kapaciteta minimalno 1000 kN. U sklopu preše i pumpe trebaju biti ispravni i baždareni mjerni instrumenti (manometar, dinamometar i milimetarsko mjerilo na klip).

Osim navedenog, u sustavu mjernih sklopova trebaju biti i dvije mikrourice učvršćene na nepomičnoj podlozi, pomoću kojih se očitavaju pomaci sidrene grede u smjeru sidra, na mjestu sidrišne ploče. Oslonci nosača mikrourice moraju biti min. 2 m udaljeni od sidra.

Na početku prednaprezanja potrebno je registrirati slijedeće podatke:

- Oznaka i položaj sidra,
- Vrijeme početka prednaprezanja,
- slobodni hod preše.

Nakon toga potrebno je kontinuirano pratiti:

- Vrijeme,
- Opterećenje,
- pomak klipa preše,
- pomak na mjestu sidrišne ploče.

### **Ispitivanje prikladnosti**

Ispitivanja prikladnosti uključuju inkrementalno naprezanje i relaksiranje ugrađenog sidra. Ispitivanje prikladnosti koristi se za provjeru kapaciteta sidra, utvrđivanje ponašanja opterećenja i deformacija, utvrđivanje uzroka pomicanja sidra i za provjeru stvarne dužine sidrišne dionice. Ispitivanja prikladnosti provode se na 10% ugrađenih sidara.



Standardni program prednaprezanja za ispitivanje prikladnosti treba imati tijek prema slijedećoj tablici:

broj 0,6" struna			3		
Sila zaklinjenja		$P_0=$	100 kN		
Najveća sila ispitivanja		$P_p=1,25 \cdot P_0$	125 kN		
1. krug opterećenja			2. krug opterećenja		
Ispitna sila (% najveće sile ispitivanja)	Sila (kN)	Vrijeme zadržavanja sile	Ispitna sila (% najveće sile ispitivanja)	Sila (kN)	Vrijeme zadržavanja sile
10		1	10		1
25		15	25		1
10		1	40		15
			25		1
			10		1
Ukupno vrijeme 1. kruga: 17 min			Ukupno vrijeme 2. kruga: 19 min		
3. krug opterećenja			4. krug opterećenja		
Ispitna sila (% najveće sile ispitivanja)	Sila (kN)	Vrijeme zadržavanja sile	Ispitna sila (% najveće sile ispitivanja)	Sila (kN)	Vrijeme zadržavanja sile
10		1	10		1
40		1	55		1
55		15	70		30
40		1	55		1
10		1	10		1
Ukupno vrijeme 3. kruga: 19 min			Ukupno vrijeme 4. kruga: 35 min		
5. krug opterećenja			6. krug opterećenja		
Ispitna sila (% najveće sile ispitivanja)	Sila (kN)	Vrijeme zadržavanja sile	Ispitna sila (% najveće sile ispitivanja)	Sila (kN)	Vrijeme zadržavanja sile
10		1	10		1
70		1	85		1
85		30	100		60
70		1	85		1
10		1	10		1
Ukupno vrijeme 5. kruga: 35 min			Ukupno vrijeme 6. kruga: 65 min		

$P_{tk}$ =Granična vlačna sila;  $P_0$ = Sila zaklinjenja;  $P_p$ = Najveća sila ispitivanja ;  $P_a$ =Inicijalna sila



## Ispitivanje prihvatljivosti

Standardni program prednaprezanja za ispitivanje prihvatljivosti treba imati tijekom prema slijedećoj tablici:

broj 0,6" struna		3			
Sila zaklinjenja	$P_0 =$	100 kN			
Inicijalna sila	$P_a = 10\%P_p$	30 kN			
Najveća sila ispitivanja	$P_p = 1,25 \cdot P_0$	125 kN			
1. krug opterećenja		2. krug opterećenja			
Ispitna sila (% najveće ispitivanja)	Sila (kN)	Vrijeme zadržavanja sile	Ispitna sila (% najveće ispitivanja)	Sila (kN)	Vrijeme zadržavanja sile
10		1	10		1
40		3	40		1
70		3	70		1
85		3	100		Sila zaklinjenja
100		15			
10		1			
Ukupno vrijeme 1. kruga: 28 min			Ukupno vrijeme 2. kruga: 5 min		

### Probna sidra

Prije početka radova, na predmetnoj lokaciji treba dokazati nosivost sidara uz tehnologiju koju će izvođač primijeniti, izvedbom probnog sidara. Pri tome je potrebno ispitati 2 probna sidra koja ostaju ugrađena u konstrukciju. Procedura ispitivanja je uz kontrolirani prirast pomaka, a prema standardnom programu prednaprezanja za ispitivanje prikladnosti.

O testiranju svakog pojedinog sidra mora se voditi zapisnik u kojem će se evidentirati sve relevantne podatke (režim prednapinjanja, silu i deformaciju u pojedinim fazama te napomene vezane na standardno ponašanje sidara), kao i ostala ispitivanja i dokaze za radna sidra.

**Sidra će se testirati na 1.5 \*projektne sile = 1,5\*300,00 kN = 450,0 kN**

**Prilikom ispitivanja, naprezanja ne smiju premašiti 90% granice elastičnih deformacija čeličnog elementa.** U skladu s tim odabrati promjer čeličnog elementa probnog sidra. Sva ispitivanja se vrše uz kontrolirani prirast pomaka.

### Priprema za testiranje sidara

Uz sidra koja će se testirati potrebno je pripremiti oslonce za prešu, koji moraju biti udaljeni najmanje 1m od sidra te čvrstu točku na kojoj će se postaviti mikroure.

Upotrebljena oprema mora imati mogućnost unošenja i mjerenja pomaka do 100 mm u neprekinutom hodu te mogućnost održavanja stalne sile, bez obzira na eventualno popuštanje sidra.

Svi mjerni i pogonski uređaji moraju imati važeće ateste, a proces testiranja treba biti vođen kvalificiranom osobom.

### Obračun radova

Izvedba sidrenja aktivnim sidrima obračunava se po m' ugrađenih sidara.



Jedinične cijene obuhvaćaju pripremu i raspremanje gradilišta, transport opreme, pribora i ljudstva, izradu radnog platoa za bušenje sidara, bušenje, injektiranje, postavljenje glave sidra, ispitivanje i zatezanje, kao i demontažu glave sidra za privremene konstrukcije. Ukoliko nije drugačije specificirano jedinične cijene uključuju sav materijal i radove na probnom sidru.

#### 5.3.9.2.4 Monitoring

##### Opažanje pomaka na vertikalnim inklinometrima

Instalacija se sastoji od cijevi, kliznih spojnica, vijaka i zaštitne trake. Na vrh instalacije se ugrađuje sidreno ušće, koje služi za pričvršćenje nosača kabela. Cijevi su ugrađene u bušotinu promjera cca 110 mm. Prostor između cijevi i stjenke bušotine je injektiran. Vrh i dno inklinacijske cijevi zatvoriti poklopcem i čepom. Cijevi međusobno spojiti spojnicama. Brtvljenje spojeva osigurati brtvećim trakama i dodatno obložiti samoljepivom trakom kako ne bi došlo do prodora injekcijske smjese u unutrašnjost cijevi. Vrh inklinacijske cijevi učvrstiti i zaštititi čeličnom zaštitnom cijevi i kapom koja se zatvara lokotom.

Mjerenje horizontalnih pomaka u vertikalno ugrađenim inklinometarskim cijevima izvodi se digitalnom inklinometarskom sondom i pripadnom mjernom opremom. Obrada mjernih podataka obavlja se kompjuterskim programom komatibilnim sa mjernom opremom.

Mjerna oprema sastoji se od sljedećeg:

- Inklinometarska sonda,
- Mjerni kabel s nosačem,
- Digitalni uređaj za očitavanje i pohranu mjernih podataka.

Princip mjerenja horizontalnih pomaka u vertikalno ugrađenoj inklinacijskoj cijevi zasniva se na razlici izmjerenih pomaka između dva mjerenja. Da bi bili u mogućnosti pratiti stanje pomaka u vremenu nužno je izvršiti referentno mjerenje, koje se još naziva „0“ (nulto) ili početno mjerenje. Referentno „0“ (nulto) mjerenje služi kao referentni podatak – koordinatni sustav za sva sljedeća mjerenja, tj. inkrementalne pomake u odnosu na početno referentno mjerenje.

Podaci nultog mjerenja odnose se samo na uređaj kojim je izvršeno mjerenje i na njih se može referencirati samo uz korištenje istog uređaja.

Prilikom mjerenja horizontalnih pomaka na inklinometru obvezatno je mjerenje pomaka na pripadnom geodetskom reperu.

##### Evidencija podataka mjerenja

Osnovni podaci o obavljanju mjerenja (datum izvršavanja mjerenja, izvršitelj mjerenja i sl.) unose se u posebni formular. Ovi podaci se odlažu u Građevinski dnevnik.

##### Učestalost mjerenja

Tijekom izvedbe konstrukcije, jedanput u dva tjedna i prema fazama izvedbe navedenim u tehničkom opisu.

Po završetku i izgradnji objekta učestalost geodetskog opažanja smanjuje se na 1 puta mjesečno u periodu 12 mjeseca iza izvedbe konstrukcije.

Sva pojedinačna mjerenja treba ažurno dostavljati glavnom inženjeru, nadzornom inženjeru i projektantu kako bi se na vrijeme moglo intervenirati u koliko ponašanje temelja nije u skladu s projektnim predviđanjima.

##### Opažanje pomaka geodetskim reperima

Geodetske kontrolne točke (reperi) ugrađuju se u elemente betonskih nadtemeljnih konstrukcija s

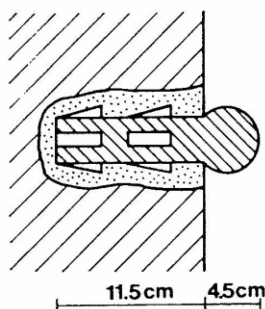


ciljem praćenja pomaka objekata kroz građenje i u eksploataciji.

Geodetski reperi ugrađuju se kao klinovi ugrađeni u betonski element.

Klin je tokarena šipka duljine 15 cm izrađena od mesinga ili prokroma, sa navojem promjera 5/8" ili bez njega.

Ugradnju geodetskih kontrolnih točaka treba izvršiti prema uputama i uz kontrolu geodetskog nadzora.



**HR**

**Horizontalno ugrađen reper s glavom u objektu**

Projektom je predviđeno:

- Opažanje slijeganja pomoću preciznog geodetskog nivelmana,
- Zahtijevana točnost mjerenja iznosi  $\pm 1.0$  mm.

### **Učestalost mjerenja**

Tijekom izvedbe konstrukcije, jedanput u dva tjedna. Obvezno je mjerenje svih repera nakon značajnijeg nanošenja opterećenja (etažni iskopi, izvedba nasipa, betoniranje kampada, naglavne grede i dr.).

Po završetku i izgradnji objekta učestalost geodetskog opažanja smanjuje se na 1 puta mjesečno u periodu 12 mjeseci iza izvedbe konstrukcije.

Sva pojedinačna mjerenja treba ažurno dostavljati glavnom inženjeru, nadzornom inženjeru i projektantu kako bi se na vrijeme moglo intervenirati u koliko ponašanje temelja nije u skladu s projektnim predviđanjima.

### **Evidencija podataka mjerenja**

Osnovni podaci o obavljanju mjerenja (datum izvršavanja mjerenja, izvršitelj mjerenja i sl.) unose se u posebni formular. Ovi podaci se odlažu u Građevinski dnevnik.

### **Prezentacija i interpretacija podataka mjerenja**

Za obradu geodetski mjerenih vrijednosti potrebno je maksimalno koristiti mogućnosti generiranja podataka u dijagrame. Na dijagramima trebaju biti vidljivi prostorni pomaci svake točke pojedinačno, njihov međusobni odnos kao i vremenski razvoj mjerenih vrijednosti.





## 5.4 OPĆE MJERE ZAŠTITE NA RADU

### 5.4.1 ZEMLJANI RADOVI

#### 5.4.1.1 Ručni iskop

Kada se pri građenju objekta ručno iskopava zemlja, moraju se primijeniti slijedeće zaštitne mjere:

- pri izvođenju zemljanih radova na dubini većoj od 1,0 m moraju se poduzeti zaštitne mjere protiv rušenja zemljanih naslaga s bočnih strana i protiv obrušavanja iskopanog materijala,
- ručno otkopavanje zemlje mora se izvoditi odozgo naniže, a svako potkopavanje je zabranjeno.

#### 5.4.1.2 Iskop građevinskim strojevima i mehaniziranim alatom

Kada se pri građenju objekta iskapa zemlja građevinskim strojevima i mehaniziranim alatom rukovanje strojevima smije se povjeriti samo radniku koji je stručno osposobljen za taj posao i upoznat s opasnostima koje prijete pri tom radu.

Ispravnost građevinskih strojevi i uređaja mora biti pregledana prije postavljanju na mjesto rada i samog rada.

Mehanizirani alat koji se koristi (pneumatski čekići i drugo) moraju biti oblika i težine pogodnih za lako prenošenje i rukovanje i pod otežanim uvjetima rada.

Kod širokog iskopa potrebno je voditi računa o nagibu bočnih strana kako ne bi došlo do urušavanja. Razupiranje stranica iskopa nije potrebno ako su bočne stranice iskopa uređene pod kutom unutarnjeg trenja tla u kojem se iskop vrši, niti pri etažnom kopanju do dubine manje od 2,0 m.

### 5.4.2 TESARSKI RADOVI

Oštra sječiva tesarskog alata (sjekira, pile, dlijeta i slično) moraju pri prijenosu biti na pogodan način pokrivena. Rukovanje strojevima za obradu drveta na gradilištu smije se povjeriti samo kvalificiranim ili obučanim radnicima. Građa poslije svakog korištenja na gradilištu, mora se pregledati, očistiti od čavala, ostataka okova i dr., i složiti. Ljestve i radni podovi moraju svojim dimenzijama odgovarati propisima. Sva radna mjesta na visini većoj od 1,0 m moraju biti ograđena zaštitnom ogradom visine ne manje od 100 cm.

### 5.4.3 RADOVI NA BETONIRANJU

Prije početka betoniranja svi oštri vrhovi ili rubovi koji vire iz oplata za betoniranje moraju se podviti ili pokriti.

S radovima na betoniranju smije se početi tek po provjeri od strane određene stručne osobe na gradilištu jesu li izvršeni svi prethodni potrebni radovi. Nasilno skidanje (čupanje) oplata pomoću dizalice i drugih uređaja nije dopušteno.

### 5.4.4 GRADILIŠTE

Radovi se obavljaju na otvorenom. Postrojenja i površine namijenjene za rad na otvorenom prostora moraju biti tako locirane da omogućuju sigurno kretanje osoba i prometnih sredstava bez opasnosti za život



i zdravlje radnika,

Prostorije namijenjene za obavljanje administrativnih poslova trebaju biti smještene u posebnim objektima.

#### 5.4.4.1 Smanjenje buke

Prilikom izvođenja radova utjecaj buke od radova na ljude koji se nalaze unutar ili u neposrednoj blizini ne smije ugroziti zdravlje.

Tijekom dnevnog razdoblja dopuštena ekvivalentna razina buke iznosi 65 dB(A). U razdoblju od 08.00 do 18.00 sati dopušta se prekoračenje ekvivalentne razine buke od dodatnih 5 dB(A) sukladno s člankom 17. Pravilnika o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave (NN, broj 145/04) i drugim člancima ovog Pravilnika te ih se potrebno pridržavati. Svi strojevi i oprema moraju imati ateste u skladu s hrvatskim i međunarodnim normama i specifikacijama.

#### 5.4.4.2 Zaštita od požara

Osnovna mjera zaštite od požara je pravilno uskladištenje zapaljivog materijala, čišćenje i održavanje prostora, pravilno održavanje električnih instalacija i osposobljenost radnika za preventivno gašenje požara.

Sve radove i usluge treba obavljati uz primjenu odgovarajućih mjera zaštite od požara. Na radilištu se mora nalaziti odgovarajući broj S9 ili P9 aparata. Sva vozila i strojevi trebaju biti opremljena sa aparatom za početno gašenje požara.

Pušenje je zabranjeno u svim zatvorenim prostorijama, te na otvorenim prostorima osim na onim mjestima koja su označena i opremljena.

#### 5.4.4.3 Odstranjivanje štetnih otpadaka

Štetni otpaci koji se pojavljuju na gradilištu (ulja, maziva, goriva i dr.), moraju se odstraniti na mjesta uređena da se izbjegne zagađenja zemljišta, podzemnih voda i čovjekove okoline. Sva ta mjesta moraju biti ograđena i osigurana od pristupa neovlaštenih osoba.

#### 5.4.4.4 Prometnice

Pomoćni putovi za transport tereta i putovi za kretanje osoba trebaju biti projektirani i izvedeni tako da se što manje presijecaju i poklapaju.

#### 5.4.4.5 Radni prostor

Radni prostor je na otvorenom, pa stoga izvođač posebnu pažnju mora posvetiti uređenju gradilišta, što uključuje:

- osiguranje granica gradilišta prema okolini
- određivanje mjesta, prostora i načina razmjesta i uskladištenja građevnog materijala
- način obilježavanja, odnosno osiguranja, opasnih mjesta i ugroženih prostora na gradilištu
- način rada na mjestima gdje se pojavljuju štetni plinovi, prašina, para, odnosno gdje može nastati vatra i drugo



- određivanje vrste i smještaja građevinskih strojeva i postrojenja i odgovarajuća osiguranja s obzirom na lokaciju gradilišta.

#### 5.4.4.6 Pomoćne prostorije

Radovi se izvode na otvorenom i potrebno je osigurati pomoćne prostorije kao što su: garderoba, kupaonica, nužnici, prostorije za uzimanje obroka hrane, prostorije za povremeno zagrijavanje radnika i drugo.

Garderobe se moraju predvidjeti za siguran smještaj civilne i radne odjeće i obuće i dragih osobnih predmeta. Kupaonice moraju biti tako izvedene da imaju osiguranu toplu i hladnu vodu, da u hladnom vremenskom razdoblju budu grijane. Nužnici moraju biti tako smješteni da udaljenost do najudaljenijih mjesta rada ne bude veća od 200 m. Po jedan nužnik mora se predvidjeti na najviše 30 radnika. Odgovornost za provedbu tehničkih mjera zaštite na radu za vrijeme izvedbe objekta

#### 5.4.5 ODGOVORNOST ZA PROVEDBU TEHNIČKIH MJERA ZAŠTITE NA RADU ZA VRIJEME IZVEDBE OBJEKTA

U skladu s odredbama Pravilnik o osposobljavanju iz zaštite na radu i polaganju stručnog ispita (NN 112/2014) Investitor je obavezan imenovati koordinatora zaštite na radu tijekom građenja. Dužnosti koordinatora zaštite na radu tijekom građenja tijekom izvođenja radova propisane su odredbama Zakona o zaštiti na radu (NN 71/14, 118/14, 94/18, 96/18) i Pravilnika o zaštiti na radu na privremenim gradilištima (NN br. 48/18). Oprema gradilišta, osiguranje pojedinih uređaja i strojeva na njemu te radnika, mora u cijelosti odgovarati HTZ propisima. Provedbu ovih zaštitnih mjera provodi glavni inženjer gradilišta, koordinatore zaštite na radu te inspektor rada.

Projektant :

Ivan Mihaljević, dipl.ing.grad.



## 6 PROCJENA TROŠKOVA GRADNJE

Na temelju provedenih analiza i ovim projektom projektiranih radova, procjenjuje se vrijednost radova u iznosu od:

- 1.854.000,00 eura (bez PDV-a)
- 463.500,00 PDV
- 2.317.500,00 (s PDV-om)

**Projektant :**

Ivan Mihaljević, dipl.ing.grad.



## 7 GRAFIČKI I DRUGI PRILOZI

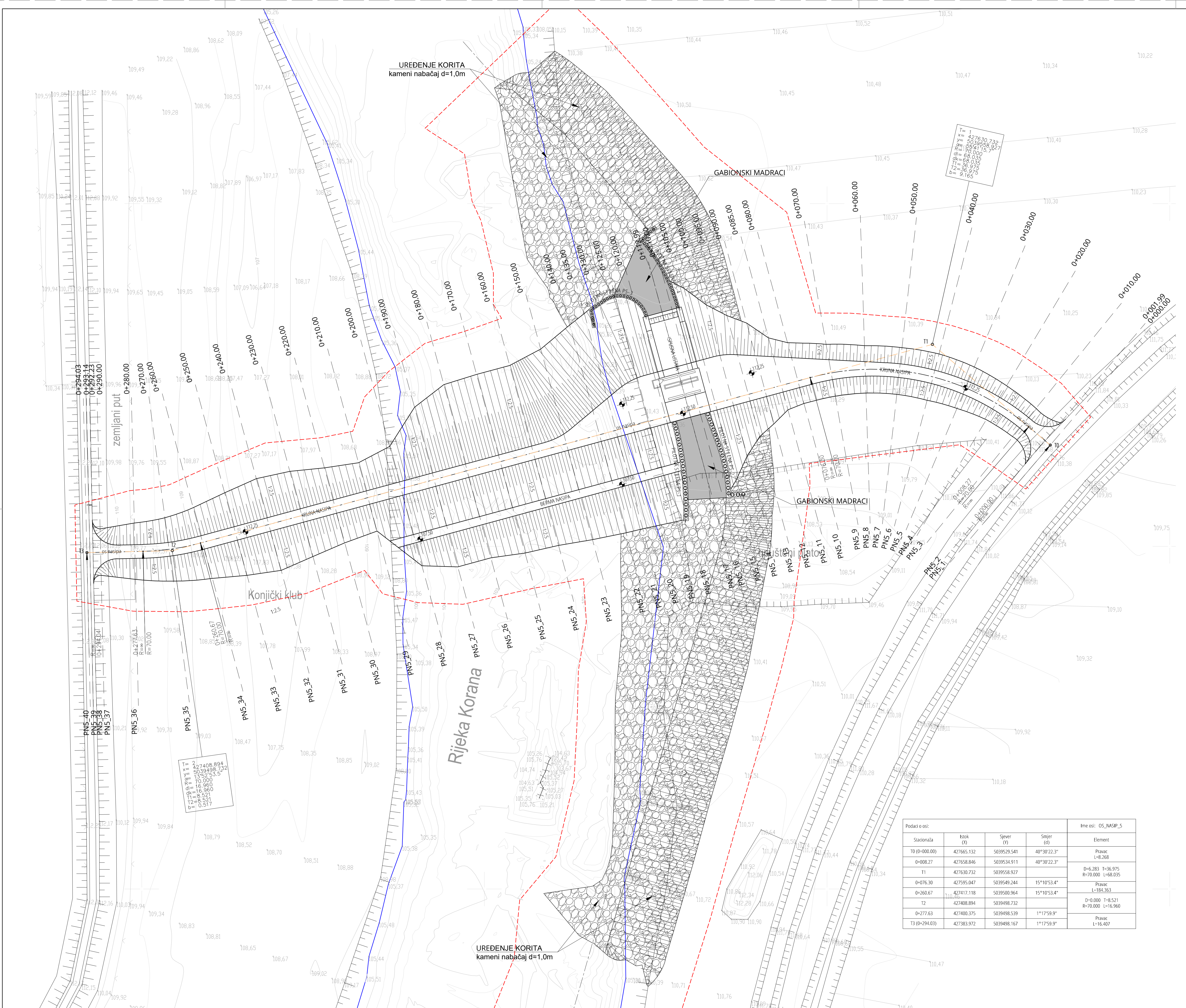
Popis priloga pruža slijedeća tablica:

Rb. priloga	Oznaka priloga	Naziv priloga	Napomena uz prilog
01	1201	Situacija ispusne ustave s nasipom 5 na geodetskoj podlozi	MJ 1:500
02	1202	Situacija pilotnih stijena	MJ 1:200
03	1301	Temeljna jama ispusne ustave - situacija	MJ 1:200
04	2301	Temeljna jama ispusne ustave - uzdužni presjek A-A	MJ 1:100
05	4301	Temeljna jama ispusne ustave - poprečni presjek 1-1	MJ 1:100
06	4302	Temeljna jama ispusne ustave - poprečni presjek 2-2	MJ 1:100
07	2401	Uzdužni presjek pilotne stijene PS-1	MJ 1:100
08	2402	Uzdužni presjek pilotne stijene PS-2	MJ 1:100
09	2403	Uzdužni presjek pilotne stijene PS-3	MJ 1:100
10	2404	Uzdužni presjek pilotne stijene PS-4	MJ 1:100
11	3401	Karakteristični poprečni presjeci pilotne stijene PS-1	MJ 1:100
12	3402	Karakteristični poprečni presjeci pilotne stijene PS-2	MJ 1:100
13	3403	Karakteristični poprečni presjeci pilotnih stijena PS-3 i PS-4	MJ 1:100

Projektant :

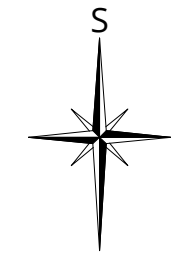
Ivan Mihaljević, dipl.ing.grad.





SITUACIJA ISPUSNE USTAVE S NASIPOM 5 NA GEODETSKOJ PODLOZI

MJ 1:500



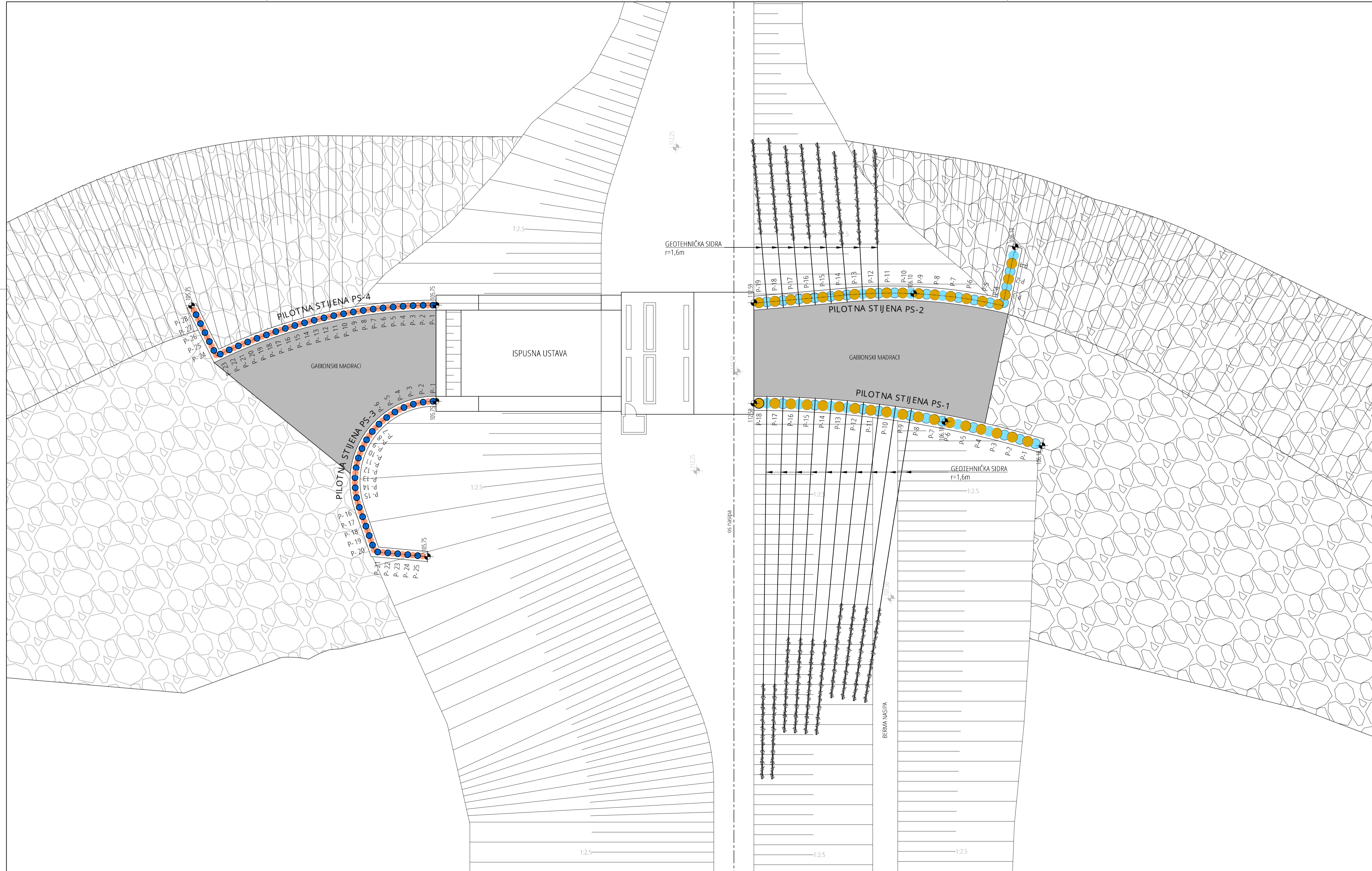
Podaci o osi:				Ime osi: OS_NASIP_5
Stacionaža	Broj (Q)	Sjever (Q)	Smjer (Q)	Element
T0 (0+000.00)	427665.132	5039529.541	40°30'22.3"	Pravac L=8.268
0+008.27	427658.846	5039534.911	40°30'22.3"	D=6.283 l=36.975 R=70.000 L=68.035
T1	427630.732	5039558.927		
0+076.30	427595.047	5039549.244	15°10'53.4"	Pravac L=184.663
0+260.67	427417.118	5039500.964	15°10'53.4"	D=0.000 l=8.521 R=70.000 L=16.960
T2	427408.894	5039498.732		
0+277.63	427400.375	5039498.539	1°17'59.9"	Pravac L=16.407
T3 (0+294.03)	427383.972	5039498.167	1°17'59.9"	

2  
427408.894  
5039498.732  
135293.5  
70.000  
16.960  
16.960  
128.521  
178.521  
0.517

1  
427630.732  
5039558.927  
5039558.927  
68.035  
68.035  
11  
36.975  
36.975  
0  
0.165

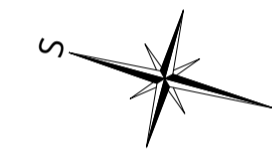
BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
<b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220	
PROJEKTANSKI URED:	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrnjanska 16a	
GRADEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekužja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovač k.o. Karlovač II, k.o. Gornje Mekužje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRADEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	STRUKOVNA ODREDNICA: Građevinski projekt	
PROJEKTANT:	Ivan Mihajević, dipl. ing. grad. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	SITUACIJA ISPUSNE USTAVE S NASIPOM 5 NA GEODETSKOJ PODLOZI	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP):	GP-5986/23	OZNAKA MAPE: E-155-18-03
REVIZIJA:	1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d.: E-155-18-03
MJESTO I DATUM:	Zagreb, rujan 2024. - ispravak 1	REDNI BR. PRILOGA: 01





### SITUACIJA PILOTNIH STIJENA

MJ 1:200



#### LEGENDA

- AB PILOT Ø1,0m
- AB PILOT Ø0,6m
- STUPNJAK Ø1,0m
- STUPNJAK Ø0,6

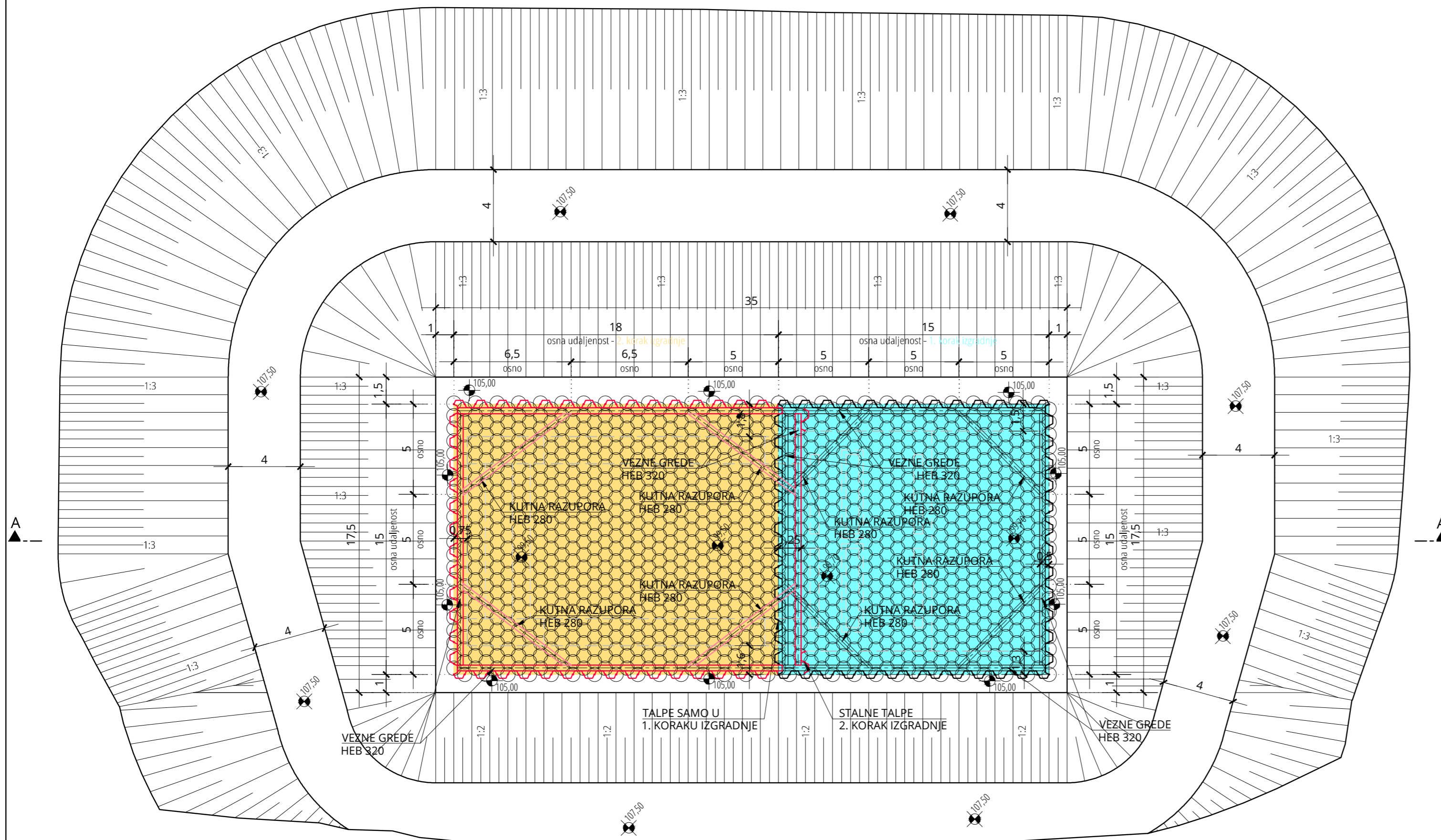
BRJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
<b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnska 16a OIB: 61600467614	
GRADEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRADEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	STRUKOVNA ODREDNICA: Glavni projekt Građevinski projekt	
PROJEKTANT:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	SITUACIJA PILOTNIH STIJENA	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP):	GP-5986/23	OZNAKA MAPE: E-155-18-03
REVIZIJA:	1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03
MJESTO I DATUM:	Zagreb, rujan 2024. – ispravak 1	MJERILO: 1:200
	OZNAKA PRILOGA: 1202	REDNI BR. PRILOGA: 02



# TEMELJNA JAMA ISPUSNE USTAVE

SITUACIJA

MJ 1:200

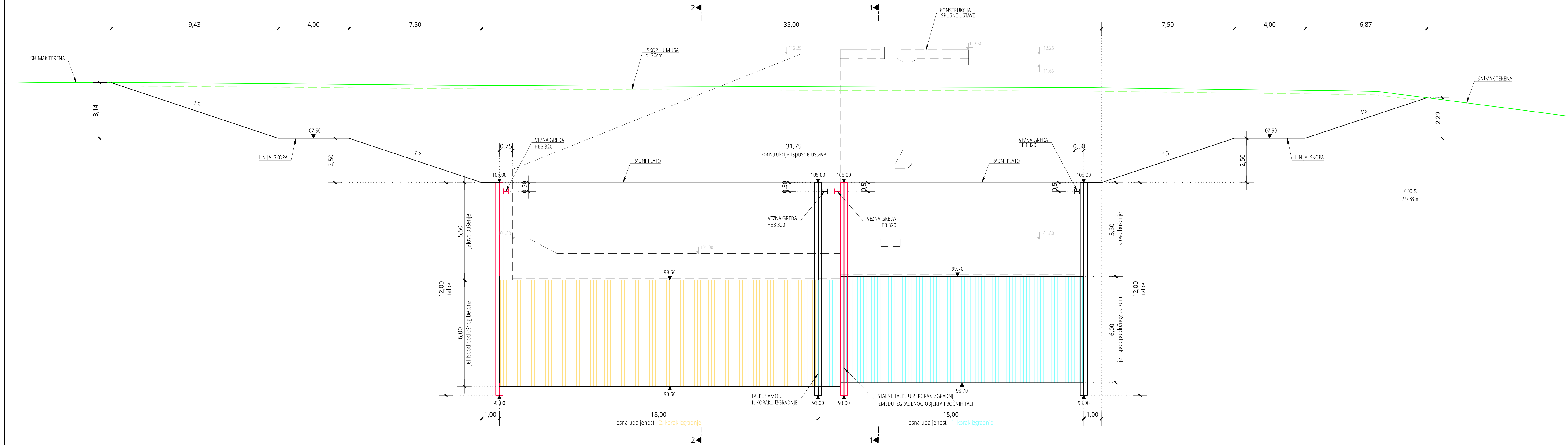


BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 <b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnanska 16a OIB: 61600467614	
GRAĐEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	STRUKOVNA ODREDNICA:	
Glavni projekt	Građevinski projekt	
PROJEKTANT:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	TEMELJNA JAMA ISPUSNE USTAVE SITUACIJA	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP): GP-5986/23	OZNAKA MAPE: E-155-18-03	
REVIZIJA: 1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03	MJERILO: 1:200
MJESTO I DATUM: Zagreb, rujan 2024. - ispravak 1	OZNAKA PRILOGA: 1301	REDNI BR. PRILOGA: 03

# TEMELJNA JAMA ISPUSNE USTAVE

## UZDUŽNI PRESJEK A-A

MJ 1:100

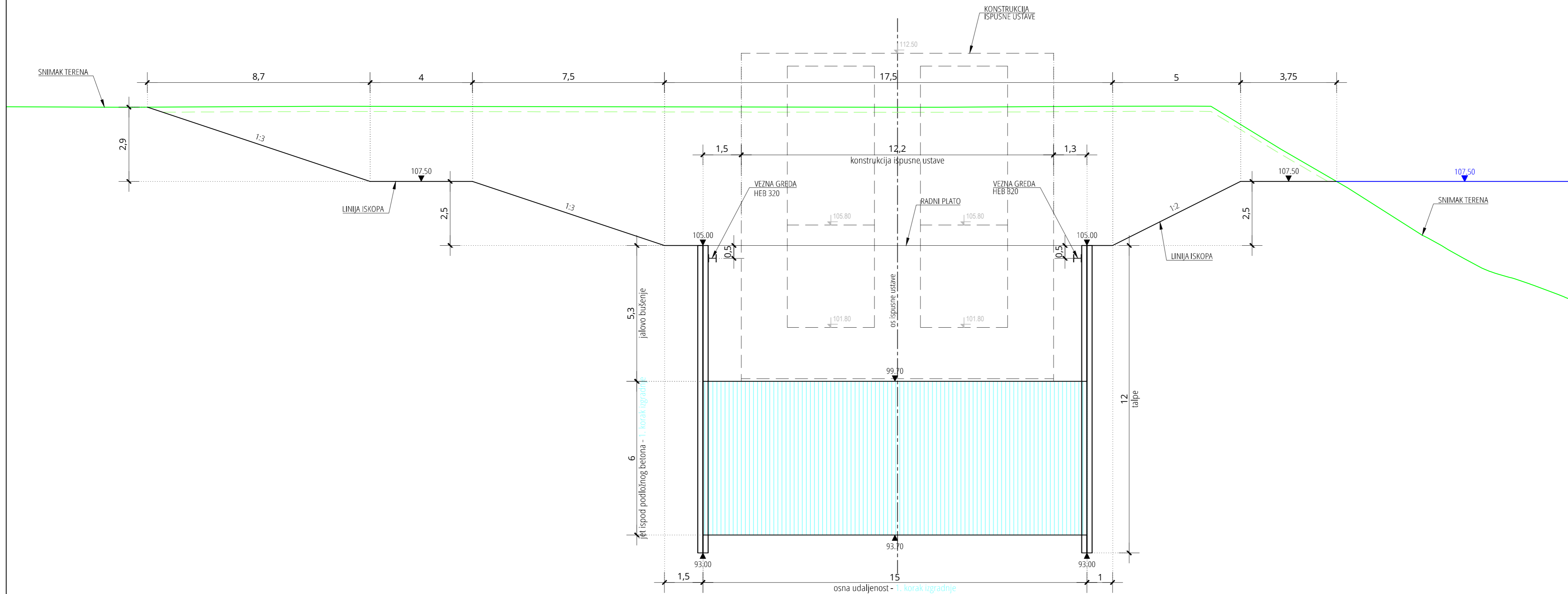


BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED:	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnska 16a OIB: 61600467614	
GRADEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRADEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	STRUKOVNA ODREDNICA:	
Glavni projekt	Građevinski projekt	
PROJEKTANT:	Ivan Mihajević, dipl. ing. grad. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	TEMELJNA JAMA ISPUSNE USTAVE UZDUŽNI PRESJEK A-A	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP):	GP-5986/23	OZNAKA MAPE: E-155-18-03
REVIZIJA:	1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03
MJESTO I DATUM:	Zagreb, rujn 2024. - ispravak 1	MJERILO: 1:100
	OZNAKA PRILOGA: 2301	REDNI BR. PRILOGA: 04

# TEMELJNA JAMA ISPUSNE USTAVE

## POPREČNI PRESJEK 1-1

MJ 1:100

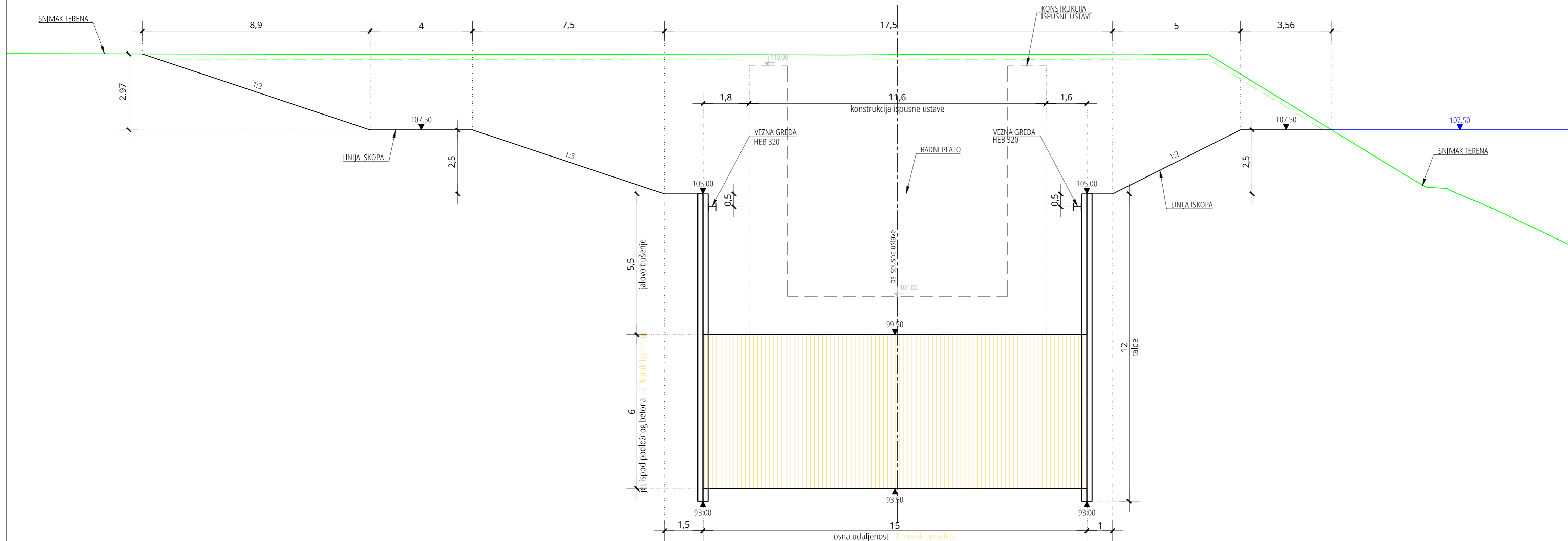


BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 <b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjanska 16a OIB: 61600467614	
GRAĐEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	STRUKOVNA ODREDNICA:	
Glavni projekt	Građevinski projekt	
PROJEKTANT:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	TEMELJNA JAMA ISPUSNE USTAVE POPREČNI PRESJEK 1-1	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP): GP-5986/23	OZNAKA MAPE: E-155-18-03	
REVIZIJA: 1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03	MJERILO: 1:100
MJESTO I DATUM: Zagreb, rujan 2024. - ispravak 1	OZNAKA PRILOGA: 4301	REDNI BR. PRILOGA: 05

# TEMELJNA JAMA ISPUSNE USTAVE

## POPREČNI PRESJEK 2-2

MJ 1:100

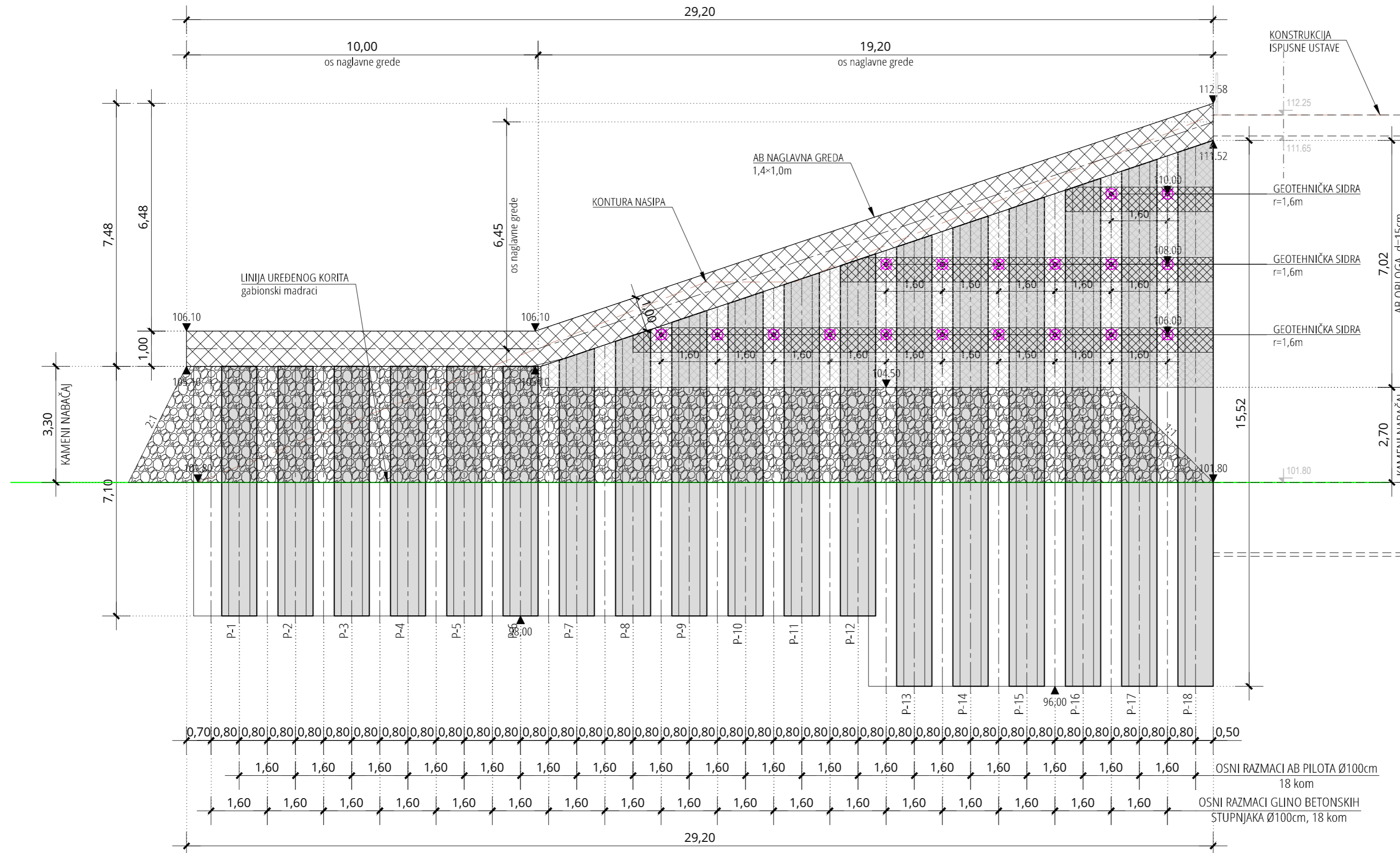


BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 <b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjanska 16a OIB: 61600467614	
GRAĐEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	STRUKOVNA ODREDNICA:	
Glavni projekt	Građevinski projekt	
PROJEKTANT:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	TEMELJNA JAMA ISPUSNE USTAVE POPREČNI PRESJEK 2-2	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP):	OZNAKA MAPE:	
GP-5986/23	E-155-18-03	
REVIZIJA:	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d.	MJERILO:
1	E-155-18-03	1:100
MJESTO I DATUM:	OZNAKA PRILOGA:	REDNI BR. PRILOGA:
Zagreb, rujan 2024. - ispravak 1	4302	06



## UZDUŽNI PRESJEK PILOTNE STIJENE PS-1

MJ 1:100



BROJ REVIZIJE:      DATUM:      NAPOMENA REVIZIJE:

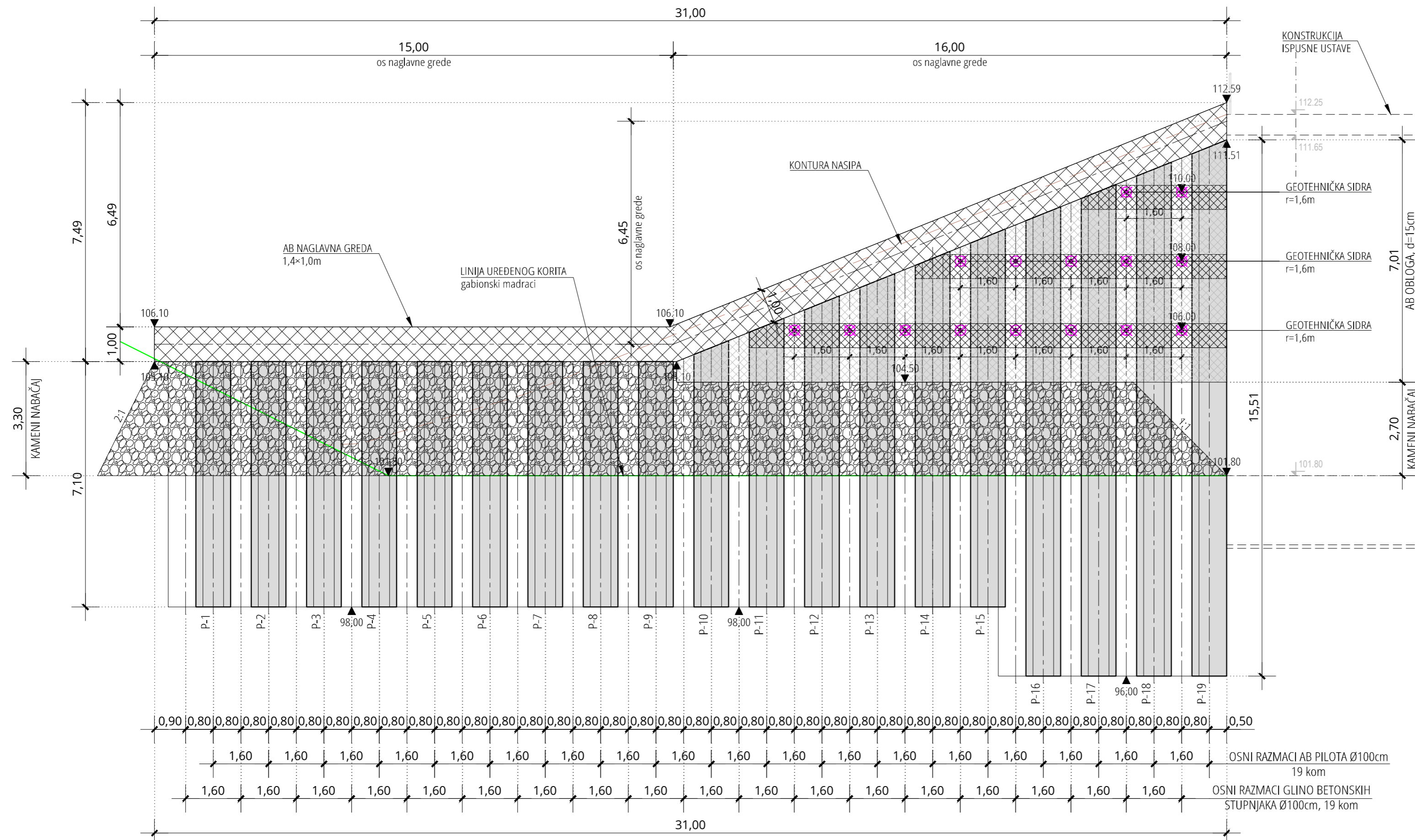

**GEOKON**  
 WWW.GEOKON.HR

INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnanska 16a OIB: 61600467614	
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	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	Glavni projekt	STRUKOVNA ODREDNICA: Građevinski projekt
PROJEKTANT:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	UZDUŽNI PRESJEK PILOTNE STIJENE PS-1	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP): GP-5986/23	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03	OZNAKA MAPE: E-155-18-03
REVIZIJA: 1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03	MJERILO: 1:100
MJESTO I DATUM: Zagreb, rujan 2024. – ispravak 1	OZNAKA PRILOGA: 2401	REDNI BR. PRILOGA: 07



# UZDUŽNI PRESJEK PILOTNE STIJENE PS-2

MJ 1:100



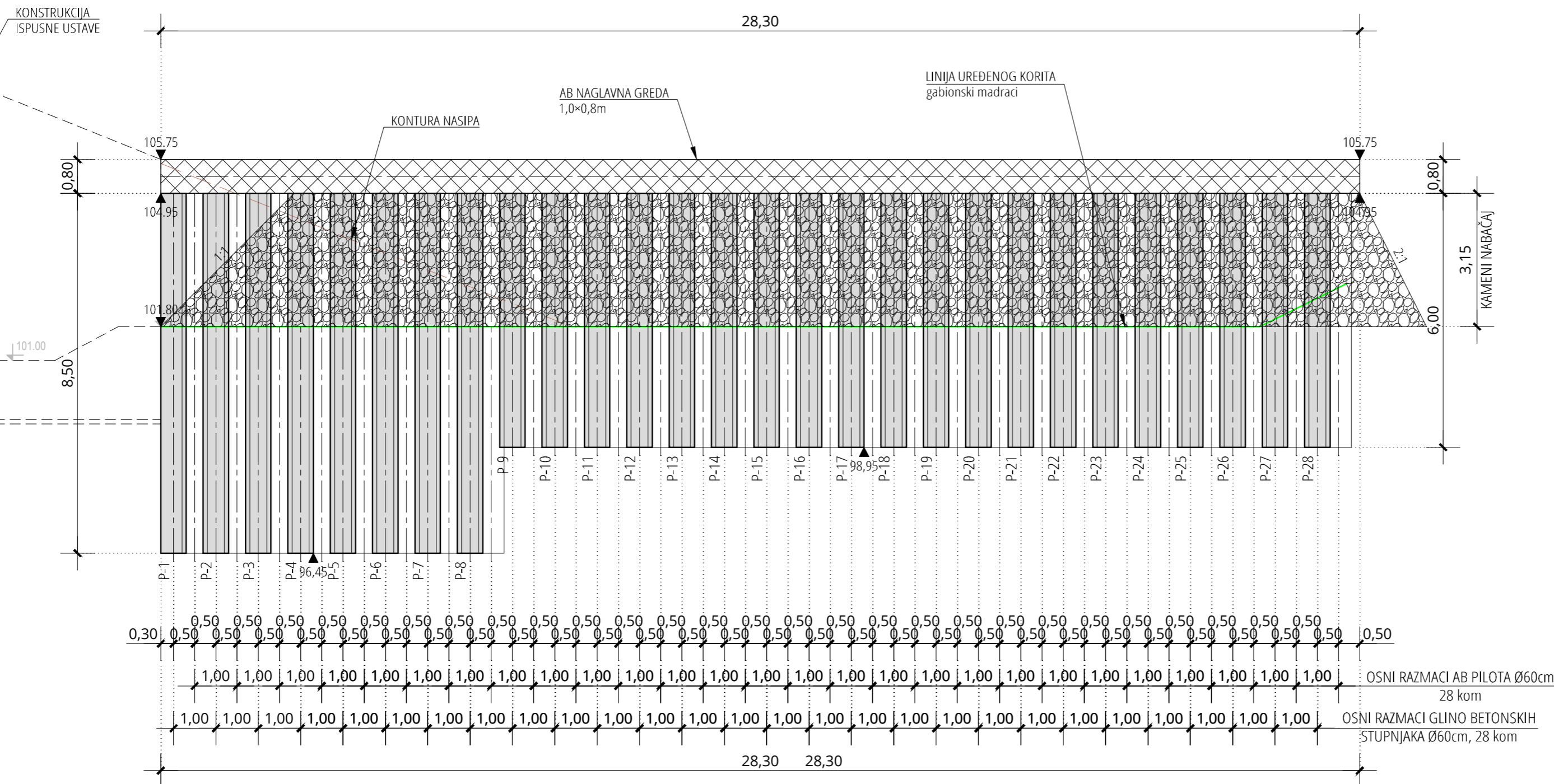
BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 <b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnanska 16a OIB: 61600467614	
GRAĐEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE: Glavni projekt	STRUKOVNA ODREDNICA: Građevinski projekt	
PROJEKTANT: Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785		
SADRŽAJ PRILOGA:	UZDUŽNI PRESJEK PILOTNE STIJENE PS-2	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP): GP-5986/23	OZNAKA MAPE: E-155-18-03	
REVIZIJA: 1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03	MJERILO: 1:100
MJESTO I DATUM: Zagreb, rujan 2024. – ispravak 1	OZNAKA PRILOGA: 2402	REDNI BR. PRILOGA: 08





# UZDUŽNI PRESJEK PILOTNE STIJENE PS-4

MJ 1:100

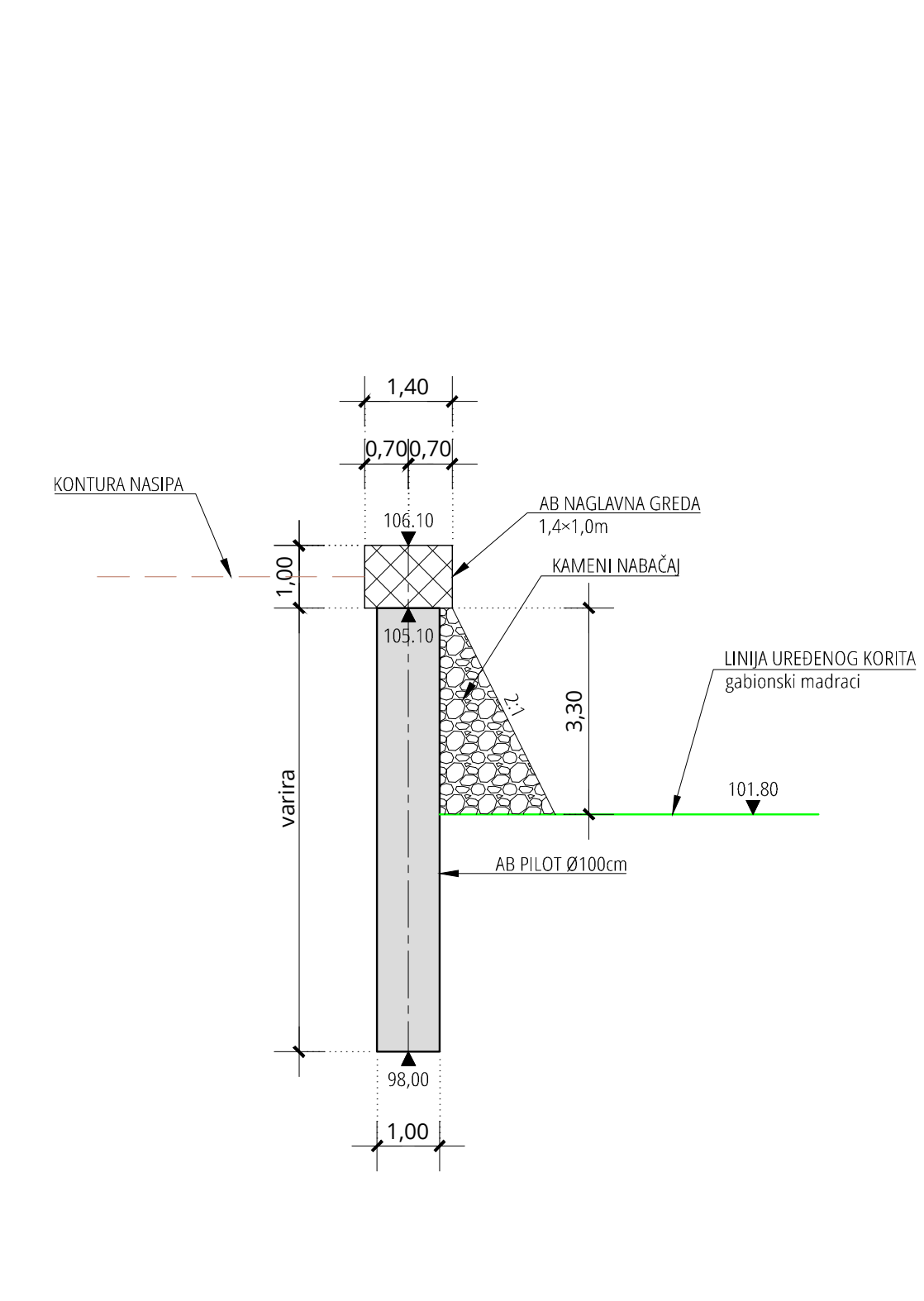
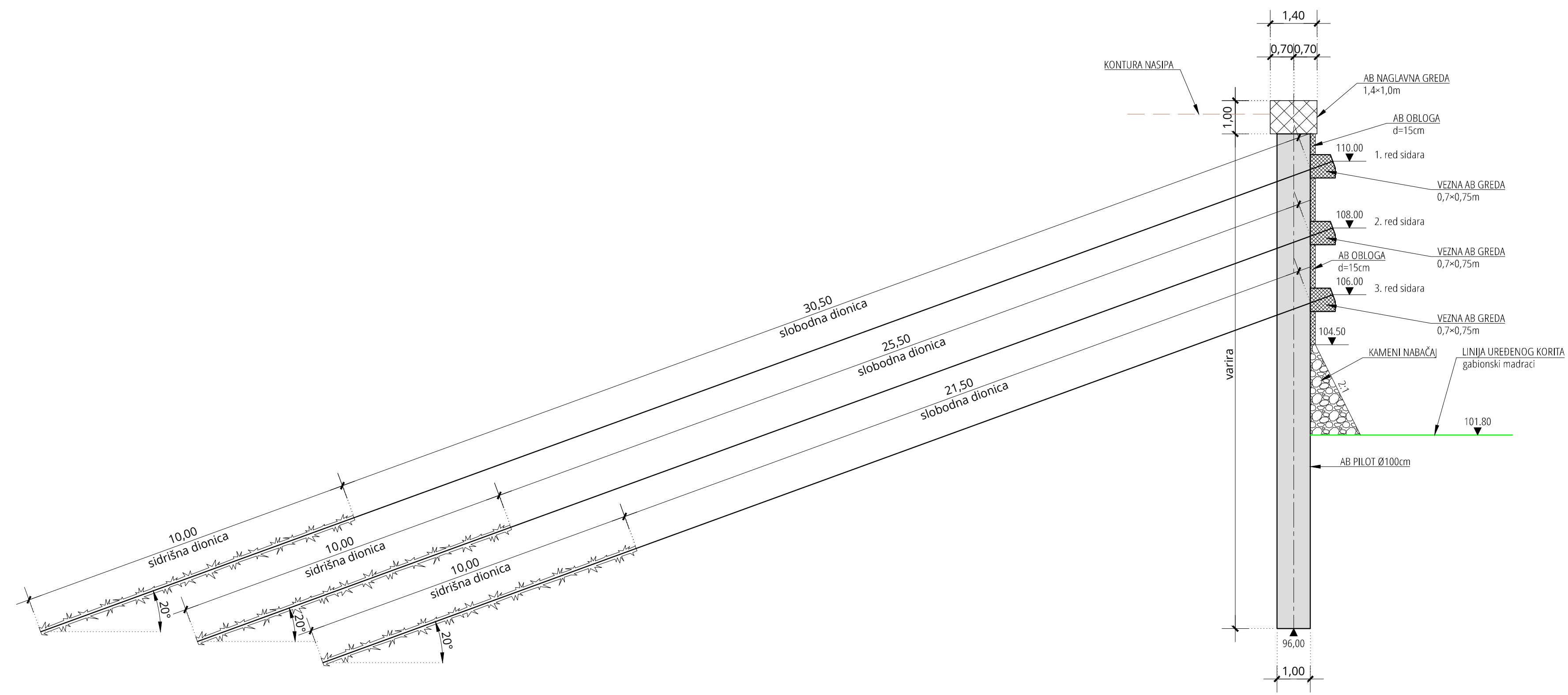


BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 <b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrtnjanska 16a OIB: 61600467614	
GRAĐEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	Glavni projekt	STRUKOVNA ODREDNICA: Građevinski projekt
PROJEKTANT:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	UZDUŽNI PRESJEK PILOTNE STIJENE PS-4	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP): GP-5986/23	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03	OZNAKA MAPE: E-155-18-03
REVIZIJA: 1	OZNAKA PRILOGA: 2404	MJERILO: 1:100
MJESTO I DATUM: Zagreb, rujan 2024. – ispravak 1		REDNI BR. PRILOGA: 10

### KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK KPS-1

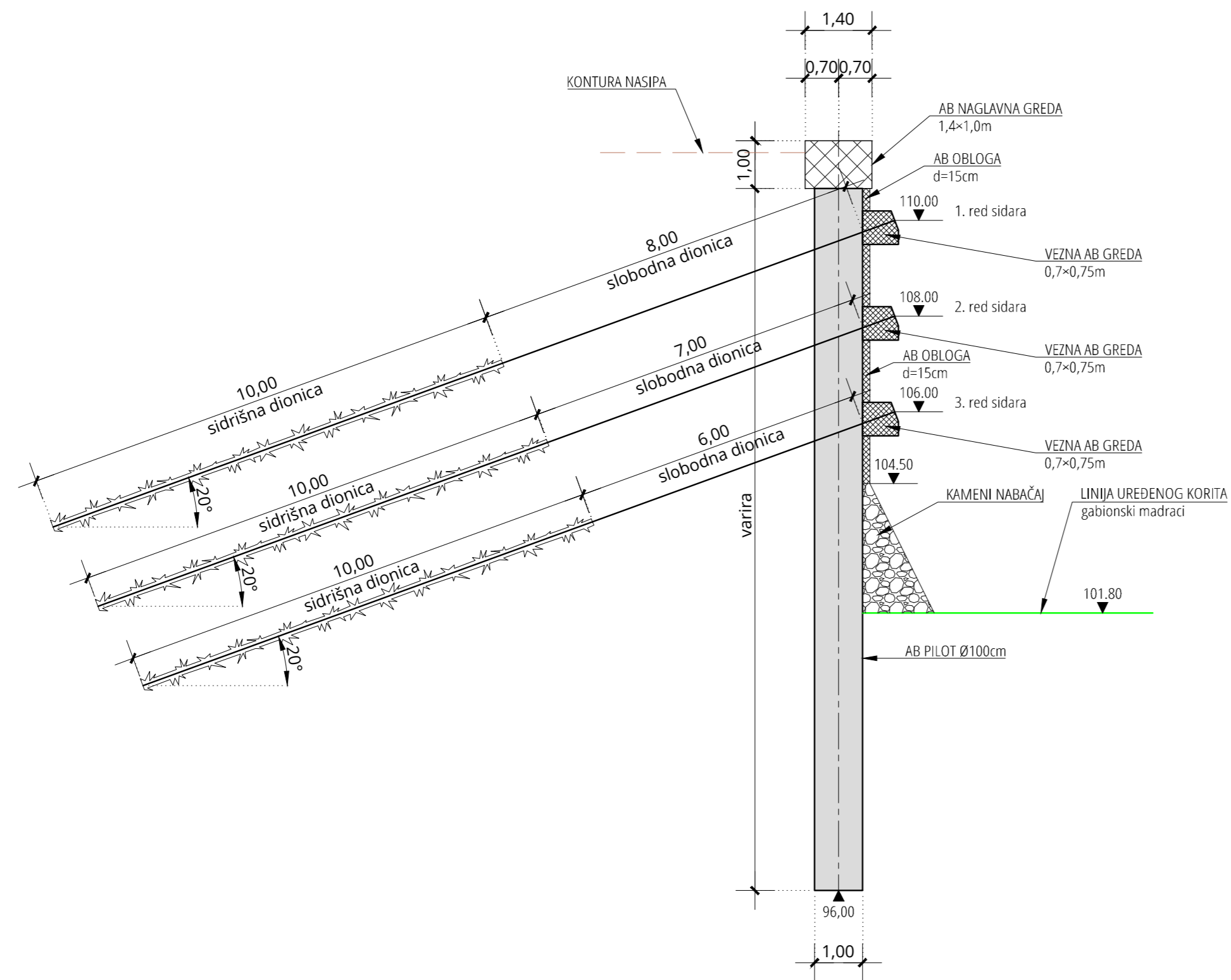
### KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK KPS-2

### KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJECI PILOTNE STIJENE PS-1 MJ 1:100

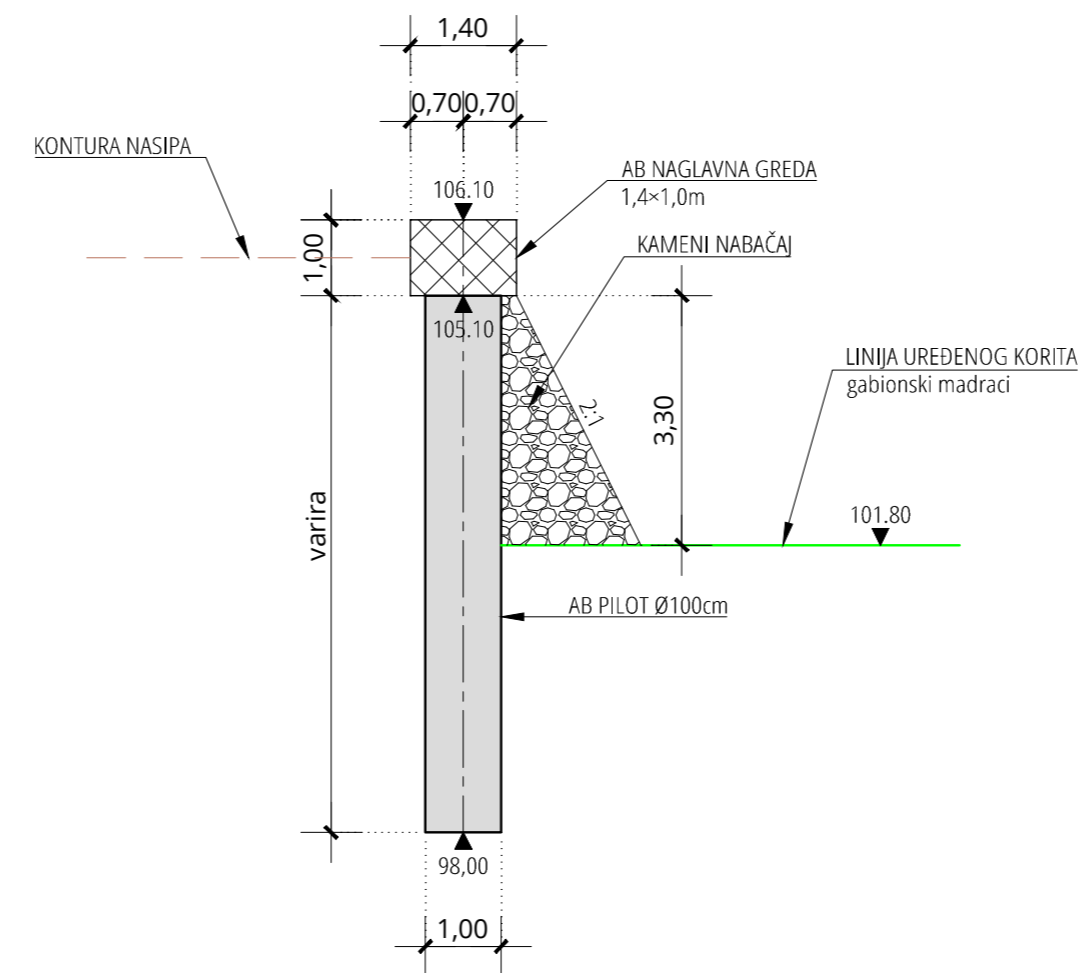


BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnska 16a OIB: 61600467614	
GRAĐEVINA:	Izgradnja desnog nasipa Korane, desnog nasipa Kupe i prokopa Korana-Kupa s nasipima i rješenjem odvodnje na području Gornjeg Mekušja te izgradnja cestovnog mosta preko prokopa	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	STRUKOVNA ODREDNICA:	
Glavni projekt	Građevinski projekt	
PROJEKTANT:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. grad. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJECI PILOTNE STIJENE PS-1	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP):	OZNAKA MAPE:	
GP-5986/23	E-155-18-03	
REVIZIJA:	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d.:	MJERILO:
1	E-155-18-03	1:100
MJESTO I DATUM:	OZNAKA PRILOGA:	REDNI BR. PRILOGA:
Zagreb, rujan 2024. – ispravak 1	3401	11

### KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK KPS-3



### KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK KPS-2

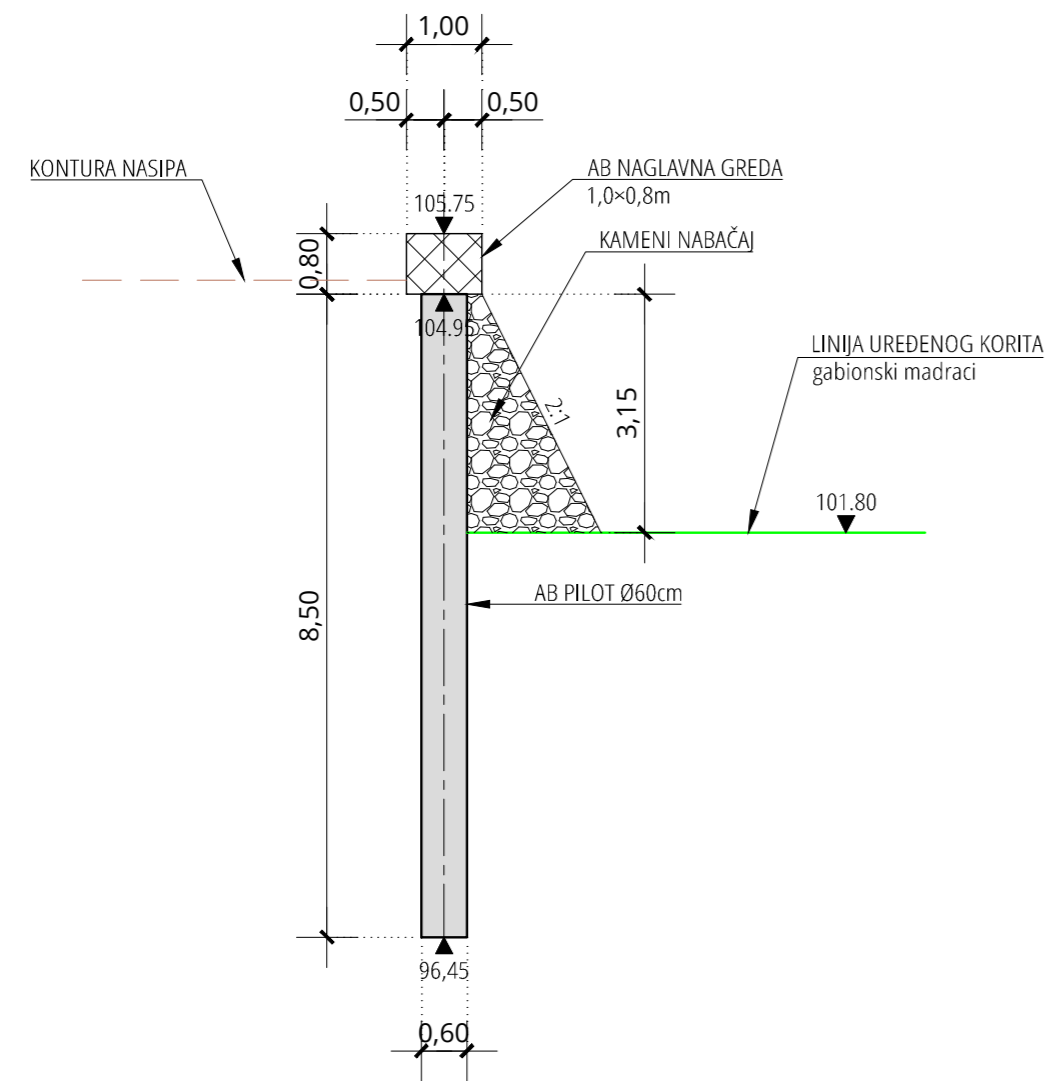


### KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJECI PILOTNE STIJENE PS-2

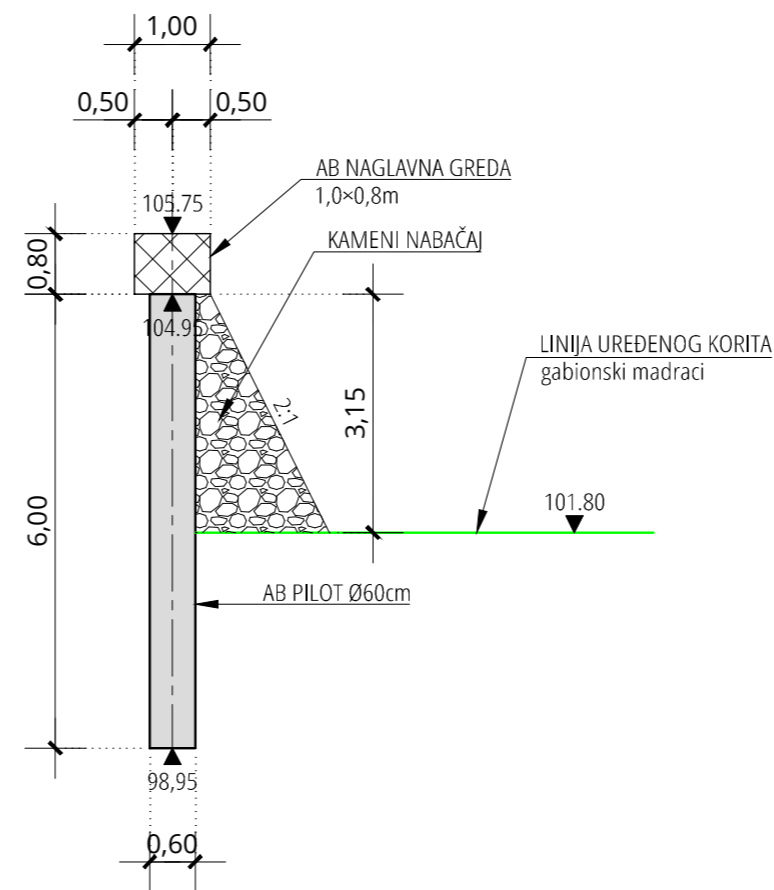
MJ 1:100

BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 <b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANTSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrjnanska 16a OIB: 61600467614	
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	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE:	STRUKOVNA ODREDNICA:	
Glavni projekt	Građevinski projekt	
PROJEKTANT:	Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785	
SADRŽAJ PRILOGA:	KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJECI PILOTNE STIJENE PS-2	
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP): GP-5986/23	OZNAKA MAPE: E-155-18-03	
REVIZIJA: 1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03	MJERILO: 1:100
MJESTO I DATUM: Zagreb, rujan 2024. - ispravak 1	OZNAKA PRILOGA: 3402	REDNI BR. PRILOGA: 12

## KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK KPS-4



## KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJEK KPS-5



## KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJECI PILOTNIH STIJENA PS-3 I PS-4 MJ 1:100

BROJ REVIZIJE:	DATUM:	NAPOMENA REVIZIJE:
 <b>GEOKON</b> WWW.GEOKON.HR		
INVESTITOR:	HRVATSKE VODE, ZAGREB, Ulica grada Vukovara 220 OIB: 28921383001	
PROJEKTANSKI URED :	Geokon-Zagreb d.d., ZAGREB, Starotrtnjanska 16a OIB: 61600467614	
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	
LOKACIJA:	Karlovačka županija, Grad Karlovac k.o. Karlovac II, k.o. Gornje Mekušje	
NAZIV PROJEKTIRANOG DIJELA GRAĐEVINE:	Ispusna ustava	
NAZIV MAPE:	Ispusna ustava - geotehnički projekt zaštite građevinske jame, temeljenja i potpornih zidova	
RAZINA RAZRADE: Glavni projekt	STRUKOVNA ODREDNICA: Građevinski projekt	
PROJEKTANT: Ivan Mihaljević, dipl. ing. građ. br. upisa G 3785		
SADRŽAJ PRILOGA:  KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESJECI PILOTNIH STIJENA PS-3 I PS-4		
ZAJEDNIČKA OZNAKA PROJEKTA (ZOP): GP-5986/23	OZNAKA MAPE: E-155-18-03	
REVIZIJA: 1	OZNAKA Geokon-Zagreb d.d. E-155-18-03	MJERILO: 1:100
MJESTO I DATUM: Zagreb, rujan 2024. – ispravak 1	OZNAKA PRILOGA: 3403	REDNI BR. PRILOGA: 13