Idejni projekt podzemnih građevina uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac" u Makarskoj

Gizdić, Lea

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:
University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:010072

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-20**

Repository / Repozitorij:

FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

DIPLOMSKI RAD

Lea Gizdić

Split, 2017.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA ARHITEKTURE I GEODEZIJE

Lea Gizdić

Idejni projekt podzemnih građevina uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac" u Makarskoj

Diplomski rad

Split, 2017.

Idejni projekt podzemnih građevina uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac" u Makarskoj

Sažetak:

Radom su obuhvaćeni postupci geomehaničke klasifikacije, geostatičkog proračuna i hidrauličkog proračuna odvodnje. Razrađen je idejni projekt iskopa i osiguranja iskopa tunela i predusjeka. Napravljena je numerička analiza pomaka i naprezanja oko podzemnog otvora u računalnom programu "Phase2".

Ključne riječi:

Geomehanička klasifikacija, geostatički proračun, hidraulički proračun, iskop, osiguranje iskopa, numerička analiza, program Phase2

Conceptual project of underground constructions of device for purifying waste waters "Biloševac" at Makarska

Abstract:

This project demonstrates geomechanical classification, geostatic and hydraulic design. Conceptual project of excavation and securitiy of excavation od tunnels and tunnel prones has been elaborated in this project. Numerical analysis is made in "Phase"for stresses and displacments around underground opening.

Keywords:

Geomechanical classification, geostatic design, hydraulic desgin, excavation, security of excavation, numerical analysis, program Phase 2

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE

STUDIJ: **DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: **GIZDIĆ LEA**

BROJ INDEKSA: **596**

KATEDRA: **Katedra za TEHNIČKU MEHANIKU**

PREDMET: **TUNELI I PODZEMNE GRAĐEVINE**

ZADATAK ZA DIPLOMSKI RAD

Tema: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

Opis zadatka: Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac" izgradit će se većim dijelom u dvije podzemne građevine relativno velikog svijetlog poprečnog presjeka (oko 190(m^2) svaka). Dužina svake podzemne prostorije iznosit će oko 55(m).
Zadatak kandidatkinje je izraditi idejni projekt za ove dvije podzemne građevine, te idejni projekt iskopa i osiguranja iskopa predusjeka.
Potrebno je izabrati primarne podgradne sustave za sve realno moguće kategorije stijenske mase, te dokazati stabilnost podzemnih prostorija u svim fazama izgradnje. Također treba dokazati stabilnost pokosa predusjeka.
Potrebno je dimenzionirati sekundarnu tunelsku oblogu i definirati način armiranja.
Tekstualni dio projekta sadržavat će tehnički opis, klasifikacije stijenske mase, statički proračun primarnog podgradnog sustava, hidraulički proračun odvodnje, dokaznicu mjera i preliminarni troškovnik građevinskih radova.
Grafički dio projekta sadržavat će sve potrebne nacrte u odgovarajućim mjerilima.
Sve potrebne podloge kandidatkinja će dobiti od Voditelja diplomskog rada.

U Splitu, 14. 03. 2017.

Voditelj diplomskog rada:

Prof. dr. sc. Blaž Gotovac

Predsjednik Povjerenstva
za završne i diplomske ispite:
Doc. dr. sc. Veljko Srzić

Sadržaj

1. TEHNIČKI OPIS 1

1.1. Uvod 1

1.2. Osnovne geotehničke karakteristike tla 2

1.3. Iskop i osiguranje iskopa predusjeka tunela 3

1.4. Iskop i osiguranje iskopa tunela 5

1.5. Hidroizolacija 8

1.6. Sekundarna armirano betonska obloga 8

1.7. Odvodnja tunela 10

2. GEOMEHANIČKE KLASIFIKACIJE STIJENSKE MASE 12

2.1. Općenito 12

2.2. Zapadna tunelska cijev 13

2.2.1. Dionica 1z: od stac. 0+050.00 do 0+076.38 13

2.2.2. Dionica 2z: od stac. 0+076.38 do 0+126.63 17

2.3. Istočna tunelska cijev 21

2.3.1. Dionica 1i: od stac. 0+050.00 do 0+083.14 21

2.3.2. Dionica 2i: od stac. 0+083.14 do 0+126.63 25

3. GEOSTATIČKI PRORAČUNI 29

3.1. Uvod 29

3.2. Karakteristične krivulje stijenske mase 32

3.3. Karakteristične krivulje podgradnih sustava 35

3.4. Izbor geotehničkih parametara 38

3.5. Komponente podgradnog sustava 42

3.6. Odabrani podgradni sustavi 43

3.7. Karakteristične krivulje stijenske mase i podgrade, anvelope Mohr-ovih krugova i naprezanja za sve dionice tunela 44

3.7.1. Dionica 1z: od stac. 0+050.00 do 0+076.38 44

3.7.2. Dionica 2z: od stac. 0+076.38 do 0+126.63 45

3.7.3. Dionica 1i: od stac. 0+050.00 do 0+083.14 47

3.7.4. Dionica 2i: od stac. 0+083.14 do 0+126.63 48

3.8. Armatura sekundarne tunelske obloge 50

4. ISKOP I OSIGURANJE ISKOPA PREDUSJEKA TUNELA..... 51

4.1. Iskop humusa 51

4.2. Široki iskop 51

4.2.1. Široki iskop u materijalu "A" kategorije 51

4.2.2. Široki iskop u materijalu "B" kategorije 54

4.2.3. Široki iskop u materijalu "C"kategorije 55

4.3. Zaštita pokosa predusjeka 56

4.3.1. Zaštita pokosa mlaznim betonom 56

4.3.2. Zaštita pokosa predusjeka čeličnim sidrima 56

4.3.3. Izrada procjednica na pokosima predusjeka 57

4.4. Faze izgrade podgrade predusjeka 57

5. ISKOP I OSIGURANJE ISKOPA TUNELA 58

5.1. Iskop u IV. tunelskoj kategoriji 58

5.2. Iskop u V.tunelskoj kategoriji 59

5.3. Osiguranje iskopa tunela 61

5.3.1. Osiguranje tunelskog iskopa sidrima 61

5.3.2. Osiguranje tunelskog iskopa čeličnim mrežama za podgrađivanje 61

5.3.3. Osiguranje tunelskog iskopa čeličnim rešetkastim nosačima 62

5.3.4. Osiguranje tunelskog iskopa mlaznim betonom 63

5.3.5. Cementni mort 64

5.4. Faze izgradnje podgrade tunela 65

6. HIDRAULIČKI PRORAČUN ODVODNJE 67

6.1. Cjelodnevna kiša 68

6.2. Kiše kratkog trajanja 69

7. PRORAČUN POKLOPCA REVIZIJSKOG OKNA 72

7.1. Uvod 72

7.2. Proračun poklopca 75

8. NUMERIČKA ANALIZA POMAKA I NAPREZANJA OKO PODZEMNOG OTVORA 76

9. TROŠKOVNIK RADOVA 79

10. ZAKLJUČAK 93

11. LITERATURA 95

12. PRILOZI 96

12.1. Izvještaj o ispitivanju jednoosne tlačne čvrstoče 96

12.2. Nacrti 99

Prilog 1 – Situacija MJ 1:500 100

Prilog 2 – Situacija odvodnje MJ 1:200 101

Prilog 3 – Situacija iskopa predusjeka tunela MJ 1:500 102

Prilog 4 – Prognozni uzdužni geotehnički presjek po osi zapadne cijevi MJ 1:500 103

Prilog 5 – Prognozni uzdužni geotehnički presjek po osi istočne cijevi MJ 1:500 104

Prilog 6 – Normalni poprečni presjek zapadne i istočne tunelske cijevi MJ 1:50 105

Prilog 7 – Normalni poprečni presjek spojnog tunela MJ 1:50 106

Prilog 8 – Detalj revizijskih okana 6 i 9 MJ 1:50 107

Prilog 9 – Detalj revizijskih okana 5 i 7 MJ 1:50 108

Prilog 10 – Detalj revizijskih okana u zapadnoj i istočnoj tunelskoj cijevi MJ 1:50 109

Prilog 11 – Detalj revizijskih okana u spojnom tunelu MJ 1:25 110

Prilog 12 – Normalni poprečni presjek zapadne i istočne portalne građevine MJ 1:50 111

Prilog 13 – Pročelje zapadne i istočne tunelske cijevi MJ 1:100 112

Prilog 14 – Portalna građevina zapadne tunelske cijevi MJ 1:100 113

Prilog 15 – Portalna građevina istočne tunelske cijevi MJ 1:100 114

Prilog 16 – Podgradni sustav TIP 4 za IV.ktg. stijenske mase MJ 1:100 115

Prilog 17 – Podgradni sustav TIP 5 za V. ktg stijenske mase MJ1:100 116

Prilog 18 – Kamena obloga predusjeka MJ 1:10 117

Prilog 19 – Armaturni plan sekundarne betonske obloge u tunelu (bez temelja) MJ 1:50 118

Prilog 20 – Armaturni plan temelja sekundarne betonske obloge u tunelu MJ 1:50 119

Prilog 21 – Armaturni plan portala zapadne i istočne cijevi(bez temelja) MJ 1:50 120

Prilog 22 – Armaturni plan temelja portala zapadne i istočne cijevi MJ 1:50 121

Prilog 23 – Radionički nacrt poklopca revizijskog okna MJ 1:10 122

1. TEHNIČKI OPIS

1.1. Uvod

Na slici 1.1. prikazana je zona predusjeka tunela uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac". Kota uređenog platoa predusjeka iznosi 13.55 (m n.m.). Maksimalna visina iskopa u predusjeku iznosi 14 (m).

Slika 1.1. Fotografija terena u zoni predusjeka

Dio uređaja za pročišćavanje otpadnih voda postavit će se u dvije tunelske cijevi. Dužina iskopa svake tunelske cijevi iznosi po 52 (m). Na kraju iskopa tunelske cijevi će biti međusobno povezane malim spojnim tunelom dužine 30.21 (m).

Spojni tunel je svijetle širine 3 (m) i svijetle visine 3.20 (m).

Površina svijetlog poprečnog presjeka svake tunelske cijevi inosi po 189.20 (m^2). Površina iskopa poprečnog presjeka svake tunelske cijevi iznosi po 223.23 (m^2) u IV. ktg. stijenske mase te po 267.48 (m^2) u V. ktg. stijenske mase.

Širina iskopa tunela iznosi 17.91 (m) u IV.ktg. stijenske mase i 18.01 (m) u V.ktg. stijenske mase, dok visina iskopa tunela iznosi 14.66 (m) u IV. ktg. stijenske mase te 18.11. (m) u V. ktg. stijenske mase, ukoliko bude potrebe za podnožnim svodom.

Napomena:

U tehničkom opisu dani su pretpostavljeni tipovi primarne podgrade i rješenje sekundarne armirano-betonske obloge za spojni tunel. Detaljna analiza istoga se neće vršiti u ovom radu.

1.2. Osnovne geotehničke karakteristike tla

Za izgradnju zapadne (lijeve) i istočne (desne) tunelske cijevi predviđena je upotreba 2 tipa primarnih podgradnih sustava. U tablici 1.1. dat je pregled osnovnih karakteristika pojedinih tipova primarnih podgradnih sustava, te ukupne prognozirane dužine njihove primjene za obje tunelske cijevi uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac".

Tablica 1.1. Pregled osnovnih karakteristika tipova primarnih podgradnih sustava za obje tunelske cijevi uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac"

Tip podgradnog sustava	**Osnovne karakteristike podgradnog sustava**	**Ukupna dužina dionica (m)**
TIP 4	▪ Mlazni beton C25/30, d=35 (cm) u cijelom poprečnom presjeku ▪ Dvostruka čelična mreža Q-196, u cijelom profilu ▪ Čelična adhezijska sidra tipa IBO 32/20, L=6 (m), u cijelom profilu, na razmaku 2.0x1.5 (m)	98
TIP 5	▪ Mlazni beton C25/30 d=40 cm u cijelom poprečnom presjeku ▪ Dvostruka čelična mreža Q-196, u cijelom profilu ▪ Čelična adhezijska sidra tipa IBO 32/20, L=6 (m), u cijelom profilu, na razmaku 2.0x1.0 (m) ▪ Čelični rešetkasti nosači TIP M95/20/30 na razmaku 1.0 (m) Podnožni svod: ▪ Podbeton od mlaznog betona C25/30, d=10 (cm) ▪ Mlazni beton C25/30 d=40 (cm) ▪ Čelična mreža Q-335, dvostruka	6

Za izgradnju spojnog tunela dužine 30.21 (m) predviđena je upotreba 2 tipa primarnih podgradnih sustava. U tablici 1.2. dat je pregled osnovnih karakteristika pojedinih tipova primarnih podgradnih sustava, te ukupne prognozirane dužine njihove primjene za spojni tunel uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac".

Tablica 1.2. Pregled osnovnih karakteristika tipova primarnih podgradnih sustava za spojni tunel uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac"

Tip podgradnog sustava	**Osnovne karakteristike podgradnog sustava**	**Ukupna dužina dionica (m)**
TIP 4-S	▪ Mlazni beton C25/30 d=25 cm u cijelom poprečnom presjeku ▪ Dvostruka čelična mreža Q-196, u cijelom profilu	27
TIP 5-S	▪ Mlazni beton C25/30 d=30 cm u cijelom poprečnom presjeku ▪ Dvostruka čelična mreža Q-196, u cijelom profilu ▪ Čelični rešetkasti nosači TIP M95/20/30 na razmaku 1.0 (m) Podnožni svod: ▪ Podbeton od mlaznog betona C25/30, d=5 cm ▪ Mlazni beton C25/30 d=25 cm ▪ Čelična mreža Q-335, dvostruka	3,21

Za izbor podgradnog sustava korištena je integralna metoda projektiranja tunela koja objedinjuje empirijski, analitički i promatrački pristup.

Pri izradi ovog Idejnog projekta, podgradni sustavi su odabrani na temelju empirijskog pristupa (korištenjem geomehaničke klasifikacije, iskustva i literature). Provjera odabranih podgradnih sustava provedena je konvergentno-graničnom metodom, kao i numeričkim programom "Phase 2". Tijekom izgradnje tunela vršit će se potrebna mjerenja i opažanja, te eventualna korekcija podgradnih sustava.

1.3. Iskop i osiguranje iskopa predusjeka tunela

Uređeni plato ulaznog predusjeka tunela projektiran je, generalno, na koti 13,55 (m n.m.). Iskop predusjeka izvodit će se miniranjem ili otkopnim čekićima. U slučaju iskopa miniranjem Izvođač radova treba posebnu pažnju posvetiti sprječavanju dalekog odbacivanja miniranog materijala prekrivanjem zone koja se minira odgovarajućim zaštitnim mrežama. Kod bilo kojeg načina iskopa predusjeka (miniranjem ili otkopnim čekićima), vrijede sljedeća ograničenja brzina vibracija:

- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na izvedenom mlaznom betonu predusjeka ograničava se na v_r^{max} =50 (mm/s).
- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na temeljima nearmiranih objekata u blizini građenja ograničava se na v_r^{max} =10 (mm/s).

- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na temeljima armiranih objekata u blizini građenja ograničava se na v_r^{max} =20 (mm/s).

Pokosi predusjeka projektirani su u nagibu 5:1. Iskop će se izvoditi po horizontalnim kampadama visine maksimalno 3 (m), uz dovršenje kompletne podgrade prema projektu maksimalno 3 dana nakon iskopa pojedinog dijela predusjeka. Podgradu treba započeti nanositi maksimalno 24 sata nakon iskopa pojedinog dijela predusjeka.

Prelazak na sljedeću visinsku kampadu moguć je samo nakon kompletiranja podgrade cijele tekuće visinske kampade.

Podgrada **pokosa** predusjeka sastoji se od 25 cm armiranog mlaznog betona, dva sloja čelične armaturne mreže Q-196, te čeličnih adhezijski sidara tipa IBO 32/20, dužine 6 (m). Podgrada se nanosi po fazama prema sljedećem redosljedu:

FAZA 1 - ugradnja podloge od mlaznog betona C25/30 debljine 5 (cm),

FAZA 2 - ugradnja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 3 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 3 - ugradnja drugog sloja mlaznog betona C25/30 debljine 10 (cm).

FAZA 4 - ugradnja drugog sloja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 5 - ugradnja čeličnih adhezijskih sidara tipa IBO 32/20 dužine 6 (m). Sastavni dio posla oko ugradnje sidara je kvalitetna izrada podbetona na svakom sidru, kao i zatezanje svakog sidra na silu od 50 (kN). Kontrola sidara hidrauličkom presom na silu od 120 (kN) mora se sprovesti na minimalno 10 % sidara,

FAZA 6 - ugradnja trećeg sloja mlaznog betona C25/30 debljine 10 (cm).

U slučaju pojave slabije stijenske mase na pokosima iskopa predusjeka, može se, na zahtjev nadzornog inženjera, na pojedinim dijelovima pokosa predusjeka primijeniti ugradnja sidara tipa IBO 32/20 dužine 9 (m).

1.4. Iskop i osiguranje iskopa tunela

a) Zapadna i istočna tunelska cijev

Iskop tunelskih cijevi izvodit će se miniranjem ili otkopnim čekićima. U slučaju iskopa miniranjem Izvođač radova treba posebnu pažnju posvetiti sprječavanju dalekog odbacivanja miniranog materijala prekrivanjem zone koja se minira odgovarajućim zaštitnim mrežama. Kod bilo kojeg načina iskopa tunela (miniranjem ili otkopnim čekićima), vrijede sljedeća ograničenja brzina vibracija:

- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na izvedenom mlaznom betonu predusjeka i tunela ograničava se na v_r^{max} =50 (mm/s).
- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na temeljima nearmiranih objekata u blizini građenja ograničava se na v_r^{max} =10 (mm/s).
- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na temeljima armiranih objekata u blizini građenja ograničava se na v_r^{max} =20 (mm/s).

Zbog veličine poprečnog presjeka tunelskih cijevi, iskop i osiguranje iskopa izvodit će se u dvije faze. Prva faza predstavlja iskop i osiguranje iskopa iznad kote 18.23 (m n.m.). Nakon dovršenja kompletnog iskopa i osiguranja iskopa prve faze na čitavoj dužini tunela, slijedi iskop i osiguranje iskopa druge faze, od kote 18.23 (m n.m.) do dna iskopa na koti 10.95 (m n.m.). Unatoč iskopu u dvije faze, visina iskopa u svakoj fazi je i dalje relativno velika, te je stoga potrebno stabilizirati čelo iskopa odmah nakon svakog napredovanja. U IV. kategoriji stijenske mase čelo iskopa će se osiguravati nabacivanjem sloja mikroarmiranog mlaznog betona debljine 10 (cm). U V. kategoriji stijenske mase čelo iskopa će se osiguravati nabacivanjem sloja mikroarmiranog mlaznog betona debljine 15 (cm), a uz to će se u tjemenom svodu ugrađivati sidra za predpobijanje dužine 4 (m), svakih 3 (m') napredovanja iskopa (samo u prvoj fazi iskopa). Ukupan broj sidara za predpobijanje (sidra od rebrastog čelika ∅25 mm), kojim se sprječava slom čela u tjemenom svodu po svakom ugrađivanju iznosit će 45 komada, odnosno 15 (kom/m').

Ugradnja mlaznog betona u pojedinim tipovima podgradnih sustava izvest će se po fazama.

U podgradnom sustavu TIP 4 debljina mlaznog betona iznosi 35 cm. Primarni podgradni sustav će se ugrađivati prema sljedećim fazama, vodeći računa da se podgrada dovrši u roku od jednog dana, te 1 m od čela iskopa:

FAZA 1 - ugradnja podloge od mlaznog betona C25/30 debljine 5 (cm),

FAZA 2 - ugradnja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7.5 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 3 - ugradnja drugog sloja mlaznog betona C25/30 debljine 15 (cm).

FAZA 4 - ugradnja drugog sloja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7.5 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 5 - ugradnja čeličnih adhezijskih sidara tipa IBO 32/20 dužine 6 (m). Sastavni dio posla oko ugradnje sidara je kvalitetna izrada podbetona na svakom sidru, kao i zatezanje svakog sidra na silu od 50 (kN). Kontrola sidara hidrauličkom presom na silu od 120 (kN) mora se sprovesti na minimalno 10 % sidara,

FAZA 6 - ugradnja trećeg sloja mlaznog betona C25/30 debljine 15 (cm).

U podgradnom sustavu TIP 5 debljina mlaznog betona iznosi 40 cm. Primarnu podgradu treba izvoditi paralelno sa iskopom, odnosno, za svaki "takt" napredovanja podgradu treba dovršiti prije novog iskopa. Primarna podgrada se mora dovršiti u roku od jednog dana, do čela iskopa. Redosljed faza izrade primarnog podgradnog sustava TIP 5 je:

FAZA 1 - ugradnja podloge od mlaznog betona C25/30 debljine 10 (cm),

FAZA 2 - ugradnja čeličnih rešetkastih lučnih nosača tip 95/20/30,

FAZA 3 - ugradnja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7.5 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 4 - ugradnja drugog sloja mlaznog betona C25/30 debljine 15 (cm).

FAZA 5 - ugradnja drugog sloja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7.5 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 6 - ugradnja čeličnih adhezijskih sidara tipa IBO 32/20 dužine 6 (m). Sastavni dio posla oko ugradnje sidara je kvalitetna izrada podbetona na svakom sidru, kao i zatezanje svakog sidra na silu od 50 (kN). Kontrola sidara hidrauličkom presom na silu od 120 (kN) mora se sprovesti na minimalno 10 % sidara.

FAZA 7 - ugradnja trećeg sloja mlaznog betona C25/30 debljine 15 (cm).

b) Spojni tunel

Iskop spojnog tunela izvodit će se miniranjem ili otkopnim čekićima. Kod bilo kojeg načina iskopa tunela (miniranjem ili otkopnim čekićima), vrijede sljedeća ograničenja brzina vibracija:

- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na izvedenom mlaznom betonu predusjeka i tunela ograničava se na v_r^{max} =50 (mm/s).
- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na temeljima nearmiranih objekata u blizini građenja ograničava se na v_r^{max} =10 (mm/s).
- maksimalna rezultirajuća brzina vibracija na temeljima armiranih objekata u blizini građenja ograničava se na v_r^{max} =20 (mm/s).

Iskop i osiguranje iskopa izvodit će se u svim kategorijama iskopa u jednoj fazi. U IV. kategoriji stijenske mase čelo iskopa će se osiguravati nabacivanjem sloja mikroarmiranog mlaznog betona debljine 5 (cm). U V. kategoriji stijenske mase čelo iskopa će se osiguravati nabacivanjem sloja mikroarmiranog mlaznog betona debljine 10 (cm).

U primarnom podgradnom sustavu TIP 4-S debljina mlaznog betona iznosi 25 cm, a izvest će se prema sljedećim fazama, vodeći računa da se podgrada dovrši u roku od jednog dana, te 1 m od čela iskopa:

FAZA 1 - ugradnja podloge od mlaznog betona C25/30 debljine 5 (cm),

FAZA 2 - ugradnja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 3 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 3 - ugradnja drugog sloja mlaznog betona C25/30 debljine 10 (cm).

FAZA 4 - ugradnja drugog sloja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 5 - ugradnja trećeg sloja mlaznog betona C25/30 debljine 10 (cm).

U primarnom podgradnom sustavu TIP 5-S debljina mlaznog betona iznosi 30 cm, a izvest će se prema sljedećim fazama, vodeći računa da se podgrada dovrši u roku od jednog dana do čela iskopa:

FAZA 1 - ugradnja podloge od mlaznog betona C25/30 debljine 5 (cm),

FAZA 2 - ugradnja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 3 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 3 - ugradnja drugog sloja mlaznog betona C25/30 debljine 13 (cm).

FAZA 4 - ugradnja drugog sloja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 5 - ugradnja trećeg sloja mlaznog betona C25/30 debljine 12 (cm).

1.5. Hidroizolacija

Hidroizolacija se postavlja na način da se na mlazni beton postavi geotekstil debljine cca 4 mm, a na njega dolazi hidroizolacija od plastične folije debljine 2 mm, koja se lijepi na prethodno postavljene plastične čepove. Uloga geotekstila je omogućavanje cijeđenja procjednih voda do bočnih uzdužnih drenažnih cijevi, kao i zaštita hidroizolacije prilikom betoniranja sekundarne betonske obloge.

Napomena:

U ovom radu hidroizolacija se neće detaljno analizirati.

1.6. Sekundarna armirano betonska obloga

a) Zapadna i istočna tunelska cijev

Sekundarna armirano-betonska obloga zapadne i istočne tunelske cijevi postavlja se tako da se prvo izrade temelji od armiranog betona debljine 65 (cm), širine 140 (cm) na obje strane i u punoj dužini tunela. Iz temelja se ostavljaju šipke za vezu sa sekundarnom AB oblogom.

Na dijelu pravog tunela, tj. izvan predusjeka tunela, sekundarna armirano-betonska obloga je debljine 40 (cm) u tjemenom svodu, a u bokovima se postupno povećava do 70.5 (cm). Armiranje se izvodi obostrano u dva smjera. U poprečnom smjeru ugradit će se, u zoni intradosa i u zoni ekstradosa, po dvije šipke rebrastog čelika promjera 22 (mm) na m' tunela. Uzdužna armatura su R mreže (R-503, preklop cca 25 cm u poprečnom smjeru), u dva sloja (uz intrados i uz ekstrados sekundarne armirano-betonske obloge)

Na dijelu umjetnog tunela, tj. izvučenog dijela tunela koji se nalazi u predusjeku tunela, sekundarna armirano-betonska obloga je debljine 75 (cm) u tjemenom svodu, a u bokovima se postupno povećava do 100 (cm). Armiranje se izvodi obostrano u dva smjera. U poprečnom smjeru ugradit će se, u zoni intradosa i u zoni ekstradosa, po 10 šipki rebrastog čelika promjera 25 (mm) na m' tunela (razmak 20 cm između šipki, obostrano armiranje). Uzdužna armatura su R mreže (R-503, preklop cca 25 cm u poprečnom smjeru), u dva sloja (uz intrados i uz ekstrados sekundarne armirano-betonske obloge).

b) Spojni tunel

Sekundarna armirano-betonska obloga spojnog tunela postavlja se tako da se prvo izradi sekundarna armirano-betonska obloga u debljini od 30 (cm) u tjemenom svodu, a u bokovima se postupno povećava do 48.5 (cm). Armiranje se izvodi obostrano u dva smjera. U poprečnom smjeru ugradit će se, u zoni intradosa i u zoni ekstradosa, po dvije šipke rebrastog čelika promjera 22 (mm) na m' tunela. Uzdužna armatura su šipke rebrastog čelika promjera 16 (mm) na razmaku od 25 (cm), u dva sloja (uz intrados i uz ekstrados sekundarne armirano-betonske obloge). Nakon izrade sekundarne AB obloge u bokovima i u tjemenom svodu, slijedi ugradnja betona ispune u debljini od 20 (cm) (beton C25/30), te nakon toga ugradnja AB ploče debljine 20 (cm) od betona C30/37.

1.7. Odvodnja tunela

Odvodnja tunela riješena je prihvaćanjem svih procjednih voda u drenažne cijevi koje su smještene na obje strane svake tunelske cijevi. Drenažne cijevi su promjera 200 (mm). Za reviziju drenažnih cijevi predviđeno je 16 drenažnih okana u obje tunelske cijevi te 4 drenažna okna u spojnom tunelu.

Dotok u tunel računat će se na sljedeća tri načina:

Prvi način je za maksimalnu jednodnevnu oborinu koja se u cijelosti procijedi u tunel u roku od 24 sata. Maksimalna dnevna oborina iznosi oko 200 (l/m^2/dan). Maksimalni dotok u jednu drenažnu cijev iznosit će:

$$Q = \frac{P \cdot A}{t_o}$$

gdje je:

P – jednodnevna maksimalna oborina (m^3/m^2)

A – površina slivnog područja (m^2)

t_o – vrijeme otjecanja (s)

Ukupni dotok na sve 4 drenažne cijevi može iznositi 16.8 l/s.

Drugi način je za maksimalnu tridesetominutnu oborinu koja se u cijelosti procijedi u tunel u roku od 2 sata. Maksimalni dotok u jednu drenažnu cijev iznosit će:

$$Q = \frac{i \cdot t_k \cdot A}{t_o}$$

gdje je:

t_k – trajanje kiše u minutama

i – intezitet kiše (l/s/ha)

A – površina slivnog područja (m^2)

t_o – vrijeme otjecanja (s)

Ukupni dotok na sve 4 drenažne cijevi može iznositi 30 l/s.

Treći način je za maksimalnu jednosatnu oborinu koja se u cijelosti procijedu u tunel u roku od 2,5 sata. Maksimalni dotok u jednu drenažnu cijev iznosit će:

$$Q = \frac{i \cdot t_k \cdot A}{t_o}$$

gdje je:

t_k – trajanje kiše u minutama

i – intezitet kiše (l/s/ha)

A – površina slivnog područja (m^2)

t_o – vrijeme otjecanja (s)

Ukupni dotok na sve 4 drenažne cijevi može iznositi 32,2 l/s.

Uzdužni nagib odvodnih drenažnih cijevi iznosi 0.3 %, prema ulazu u tunel.

2. GEOMEHANIČKE KLASIFIKACIJE STIJENSKE MASE

2.1. Općenito

Klasifikacija stijenske mase i određivanje tipova podgradnih sustava istočne i zapadne cijevi tunela uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac" u Makarskoj napravljena je na temelju geomehaničke klasifikacije RMR (Bieniawski 1989.) i Q-sustava.

Fizikalno-mehaničke karakteristike stijenske mase potrebne za klasifikacije dobivene su na temelju inženjersko-geološkog kartiranja terena, rezultata laboratorijskih ispitivanja uzoraka stijenske mase, geofizičkih istražnih radova, literature i iskustva u tunelima sličnih geotehničkih uvjeta.

Osnovne inženjersko-geološke karakteristike terena:

Debljine slojeva u laporovitim litološkim članovima fliša iznose uglavnom 6-20 cm i 20-60 cm, a u naslagama pješčenjaka i breča 60-120 cm i preko 120 cm. Mjestimično se mogu pojaviti i tankoslojevite naslage fliša u kojima debljine slojeva iznose manje od 6 cm i mjestimično 6-20 cm.

U naslagama vapnenačkih pješčenjaka i breča (grebeni i bankoviti slojevi), stijenke pukotina su hrapave, zijeva većeg od 5 mm, s glinovitom ispunom. Stijenke pukotina su u slojevitim flišnim naslagama uglavnom neznatno rastrošene.

U laporovitim litološkim članovima, osim ploha slojevitosti, uglavnom se uočava i jedan sustav pukotina generalno okomit na slojevitost (suprotnog nagiba i paralelnog pružanja u odnosu na slojevitost), a u vapnenačkim pješčenjacima osim ploha slojevitosti uglavnom dva sustava pukotina – prvi okomit na slojevitost, a drugi okomit na pružanje slojeva.

Obje tunelske cijevi će se u potpunosti izvesti u flišnim naslagama koje su sastavljene od tanko do debeloslojevitih vapnenačkih lapora i vapnenačkih pješčenjaka. Nagib slojeva je generalno prema sjeveru pod kutem od 20° do 35° (SS=0-20/20-35).

Na stacionaži 0+092.00 izvedena je bušotina B-1 (sondažni profili u prilogu).

Crpljenjem zaostale vode iz bušotine i praćenjem njenog nivoa, utvrđeno je da u terenu ne postoji stalni nivo podzemne vode. Za vrijeme iskopa tunela (pogotovo prilikom kišnog razdoblja), očekuje se u tunelu vlaženje, procjeđivanje i prokapljivanje oborinskih i procjednih voda kroz pukotine i razlomljene zone, a posebno pri portalnim dijelovima tunela.

Seizmološke značajke lokacije:

Predmetno područje se nalazi u zoni za koju se predviđa, za povratni period od 500 godina uz 63% vjerojatnosti, maksimalni intenzitet potresa u iznosu od 8° MCS ljestvice.

Temeljno tlo se prema Eurocodu može svrstati u razred "A" po dokumentu (HRN ENV, 1998-1-1:2004).

Razred „A" je definiran kao: Stijena ili druga geološka formacija, uključujući i najviše 5 m najslabijeg materijala na površini. Brzina širenja poprečnih valova $V_{s,30} \geq 800$ m/s.

Prema karti akceleracija za temeljno tlo – matičnu stijenu može se uzeti maksimalna akceleracija u iznosu **a_{max}=0.218 - 0.220 g.**

2.2. Zapadna tunelska cijev

2.2.1. Dionica 1z: od stac. 0+050.00 do 0+076.38

Dužina dionice iznosi 26,38 (m). Širina iskopa iznosi 18 (m) dok visina iskopa iznosi 15 (m). Visina nadsloja kreće se u vrijednostima od 6,2 do 7,5 m. Stijensku masu izgrađuju flišne naslage od srednjeg do gornjeg eocena ($E_{2,3}$) sastavljene od slojevitih vapnenačkih pješčenjaka i vapnenačkih lapora s proslojcima lapora.

Nagib slojeva je generalno prema sjeveru pod kutem od 20° do 35° (SS=0-20/20-35). Pored slojnih pukotina, registriran je i sustav pukotina suprotnog nagiba i paralelnog pružanja u odnosu na slojevitost (S_1=(180-200/110-125)).

a) Geomehanička klasifikacija RMR (Bieniawski 1989.)

- jednoosna tlačna čvrstoća: 45,53 MPa **BODOVI: 4**

- index kvalitete jezgre RQD: 50-75% **BODOVI: 13**

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	0.6-2 m	**15**
Sustav pukotina S_1	0.2-0.6 m	**10**

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	**BODOVI**	Sustav pukotina S_1	**BODOVI**
kontinuiranost	10-20 m	**1**	3-10 m	**2**
zijev pukotine	>5 mm	**0**	1-5 mm	**1**
hrapavost	hrapave	**5**	blago hrapave	**3**
ispuna	meka > 5 mm	**0**	meka < 5 mm	**1**
rastrošenost zidova pukotine	blago rastrošeni	**5**	srednje rastrošeni	**3**
UKUPNO		**11**		**10**

- opće stanje podzemne vode: voda pod malim pritiskom **BODOVI: 4**

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	Pružanje pukotina je okomito na tunelsku os, s nagibom od 20-35. Iskop u smjeru nagiba pukotina. Povoljno.	**-2**
Sustav pukotina S_1	Pružanje pukotina je okomito na tunelsku os, s nagibom od 110-125. Iskop tunela protiv smjera nagiba diskontinuiteta. Nepovoljno.	**-10**

UKUPNI BROJ BODOVA:

Sustav pukotina	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	**45**
Sustav pukotina S_1	**31**

Prema prikazanoj klasifikaciji, stijenska masa pripada IV. ktg. – slaba stijenska masa.

Budući da je širina iskopa veća od visine nadsloja, usvaja se V. ktg. stijenske mase.

U skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehaničkoj klasifikaciji (RMR), podgrada bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje u svodu i zidovima sidrima dužine 5 do 6 m, na razmaku od 1 do 1.5 m
- Mlazni beton debljine 150 do 200 mm u svodu i 150 mm na zidovima i 50 mm na čelu
- Čelična mreža u svodu i zidovima
- Srednji do teški lukovi na razmaku od 0.75 m s čeličnim platicama i predpobijanjem ukoliko je potrebno
- Zatvoren podnožni svod

b) Klasifikacija prema Q-sustavu

- index kvaliteite jezgre RQD: 50-75% **RQD=62**

- broj pukotinskih sustava I_n: 2 sustava pukotina i slučajne pukotine **I_n=2x6.0=12**

- index hrapavosti pukotina I_r:

Sustav pukotina	Opis	**I_r**
Međuslojne pukotine	hrapave ili nepravilne ravne	**1,50**
Sustav pukotina S_1	hrapave do glatke	**1,25**

- index alteracije pukotina I_a:

Sustav pukotina	Opis	**I_a**
Međuslojne pukotine	Pri smicanju nema dodira zidova pukotine. Zone ili pojasevi dezintegrirane ili zdrobljene stijene ili gline.	**8**
Sustav pukotina S_1	Srednje ili malo konsolidirana, razmekšana glinovito mineralna ispuna, manja od 5 mm debljine.	**8**

- faktor pukotinske vode I_w: suhi iskop ili manji priliv, tj. <5 l/min **I_w=1.0**

- faktor redukcije naprezanja SRF:

niski pritisak, blizu površine, otvorene pukotine (SRF=2,5), s obzirom da je debljina nadsloja manja od širine raspona tunela SRF se povećava na 5. **SRF=5.0**

$$Q = \frac{RQD}{I_n} \cdot \frac{I_r}{I_a} \cdot \frac{I_w}{SRF} = \frac{62}{12} \cdot \frac{1{,}25}{8} \cdot \frac{1}{5} = 0{,}161$$

Prema prikazanoj klasifikaciji, stijenska masa spada u vrlo slabu kategoriju stijenske mase.

Ekvivalentna dimenzija iskopa (EDI):

$$EDI = \frac{raspon\ ili\ visina\ iskopa}{index\ podgrade\ (ESR)} = \frac{18}{1{,}0} = 18$$

Prema nomogramu Q/EDI, za tjemeni svod je potrebna kategorija podgrade 32, vrlo slaba stijenska masa. Podgrada u tjemenom svodu bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje ekspanzijskim prednapregnutim sidrima dužine 5 m na razmaku od 1 m.
- Armirani mlazni beton debljine 20-40 cm

Prema literaturi, za 0,1<Q<10, vrijedi Q_{zida}=2,5 Q, odnosno Q_{zida}=0,4.

Prema nomogramu Q/EDI, za bokove-zidove je potrebna kategorija podgrade 32, vrlo slaba stijenska masa. Podgrada u bokovima tunela bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje ekspanzijskim prednapregnutim sidrima dužine 5 m na razmaku od 1 m.
- Armirani mlazni beton debljine 20-40 cm

Odabrana podgrada TIP 5:

- Armirani mlazni beton debljine 40 cm,
- Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1 m,
- Čelični rešetkasti lučni nosači TIP 95/20/30 na razmaku od 1.0 (m),
- Podnožni svod (po potrebi):
  - Armirani mlazni beton debljine 40 cm,
  - Dvostruka čelična mreža Q-335.

2.2.2. Dionica 2z: od stac. 0+076.38 do 0+126.63

Dužina dionice iznosi 50,25 (m). Širina iskopa iznosi 18 (m) dok visina iskopa iznosi 15 (m). Visina nadsloja kreće se u vrijednostima od 7,5 do 29,6 (m). Stijensku masu izgrađuju flišne naslage od srednjeg do gornjeg eocena ($E_{2,3}$) sastavljene od slojevitih vapnenačkih pješčenjaka i vapnenačkih lapora s proslojcima lapora.

Nagib slojeva je generalno prema sjeveru pod kutem od 20° do 35° (SS=0-20/20-35). Pored slojnih pukotina, registriran je i sustav pukotina suprotnog nagiba i paralelnog pružanja u odnosu na slojevitost (S_1=(180-200/110-125)).

a) Geomehanička klasifikacija RMR (Bieniawski 1989.)

- jednoosna tlačna čvrstoća: 45,53 MPa **BODOVI: 4**

- index kvalitete jezgre RQD: 75-90% **BODOVI: 17**

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	0.6-2 m	**15**
Sustav pukotina S_1	0.2-0.7 m	**10**

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	**BODOVI**	Sustav pukotina S_1	**BODOVI**
kontinuiranost	10-20 m	**1**	3-10 m	**2**
zijev pukotine	>5 mm	**0**	1-5 mm	**1**
hrapavost	hrapave	**5**	blago hrapave	**3**
ispuna	meka > 5 mm	**0**	meka < 5 mm	**1**
rastrošenost zidova pukotine	blago rastrošeni	**5**	srednje rastrošeni	**3**
UKUPNO		**11**		**10**

- opće stanje podzemne vode: voda pod malim pritiskom **BODOVI: 4**

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	Pružanje pukotina je okomito na tunelsku os, s nagibom od 20-35. Iskop u smjeru nagiba pukotina. Povoljno.	**-2**
Sustav pukotina S_1	Pružanje pukotina je okomito na tunelsku os, s nagibom od 110-125. Iskop tunela protiv smjera nagiba diskontinuiteta. Nepovoljno.	**-10**

UKUPNI BROJ BODOVA:

Sustav pukotina	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	**49**
Sustav pukotina S_1	**35**

Prema prikazanoj klasifikaciji, stijenska masa pripada IV. ktg. – slaba stijenska masa.

U skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehaničkoj klasifikaciji (RMR), podgrada bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje u svodu i zidovima sidrima dužine 4 do 5 m, na razmaku od 1 do 1.5 m
- Mlazni beton debljine 100 do 150 mm u svodu i 100 mm na zidovima
- Čelična mreža u svodu i zidovima
- Laki do srednji lukovi na razmaku od 1,5 m, ukoliko je potrebno.

b) Klasifikacija prema Q-sustavu

- index kvalitete jezgre RQD: 75-90% **RQD=82**

- broj pukotinskih sustava I_n: 2 sustava pukotina i slučajne pukotine **I_n=6.0**

- index hrapavosti pukotina I_r:

Sustav pukotina	Opis	**I_r**
Međuslojne pukotine	hrapave ili nepravilne ravne	**1,50**
Sustav pukotina S1	hrapave do glatke	**1,25**

- index alteracije pukotina I_a:

Sustav pukotina	Opis	**I_a**
Međuslojne pukotine	Pri smicanju nema dodira zidova pukotine. Zone ili pojasevi dezintegrirane ili zdrobljene stijene ili gline.	**8**
Sustav pukotina S1	Srednje ili malo konsolidirana, razmekšana glinovito mineralna ispuna, manja od 5 mm debljine.	**8**

- faktor pukotinske vode I_w: suhi iskop ili manji priliv, tj. <5 l/min **I_w=1.0**

- faktor redukcije naprezanja SRF:

srednji pritisak, vrlo zbijena struktura (povoljno za stabilnost, nepovoljno za stabilnost zidova) **SRF=1.5**

$$Q = \frac{RQD}{I_n} \cdot \frac{I_r}{I_a} \cdot \frac{I_w}{SRF} = \frac{82}{6} \cdot \frac{1{,}25}{8} \cdot \frac{1}{1{,}5} = 1{,}424$$

Prema prikazanoj klasifikaciji, stijenska masa spada u slabu kategoriju stijenske mase.

Ekvivalentna dimenzija iskopa (EDI):

$$EDI = \frac{raspon\ ili\ visina\ iskopa}{index\ podgrade\ (ESR)} = \frac{18}{1{,}0} = 18$$

Prema nomogramu Q/EDI, za tjemeni svod je potrebna kategorija podgrade 23, slaba stijenska masa. Podgrada u tjemenom svodu bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje adhezijskim prednapregnutim sidrima dužine 5 m na razmaku od 1-1,5 m.
- Armirani mlazni beton debljine 10-15 cm

Prema literaturi, za $0,1<Q<10$, vrijedi $Q_{zida}=2,5\ Q$, odnosno $Q_{zida}=3,56$.

Prema nomogramu Q/EDI, za bokove-zidove je potrebna kategorija podgrade 23, slaba stijenska masa. Podgrada u bokovima tunela bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje ekspanzijskim prednapregnutim sidrima dužine 5 m na razmaku od 1-1,5 m
- Armirani mlazni beton debljine 10-15 cm

Odabrana podgrada TIP 4:

- Armirani mlazni beton debljine 35 cm,
- Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1,5 m,
- Čelična mreža 2xQ-196, preklop min. 30 cm.

2.3. Istočna tunelska cijev

2.3.1. Dionica 1i: od stac. 0+050.00 do 0+083.14

Dužina dionice iznosi 33,14 (m). Širina iskopa iznosi 18 (m) dok visina iskopa iznosi 15 (m). Visina nadsloja kreće se u vrijednostima od 6,6 do 7,8 m. Stijensku masu izgrađuju flišne naslage od srednjeg do gornjeg eocena ($E_{2,3}$) sastavljene od slojevitih vapnenačkih pješčenjaka i vapnenačkih lapora s proslojcima lapora.

Nagib slojeva je generalno prema sjeveru pod kutem od 20° do 35° (SS=0-20/20-35). Pored slojnih pukotina, registriran je i sustav pukotina suprotnog nagiba i paralelnog pružanja u odnosu na slojevitost (S_1=(180-200/110-125)).

a) Geomehanička klasifikacija RMR (Bieniawski 1989.)

- jednoosna tlačna čvrstoća: 45,53 MPa **BODOVI: 4**

- index kvalitete jezgre RQD: 50-75% **BODOVI: 13**

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	0.6-2 m	**15**
Sustav pukotina S_1	0.2-0.8 m	**10**

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	**BODOVI**	Sustav pukotina S_1	**BODOVI**
kontinuiranost	10-20 m	**1**	3-10 m	**2**
zijev pukotine	>5 mm	**0**	1-5 mm	**1**
hrapavost	hrapave	**5**	blago hrapave	**3**
ispuna	meka > 5 mm	**0**	meka < 5 mm	**1**
rastrošenost zidova pukotine	blago rastrošeni	**5**	srednje rastrošeni	**3**
UKUPNO		**11**		**10**

- opće stanje podzemne vode: voda pod malim pritiskom **BODOVI: 4**

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	Pružanje pukotina je okomito na tunelsku os, s nagibom od 20-35. Iskop u smjeru nagiba pukotina. Povoljno.	**-2**
Sustav pukotina S_1	Pružanje pukotina je okomito na tunelsku os, s nagibom od 110-125. Iskop tunela protiv smjera nagiba diskontinuiteta. Nepovoljno.	**-10**

UKUPNI BROJ BODOVA:

Sustav pukotina	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	**45**
Sustav pukotina S_1	**31**

Prema prikazanoj klasifikaciji, stijenska masa pripada IV. ktg. – slaba stijenska masa.

Budući da je širina iskopa veća od visine nadsloja, usvaja se V. ktg. stijenske mase.

U skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehaničkoj klasifikaciji (RMR), podgrada bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje u svodu i zidovima sidrima dužine 5 do 6 m, na razmaku od 1 do 1.5 m
- Mlazni beton debljine 150 do 200 mm u svodu i 150 mm na zidovima i 50 mm na čelu
- Čelična mreža u svodu i zidovima
- Srednji do teški lukovi na razmaku od 0.75 m s čeličnim platicama i predpobijanjem ukoliko je potrebno
- Zatvoren podnožni svod

b) Klasifikacija prema Q-sustavu

- index kvaliteite jezgre RQD: 50-75% **RQD=62**

- broj pukotinskih sustava I_n: 2 sustava pukotina i slučajne pukotine **I_n=2x6.0=12**

- index hrapavosti pukotina I_r:

Sustav pukotina	Opis	**I_r**
Međuslojne pukotine	hrapave ili nepravilne ravne	**1,50**
Sustav pukotina S1	hrapave do glatke	**1,25**

- index alteracije pukotina I_a:

Sustav pukotina	Opis	**I_a**
Međuslojne pukotine	Pri smicanju nema dodira zidova pukotine. Zone ili pojasevi dezintegrirane ili zdrobljene stijene ili gline.	**8**
Sustav pukotina S1	Srednje ili malo konsolidirana, razmekšana glinovito mineralna ispuna, manja od 5 mm debljine.	**8**

- faktor pukotinske vode I_w: suhi iskop ili manji priliv, tj. <5 l/min **I_w=1.0**

- faktor redukcije naprezanja SRF:

niski pritisak, blizu površine, otvorene pukotine (SRF=2,5), s obzirom da je debljina nadsloja manja od širine raspona tunela SRF se povećava na 5. **SRF=5.0**

$$Q = \frac{RQD}{I_n} \cdot \frac{I_r}{I_a} \cdot \frac{I_w}{SRF} = \frac{62}{12} \cdot \frac{1{,}25}{8} \cdot \frac{1}{5} = 0{,}161$$

Prema prikazanoj klasifikaciji, stijenska masa spada u vrlo slabu kategoriju stijenske mase.

Ekvivalentna dimenzija iskopa (EDI):

$$EDI = \frac{raspon\ ili\ visina\ iskopa}{index\ podgrade\ (ESR)} = \frac{18}{1} = 18$$

Prema nomogramu Q/EDI, za tjemeni svod je potrebna kategorija podgrade 32, vrlo slaba stijenska masa. Podgrada u tjemenom svodu bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje ekspanzijskim prednapregnutim sidrima dužine 5 m na razmaku od 1 m.
- Armirani mlazni beton debljine 20-40 cm.

Prema literaturi, za $0,1<Q<10$, vrijedi $Q_{zida}=2,5\ Q$, odnosno $Q_{zida}=0,4$.

Prema nomogramu Q/EDI, za bokove-zidove je potrebna kategorija podgrade 32, vrlo slaba stijenska masa. Podgrada u bokovima tunela bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje ekspanzijskim prednapregnutim sidrima dužine 5 m na razmaku od 1 m.
- Armirani mlazni beton debljine 20-40 cm

Odabrana podgrada TIP 5:

- Armirani mlazni beton debljine 40 cm,
- Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1 m,
- Čelični rešetkasti lučni nosači TIP 95/20/30 na razmaku od 1,0 (m).
- Podnožni svod (po potrebi):
  - Armirani mlazni beton debljine 40 cm,
  - Dvostruka čelična mreža Q-335.

2.3.2. Dionica 2i: od stac. 0+083.14 do 0+126.63

Dužina dionice iznosi 43,49 (m). Širina iskopa iznosi 18 (m) dok visina iskopa iznosi 15 (m). Visina nadsloja kreće se u vrijednostima od 7,8 do 26,4 m. Stijensku masu izgrađuju flišne naslage od srednjeg do gornjeg eocena ($E_{2,3}$) sastavljene od slojevitih vapnenačkih pješčenjaka i vapnenačkih lapora s proslojcima lapora.

Nagib slojeva je generalno prema sjeveru pod kutem od 20° do 35° (SS=0-20/20-35). Pored slojnih pukotina, registriran je i sustav pukotina suprotnog nagiba i paralelnog pružanja u odnosu na slojevitost (S_1=(180-200/110-125)).

a) Geomehanička klasifikacija RMR (Bieniawski 1989.)

- jednoosna tlačna čvrstoća: 45,53 MPa **BODOVI: 4**

- index kvalitete jezgre RQD: 75-90% **BODOVI: 17**

- razmak diskontinuiteta:

Sustav pukotina	Razmak diskontinuiteta	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	0.6-2 m	**15**
Sustav pukotina S_1	0.2-0.9 m	**10**

- stanje pukotina:

Elementi	Međuslojne pukotine	**BODOVI**	Sustav pukotina S_1	**BODOVI**
kontinuiranost	10-20 m	**1**	3-10 m	**2**
zijev pukotine	>5 mm	**0**	1-5 mm	**1**
hrapavost	hrapave	**5**	blago hrapave	**3**
ispuna	meka > 5 mm	**0**	meka < 5 mm	**1**
rastrošenost zidova pukotine	blago rastrošeni	**5**	srednje rastrošeni	**3**
UKUPNO		**11**		**10**

- opće stanje podzemne vode: voda pod malim pritiskom **BODOVI: 4**

- korekcija bodova za orijentaciju pukotina:

Sustav pukotina	Opis	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	Pružanje pukotina je okomito na tunelsku os, s nagibom od 20-35. Iskop u smjeru nagiba pukotina. Povoljno.	**-2**
Sustav pukotina S_1	Pružanje pukotina je okomito na tunelsku os, s nagibom od 110-125. Iskop tunela protiv smjera nagiba diskontinuiteta. Nepovoljno.	**-10**

UKUPNI BROJ BODOVA:

Sustav pukotina	**BODOVI**
Međuslojne pukotine	**49**
Sustav pukotina S1	**35**

Prema prikazanoj klasifikaciji, stijenska masa pripada IV. ktg. – slaba stijenska masa.

U skladu s preporukama za iskop i podgrađivanje tunela u stijenskim masama, prema geomehaničkoj klasifikaciji (RMR), podgrada bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje u svodu i zidovima sidrima dužine 4 do 5 m, na razmaku od 1 do 1.5 m
- Mlazni beton debljine 100 do 150 mm u svodu i 100 mm na zidovima
- Čelična mreža u svodu i zidovima
- Laki do srednji lukovi na razmaku od 1,5 m, ukoliko je potrebno.

b) Klasifikacija prema Q-sustavu

- index kvaliteite jezgre RQD: 75-90% **RQD=82**

- broj pukotinskih sustava I_n: 2 sustava pukotina i slučajne pukotine **I_n=6.0**

- index hrapavosti pukotina I_r:

Sustav pukotina	Opis	**I_r**
Međuslojne pukotine	hrapave ili nepravilne ravne	**1,50**
Sustav pukotina S1	hrapave do glatke	**1,25**

- index alteracije pukotina I_a:

Sustav pukotina	Opis	**I_a**
Međuslojne pukotine	Pri smicanju nema dodira zidova pukotine. Zone ili pojasevi dezintegrirane ili zdrobljene stijene ili gline.	**8**
Sustav pukotina S1	Srednje ili malo konsolidirana, razmekšana glinovito mineralna ispuna, manja od 5 mm debljine.	**8**

- faktor pukotinske vode I_w: suhi iskop ili manji priliv, tj. <5 l/min **I_w=1.0**

- faktor redukcije naprezanja SRF:

srednji pritisak, vrlo zbijena struktura (povoljno za stabilnost, nepovoljno za stabilnost zidova) **SRF=1.5**

$$Q = \frac{RQD}{I_n} \cdot \frac{I_r}{I_a} \cdot \frac{I_w}{SRF} = \frac{82}{6} \cdot \frac{1{,}25}{8} \cdot \frac{1}{1{,}5} = 1{,}424$$

Prema prikazanoj klasifikaciji, stijenska masa spada u slabu kategoriju stijenske mase.

Ekvivalentna dimenzija iskopa (EDI):

$$EDI = \frac{raspon\ ili\ visina\ iskopa}{index\ podgrade\ (ESR)} = \frac{18}{1} = 18$$

Prema nomogramu Q/EDI, za tjemeni svod je potrebna kategorija podgrade 23, slaba stijenska masa. Podgrada u tjemenom svodu bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje adhezijskim prednapregnutim sidrima dužine 5 m na razmaku od 1-1,5 m.
- Armirani mlazni beton debljine 10-15 cm.

Prema literaturi, za $0,1<Q<10$, vrijedi $Q_{zida}=2,5\ Q$, odnosno $Q_{zida}=3,56$.

Prema nomogramu Q/EDI, za bokove-zidove je potrebna kategorija podgrade 23, slaba stijenska masa. Podgrada u bokovima tunela bi se sastojala od:

- Sistematsko sidrenje ekspanzijskim prednapregnutim sidrima dužine 5 m na razmaku od 1-1,5 m
- Armirani mlazni beton debljine 10-15 cm.

Odabrana podgrada TIP 4:

- Armirani mlazni beton debljine 35 cm,
- Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1,5 m,
- Čelična mreža 2xQ-196, preklop min. 30 cm.

3. GEOSTATIČKI PRORAČUNI

3.1. Uvod

Određivanje podgradnog sustava izvršeno je korištenjem integralne metode projektiranja tunela, koja objedinjuje empirijski, analitički i promatrački pristup.

Empirijski pristup projektiranju tunela zasniva se na iskustvu stečenom prilikom realizacije prijašnjih projekata tunela. Temelj ovom pristupu čine geotehničke klasifikacije stijenskih masa, koje omogućavaju sistematizaciju stečenih iskustava u vezi s kvalitetom stijenske mase, načinom iskopa i zahtijevanom podgradom u tunelu. U integralnoj metodi projektiranja tunela klasifikacije predstavljaju bitan element za kvalitativno i kvantitativno određivanje prognoznih podgradnih sustava. U toku izvođenja tunela, na temelju geotehničkih klasifikacija na licu mjesta i mjerenja konvergencije ruba iskopa, odredit će se stvarna kategorija stijenske mase i odabrati odgovarajući tip projektiranog podgradnog sustava.

Analitički pristup omogućuje kvantitativnu procjenu odabranih podgradnih sustava. Za proračun naprezanja i deformacija korištena je konvergentno-granična metoda temeljena na elastoplastičnom modelu koji omogućuje zatvorena matematička rješenja. Na temelju dobivenih pomaka do točke ravnoteže definiran je postotak ukupne deformacije koja će se dogoditi prije nego se postavi podgrada koja će preuzeti opterećenje stijenske mase. Također je proveden proračun numeričkim modelom "Phase 2".

Najprije je primijenjena konvergentno-granična metoda temeljena na elastoplastičnom modelu koji omogućuje zatvorena matematička rješenja. Na temelju dobivenih pomaka do točke ravnoteže definiran je postotak ukupne deformacije koja će se dogoditi prije nego se postavi podgrada koja će preuzeti opterećenje stijenske mase.

Naprezanja u stijenskoj masi i podgradi određena su metodom konačnih elemenata s elastičnim modelom kontinuuma. U prvom koraku određena su naprezanja i pomaci u stijenskoj masi prije početka iskopa (geostatički pomaci). U drugom koraku izvršen je proračun pomaka i naprezanja koji nastaju nakon iskopa tunela. Razlika pomaka iz ova dva proračunska koraka daje pomake po rubu iskopa koji bi nastali nakon iskopa tunela, bez izrade podgradnog sustava, jer su se geostatički pomaci u geološkoj prošlosti već dogodili. Podgradni sustav, sastavljen od mlaznog betona, čeličnih lučnih nosača i čeličnih sidara, ugraditi će se nakon djelomične relaksacije naprezanja. Pretpostavlja se da će se elastična i dio plastične deformacije realizirati prije postavljanja podgradnog sustava. Podgradni sustav prihvaća opterećenje nastalo od plastičnih

deformacija nakon njegove ugradnje. Dobivena naprezanja u podgradi predstavljaju stanje nakon očvršćivanja primarnog podgradnog sustava.

Na temelju klasifikacija stijenskih masa, analitičkog modela, proračuna metodom konačnih elemenata i dosadašnjeg iskustva na izvedenim objektima, projektirani su odgovarajući podgradni sustavi.

Promatrački pristup (ocjena geotehničkih karakteristika, mjerenja deformacija i naprezanja u stijenskoj masi) omogućuje da se u toku gradnje tunela, izvrši potvrda odabranih podgradnih sustava, ili njihova eventualna korekcija. Ako se mjerenjima utvrdi da nije došlo do smirivanja pomaka stijenske mase, pristupit će se izvođenju pojačane podgrade u dogovoru s projektantom.

Osnovni princip je izvođenje podgradnog sustava u pogodnom trenutku nakon iskopa određene dionice (dužine napredovanja u jednom taktu mogu varirati od 0.5 m do 1.5 m ovisno o kategoriji stijenske mase).

Iskop u IV. kategoriji stijenske mase izvodi se u punom profilu s napredovanjem od 1 do 1.5 (m) u jednom otpucavanju. Podgradni sustav treba završavati do cca 1 (m) od čela iskopa.

Iskop u V. kategoriji stijenske mase izvodi se u punom profilu ili po fazama, s napredovanjem od 0.5 do 1.5 (m) u jednom otpucavanju. Podgradni sustav treba završavati do čela iskopa odmah nakon otpucavanja.

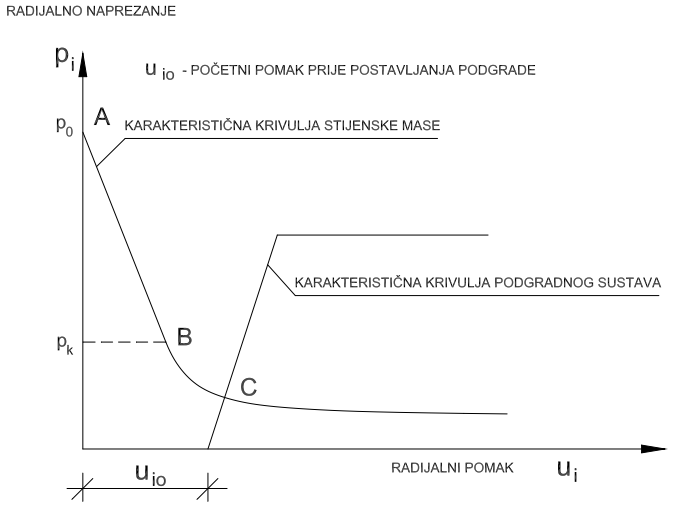
Iskop u I., II. i III. kategoriji stijenske mase se ne očekuje.

Ovakav način ugradnje podgrade prilagođen je veličini tunela i zahtjevima projektiranog sustava osiguranja iskopanog tunelskog profila. Sigurnost ljudi od lokalnih ispadanja do ugradnje projektirane podgrade, postići će se redovitim uklanjanjem nestabilnih dijelova stijenske mase, izvedbom tankog zaštitnog sloja mlaznog betona (debljine min. 3 (cm)) nakon iskopa (po potrebi), postavljanjem projektirane čelične mreže Q-196, te ugradnjom ekspanzijskih sidara (swelex sidra, sidra s glavom ili slično). Izvoditelj radova može u slučaju potrebe, uz suglasnost nadzornog inženjera, ugrađivati i kosa sidra unaprijed u V. kategoriji stijenske mase (predpobijanje), na bočnom razmaku od 30 (cm), kako bi se spriječilo ispadanje blokova stijenske mase iz tjemenog svoda.

Naprezanja i pomaci u stijenskoj masi oko tunela i u podgradi ovise o osobinama stijenske mase, o primarnom stanju naprezanja, o krutosti podgrade, kao i o vremenu njenog postavljanja. Međuzavisnost tih čimbenika najčešće se prikazuje konvergentno-graničnom metodom. U najjednostavnijem obliku, ova metoda sastoji se od dvije karakteristične krivulje i to:

karakteristične krivulje stijenske mase i karakteristične krivulje podgrade. Ove krivulje predstavljaju odnos radijalnog naprezanja i radijalne deformacije u stijenskoj masi oko podzemnog otvora i u podgradi.

Na slici 3.1. shematski su prikazane ove dvije karakteristične krivulje. Iskopom podzemnog otvora dolazi do preraspodjele naprezanja u stijenskoj masi, te se pojavljuju radijalne deformacije. Povećanjem pomaka prema sredini iskopa dolazi do smanjenja radijalnih naprezanja s početne vrijednosti primarnih naprezanja p_0 na vrijednost p_i. U elastičnom području odnos pomaka i deformacija je linearan i prikazan je pravcem AB.



Slika 3.1. Karakteristične krivulje stijenske mase i podgrade

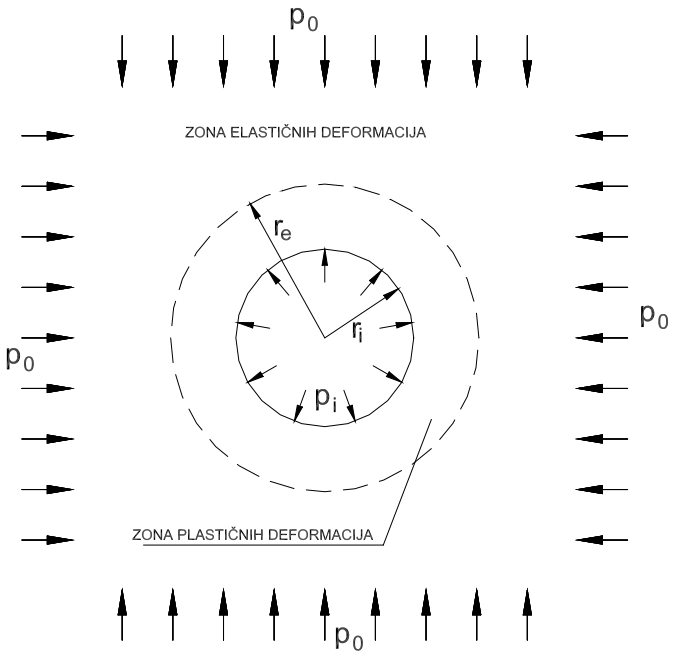
Linearni dio karakteristične krivulje stijenske mase završava pojavom plastificirane zone oko tunela. Ova zona obuhvaća stijensku masu u kojoj su tangencijalna naprezanja dostigla posmičnu čvrstoću stijenske mase. Daljnjim radijalnim pomacima ova zona se povećava.

3.2. Karakteristične krivulje stijenske mase

Karakteristična krivulja stijenske mase određena je na temelju analitičkog modela (Brown, Bray, Ladanyi, Hoek 1983.), koji omogućuje zatvoreno matematičko rješenje.

Model je elastoplastičan (slika 3.2) i sadrži sljedeće pretpostavke:

- tunel je kružnog presjeka s početnim polumjerom r_i,
- primarni tlak u stijenskoj masi je geostatički i iznosi p_0
- podgrada djeluje na rub iskopa jednolikim radijalnim podgradnim tlakom p_i,



Slika 3.2. Skica elastoplastičnog modela stijenske mase

Usvojen je empirijski kriterij čvrstoće stijenske mase (Hoek, Brown 1980.), koji je za originalnu stijensku masu definiran izrazom:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s \cdot \sigma_c^2}$$

gdje su σ_1 i σ_3 najveća i najmanja glavna naprezanja pri slomu, σ_c jednoosna čvrstoća stijenske mase, dok su m i s bezdimenzionalne empirijske konstante originalne stijenske mase koje ovise o tipu i kvaliteti stijenske mase koja se definira Geomehaničkom klasifikacijom (RMR) ili prema Q sustavu.

U zoni plastičnih deformacija čvrstoća izlomljene stijenske mase definirana je sljedećim izrazom:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_r \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s_r \cdot \sigma_c^2}$$

gdje su m_r i s_r empirijske konstante izlomljene stijenske mase.

- usvojen je model ponašanja stijenske mase (slika 3.3), dobiven na osnovi rezultata laboratorijskih ispitivanja modela ispucalih stijenskih masa (Brown 1972),

- volumenska deformacija u elastičnom području određena je Young-ovim modulom E i Poisson-ovim koeficijentom μ, a u plastičnom području eksperimentalno utvrđenim gradijentom f ili pridruženim zakonom tečenja po teoriji plastičnosti,

- za originalnu i izlomljenu stijensku masu pretpostavlja se da u periodu do postavljanja podgradnog sustava bitno ne mijenja svojstva i ponašanje,

- problem je tretiran kao osnosimetričan uz pretpostavljeno ravninsko stanje deformacija.

Karakteristična krivulja stijenske mase definirana je radijalnim tlakom p_i potrebnim u određenoj točki na rubu podzemnog iskopa u cilju ograničenja radijalnog pomaka te točke na vrijednost u_i.

U slučaju kada je $p_i > p_{kritično}$, ne postoji plastificirana zona. Ponašanje stijenske mase je elastično i prikazano pravcem između vrijednosti $p_i=p_0$, $u_i=0$, i vrijednosti koje su date sljedećim izrazima:

$$p_i = p_k = p_0 - M \cdot \sigma_c \qquad u_i = \frac{(p_0 - p_i) \cdot r_i}{2 \cdot G}$$

gdje je:

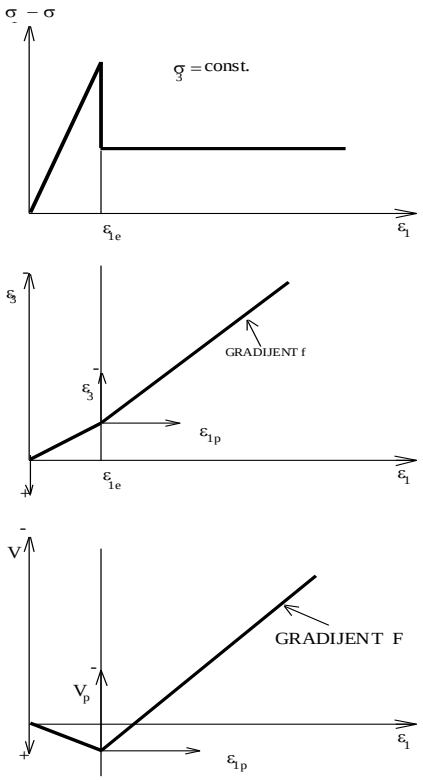
$$M = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{m^2}{16} + \frac{m \cdot p_0}{\sigma_c} + s} - \frac{m}{8} \qquad G = \frac{E}{2 \cdot (1+\upsilon)}$$

U slučaju kada je $p_i < p_{kritično}$ javlja se plastificirana zona oko podzemnog otvora i ponašanje stijenske mase definirano je sljedećim izrazima:

$$p_i = 0.25 \cdot m_r \cdot \sigma_c \cdot \left[N - ln\left(\frac{r_e}{r_i}\right)\right]^2 - \frac{s_r \cdot \sigma_c}{m_r} \qquad u_i = \frac{M \cdot \sigma_c \cdot r_i}{G \cdot (f+1)} \cdot \left[\frac{(f-1)}{2} + \left(\frac{r_e}{r_i}\right)^{f+1}\right]$$

$$f = \frac{m}{2 \cdot \sqrt{\frac{m \cdot p_k}{\sigma_c} + s}} + 1 \qquad N = 2 \cdot \sqrt{\frac{p_0 - M \cdot \sigma_c}{m_r \cdot \sigma_c} + \frac{s_r}{m_r}}$$

Navedeni izrazi određuju karakterističnu krivulju stijenske mase za zidove tunela, gdje je utjecaj izlomljene stijenske mase na naprezanja i deformacije mali. Karakteristične krivulje za svod i pod tunela dobiju se tako da se karakterističnoj krivulji stijenske mase za zidove dodaju, odnosno odbiju, naprezanja koja odgovaraju težini izlomljene zone.



Slika 3.3. Model ponašanja stijenske mase (Brown 1972)

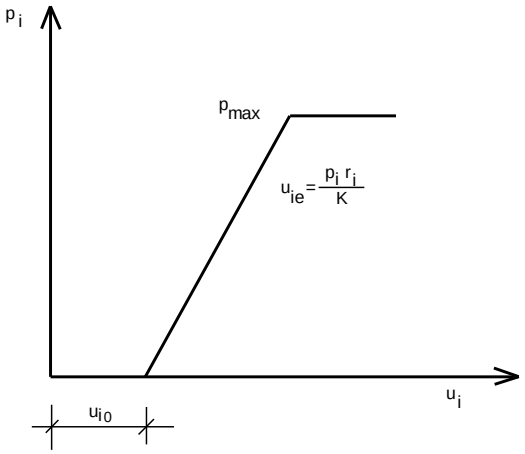
3.3. Karakteristične krivulje podgradnih sustava

Karakteristična krivulja podgradnog sustava koji se sastoji od jedne komponente (slika 3.4.) definirana je sljedećim izrazom

$$u_i = u_{i0} + \frac{p_i.r_i}{K} \; za \; p_i < p_{max}$$

gdje je:

- p_{max} - čvrstoća podgradnog sustava
- K - krutost podgradnog sustava
- u_{i0} - početni pomak ruba tunela do trenutka postavljanja podgrade



Slika 3.4. Karakteristična krivulja podgrade

Komponente podgradnog sustava općenito se sastoje od mlaznog betona, čeličnih adhezijskih sidara, čeličnih rešetkastih nosača i sl.

Krutosti i čvrstoće pojedinih podgradnih komponenti određene su za mlazni beton, čelična sidra i čelične rešetkaste nosače. Čelični rešetkasti nosači su tipa M95/20/30, a izvođač radova može primijeniti i drugačije armaturne koševe odgovarajuće krutosti.

Za podgradu od **mlaznog betona** krutost i čvrstoća, odnosno maksimalni podgradni tlak dati su sljedećim izrazima:

$$K_B = \frac{E_B}{(1+\mu_B)} \cdot \left[\frac{r_i^2-(r_i-t_B)^2}{(1-2\cdot\mu_B)\cdot r_i^2+(r_i-t_B)^2}\right] \qquad p_{B\,max} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_B \cdot \left[1 - \frac{(r_i-t_B)}{r_i^2}\right]$$

gdje je:

- E_B - modul elastičnosti mlaznog betona,
- μ_B - Poisson-ov koeficijent mlaznog betona,
- t_B - debljina podgrade od mlaznog betona,
- r_i - polumjer iskopa tunela,
- σ_B - jednoosna tlačna čvrstoća mlaznog betona.

Za podgradu od **čeličnih sidara** krutost i čvrstoća, odnosno maksimalni podgradni tlak dati su izrazima:

$$K_s = \frac{r_i}{S_c \cdot S_i} \cdot \frac{A_S \cdot E_S}{L} \qquad p_{s\,max} = \frac{T_{s\,max}}{S_c \cdot S_i}$$

gdje je:

- r_i - polumjer iskopa tunela,

A_s - površina poprečnog presjeka sidara,

E_S - modul elastičnosti materijala sidra,

T_{smax} - sila čupanja sidra na osnovi testa čupanja. Usvaja se 0.20 MN za adhezijska sidra od rebrastog čelika (TIP IBO) vanjskog promjera šipke 32 mm,

L - dužina sidra,

S_c - razmak sidara po poprečnom presjeku tunela,

S_i - razmak sidara duž tunela.

Za podgradu od **čeličnih rešetkastih nosača** krutost i čvrstoća, odnosno maksimalni podgradni tlak (za jedan čelični luk po m'), dati su sljedećim izrazima:

$$K_{ČL} = E_Č \cdot \left[\frac{r_i^2 - (r_i - t_Č)^2}{r_i^2 + (r_i - t_Č)^2}\right] \qquad p_{ČL\,max} = 0.8814 \cdot r_i^{-1.3444} \cdot \frac{13.4}{21.0}(MPa)$$

gdje je:

- $E_Č$ - modul elastičnosti čelika (= 210000 MPa)
- $t_Č$ - prosječna debljina čelika koja odgovara površini presjeka čeličnog luka
- r_i - polumjer iskopa tunela

- $p_{ČL\,max}$ - maksimalni podgradni tlak na čelični rešetkasti nosač, prema literaturi:

(T. Miljanović; "Osiguranje iskopa tunela u mekim sredinama", Nikšić, 1988. str. 85).

Podgradni sustavi koji se sastoje do više podgradnih komponenti imaju svoje karakteristične krivulje koje se određuju uz sljedeće pretpostavke:

- krutost podgradnog sustava jednaka je zbroju krutosti pojedinih podgradnih komponenti,
- do plastifikacije podgradnog sustava dolazi kada je dostignuta maksimalna deformacija koju može podnijeti jedna od podgradnih komponenti,
- čvrstoća podgradnog sustava jednaka je zbroju čvrstoća podgradnih komponenti pri maksimalnoj deformaciji mjerodavne komponente podgradnog sustava.

3.4. Izbor geotehničkih parametara

Fizikalno-mehanička svojstva stijenske mase potrebna za dimenzioniranje podgradnih sustava definirana su na temelju inženjerskogeološkog kartiranja terena, rezultata laboratorijskih ispitivanja uzoraka stijenske mase, literature i iskustva na tunelima u sličnim geotehničkim uvjetima.

Osnovne inženjersko-geološke karakteristike terena:

Debljine slojeva u laporovitim litološkim članovima fliša iznose uglavnom 6-20 cm i 20-60 cm, a u naslagama pješčenjaka i breča 60-120 cm i preko 120 cm. Mjestimično se mogu pojaviti i tankoslojevite naslage fliša u kojima debljine slojeva iznose <6 cm i mjestimično 6-20 cm.

U naslagama vapnenačkih pješčenjaka i breča (grebeni i bankoviti slojevi), stijenke pukotina su hrapave, zijeva većeg od 5 mm, s glinovitom ispunom. Stijenke pukotina su u slojevitim flišnim naslagama uglavnom neznatno rastrošene.

U laporovitim litološkim članovima, osim ploha slojevitosti, uglavnom se uočava i jedan sustav pukotina generalno okomit na slojevitost (suprotnog nagiba i paralelnog pružanja u odnosu na slojevitost), a u vapnenačkim pješčenjacima osim ploha slojevitosti uglavnom dva sustava pukotina – prvi okomit na slojevitost, a drugi okomit na pružanje slojeva.

Obje tunelske cijevi će se u potpunosti izvesti u flišnim naslagama koje su sastavljene od tanko do debeloslojevitih vapnenačkih lapora i vapnenačkih pješčenjaka. Nagib slojeva je generalno prema sjeveru pod kutem od 20° do 35° (SS=0-20/20-35).

Na stacionaži 0+092.00 izvedena je bušotina B-1 (sondažni profili u prilogu).

Crpljenjem zaostale vode iz bušotine i praćenjem njenog nivoa, utvrđeno je da u terenu ne postoji stalni nivo podzemne vode. Za vrijeme iskopa tunela (pogotovo prilikom kišnog razdoblja), očekuje se u tunelu vlaženje, procjeđivanje i prokapljivanje oborinskih i procijednih voda kroz pukotine i razlomljene zone, a posebno pri portalnim dijelovima tunela.

Čvrstoća stijenske mase određena je na temelju rezultata laboratorijskih ispitivanja uzoraka uzetih iz bušotine, iskustva na tunelima u sličnim uvjetima, te literature. Parametri m i s određeni su interpolacijom iz tablice objavljene u članku: “The Hoek-Brown failure criterion – a 1988 update”, autora E. Hoek-a i E.T.Brown-a, objavljenom na “Ontario Hydro Seminar on Rock Foundations for Dams and Underground Structures”, 1989. Duž svih dionica tunela izdvojene su dionice približno sličnih geotehničkih karakteristika, te su, prema empirijskom kriteriju čvrstoće, određene obvojnice Mohr-ovih kružnica vršne i rezidualne čvrstoće.

U tablici 3.1. daje se pregled primjenjenih geotehničkih parametara po pojedinim dionicama tunela uređaja za pročišćavanjanje otpadnih voda "Biloševac" u Makarskoj.

Tablica 3.1. Pregled primjenjenih parametara po dionicama tunela uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac" - Makarska

DIONICA 1z	0+050.00 - 0+076.38	RMR=31	m=0,687393	s=0,000311	m_r=0,050624	s_r=0,0000089	E=3349,65 (MPa)
		Nadsloj 7,50 (m)	p=0,3031 (MPa)	σ_c=45,53 (MPa)	ρ=2622,83 (kg/m^3)	r_i=8,56 (m)	μ=0,3
DIONICA 2z	0+076.38 - 0+126.63	RMR=35	m=1,424232	s=0,002852	m_r=0,213057	s_r=0,0002238	E=3349,65 (MPa)
		Nadsloj 29,60 (m)	p=0,871 (MPa)	σ_c=45,53 (MPa)	ρ=2622,83 (kg/m^3)	r_i=8,51 (m)	μ=0,3
DIONICA 1i	0+050.00 - 0+083.14	RMR=31	m=0,687393	s=0,000311	m_r=0,050624	s_r=0,0000089	E=3349,65 (MPa)
		Nadsloj 7,80 (m)	p=0,3108 (MPa)	σ_c=45,53 (MPa)	ρ=2622,83 (kg/m^3)	r_i=8,56 (m)	μ=0,3
DIONICA 2i	0+083.14 - 0+126.63	RMR=35	m=1,424232	s=0,002852	m_r=0,213057	s_r=0,0002238	E=3349,65 (MPa)
		Nadsloj 26,40 (m)	p=0,789 (MPa)	σ_c=45,53 (MPa)	ρ=2622,83 (kg/m^3)	ri=8,51 (m)	μ=0,3

Prema empirijskim kriterijima čvrstoće stijenske mase (Hoek, Brown, 1980.),

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s \cdot {\sigma_c}^2}$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m_r \cdot \sigma_c \cdot \sigma_3 + s_r \cdot {\sigma_c}^2}$$

izvedeni su izrazi za posmično naprezanje τ, u funkciji efektivnog normalnog naprezanja σ':

$$\tau = (ctg\emptyset_i - cos\emptyset_i) \cdot \frac{m \cdot \sigma_c}{8} \qquad \emptyset_i = arctg \frac{1}{\sqrt{4h \cdot (cos\theta)^2 - 1}}$$

$$\theta = \frac{1}{3}(90 + arctg \frac{1}{\sqrt{h^3 - 1}}) \qquad h = 1 + \frac{16 \cdot (m \cdot \sigma' + s \cdot \sigma_c)}{3 \cdot m^2 \cdot \sigma_3}$$

gdje je τ posmično naprezanje za efektivno normalno naprezanje σ' na plohi smicanja u stijenskoj masi, a Φ_i je prividni kut trenja na anvelopi Mohr-ovih krugova.

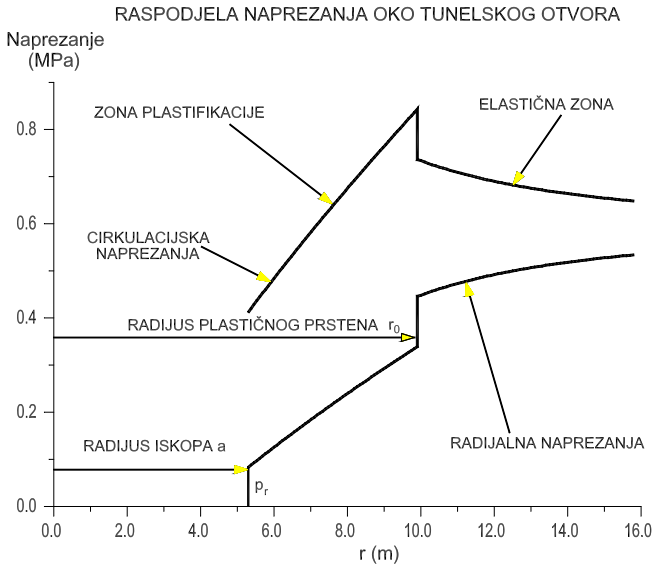
U tablici 3.2. dat je pregled izračunatih vrijednosti fiktivnih kohezija $c_{vršno}$ i $c_{rezidualno}$, te fiktivnih kuteva unutrašnjeg trenja $\varphi_{vršno}$ i $\varphi_{rezidualno}$, za sve dionice tunela uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac", za geostatičko stanje naprezanja.

Tablica 3.2. Izračunate vrijednosti fiktivnih kohezija $c_{vršno}$ i $c_{rezidualno}$ te fiktivnih kuteva unutrašnjeg trenja $\varphi_{vršno}$ i $\varphi_{rezidualno}$, za sve dionice tunela

	STACIONAŽA	$c_{VRŠNO}$ (MPa)	$\varphi_{VRŠNO}$ (°)	$c_{REZIDUALNO}$ (MPa)	$\varphi_{REZIDUALNO}$ (°)
DIONICA 1z	0+050.00 - 0+076.38	0,1927	52,9812	0,0927	29,2768
DIONICA 2z	0+076.38 - 0+126.63	0,5609	49,9544	0,3138	32,6436
DIONICA 1i	0+050.00 - 0+083.14	0,1955	52,7885	0,0943	29,0468
DIONICA 2i	0+083.14 - 0+126.63	0,5337	50,7191	0,2952	33,5463

Temeljem tako dobivenih fiktivnih vrijednosti kuta unutrašnjeg trenja i kohezije stijenske mase, izračunata su naprezanja oko ruba iskopa tunela primjenom elastoplastične teorije.

Na slici 3.5. data je shema raspodjele naprezanja oko tunelskog otvora s naznačenom elastičnom i plastičnom zonom.



Slika 3.5. Naprezanja oko tunelskog otvora s naznačenom elastičnom i plastičnom zonom

Izrazi kojima se računaju naprezanja u elastičnom području su:

$$\sigma_{r_0} = \frac{2 \cdot p_0 - \beta}{\xi + 1}$$

$$\sigma_r = p_0 \cdot \left(1 - \frac{r_0^2}{r^2}\right) + \sigma_{r_0} \cdot \frac{r_0^2}{r^2}$$

$$\sigma_c = p_0 \cdot \left(1 + \frac{r_0^2}{r^2}\right) - \sigma_{r_0} \cdot \frac{r_0^2}{r^2}$$

$$r_0 = a \cdot \left[\frac{2}{\xi + 1} \cdot \frac{\beta + p_0 \cdot (\xi - 1)}{\beta + p_r \cdot (\xi - 1)}\right]^{\frac{1}{\xi - 1}}$$

Izrazi kojima se računaju naprezanja u plastičnom području su:

$$\sigma_r = \left(\frac{r}{a}\right)^{\xi - 1} \cdot \left(p_r + \frac{\beta}{\xi - 1}\right) - \frac{\beta}{\xi - 1}$$

$$\sigma_c = \left(\frac{r}{a}\right)^{\xi - 1} \cdot \xi \cdot \left(p_r + \frac{\beta}{\xi - 1}\right) - \frac{\beta}{\xi - 1}$$

U navedenim izrazima značenje pojedinih elemenata je:

c - kohezija

φ - kut unutrašnjeg trenja

a - radijus iskopa tunela

r_0 - radijus zone plastifikacije, ako je r_0 manje od a uzima se da je $r_0 = a$

σ_r - radijalno naprezanje

σ_c - cirkulacijsko naprezanje (naprezanje u smjeru okomito na radijus)

σ_{r_0}- radijalno naprezanje na rubu plastične zone, ako je r_0 manje od a uzima se da je

$\sigma_{r_0} = p_r$

p_r - reakcija podgrade

p_0 - geostatičko naprezanje u stijenskoj masi

$$\xi = \frac{1 + sin\varphi}{1 - sin\varphi}$$

$$\beta = 2 \cdot c \cdot \frac{cos\varphi}{1 - sin\varphi}$$

3.5. Komponente podgradnog sustava

U tablici 3.3 date su vrijednosti maksimalnog podgradnog pritiska, krutosti i kapacitet pomaka za komponentu podgradnog sustava od mlaznog betona za sve odabrane podgradne sustave.

Tablica 3.3. Vrijednosti maksimalnog podgradnog pritiska, krutosti i kapacitet pomaka za komponentu podgradnog sustava od mlaznog betona za sve odabrane podgradne sustave

Podgradni sustav TIP 4	**Podgradni sustav TIP 5**
Mlazni beton d=35 (cm) ▪ r_i=8.51 (m) ▪ K_{betona}=1325,57 (MPa) ▪ p_{max}=1.007 (MPa) ▪ u_{max}=0.647 (cm)	Mlazni beton d=40 (cm) ▪ r_i=8.56 (m) ▪ K_{betona}=1512.44 (MPa) ▪ p_{max}=1.141 (MPa) ▪ u_{max}=0.646 (cm)

U tablici 3.4. date su vrijednosti maksimalnog podgradnog pritiska, krutosti i kapacitet pomaka za komponentu podgradnog sustava od čeličnih adhezijskih sidara za sve odabrane podgradne sustave.

Tablica 3.4. Vrijednosti maksimalnog podgradnog pritiska, krutosti i kapacitet pomaka za komponentu podgradnog sustava od čeličnih adhezijskih sidara za sve odabrane podgradne sustave

Podgradni sustav TIP 4	**Podgradni sustav TIP 5**
Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1,5 m ▪ r_i=8.51 (m) ▪ K_{sidra}=48,74 (MPa) ▪ p_{max}=0.067 (MPa) ▪ u_{max}=1.164 (cm)	Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1 m ▪ r_i=8.56 (m) ▪ K_{sidra}=74.53 (MPa) ▪ p_{max}=0.100 (MPa) ▪ u_{max}=1.164 (cm)

U tablici 3.5. date su vrijednosti maksimalnog podgradnog pritiska, krutosti i kapacitet pomaka za komponentu podgradnog sustava od čeličnih rešetkastih nosača za sve odabrane podgradne sustave.

Tablica 3.5. Vrijednosti maksimalnog podgradnog pritiska, krutosti i kapacitet pomaka za komponentu podgradnog sustava od čeličnih rešetkastih nosača za sve odabrane podgradne sustave

Podgradni sustav TIP 5
Čelični rešetkasti nosači tip M95/20/30 (lukovi na razmaku 1.0 m) ▪ r_i=8.56 (m) ▪ $K_{č.luka}$=32.76 (MPa) ▪ p_{max}=0.049 (MPa) ▪ u_{max}=1.284 (cm)

3.6. Odabrani podgradni sustavi

U ovom poglavlju daje se čvrstoća, krutost i kapacitet pomaka za svaki od odabranih podgradnih sustava, koji su određeni na osnovi uvjeta datih u poglavlju 3.3.

Podgradni sustav TIP 4

- Armirani mlazni beton debljine 35 cm
- Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1,5 m
- Čelična mreža 2xQ-196, preklop min. 30 cm

r_i=8.51 (m)

K=1374.30 (MPa)

p_{max}=1.044 (MPa)

u_{max}=0.647 (cm)

Podgradni sustav TIP 5

- Armirani mlazni beton debljine 40 cm,
- Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1 m,
- Čelični rešetkasti lučni nosači TIP 95/20/30

r_i=8.56 (m)

K=1618.73 (MPa)

p_{max}=1.221 (Mpa)

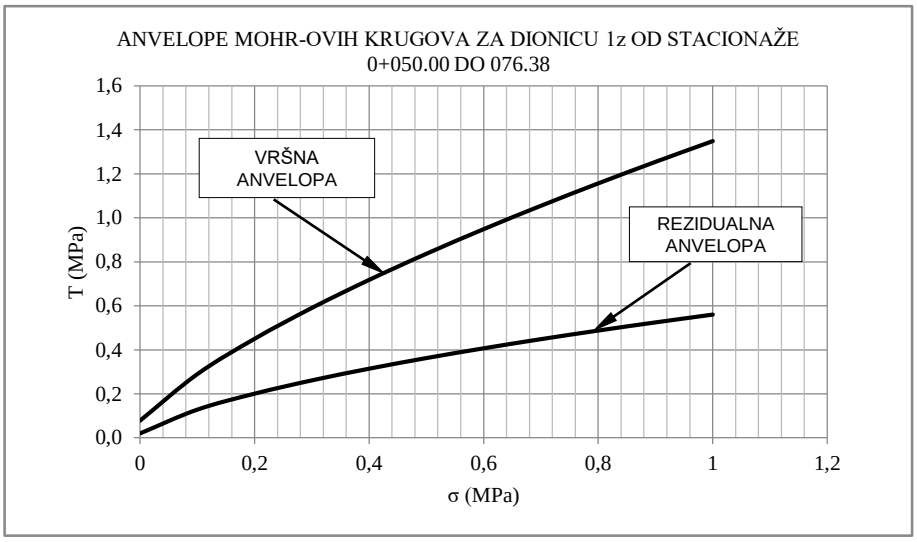
u_{max}=0.646 (cm)

3.7. Karakteristične krivulje stijenske mase i podgrade, anvelope Mohr-ovih krugova i naprezanja za sve dionice tunela

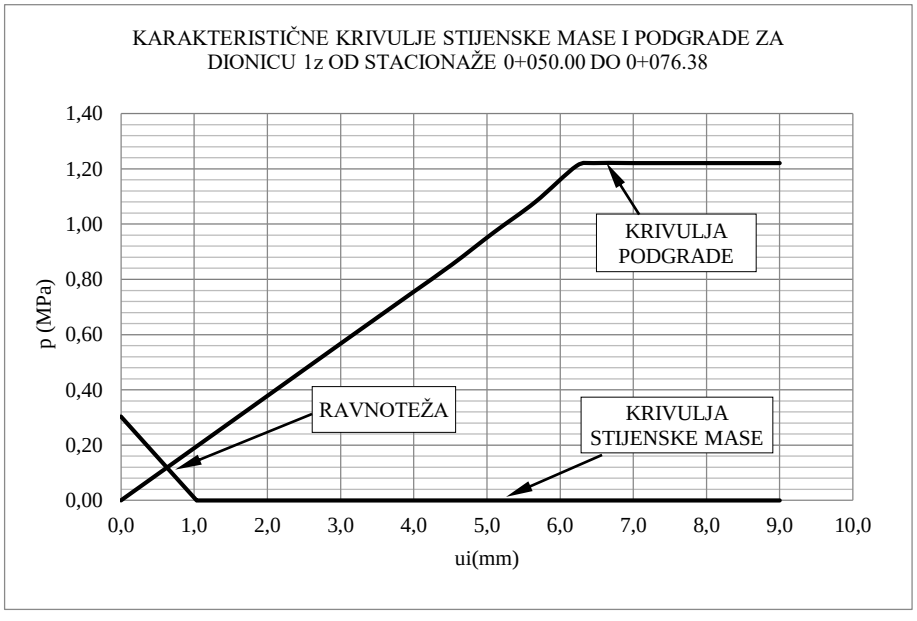
3.7.1. Dionica 1z: od stac. 0+050.00 do 0+076.38

Karakteristike stijenske mase:

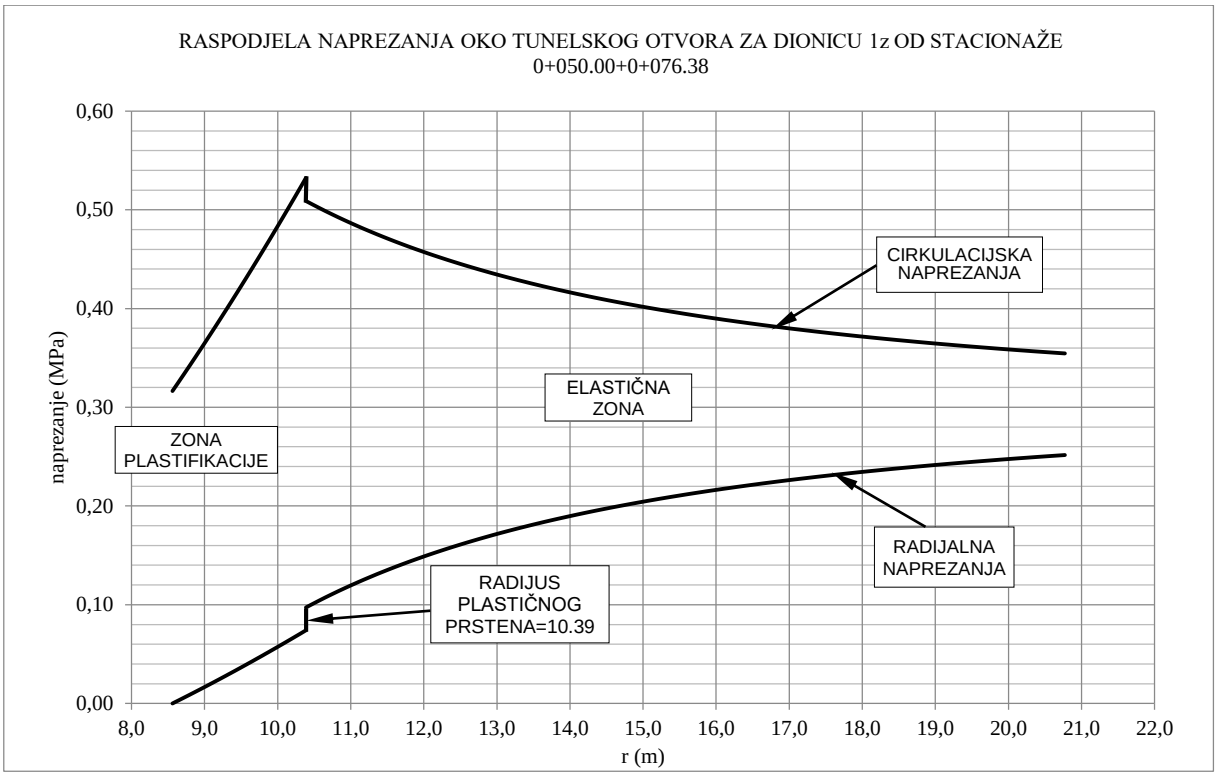
RMR=31	m=0,687393	s=0,000311	mr=0,050624	sr=0,0000089	E=3349,65 (MPa)
Nadsloj 7,50 (m)	p=0,3031 (MPa)	σc=45,53 (MPa)	ρ=2622,83 (kg/m3)	ri=8,56 (m)	μ=0,3



Slika 3.6. Anvelope Mohr-ovih krugova



Slika 3.7. Karakteristične krivulje stijenske mase i podgrade

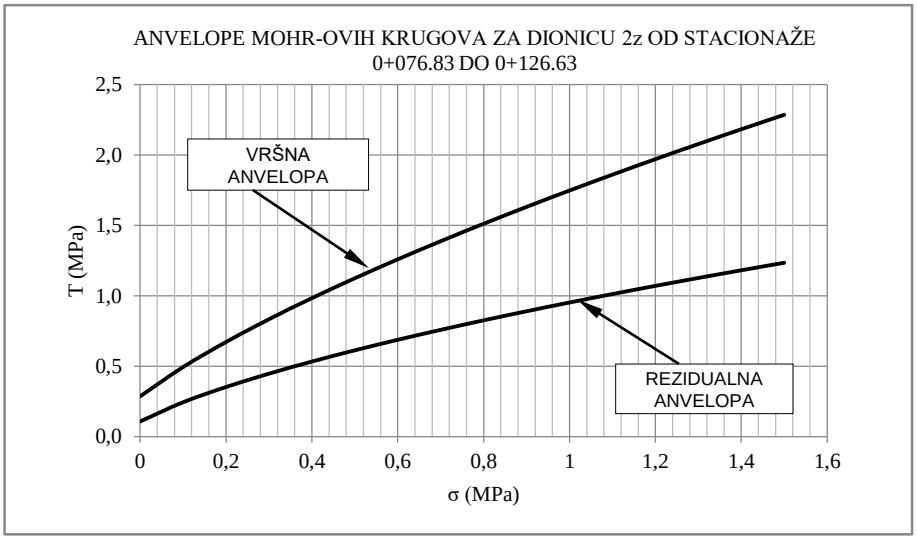


Slika 3.8. Naprezanja oko tunelskog otvora

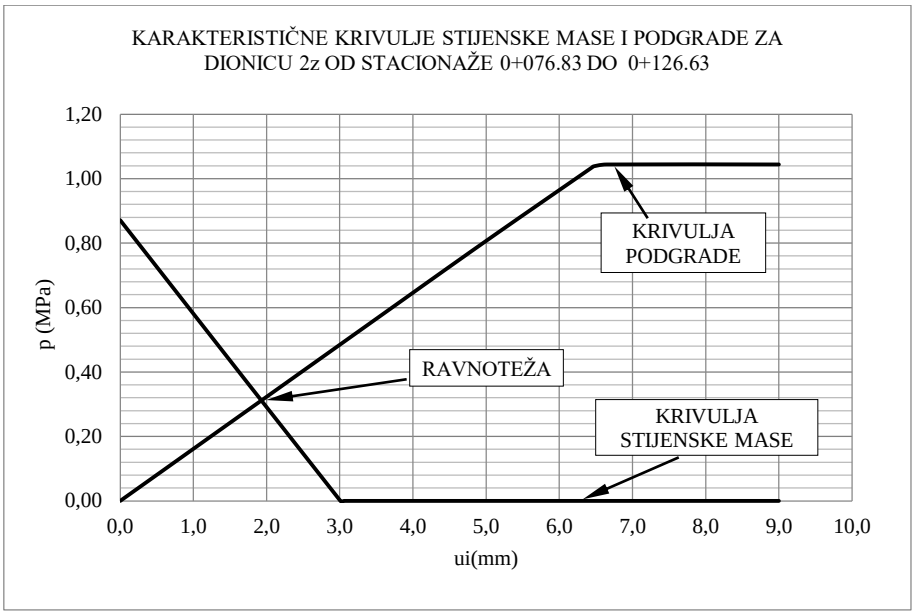
3.7.2. Dionica 2z: od stac. 0+076.38 do 0+126.63

Karakteristike stijenske mase:

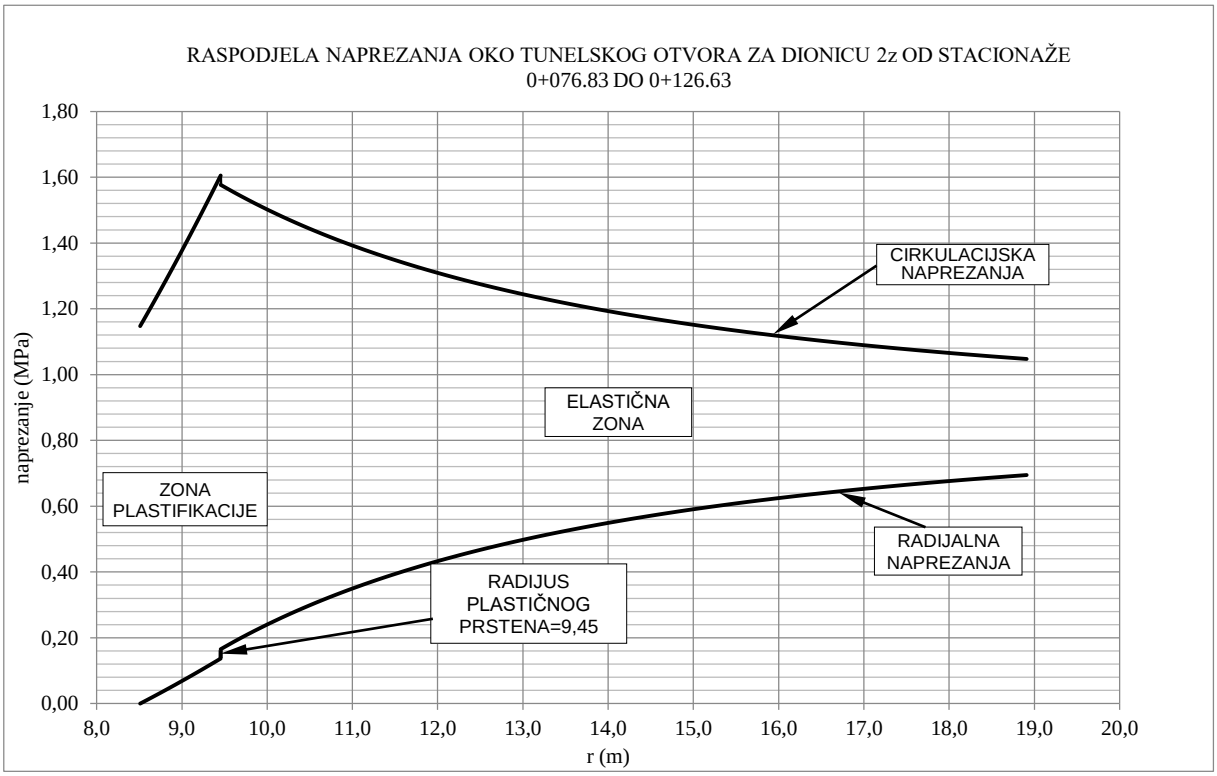
RMR=35	m=1,424232	s=0,002852	mr=0,213057	sr=0,0002238	E=3349,65 (MPa)
Nadsloj 29,60 (m)	p=0,7628 (MPa)	σc=45,53 (MPa)	ρ=2622,83 (kg/m3)	ri=8,51 (m)	μ=0,3



Slika 3.9. Anvelope Mohr-ovih krugova



Slika 3.10. Karakteristične krivulje stijenske mase i podgrade

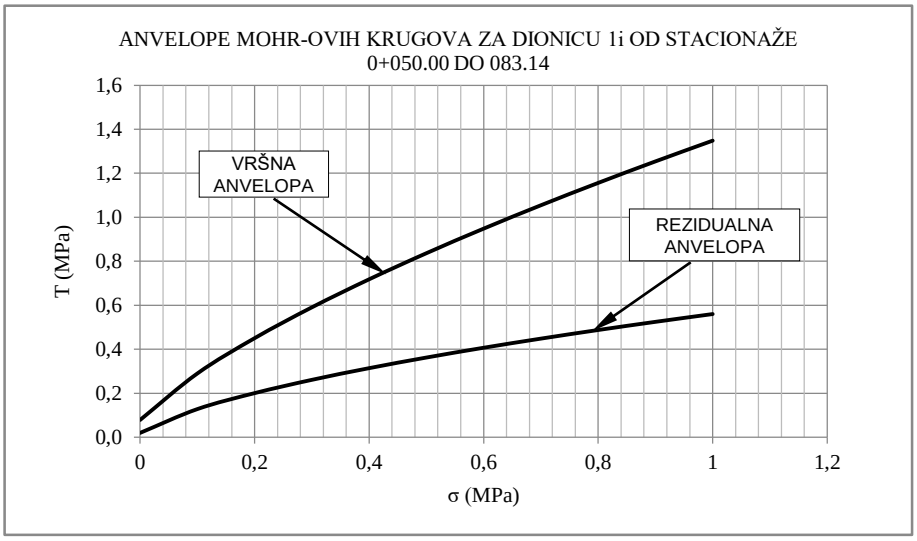


Slika 3.11. Naprezanja oko tunelskog otvora

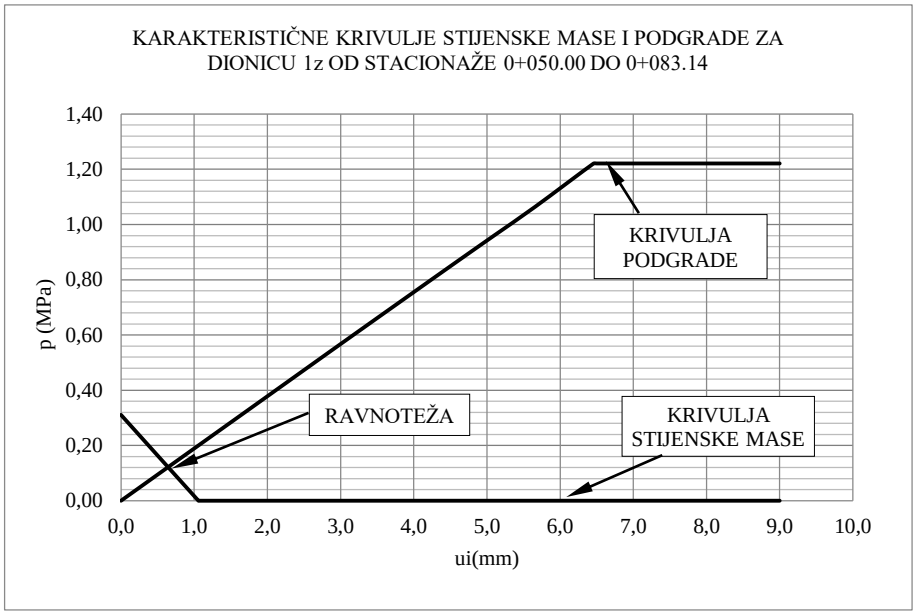
3.7.3. Dionica 1i: od stac. 0+050.00 do 0+083.14

Karakteristike stijenske mase:

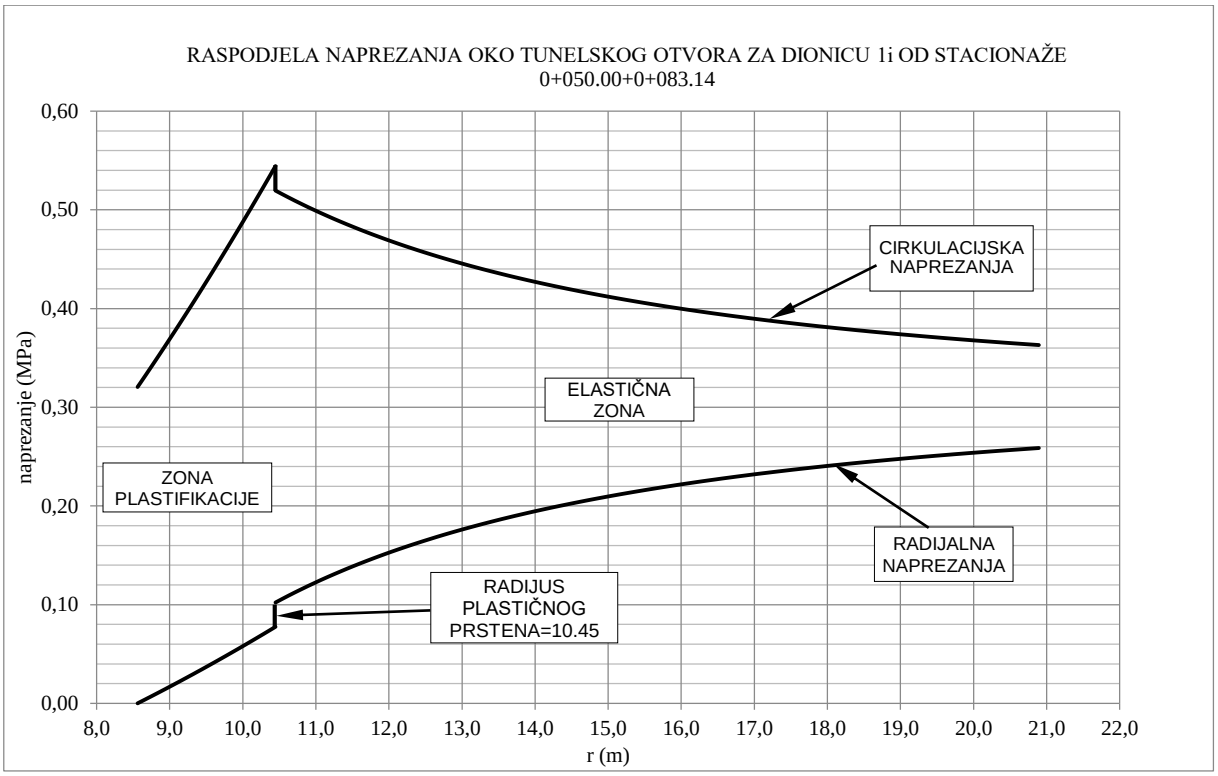
RMR=31	m=0,687393	s=0,000311	mr=0,050624	sr=0,0000089	E=3349,65 (MPa)
Nadsloj 7,80 (m)	p=0,3108 (MPa)	σc=45,53 (MPa)	ρ=2622,83 (kg/m3)	ri=8,56 (m)	μ=0,3



Slika 3.12. Anvelope Mohr-ovih krugova



Slika 3.13. Karakteristične krivulje stijenske mase i podgrade

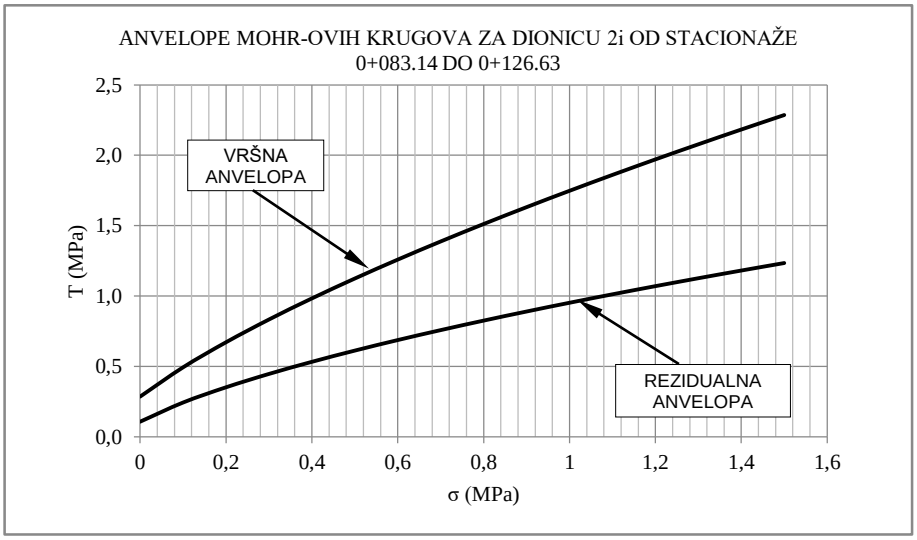


Slika 3.14. Naprezanja oko tunelskog otvora

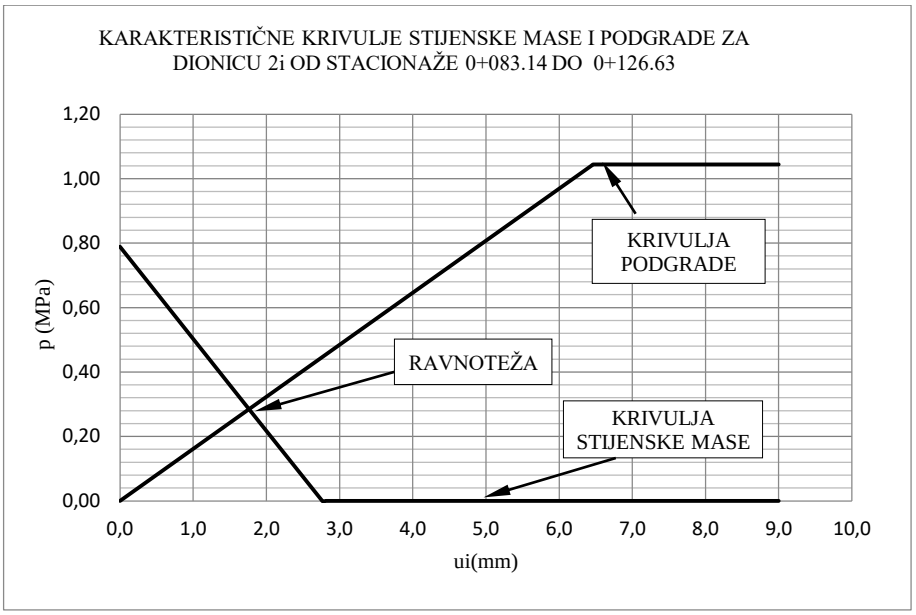
3.7.4. Dionica 2i: od stac. 0+083.14 do 0+126.63

Karakteristike stijenske mase:

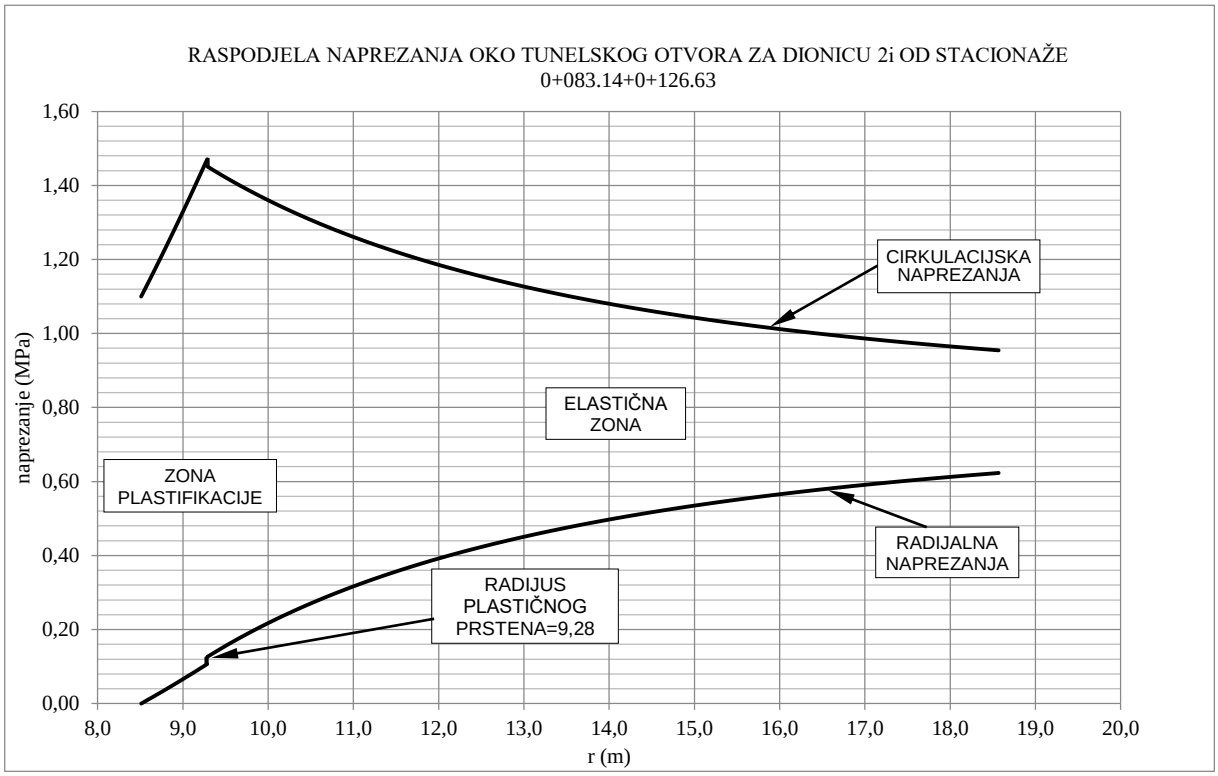
RMR=35	m=1,424232	s=0,002852	mr=0,213057	sr=0,0002238	E=3349,65 (MPa)
Nadsloj 26,40 (m)	p=0,789 (MPa)	σc=45,53 (MPa)	ρ=2622,83 (kg/m3)	ri=8,51 (m)	μ=0,3



Slika 3.15. Anvelope Mohr-ovih krugova



Slika 3.16. Karakteristične krivulje stijenske mase i podgrade



Slika 3.17. Naprezanja oko tunelskog otvora

3.8. Armatura sekundarne tunelske obloge

Prvi korak je izrada temelja od armiranog betona debljine 65 (cm), širine 140 (cm) na obje strane i u punoj dužini tunela. Iz temelja se ostavljaju šipke za vezu sa sekundarnom AB oblogom.

Na dijelu pravog tunela, tj. izvan predusjeka tunela, sekundarna armirano-betonska obloga je debljine 40 (cm) u tjemenom svodu, a u bokovima se postupno povećava do 70.5(cm). Armiranje se izvodi obostrano u dva smjera. U poprečnom smjeru ugradit će se, u zoni intradosa i u zoni ekstradosa, po dvije šipke rebrastog čelika promjera 22 (mm) na m' tunela. Uzdužna armatura su R mreže (R-503, preklop cca 25 cm u poprečnom smjeru), u dva sloja (uz intrados i uz ekstrados sekundarne armirano-betonske obloge).

Na dijelu umjetnog tunela, tj. izvučenog dijela tunela koji se nalazi u predusjeku tunela, sekundarna armirano-betonska obloga je debljine 75 (cm) u tjemenom svodu, a u bokovima se postupno povećava do 120 (cm). Armiranje se izvodi obostrano u dva smjera. U poprečnom smjeru ugradit će se, u zoni intradosa i u zoni ekstradosa, po 10 šipki rebrastog čelika promjera 25 (mm) na m' tunela (razmak 20 cm između šipki, obostrano armiranje). Uzdužna armatura su R mreže (R-503, preklop cca 25 cm u poprečnom smjeru), u dva sloja (uz intrados i uz ekstrados sekundarne armirano-betonske obloge).

4. ISKOP I OSIGURANJE ISKOPA PREDUSJEKA TUNELA

4.1. Iskop humusa

Rad obuhvaća površinski iskop humusa u slojevima raznih debljina, odguravanje otkopanog materijala, utovar u prijevozno sredstvo, prijevoz i odlaganje na stalne ili privremene deponije.

Humus se definira kao površinski sloj sraslog zemljanog materijala koji sadrži organske tvari u količini koja ga čini nepodesivim za ugradnju u zemljane građevine i za temeljnu podlogu. Na terenu se humus identificira vizualno prema boji, sadržaju sitnog korijenja i drugih organskih tvari, te prema mirisu. Terenska identifikacija potvrđuje se laboratorijskim ispitivanjem sadržaja organskih tvari po normi HRN U.B1.024. Po ovom programu humusom smatra se površinski sloj tla sa sadržajem organskih tvari većim od 10 %.

4.2. Široki iskop

Ovaj rad obuhvaća iskop materijala “A”, “B”, ili “C” kategorije u širokom otkopu, s utovarom u prijevozno sredstvo.

Iskopi se moraju izvršiti prema traženim dimenzijama i biti dovršeni prema određenim vizurnim linijama i nagibima, tako da ih može prihvatiti nadzorni inženjer. Treba poduzeti sve moguće mjere da se prilikom rada ne poremeti materijal ispod konačnih linija iskopa. Svaki prekop treba pažljivo sanirati, a ne provizorno zatrpati. Svi iskopi moraju biti izvršeni s točnošću dimenzija, s obzirom na projekt, unutar granica ±5,0 cm.

Široki se iskop može izvoditi u tri kategorije tla i to u kategorijama "A", "B" i "C". Vrsta mehanizacije koja će se koristiti prilikom iskopa u direktnoj je ovisnosti o kategoriji tla.

Napomena:

Kategorija "C" nije detaljno obrađena s obzirom na to da se široki iskop obavlja samo u "A" i "B" kategoriji stijenske mase.

4.2.1. Široki iskop u materijalu "A" kategorije

U kategoriju "A" spadaju stijene koje se mogu kopati samo upotrebom eksploziva. To ne znači da se takav materijal, uz poteškoće, nebi mogao kopati i na drugi način, npr. otkopnim čekićima, kemijskim miniranjem i sl.

Sve površine iskopa u stijeni moraju biti iskopane prema linijama i nagibima određenim u projektu ili prema odlukama nadzornog inženjera. Potrebno je odmah urediti privremenu poprečnu i uzdužnu odvodnju. Ako izvođač radova bez pismenog naloga nadzornog inženjera ili zbog vlastite nepažnje izvede veći iskop, morat će takav povećani iskop ispuniti betonom čija kvaliteta ne može biti manja od kvalitete betona koji se ugrađuje u nearmirane temelje građevine.

Ako je zbog nepažnje izvođača stijena na definitivno iskopanim površinama usitnjena, razdrobljena ili oštećena, tada je treba odstraniti do novih površina koje odredi nadzorni inženjer. Višak tako dobivenih iskopa treba zapuniti odgovarajućim materijalom kako je naprijed navedeno, a sve na trošak izvođača radova.

Svi neodgovarajući materijali kao što su razdrobljena stijena, kamena sitnež, materijali drugih kategorija, organske materije, mort, ulja i druge masnoće, voda, moraju se u potpunosti ukloniti s temeljnih površina. Uklanjanje ovih materijala izvodi se pomoćnim alatima i sredstvima, a konačno čišćenje najbolje je izvesti ispuhivanjem komprimiranim zrakom.

Tehnologija miniranja (ili iskopa otkopnim čekićem ili drugim sredstvima) mora biti usklađena sa inženjersko-geološkim i geotehničkim svojstvima stijenskih masa, na osnovi čega će se odrediti način otkopavanja, način bušenja, razmak bušotina i količina punjenja eksplozivom. Raspored bušotina kao i količina eksploziva po minskoj bušotini trebaju biti takvi da osiguravaju stvaranje najpovoljnije granulacije miniranog materijala i da potreba za naknadnim usitnjavanjem komada kamena bude minimalna.

Tehnologija upotrebe eksploziva, broj mina, redosljed otpucavanja, količina i vrsta eksploziva, mora biti takva da pokosi ostaju neoštećeni. U ovom projektu ograničena je rezultirajuća brzina vibracija čestica stijenske mase prema sljedećem:

- na temeljima nearmiranih objekata maksimalna rezultirajuća brzina vibracija čestica tla ograničava se na 10 (mm/s).
- na temeljima armiranih objekata maksimalna rezultirajuća brzina vibracija čestica tla ograničava se na 20 (mm/s)
- na izvedenom mlaznom betonu preusjeka i u tunelu maksimalna rezultirajuća brzina vibracija čestica mlaznog betona ograničava se na 50 (mm/s).

Prije početka radova na iskopu stijenske mase, izvođač radova mora izraditi projekt miniranja i predočiti ga nadzornom inženjeru na uvid i odobrenje. U projektu miniranja obavezno je predvidjeti izradu probnog minskog polja s manjim količinama eksploziva kako bi se mogli utvrditi parametri stijenske mase, te potvrditi očekivane brzine oscilacija čestica tla (ili temelja

građevina), koje nastaju prilikom miniranja. U slučaju da se pojave razlike izmjerenih i projektiranih brzina oscilacija tla nakon probnog miniranja (ako se izmjere veće brzine od projektiranih), izvođač radova će napraviti dopunu projekta miniranja, uzimajući u obzir rezultate probnog miniranja. Tek po dobivanju odobrenja od nadzornog inženjera, izvođač smije započeti s minerskim radovima na iskopu predusjeka.

Štapini, detonatori i drugi takvi materijali ne smiju se ni u kojem slučaju prevoziti ili uskladištiti s dinamitom ili drugim eksplozivima. Lokaciju i projekt građevine za uskladištenje, metode prijevoza, mjere opreza i osiguranja koje se moraju poduzeti zbog sprečavanja nesreća i tome slično, mora odobriti nadzorni inženjer i nadležna tijela državne uprave. Kada se izvodi miniranje, sva stabla, građevine i ostalo u zoni ugroženoj miniranjem moraju se na odgovarajući način zaštititi od oštećenja, bez posebne naplate. Gdje je to potrebno treba stijenu koja se minira zaštititi, da se spriječe štete i ozljeđivanja ljudi na gradilištu i van njega djelovanjem odbačenog materijala pri miniranju.

Metode miniranja moraju biti takve da ne izazivaju jake zračne udare i vibracije, te da se izbjegne raspucavanje i drobljenje stijene na definitivnim površinama iskopa, posebno na površinama na koje se izravno polaže beton. Trebaju se koristiti moderne metode kontroliranog miniranja kao što je upotreba konturnog otpucavanja (pre-spliting), glatkog miniranja (smooth-blasting) itd.

Miniranje se obavlja u kampadama. Nakon glavnog miniranja obavljaju se i dopunska manja miniranja radi dotjerivanja iskopa na projektirani profil. Aktiviranje eksplozivnog punjenja električnim putem u pravilu se vrši detonirajućim štapinom.

Za vrijeme oluja, grmljavina i drugih opasnosti od lutajućih struja nije dozvoljeno punjenje minskih bušotina eksplozivom, niti se dozvoljava aktiviranje električnih detonatora (osim ako su zaštićeni).

Miniranja se moraju izvoditi samo u određeno vrijeme koje je utvrđeno u dogovoru između izvođača i nadzornog inženjera, te odobreno od strane MUP-a. Izvođač radova mora postaviti odgovarajuće oznake i prepreke u dovoljnom broju. Neposredno prije miniranja moraju se dati odgovarajuća upozorenja djelatnicima na gradilištu i ljudima izvan gradilišta, tako da nitko ne može ući unutar opasne zone dok se miniranje ne završi. Po završenom miniranju daje se znak koji označava prestanak opasnosti. U slučaju kad koja mina zataji ili postoji opasnost od naknadnih eksplozija, mora se dati odgovarajuće upozorenje, ugroženi dio gradilišta evakuirati i nakon toga provesti kontrolu električnih kabela (mjerenje otpora) ili štapina.

Izvođač radova je u potpunosti odgovoran za sve štete uzrokovane zračnim udarima, te dalekim odbacivanjem minirane stijene, blokova i drugog materijala, te za daleko odbacivanje bilo kojeg materijala koji pokriva stijenu ili se nalazi u njenoj neposrednoj blizini. Sve takve daleko odbačene dijelove stijenske mase i ostalih materijala izvođač radova mora očistiti o svom trošku.

U slučajevima kada se zahtijeva izvođenje površina s, u projektu ili od strane nadzornog inženjera, definiranim linijama i padovima, izvođač radova mora koristiti tehnologiju aktiviranja eksploziva da se osiguraju projektom definirane linije.

Barem mjesec dana prije početka radova na iskopu izvođač treba dostaviti nadzornom inženjeru na uvid i odobrenje opis predloženih metoda i načina rada i to za svaku dionicu. Razmak i promjer bušotina, te raspored eksploziva u svakoj bušotini trebaju se mijenjati u ovisnosti o promjenama čvrstoće stijene i moraju se odabrati na takav način da se nakon izvršenog miniranja postigne najbolja moguća površina stijene.

4.2.2. Široki iskop u materijalu "B" kategorije

U kategoriju "B" spadaju mekše i rastrošene stijene koje se kopaju djelomično upotrebom eksploziva, a djelomično izravnim radom strojeva. Minira se samo ona stijena koja posjeduje takvu čvrstoću i sastav da se ne može razrahliti mehaničkim otkopnim čekićem ili skidati buldozerom opremljenim jednostrukim rijačima.

Ako se prilikom iskopa naiđe na čvrstu stijenu koja spada u "A" kategoriju, iskop u takvoj, višoj, kategoriji priznaje se ako je volumen stijene veći od 30 (m^3).

Kad se izvodi iskop upotrebom eksploziva u svemu se treba pridržavati Općih tehničkih uvjeta za radove na cestama.

Pri iskopu materijala osjetljivih na atmosferske utjecaje treba istovremeno osigurati utovar materijala, prijevoz do mjesta stalne deponije ili ugradnje u nasip, istovar, ugradnju i poravnanje.

Do projektom predviđene kote iskop se smije obaviti samo ako materijal nije osjetljiv na utjecaje atmosferilija.

U suprotnom, iskop se vrši do visine za 0,2 do 0,3 m iznad kote predviđene projektom, a definitivni se iskop obavlja neposredno prije izrade konstrukcije. Materijali iz širokog iskopa mogu biti različitog sastava, pa poprečna i uzdužna odvodnja mora biti u svim fazama rada besprijekorno riješena. Otežani rad kao i zamjena vodom zasićenog miješanog materijala u iskopanoj građevnoj jami, čiji su uzroci nepravilan rad i loša odvodnja, neće se posebno plaćati.

Svi neodgovarajući materijali kao što su razdrobljena stijena, kamena sitnež, materijali drugih kategorija, organske materije, mort, ulja i druge masnoće, voda, moraju se u potpunosti ukloniti s temeljnih površina. Uklanjanje ovih materijala izvodi se pomoćnim alatima i sredstvima, a konačno čišćenje najbolje je izvesti ispuhivanjem komprimiranim zrakom.

Za vrijeme rada na iskopu pa do završetka svih radova na građevini, izvođač je dužan brinuti se o tome da uslijed eventualne nepravilne odvodnje ne dođe do oštećenja izrađenih pokosa te da ne bude ugrožena njihova stabilnost prije ozelenjivanja i predaje građevine na upotrebu.

4.2.3. Široki iskop u materijalu "C"kategorije

S obzirom na svojstva materijala kategorije "C" iskop se u njima može obaviti izravno strojevima. U principu rijanje nije potrebno, ali se može koristiti ako se poboljšava efikasnost rada. U taj rad spada i premještanje svih kamenih blokova ili odvojenih komada stijene koji nisu volumena većeg od 3 (m^3).

Iskopi se završavaju, odnosno izvode do konačnih kota neposredno prije nego što je planirano nasipavanje, izrada temelja i slično, kako bi se izbjeglo dugotrajnije izlaganje otkopanih površina utjecaju atmosferilija. To je posebno važno ako je tlo osjetljivo na atmosferske utjecaje. Takvo osjetljivo tlo treba odmah, čim se iskopa, deponirati u stalnu deponiju. Privremeno odlaganje takvih materijala, pogotovo u zoni radova, se ne dozvoljava.

Izvođač će široke iskope izvoditi na takav način da se osigura odgovarajuća odvodnja iskopanih površina. Zadržavanje oborinskih voda na iskopanim površinama se ne dozvoljava niti tijekom radova niti po završetku iskopa.

U ovom projektu su predviđeni nagibi kosina u materijalu “C” kategorije u iznosu 1:1, sa zaštitom od armiranog mlaznog betona. Svi neodgovarajući materijali kao što su razdrobljena stijena, kamena sitnež, materijali drugih kategorija, organske materije, mort, ulja i druge masnoće, voda, moraju se u potpunosti ukloniti s temeljnih površina. Uklanjanje ovih materijala izvodi se pomoćnim alatima i sredstvima, a konačno čišćenje najbolje je izvesti ispuhivanjem komprimiranim zrakom.

4.3. Zaštita pokosa predusjeka

Zaštita pokosa i drugih površina izloženih eroziji općenito se provodi na više načina, a primjenjuje se pri izgradnji usjeka, zasjeka i nasipa.

Nestabilni pokosi, pokosi na kojima su se pojavila plitka površinska klizanja, pokosi erodirani vodom ili na drugi način oštećeni pokosi, moraju se na odgovarajući način sanirati prije polaganja zaštite.Radi izbjegavanja erozije uslijed toka površinskih voda niz kosinu, odnosno s kosine na teren, potrebno je zaobliti gornji rub usjeka, odnosno nožicu nasipa,

Zaštitu pokosa treba izvršiti u što kraćem vremenskom roku nakon izvedbe iskopa.

U ovom projektu zaštita pokosa predusjeka provodi se isključivo armiranim mlaznim betonom u kombinaciji s adhezijskim čeličnim sidrima. Pokosi predusjeka projektirani su u nagibu 5:1, a njegov iskop izvodit će se miniranjem ili otkopnim čekićima.

4.3.1. Zaštita pokosa mlaznim betonom

U slučaju pojave slabije stijenske mase na pokosima iskopa predusjeka, može se, na zahtjev nadzornog inženjera, na pojedinim dijelovima pokosa predusjeka primijeniti ugradnja sidara tipa IBO 32/20 dužine 9 (m), umjesto uobičajene dužine od 6 (m).

Naneseni mlazni beton treba njegovati najmanje sedam dana i to vlaženjem vodom. Osim vlaženja dozvoljava se i upotreba kemijskih sredstava koja sprječavaju isparavanje vode iz mlaznog betona. Takva sredstva se moraju primjenjivati prema uputstvima proizvođača. Mogu se primjenjivati samo ona sredstva za koja postoje pozitivna iskustva u prethodnim radovima.

4.3.2. Zaštita pokosa predusjeka čeličnim sidrima

Podložna pločica se podbetonira brzovezujućim mortom. Rad obuhvaća i prednaprezanje sidra na silu od 50 kN, nakon 24 sata od ugradnje sidra, te propisano kontrolno ispitivanje.

Adhezijska sidra su od rebrastog čelika, tipa IBO 32/20 dužine 6 m. Sidra će se postaviti na razmaku 2x2 m u cik-cak rasporedu. Promjer bušotina za sidra iznosi 76 mm. Ugradnjom mlaznog betona i čeličnih sidara osigurat će se privremena i trajna stabilnost svih pokosa predusjeka. Izrada podgrade izvodit će se u visinskim kampadama visine po 3 m na ulaznoim predusjeku. Novi iskop u zoni predusjeka (novo spuštanje razine iskopa) može uslijediti tek nakon kompletne izrade podgrade na prethodnoj razini.

Sidra se ispituju moment ključem ili hidrauličkom presom. Nadzorni inženjer mora vizualno pregledati svako ugrađeno sidro te provjeriti dali je propisno podbetonirano. Sva sidra izvođač

radova mora prednapregnuti na silu od 50 kN. Kontrolno ispitivanje na silu od 120 kN treba provesti na min. 10 % ugrađenh sidara.

4.3.3. Izrada procjednica na pokosima predusjeka

Procjednice se izrađuju od plastičnih perforiranih cijevi promjera 50 mm dužine 200 cm. Na kontaktu sa mlaznim betonom kontakt se osigurava cementnim mortom.

Procjednice se izvode nakon ugradnje mlaznog betona u pokos predusjeka. Ugrađuju se uobičajeno u dva reda od kojih je prvi red 0.5 m iznad dna pokosa, a drugi red je 2 m iznad prvog reda. Međusobni razmak u uzdužnom smjeru je 2 m. Donji i gornji red procjednica su u "cik-cak" rasporedu.

Mlazni beton i stijenska mase se buši u dubini od 200 cm, a promjer bušotine mora biti veći od 50 mm. Nagib bušotine mora biti takav da voda istječe iz procjednice. Procjednica se učvršćuje u mlazni beton zidarskom obradom pomoću cementnog morta. Cijevi koje su predviđene za ugradnju moraju imati dokaze o traženoj kvaliteti, a njihovu primjenu odobrava nadzorni inženjer.

4.4. Faze izgrade podgrade predusjeka

Podgrada pokosa predusjeka sastoji se od 25 cm armiranog mlaznog betona, dva sloja čelične armaturne mreže Q-196, te čeličnih adhezijski sidara tipa IBO 32/20, dužine 6 (m). Podgrada se nanosi po fazama prema sljedećem redosljedu:

FAZA 1 - ugradnja podloge od mlaznog betona C25/30 debljine 5 (cm),

FAZA 2 - ugradnja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 3 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 3 - ugradnja drugog sloja mlaznog betona C25/30 debljine 10 (cm).

FAZA 4 - ugradnja drugog sloja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 5 - ugradnja čeličnih adhezijskih sidara tipa IBO 32/20 dužine 6 (m). Sastavni dio posla oko ugradnje sidara je kvalitetna izrada podbetona na svakom sidru, kao i zatezanje svakog sidra na silu od 50 (kN). Kontrola sidara hidrauličkom presom na silu od 120 (kN) mora se sprovesti na minimalno 10 % sidara,

FAZA 6 - ugradnja trećeg sloja mlaznog betona C25/30 debljine 10 (cm).

5. ISKOP I OSIGURANJE ISKOPA TUNELA

Kategorizacija iskopa izravno je vezana za klasifikaciju stijenske mase. Klasifikacijom se mora obuhvatiti svaka dionica tunela unutar koje su slične geotehničke karakteristike stijenske mase. U slučaju potrebe, klasifikacije stijenske mase moraju se raditi i više puta na dan.

Nakon iskopa se ne smiju dopustiti pojave loma i deformacija, nego se moraju pravovremeno izvesti potrebne mjere stabilizacije iskopa. Pri iskopu tunela treba računati s teškoćama zbog dotoka vode. Vodu treba najkraćim putem odvesti s mjesta rada, kao se nebi stvaralo blato u dnu iskopa.

Radovi na tunelskom iskopu obuhvaćaju:

- iskop profila odgovarajućom metodom, usklađenom s osobinama stijenske mase oko otvora,
- utovar i odvoz materijala na planiranu deponiju,
- osiguranje iskopanog otvora,
- radove na odvodnji procjednih i podzemnih voda,
- dopunske istražne radove za vrijeme iskopa,
- mjerenje deformacija podgradnog sustava.

Napomena:

Iskop u I.,II. i III. tunelskoj kategoriji se neće obrađivati.

5.1. Iskop u IV. tunelskoj kategoriji

Iskope u IV. kategoriji stijenske mase prati pojava potisaka. Stabilnost iskopanog profila je mala ili nikakva. Nakon izvedbe podgradnog sustava stijenska masa poprima plastična ili viskoplastična svojstva.

Kod iskopa može doći do prekoračenja čvrstoće stijene po cijelom obimu iskopa što uzrokuje snažne bočne potiske i stvara mogućnost izdizanja dna. Po čitavom obimu iskopa javlja se prstenasti plastični potisak s tendencijom zatvaranja iskopanog otvora.

Iskop u ovoj kategoriji vrši se odabranim pogodnim alatima ili strojevima sa i bez upotrebe eksploziva.

Podgradni sustav za ovu kategoriju stijenske mase je TIP 4.

Sigurnost ljudi od lokalnih ispadanja do ugradnje projektirane podgrade je obaveza izvođača radova, a postiže se redovitim uklanjanjem nestabilnih dijelova stijenske mase i izvedbom zaštitnog sloja mlaznog betona debljine 5 cm nakon iskopa. Izvođač radova može, u slučaju potrebe, uz suglasnost geotehničkog nadzornog inženjera, ugrađivati i kosa sidra ispred čela iskopa kako bi se spriječilo ispadanje iz tjemenog svoda. Ugradnja zaštitnog sloja mlaznog betona sastavni je dio podgradnog sustava. Izvođač radova može pristupiti postavljanju projektirane čelične mreže tek nakon izvedenog prvog zaštitnog sloja mlaznog betona debljine 5 cm. U okviru radova na osiguranju sigurnosti ljudi u tunelu predviđena je ugradnja mlaznog betona debljine 5 cm na čelu iskopa, nakon svakog napredovanja, iznad 2.5 m od dna iskopa, do tjemenog svoda.

Čelična adhezijska sidra su od rebrastog čelika, TIP IBO32/20, nosivosti veće od 200 kN, a prednapružu se na silu od 50 kN. Prednaprezanje svih sidara izvodi Izvođač radova.

Zbog relativno čvrste, a raspucale stijenske mase duž tunela, nije projektiran podnožni svod, odnosno nema potrebe za ugradnjom podnožnog svoda u IV. ktg. stijenske mase.

Prema Geomehaničkoj klasifikaciji, stijenska masa IV. kategorije ima broj bodova RMR=21-40.

Napredovanje u IV. ktg. stijenske mase može iznositi do 1.5 metara. Podgradu dovršiti 1 (m) od trenutnog čela iskopa.

5.2. Iskop u V.tunelskoj kategoriji

Peta (V.) tunelska kategorija obuhvaća stijensku masu s viskoplastičnim osobinama i malim ili nikakvim vremenom slobodnog stajanja nakon iskopa. U ovu kategoriju spadaju vezana i nevezana tla zasićena vodom, u kojima se tangencijalna čvrstoća stijene ne može postići ili se znatno smanjuje, zbog pornog pritiska vode, a nakon iskopa javlja se potisak uslijed “tečenja” stijene. Za ovu kategoriju iskopa su karakteristični jaki potisci izazvani prekoračenjem čvrstoće materijala na obodu iskopa.

Nakon izrade podgradnog sustava stijenska masa dobija plastične ili viskoplastične osobine. Uslijed radova na iskopu dolazi do deformacija u mlaznom betonu.

Iskop u ovoj kategoriji je moguć samo po fazama uz istodobno podgrađivanje. Obavlja se samo ručnim alatkama ili pogodnim strojevima (otkopni čekići) bez upotrebe eksploziva.

Kod metode standardnog tunelskog iskopa treba upotrijebiti čelične lukove i platice (po potrebi) s punim zatvaranjem čela iskopa.

Za podgrađivanje se predviđa upotreba čeličnih rešetkastih nosača TIP M95/20/30 sa zabijenim čeličnim platicama (po potrebi) u kombinaciji s oblogom od mlaznog betona projektirane debljine, po cijelom obimu svoda i bokova. U slučaju iskopa stijenske mase u V. ktg., a dno iskopa bude kvalitetnije, moguća je izvedba podgradnog sustava bez podnožnog svoda.

Sigurnost ljudi od lokalnih ispadanja do ugradnje projektirane podgrade je obaveza izvođača radova, a postiže se redovitim uklanjanjem nestabilnih dijelova stijenske mase i izvedbom zaštitnog sloja mlaznog betona debljine 5 cm nakon iskopa. Izvođač radova može, u slučaju potrebe, uz suglasnost geotehničkog nadzornog inženjera, ugrađivati i kosa sidra ispred čela iskopa kako bi se spriječilo ispadanje iz tjemenog svoda. Ugradnja zaštitnog sloja mlaznog betona sastavni je dio podgradnog sustava. Može se pristupiti postavljanju projektirane prve čelične mreže i čeličnih rešetkastih nosača tek nakon izvedenog prvog zaštitnog sloja mlaznog betona debljine 5 cm. U okviru radova na osiguranju sigurnosti ljudi u tunelu predviđena je ugradnja mlaznog betona debljine 10 cm na čelu iskopa, nakon svakog napredovanja, u cijelom profilu, do tjemenog svoda.

Čelična adhezijska sidra su od rebrastog čelika, TIP IBO32/20, nosivosti veće od 200 kN, a prednaprežu se na silu od 50 kN.

Izvođač radova može u slučaju potrebe, uz suglasnost nadzornog inženjera, ugrađivati i sidra, koso unaprijed u V. kategoriji stijenske mase (predpobijanje), na bočnom razmaku od 30 cm, kako bi se spriječilo ispadanje blokova stijenske mase iz tjemenog svoda.

Kod iskopa u ovoj kategoriji neophodno je praćenje deformacija obloge od mlaznog betona mjernim uređajima. Preporuča se da se sve brave u čeličnim lukovima ostave slobodne, kako bi se deformacije obloge od mlaznog betona mogle lakše odvijati. Definitivno zatvaranje prstena treba provesti tek nakon smirenja deformacija u mlaznom betonu, što se utvrđuje na temelju mjerenih podataka.

Brzina izvedbe iskopa i osiguranja bitan je preduvjet za uspješan rad u ovoj kategoriji.

Prema Geomehaničkoj klasifikaciji, stijenska masa V. kategorije ima broj bodova RMR=0-20. Napredovanje u V. ktg. stijenske mase iznosi 1 metar.

5.3. Osiguranje iskopa tunela

5.3.1. Osiguranje tunelskog iskopa sidrima

Sidrenju, kao načinu osiguranja iskopa, pripisuju se sljedeći efekti:

- očuvanje prvobitne čvrstoće stijenske mase oko iskopa,
- poboljšanje čvrstoće stijenske mase oko iskopa kroz podizanje kohezije stijenske mase,
- povećanje unutarnjeg radijalnog pritiska, koji prostorno poboljšava naponsko stanje oko iskopa.

Iskustvom je dokazano da je sidrenje idealno sredstvo podgrađivanja za smanjenje naprezanja u stijenskoj masi oko ruba iskopa u popustljivoj sredini.

Kod iskopa u slojevitim stijenama, sidrenje sprječava klizanje po nepovoljno položenim kliznim plohama, jer ih povezuje. Prednaprezanjem sidara postiže se povećanje radijalnog pritiska i iskopom smanjenog trenja između slojeva.

Prilikom iskopa u stijenskoj masi male nosivosti i čvrstoće, sidrenje uvjetuje preobrazbu opterećenog tijela u samonosivo, stvaranjem nosivog prstena u stijenskoj masi. Ovaj se prsten stvara sustavnim radijalnim sidrenjem i prednaprezanjem. Sidra su na jednakim razmacima raspoređena po cijelom opsegu svoda iskopa, prema geotehničkom dijelu projekta.

IBO sidra TIP 32/20 su od cjevastog čelika i samobušeća su. Punjenje sidra i prostora bušotine oko sidra cementnim mortom treba izvesti od kraja prema početku sidra. Dužina sidara može iznositi 3, ili 6 ili 9 m.

Predviđeno je da se postavljaju kao sistemska sidra u tjemenom svodu iskopa, kao i u bokovima iskopa. Umetanje sidara u bušotine vrši se pomoću pneumatskog čekića s posebnom glavom. Pritezanje podložne pločice uz iskop treba provesti nakon vezanja cementnog morta (i podbetona) nateznom silom od 50 kN.

5.3.2. Osiguranje tunelskog iskopa čeličnim mrežama za podgrađivanje

Čelična mreža se upotrebljava ili kao sredstvo za zaštitu radnika od ispadanja materijala ili u kombinaciji s mlaznim betonom kao konstruktivno sredstvo za podgrađivanje iskopa.

U slučajevima kad se upotrebljava kao zaštitno sredstvo protiv ispadanja, nema statičkog djelovanja i ne utječe na nosivost stijenske mase.

Ako se koristi kao zaštitno sredstvo, na podlogu se pričvršćuje "T" vijcima dužine do 20 cm s plastičnom ekspanzijskom glavom (min. 3 kom/m^2).

Čelična mreža se upotrebljava kao armatura obloge od mlaznog betona, poboljšava statičko djelovanje betona i njegova elastična svojstva, raspodjelom lokalnih napona na veću površinu. U tom slučaju čelična mreža s ostalim upotrebljenim sredstvima za osiguranje, čini statički dio podgradnog sustava.

Preklopi armature trebaju iznositi najmanje 25 cm. U podgradnom sustavu TIP 4 i TIP 5 ugrađuju se dva sloja čelične mreže, a debljina mlaznog betona iznosi 40 (cm). Prvi sloj mreže se ugrađuje 5 (cm) od ekstradosa podgrade, a drugi sloj 5 (cm) od intradosa podgrade. Čelična mreža nesmije dodirivati stijensku masu. Mora biti dobro učvršćena da pri nanošenju mlaznog betona ne vibrira.

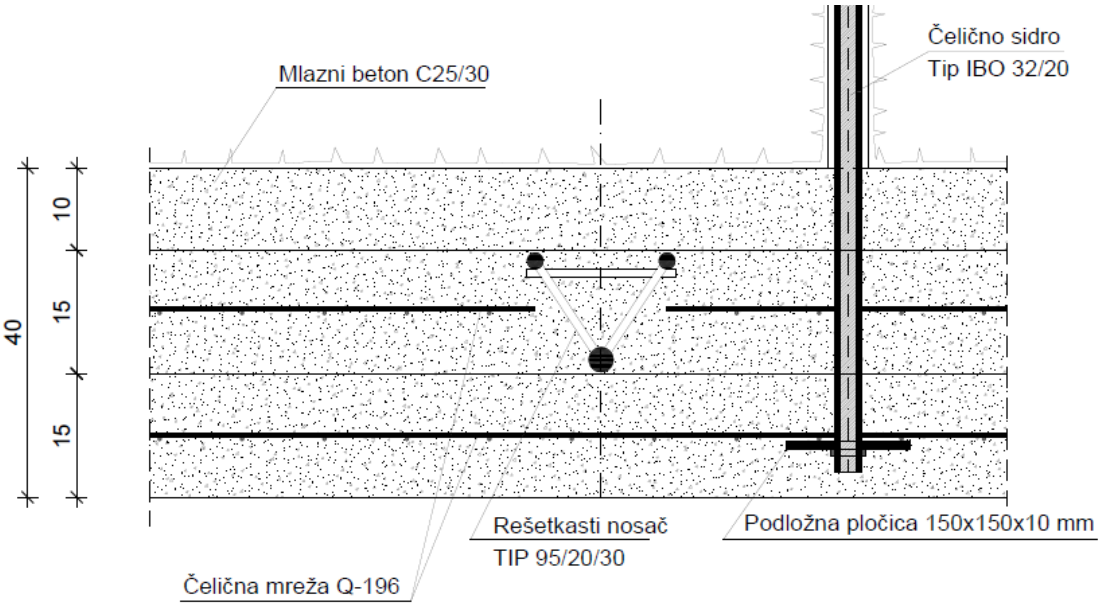
5.3.3. Osiguranje tunelskog iskopa čeličnim rešetkastim nosačima

Projektom su predviđeni čelični rešetkasti nosači tip M95/20/30 izrađeni od rebrastog čelika.

Čelični rešetkasti nosači za osiguranje iskopa predstavljaju jedan od konstruktivnih načina za stabilizaciju stijenske mase oko iskopa. Čelični rešetkasti nosači u kombinaciji sa sidrima, mrežom i mlaznim betonom čine skelet koji podupirajućim djelovanjem spriječava zatvaranje profila.

Ugrađivanje rešetkastih nosača treba izvesti s točnošću ±3 cm u odnosu na smjer i visinu tunelske cijevi. Spojevi rešetkastih nosača moraju biti tako izvedeni da statičko djelovanje luka bude u potpunosti sačuvano.

Izvođač radova treba posvetiti naročitu pažnju pri nanošenju mlaznog betona tako da mlazni beton dobro zapuni sav prostor kako nebi nastale šupljine koje znatno smanjuju nosivost podgradnog sustava i trajnost konstrukcije. Na priloženoj slici 5.1. prikazan je poprečni presjek podgradnog sustava i poprečni presjek čeličnog rešetkastog nosača.



Slika 5.1. Poprečni presjek podgradnog sustava i poprečni presjek čeličnog rešetkastog nosača

5.3.4. Osiguranje tunelskog iskopa mlaznim betonom

Prije nanošenja mlaznog betona površine koje se zaštićuju moraju se urediti (očistiti i grubo izravnati). Svi radovi na osiguranju iskopa koji prethode ugradnji mlaznog betona trebaju se obaviti u skladu s odgovarajućim stavkama ovog programa kontrole i osiguranja kvalitete.

Priprema stijenske podloge sastoji se od čišćenja otpadnog i drugog štetnog materijala i grubog izravnanja. Osim toga, uklonit će se sav zemljani i jako rastrošen kameni materijal, uključujući pojedine kamene blokove koji se mogu obrušiti. Neposredno prije betoniranja, podloga se mora očistiti od zemljanog i drugog sitnozrnatog materijala. Ukoliko je došlo do nakupljanja naslaga prašine na površini stijenske mase ili na površini djelomično izvedenog mlaznog betona (dio od ukupne debljine mlaznog betona), tu prašinu treba detaljno oprati mlazom vode, a tek onda pristupiti ugradnji sloja mlaznog betona. Ovo pranje mora se izvesti temeljito.

Nanošenje mlaznog betona treba provesti posebnim strojem za prskanje. Izvođač mora prije početka radova dati nadzornom inženjeru na uvid i odobrenje karakteristike tog stroja. Prilikom prskanja treba smanjiti količinu prašine (ako se primjenjuje “suhi postupak”) uvođenjem suvremene opreme. Sastav ugrađenog mlaznog betona mora biti homogen.

Nagib i udaljenost mlaznice od podloge treba podesiti tako da količina odskoka bude minimalna. Količina odskoka kod nanošenja na vertikalnu stijenu ne smije prijeći 25 % mase.

Nabacivanje treba vršiti od dna prema vrhu površine koja se štiti uz paralelno pomicanje lijevo-desno (ne rotirati iz centralnog mjesta).

Naročitu pažnju treba obratiti na položaj crijeva koje vodi smjesu do dizne na izlazu. U slučaju prskanja viših pozicija crijevo treba odmah od stroja podići u blagom luku na potrebnu visinu, a zatim dalje horizontalno po potrebi. Ako je moguće, najbolje je crijevo voditi u blagom nagibu. Ovakvim položajem postiže se transportiranje smjese bez udaranja i trzanja. Crijevo ne smije biti presavijeno.

Dizna mora imati čisti otvor i biti pravilno montirana na crijevo, čime se onemogućava začepljenje crijeva. Obavezno treba kontrolirati otvore za vodu.

Suhu smjesu treba ugraditi u roku od 45 min, ako je temperatura zraka <25 °C, odnosno u roku od 30 min ako je temperatura zraka >25 °C.

Frakcije agregata treba zaštititi od oborina, a suhu smjesu (ako se primjenjuje suhi postupak) od insolacije i oborina za vrijeme transporta.

Radovi na nabacivanju mlaznog betona mogu se izvoditi samo pri temperaturama višim od +5 °C.

5.3.5. Cementni mort

Visokovrijedni cementni mort treba izraditi prema zadanoj recepturi od propisno granuliranog agregata i visokovrijednog cementa takve konzistencije koja omogućava ugradnju u vertikalne bušotine bez iscurivanja. Brzovezno dodatno sredstvo cementnom mortu mora omogućiti da 6 sati nakon ugradnje sidro može primiti nateznu silu bez vidljivih deformacija. Ovo se mora dokazati ispitivanjem na probnoj dionici. Brzovezno sredstvo ne smije utjecati na fizikalno-mehanička svojstva cementnog morta bez dodatnih sredstava.

5.4. Faze izgradnje podgrade tunela

Zbog veličine poprečnog presjeka tunelskih cijevi, iskop i osiguranje iskopa izvodit će se u dvije faze. Prva faza predstavlja iskop i osiguranje iskopa iznad kote 18.23 (m n.m.). Nakon dovršenja kompletnog iskopa i osiguranja iskopa prve faze na čitavoj dužini tunela, slijedi iskop i osiguranje iskopa druge faze, od kote 18.23 (m n.m.) do dna iskopa na koti 10.95 (m n.m.). Unatoč iskopu u dvije faze, visina iskopa u svakoj fazi je i dalje relativno velika, te je stoga potrebno stabilizirati čelo iskopa odmah nakon svakog napredovanja. U IV. kategoriji stijenske mase čelo iskopa će se osiguravati nabacivanjem sloja mikroarmiranog mlaznog betona debljine 10 (cm). U V. kategoriji stijenske mase čelo iskopa će se osiguravati nabacivanjem sloja mikroarmiranog mlaznog betona debljine 15 (cm), a uz to će se u tjemenom svodu ugrađivati sidra za predpobijanje dužine 4 (m), svakih 3 (m') napredovanja iskopa (samo u prvoj fazi iskopa). Ukupan broj sidara za predpobijanje (sidra od rebrastog čelika ∅25 mm), kojim se sprječava slom čela u tjemenom svodu po svakom ugrađivanju iznosit će 45 komada, odnosno 15 (kom/m').

Ugradnja mlaznog betona u pojedinim tipovima podgradnih sustava izvest će se po fazama.

U podgradnom sustavu TIP 4 debljina mlaznog betona iznosi 35 cm. Primarni podgradni sustav će se ugrađivati prema sljedećim fazama, vodeći računa da se podgrada dovrši u roku od jednog dana, te 1 m od čela iskopa:

FAZA 1 - ugradnja podloge od mlaznog betona C25/30 debljine 5 (cm),

FAZA 2 - ugradnja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7.5 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 3 - ugradnja drugog sloja mlaznog betona C25/30 debljine 15 (cm).

FAZA 4 - ugradnja drugog sloja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7.5 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 5 - ugradnja čeličnih adhezijskih sidara tipa IBO 32/20 dužine 6 (m). Sastavni dio posla oko ugradnje sidara je kvalitetna izrada podbetona na svakom sidru, kao i zatezanje svakog sidra na silu od 50 (kN). Kontrola sidara hidrauličkom presom na silu od 120 (kN) mora se sprovesti na minimalno 10 % sidara,

FAZA 6 - ugradnja trećeg sloja mlaznog betona C25/30 debljine 15 (cm).

U podgradnom sustavu TIP 5 debljina mlaznog betona iznosi 40 cm. Primarnu podgradu treba izvoditi paralelno sa iskopom, odnosno, za svaki "takt" napredovanja podgradu treba dovršiti prije novog iskopa. Primarna podgrada se mora dovršiti u roku od jednog dana, do čela iskopa. Redosljed faza izrade primarnog podgradnog sustava TIP 5 je:

FAZA 1 - ugradnja podloge od mlaznog betona C25/30 debljine 10 (cm),

FAZA 2 - ugradnja čeličnih rešetkastih lučnih nosača tip 95/20/30,

FAZA 3 - ugradnja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7.5 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 4 - ugradnja drugog sloja mlaznog betona C25/30 debljine 15 (cm).

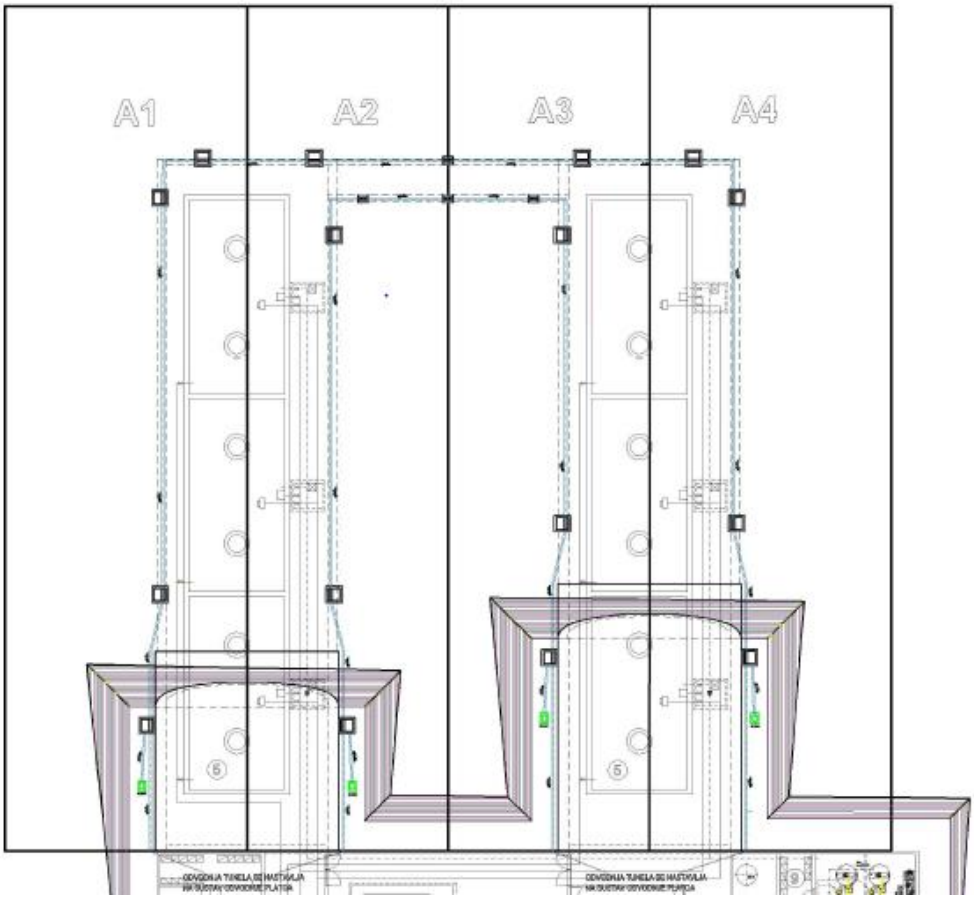
FAZA 5 - ugradnja drugog sloja čelične mreže Q-196 na udaljenosti od 7.5 (cm) od prethodno nanesenog sloja mlaznog betona,

FAZA 6 - ugradnja čeličnih adhezijskih sidara tipa IBO 32/20 dužine 6 (m). Sastavni dio posla oko ugradnje sidara je kvalitetna izrada podbetona na svakom sidru, kao i zatezanje svakog sidra na silu od 50 (kN). Kontrola sidara hidrauličkom presom na silu od 120 (kN) mora se sprovesti na minimalno 10 % sidara.

FAZA 7 - ugradnja trećeg sloja mlaznog betona C25/30 debljine 15 (cm).

6. HIDRAULIČKI PRORAČUN ODVODNJE

Stijensku masu područja tunela u potpunosti izgrađuju flišne naslage sastavljene od slojevitih vapnenačkih pješčenjaka i vapnenačkih lapora s proslojcima lapora. Područje tunela podjeljeno je na 4 slivne površine. Pretpostavlja se da će tunel, kao uvjetni drenažni objekt u prostoru, prikupljati vode u širini od cca 20 (m) okomito na svaku drenažnu cijev. Ocjena količine procjednih voda provest će se za jednu cjelodnevnu kišu i dvije kratkotrajne kiše u trajanju od 30 i 60 minuta.

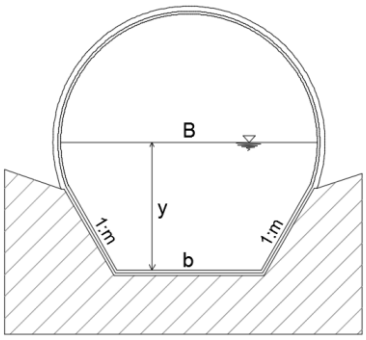


Slika 6.1. Skica podjele slivnih površina

Tablica 6.1. Iznos slivnih površina

A1 (m^2)	**A2 (m^2)**	**A3 (m^2)**	**A4 (m^2)**
1990,144	1650,688	1650,688	1990,144

Na slici 6.2. prikazan je poprečni presjek drenažne cijevi te će on koristiti za sve daljnje proračune ovog poglavlja.



Slika 6.2. Poprečni presjek drenažne cijevi

6.1. Cjelodnevna kiša

Cjelodnevna kiša dat će procjedni protok koji je izračunat prema sljedećem izrazu:

$$Q = \frac{P \cdot A}{t_o}$$

gdje je:

P – jednodnevna maksimalna oborina (m^3/m^2)

A – površina slivnog područja (m^2)

t_o – vrijeme otjecanja (s)

Raznim mjerenjima i iskustvenim metodama pokazalo se da tokom cijelodnevne kiše na području Makarske, maksimalna količina oborine iznosi oko 0,2 (m^3/m^2) stoga se u daljnoj analizi usvaja točno taj iznos. Ujedno, za svaki sliv usvojeno je vrijeme otjecanja u iznosu od 24 sata.

Izvršen je hidraulički proračun za sljedeće hidrauličke i geometrijske karakteristike:

$\emptyset = 200\ (mm)$

$I_0 = 0{,}0030\ (\frac{m}{m})$

$\varepsilon = 0{,}0005\ (m)$

$\propto = 1{,}1$

$B_0 = 0{,}12\ (m)$

$m = 0{,}6$

$\mu = 0{,}00000131$

Rezultati izračuna procjednih protoka Q i pripadajućih normalnih dubina y_n i brzina v prikazani su u tablici 6.2.

Tablica 6.2. Prikaz izračunatih protoka Q, pripadajućih normalnih dubina y_n i brzina v

SLIV	Q(m^3/s)	y_n(m)	v (m/s)
1 (A1)	0,0046	0,0569	0,5258
2 (A2)	0,0038	0,0509	0,4991
3 (A3)	0,0038	0,0509	0,4991
4 (A4)	0,0046	0,0569	0,5258

Ukupni dotok na sve 4 drenažne cijevi može iznositi 16.8 l/s.

6.2. Kiše kratkog trajanja

Kiše kratkog trajanja daju procjedni protok prema sljedećem izrazu:

$$Q = \frac{i \cdot t_k \cdot A}{t_o}$$

gdje je:

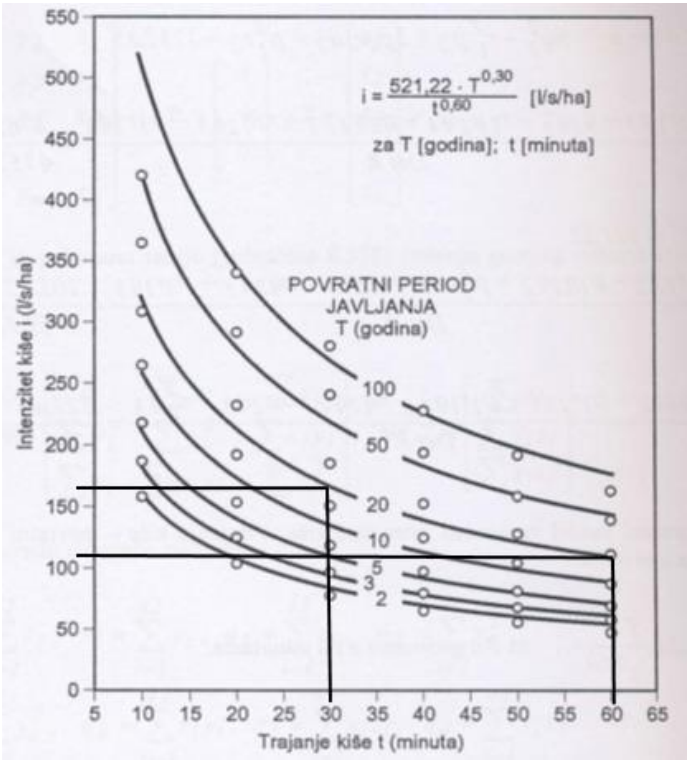
t_k – trajanje kiše u minutama

i – intezitet kiše (l/s/ha)

A – površina slivnog područja (m^2)

t_o – vrijeme otjecanja (s)

Hidraulička analiza je provedena za povratni period od 20 godina, te za vrijeme trajanja oborine od 30 i 60 minuta, a pomoću ITP krivulje su očitani intenziteti kiše (slika 6.3.).



Slika 6.3. ITP krivulja

Očitane vrijednosti su:

$$t_k = 30\ min \ \rightarrow i = 165 \left(\frac{l}{\frac{min}{ha}} \right)$$

$$t_k = 60\ min \ \rightarrow i = 110 \left(\frac{l}{\frac{min}{ha}} \right)$$

Usvojena vremena otjecanja t_0 su:

$$t_k = 30\ min \ \rightarrow t_0 = 2\ h$$

$$t_k = 60\ min \ \rightarrow t_0 = 2{,}5\ h$$

Izvršen je hidraulički proračun za sljedeće hidrauličke i geometrijske karakteristike:

$\emptyset = 200\ (mm)$

$I_0 = 0{,}0030\ (\frac{m}{m})$

$\varepsilon = 0{,}0005\ (m)$

$\propto = 1{,}1$

$B_0 = 0{,}12\ (m)$

$m = 0{,}6$

$\mu = 0{,}00000131$

Rezultati procjednih protoka Q i pripadajućih normalnih dubina y_n i brzina v za vrijeme trajanja t_k=30 (min) prikazani su u tablici 6.3.

Tablica 6.3. Prikaz izračunatih protoka Q, pripadajućih normalnih dubina y_n i brzina v za vrijeme trajanja t_k=30 (min)

SLIV	Q(m^3/s)	y_n(m)	v(m/s)
1 (A1)	0,0082	0,0798	0,613
2 (A2)	0,0068	0,0716	0,5839
3 (A3)	0,0068	0,0716	0,5839
4 (A4)	0,0082	0,0798	0,613

Ukupni dotok na sve 4 drenažne cijevi može iznositi 30 l/s.

Rezultati procjednih protoka Q i pripadajućih normalnih dubina y_n i brzina v za vrijeme trajanja t_k=60 (min) prikazani su u tablici 6.4.

Tablica 6.4. Prikaz izračunatih protoka Q, pripadajućih normalnih dubina yn i brzina v za vrijeme trajanja t_k=60 (min)

SLIV	Q(m^3/s)	y_n(m)	v(m/s)
1 (A1)	0,0088	0,0828	0,6233
2 (A2)	0,0073	0,0743	0,5939
3 (A3)	0,0073	0,0743	0,5939
4 (A4)	0,0088	0,0828	0,6233

Ukupni dotok na sve 4 drenažne cijevi može iznositi 32,2 l/s.

7. PRORAČUN POKLOPCA REVIZIJSKOG OKNA

7.1. Uvod

U ovom poglavlju dat je statički proračun posebnog čeličnog pocinčanog poklopca koji pokriva otvor revizijskog okna tunela uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac" u Makarskoj.

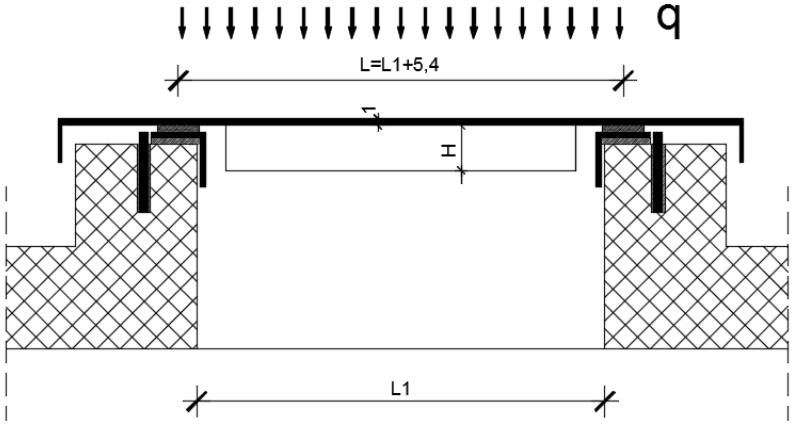
Poklopac je računat na jednoliko raspodijeljeno opterećenje od 20 (kN/m^2). Na poklopac ne može doći neko značajnije opterećenje pa je odabrano navedeno opterećenje koje može nastati slučajnim odlaganjem materijala na njega. Kao pojedinačno koncentrirano opterećenje odabrana je sila od 5 (kN) koja djeluje na površini od 22x22 (cm).

Svijetli otvor u betonskom objektu za poklopac je dimenzija 120x120 (cm).

Na slici 7.1. dat je karakteristični poprečni presjek poklopca s geometrijskim karakteristikama potrebnim za statički proračun.

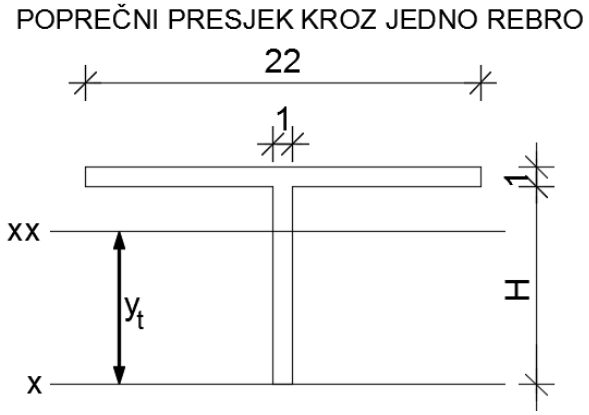
Slika 7.1. Karakteristični poprečni presjek poklopca

Na slici 7.2. dat je karakteristični uzdužni presjek poklopca s geometrijskim karakteristikama potrebnim za statički proračun.



Slika 7.2. Karakteristični uzdužni presjek poklopca

Budući da je usvojen razmak rebara poklopca u iznosu od 22 (cm), mjerodavno opterećenje na jedno rebro i pripadajući dio ploče iznosi q=22/5=4.4 (kN/m'). Na slici 7.3. date su geometrijske karakteristike jednog rebra i pripadajućeg dijela ploče.



Slika 7.3. Geometrijske karakteristike jednog rebra i pripadajućeg dijela ploče

Određivanje položaja težišta:

$$A = H \cdot 1 + 22 \cdot 1(cm)$$

$$y_t = \frac{H \cdot 1 \cdot \frac{H}{2} + 22 \cdot 1 \cdot (H + 0.5)}{A}$$

Moment inercije poprečnog presjeka u odnosu na os težišta (xx):

$$I_{xx} = 1 \cdot \frac{H^3}{12} + 1 \cdot H \cdot \left(y_t - \frac{H}{2}\right)^2 + 22 \cdot \frac{1^3}{12} + 20 \cdot 1 \cdot (H + 0.5 - y_t)^2$$

Momenti otpora (gornji i donji):

$$W_{xxd} = \frac{I_{xx}}{y_t}$$

$$W_{xxg} = \frac{I_{xx}}{H + 1 - y_t}$$

Maksimalna rubna naprezanja:

$$\sigma_g = \frac{M}{W_{xxg}}$$

$$\sigma_d = \frac{M}{W_{xxd}}$$

Posmična naprezanja:

$$\tau = \frac{T \cdot s}{I \cdot b}$$

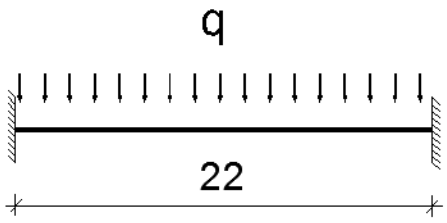
Maksimalni progib:

$$f_{max} = \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot I}(cm)$$

gdje je:

$$E = 2.1 \cdot 10^{11}(Pa) = 2.1 \cdot 10^4(\frac{kN}{cm^2})$$

Naprezanja u ploči između rebara odredit će se iz kontinuiranog opterećenja nastalog od koncentrirane sile od 5 kN na površini od 22x22 (cm). na obostrano upetoj ploči (slika 7.4.).



Slika 7.4. Statička shema za proračun naprezanja u čeličnoj ploči između rebara koja ojačavaju ploču odozdo

Intenzitet opterećenja iznosi: $q = \frac{P}{A} = \frac{5}{22 \cdot 22} = 0.0103\left(\frac{kN}{cm^2}\right) = 0.0103\left(\frac{kN}{cm'}\right)$

$$M_{max} = q \cdot \frac{l^2}{12} = 0.0103 \cdot \frac{22^2}{12} = 0.416(kNcm)$$

$$W = b \cdot \frac{h^2}{6} = 1 \cdot \frac{1^2}{6} = 0.16667(cm^3)$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{0.416}{0.16667} = 2.496\left(\frac{kN}{cm^2}\right) < \sigma_{doz} = 16.0\left(\frac{kN}{cm^2}\right)$$

7.2. Proračun poklopca

Poklopac se nalazi nad otvorom u armirano-betonskoj ploči svijetlih dimenzija 120x120 (cm). Odabrane su sljedeće dimenzije čeličnih dijelova ("rebara") na poklopcu:

$H = 8\ (cm)$

Rezultati proračuna su:

$L = 125.4\ (cm)$ $A = 30\ (cm^2)$

$y_t = 6.733\ (cm)$ $I_{xxy} = 166.52\ (cm^4)$

$y_d = y_t = 6.7333\ (cm)$ $y_g = 2.267\ (cm)$

$M = 20.25\ (kNcm)$ $s_{max} = 36.14\ (cm^3)$

$W_{xxd} = 24.73\ (cm^3)$, $W_{xxg} = 73.47\ (cm^3)$,

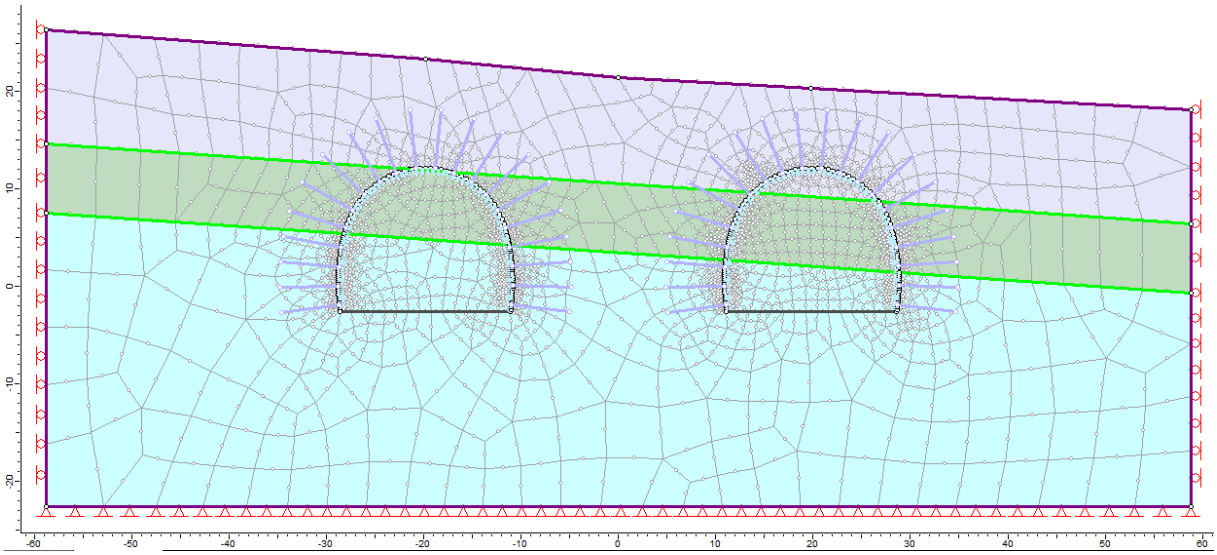
$\sigma_g = 0.28\left(\frac{kN}{cm^2}\right) < \sigma_{doz}$ $\sigma_d = 0.82\left(\frac{kN}{cm^2}\right) < \sigma_{doz}$

$\tau_{max} = 0.140\left(\frac{kN}{cm^2}\right)$ $f_{max} = 0.009(cm) = 0.09(mm)$

Čelični pocinčani okvir će se izraditi od L profila 80x80x8 (mm). Masa okvira iznosi 45.75 (kg). Okvir se učvršćuje za betonsku ploču sa 28 čeličnih inox ankera dužine po 120 (mm), ukupne mase 2.98 (kg). Čelični pocinčani poklopac sastoji se od čelične pocinčane ploče debljine 10 (mm), tlocrtnih dimenzija 1520x1520 (mm), rubnih pocinčanih lamela, 6 pocinčanih ojačanja (rebra), te 2 pocinčane čeone ukrute. Ukupna masa poklopca sa svim dijelovima i bez okvira iznosi 251.55 (kg). Poklopac i okvir zajedno imaju masu od 297.30 (kg).

8. NUMERIČKA ANALIZA POMAKA I NAPREZANJA OKO PODZEMNOG OTVORA

Za numeričku analizu naprezanja i deformacije stijenske mase oko podzemnog otvora korišten je dvodimenzionalni elastoplastični model konačnih elemenata programskog paketa ***''Phase 2''***. Analiziran je presjek koji se nalazi na stacionaži 0+085.00 zapadne cijevi s lošim karakteristikama stijenske mase (IV kategorija) i nadslojem debljine 11,2 (m), koje je ujedno i područje najslabijih karakteristika pa cijeloj dubini presjeka. Program generira mrežu konačnih elemenata (slika 8.1) nakon što mu se zada tip mreže, faktor progušćenja mreže (mesh graded), te broj čvorova na konturi iskopa (diskretizacija).

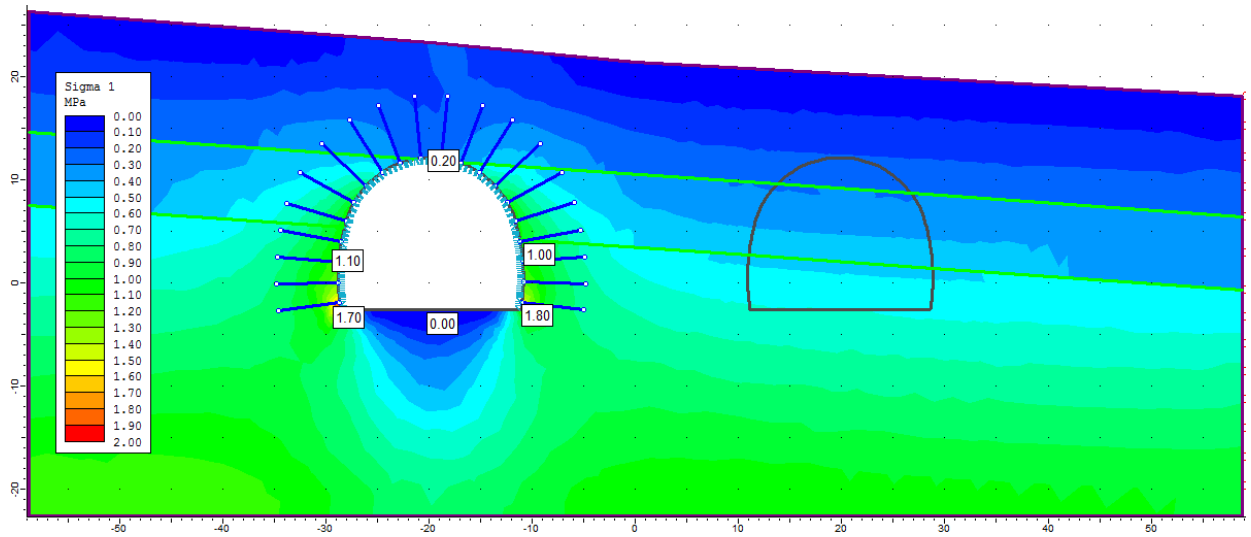


Slika 8.1. Poprečni presjek tunela s generiranom mrežom konačnih elemenata

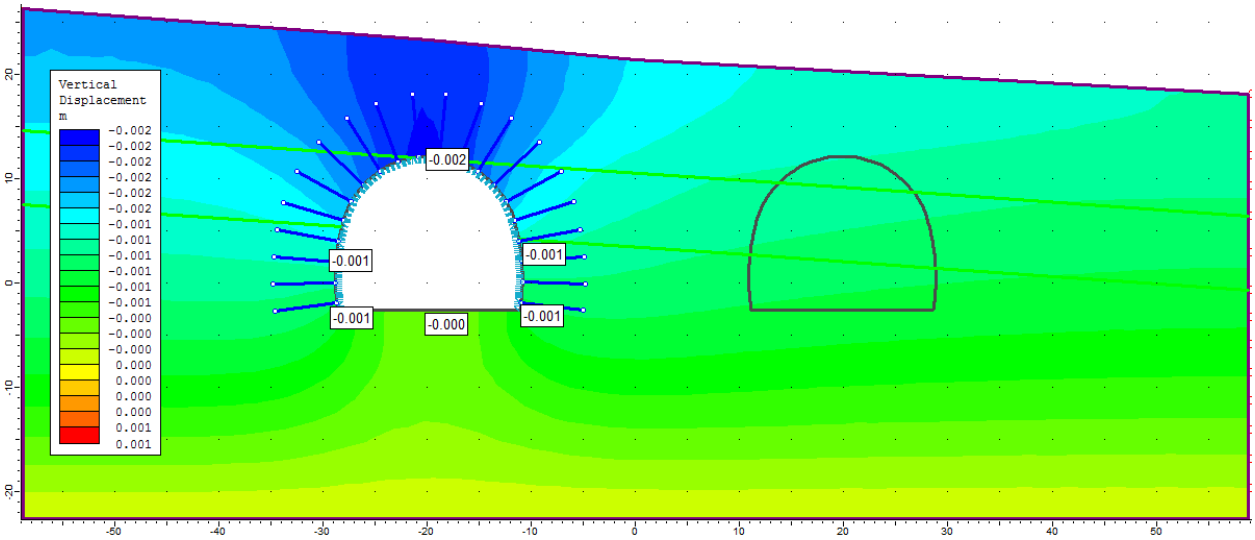
Nakon što je generirana mreža, zadaje se područje naprezanja, definiraju se rubni uvjeti i karakteristike stijenske mase.

Analiza je provedena u fazama. Nakon iskopa koture tunela dolazi do relaksacije materijala jezgre. Korištena je tehnika smanjivanja modula deformacija jezgri tunela za 50 %. Nakon toga je izvršen iskop i podgrađivanje.

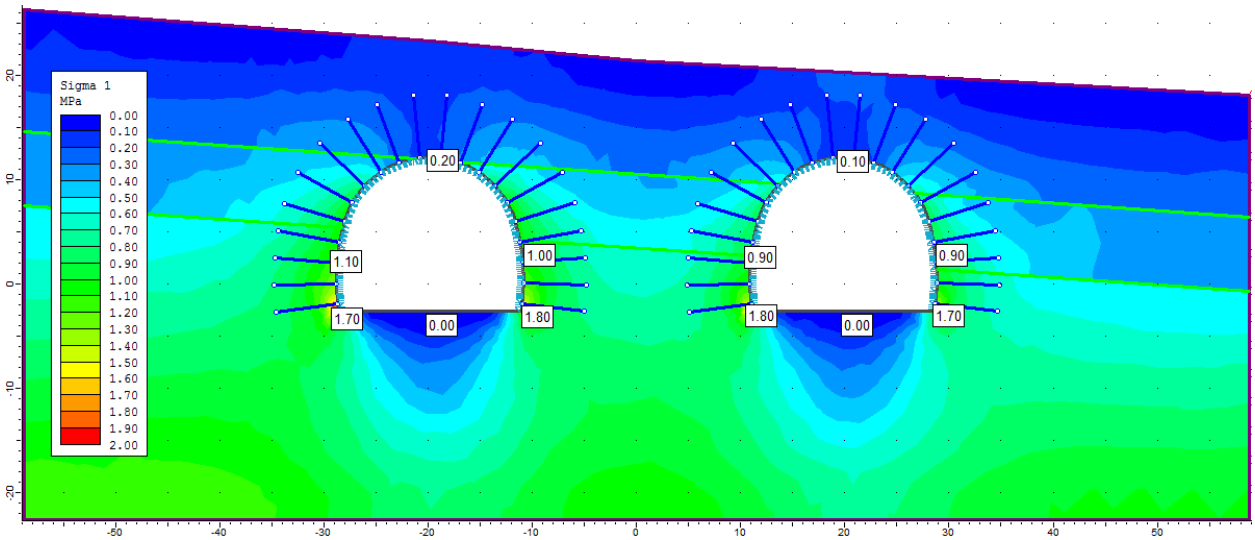
U nastavku su prikazani iznosi naprezanja i vertikalnih pomaka nakon iskopa i pograđivanja zapadne pa istočne cijevi i iznosi faktora čvrstoća sa smjerovima naprezanja.



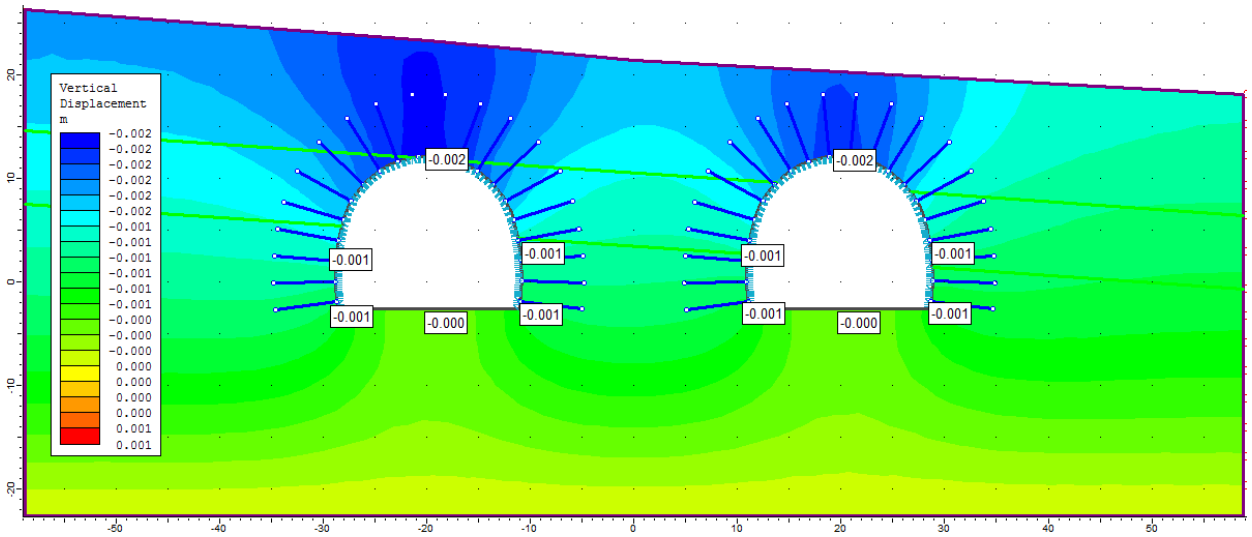
Slika 8.2. Iznosi naprezanja nakon iskopa zapadne tunelske cijevi i postavljanja podgrade



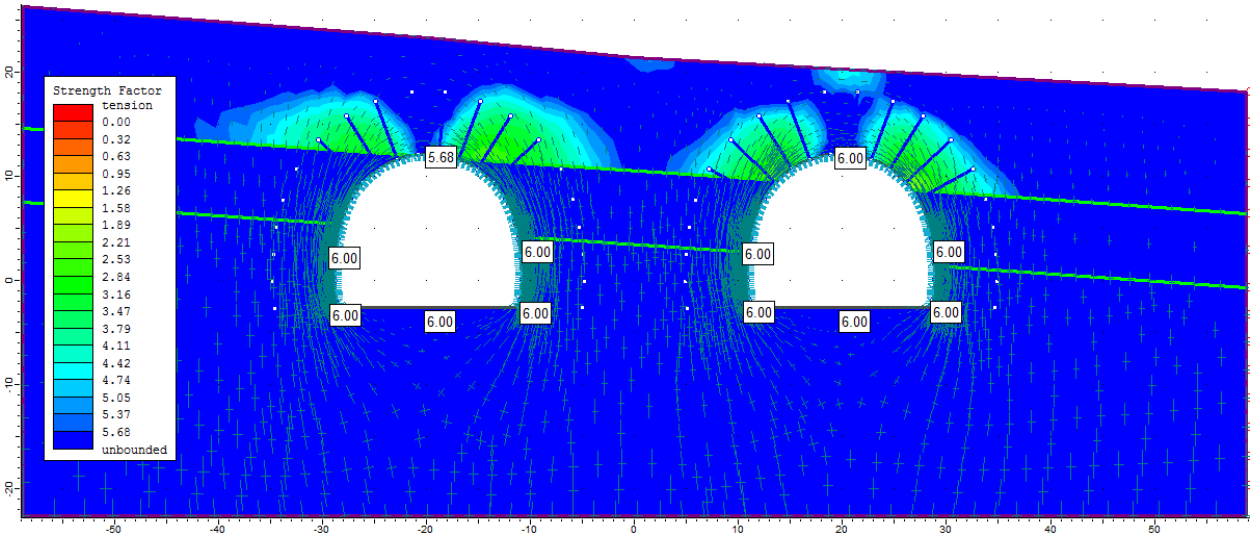
Slika 8.3. Iznosi vertikalnih pomaka nakon iskopa zapadne cijevi i postavljanja podgrade



Slika 8.4. Iznosi naprezanja nakon iskopa istočne tunelske cijevi i postavljanja podgrade



Slika 8.5. Iznosi vertikalnih pomaka nakon iskopa istočne cijevi i postavljanja podgrade



Slika 8.6. Prikaz faktora čvrstoće sa smjerovima naprezanja

9. TROŠKOVNIK RADOVA

Redni broj	O p i s r a d o v a	Jedinica mjere	Količina radova	Jedinična cijena	Iznos (kn)
1.	**PRIPREMNI RADOVI**				
1.1.	Rad obuhvaća pripremu gradnje, izradu pristupa gradilištu sa održavanjem tijekom građenja, izradu gradilišnih prometnica, izradu upravnih i pomoćnih zgrada, izradu kompresorskih stanica sa cijevnim razvodima, priključaka visokog napona i trafostanica te privremenih elektroinstalacija, priključaka vode, uređenje deponije iskopanog materijala, izradu separatora za pročišćavanje odvodnih voda iz tunela i sa gradilišta (radionica, betonara i dr.), izrada sustava ventilacije za vrijeme građenja, gradilišnu rasvjetu, izvedbu odvodnje u tunelu za vrijeme građenja (kanali, drenažne cijevi, crpke), te svih ostalih objekata i postrojenja u skladu s projektom organizacije građenja. Obračun navedenih radova u paušalnom iznosu.	paušal			300.000,00
1.2.	Iskolčenje trase Zapadna cijev od stac. 0+058.32 do 0+126.63 - granice obračuna (L=68.31 m). Iskop zapadne cijevi od stac. 0+075.00 do 0+126.63 (L_{iskopa}=51.63 m).Istočna cijev od stac. 0+058.32 do 0+126.63 - granice obračuna (L=68.31 m). Iskop istočne cijevi od stac. 0+081.66 do 0+126.63 (L_{iskopa}=44.97 m). Iskolčenje trase obuhvaća sva geodetska mjerenja, kojima se podaci iz projekta prenose na teren, osiguranje osi iskolčene trase, profiliranje, osiguranje, obnavljanje i održavanje iskolčenih oznaka na terenu za svo vrijeme građenja. Ukupno:68.31+51.63+68.31+44.97=233.22 m=0.2332 km. Obračun po km trase i priključaka u skladu s projektima.	km	0.2332	60.000,00	13.992,00
1.2.	Uklanjanje grmlja i drveća. Ovaj rad obuhvaća sječenje šiblja i stabala promjera do 10 cm, odsijecanje granja, rezanje stabala i debelih grana na dužine pogodne za prijevoz, vađenje korijenja, šiblja, te starih panjeva i panjeva novoposječenih stabala, odnošenje šiblja, granja, trupaca i panjeva izvan trupa ceste i uklanjanje svega nepotrebnog materijala zaostalog nakon ovih radova. Zapadna cijev: 562.5 m^2. Istočna cijev: 751.4 m^2. Ukupno: 1313.9 m^2. Obračun po m^2 zarasle površine.	m^2	1313.9	10,00	13.139,00
1.2.1.	Uklanjanje drveća i panjeva obračunava se po komadu, uzimajući u obzir debljinu (profil) stabla (mjereno na visini 1 m od zemlje): Ø 10-30 cm.	kom.	50,00	100,00	5.000,00

1.2.3.	Uklanjanje drveća i panjeva obračunava se po komadu, uzimajući u obzir debljinu (profil) stabla (mjereno na visini 1 m od zemlje): Ø >30 cm.	kom.	25,00	200,00	5.000,00
1.3.	Izvođač radova dužan je osigurati tri prostorije s uredskim namještajem, svaka veličine min. 12 m^2, s rasvjetom, grijanjem i hlađenjem, telefonskim i ISDN vezom, u blizini tunela, za svo vrijeme građenja, za potrebe smještaja nadzorne službe. U dvije prostorije osigurati po tri radna stola, a u jednoj prostoriji dva radna stola te garderobni ormar. U svakoj prostoriji treba osigurati (nabaviti) po jedan kolor printer veličine A-3. Za nadzornu službu osigurati jedan fotokopirni stroj. Izvođač je dužan osigurati čišćenje i održavanje ovih prostorija za svo vrijeme radova. U neposrednoj blizini ove tri prostorije, izvođač mora osigurati jedan WC.	paušal			150.000,00
1.4.	Izrada izvedbene dokumentacije (građevinski projekt): Izrada izvedbene dokumentacije za izvedbu pokosa predusjeka i za izvedbu tunelskih cijevi i portala.	paušal			200.000,00
1.5.	Uklanjanje ili učvršćivanje potencijalno nestabilnih blokova stijenske mase na površini terena u zoni pokosa zapadnog i istočnog predusjeka ili padine. Ovaj rad obuhvaća detaljno geodetsko snimanje svih potencijalno nestabilnih blokova stijenske mase (u zoni utjecaja), izradu projekta učvršćivanja ili uklanjanja, izvedbu svih radova po projektu, uključujući sve pomoćne radove, posredne i neposredne troškove. Zona utjecaja definira se prema sljedećem: Točke na površini terena na kojima su brzine vibracija izazvane utjecajem rada na iskopu veće od 5.0 mm/s. Obračun po m^3 uklonjene ili učvršćene stijenske mase.	m^3	850,00	700,00	595.000,00
1.7	Izvedba zaštite od odrona kamenih blokova prilikom izvođenja radova. Zaštitu izvršiti dovoljnom stabilnom ogradom od željeznih profila, željezničkih pragova, sajlama sa sidrima ili žičanom ogradom.	paušal			80.000,00
	PRIPREMNI RADOVI UKUPNO:				1.376.123,00

2.	**ISKOP PREDUSJEKA TUNELA**				
2.1.	Iskop humusa u predusjeku zapadne i istočne cijevi u prosječnoj debljini od 50 cm.Obračun po m^3 stvarno iskopanog humusa u sraslom stanju. 1313.9x0.5=522.5 (m^3)	m^3	656,95	20,00	13.139,00
2.2.	Široki iskop u materijalu "A", "B", ili "C" kategorije s utovarom u prijevozno sredstvo. U cijenu su uključeni svi radovi na iskopu materijala s utovarom u prijevozno sredstvo, radovi na uređenju i čišćenju pokosa od labilnih blokova i rastresitog materijala i planiranje iskopanih i susjednih površina. Jediničnom cijenom su obuhvaćeni i geodetski radovi kontrole geometrije profila iskopa i crpljenje procjedne vode do 20 l/s na svakom predusjeku. Obračun po m^3 stvarno iskopanog materijala u sraslom stanju. Volumen iskopa: Zapadna cijev: 6200 m^3. Istočna cijev: 8300 m^3. Ukupno: 14500 m^3.				
2.2.1.	Široki iskop u materijalu "A" kategorije, uz obveznu primjenu glatkog konturnog miniranja (prespliting). Iskope treba vršiti pažljivo poradi postojećeg prometa i sugurnosti okolnih objekata uz zaštitu od odronjavanja materijala pri iskopima." 14500x0.05=725 m^3.	m^3	725,00	40,00	29.000,00
2.2.2	Široki iskop u materijalu "B" kategorije 14500x0.60=8700 m^3.	m^3	8.700,00	20,00	174.000,00
2.2.3.	Široki iskop u materijalu "C" kategorije 14500x0.35=5075 m^3.	m^3	5.075,00	10,00	50.750,00
2.3	Prijevoz materijala. Rad obuhvaća prijevoz iskopanog materijala kategorije "A", "B" ili "C" od mjesta iskopa u usjeku, do mjesta istovara, obično u nasip ili na deponiju. Obračun po m^3 prevezenog materijala mjereno u sraslom stanju.				
2.3.1.	Prijevoz na udaljenost do 1500 m. 10% od volumena iskopa i opravdanog prekoprofilskog iskopa: 0.1x(14500+500)=0.1x15000=1500 m^3.	m^3	1.500,00	8,00	12.000,00
2.3.2.	Prijevoz na udaljenost preko 5000 m. Odlaganje preveženog materijala vrši se isključivo na splitskoj gradskoj deponiji "Karepovac". 90% od volumena iskopa i opravdanog prekoprofilskog iskopa: 0.9x(14500+500)=0.9x15000=13500m^3.	m^3	13.500,00	25,00	337.500,00
	ISKOP PREDUSJEKA TUNELA UKUPNO:				616.389,00

3.	**OSIGURANJE ISKOPA PREDUSJEKA TUNELA**				
3.1.	Čelična adhezijska sidra su predviđena za sistematsko podgrađivanje predusjeka zapadne i istočne cijevi. Sidra se izrađuju od rebrastog čelika promjera 25 mm, dužine 6 m, nosivosti na zatezanje do 200 kN. Sva sidra moraju imati čelične ravne podložne pločice dimenzija 10x150x150 mm. Promjer bušotine za sidra iznosi 76 mm. Ovaj rad obuhvaća nabavu, dopremu i obradu sidara, sidrene podložne pločice, bušenje i injektiranje bušotina, te ugradnju i pritezanje sidara odgovarajućim uređajem. Podložna pločica se obavezno podbetonira brzovezujućim mortom. Rad obuhvaća i prednaprezanje sidra na silu od 50 kN, nakon 24 sata od ugradnje sidra, te propisano kontrolno ispitivanje. Sidra se postavljaju na razmaku 2x2 m u cik-cak rasporedu, ili na razmaku koji odredi nadzorni inženjer. Zajedno sa čeličnom mrežom i mlaznim betonom osiguravaju trajnu stabilnost pokosa.Jedinica mjere je komad kompletno ugrađenog i ispitanog sidra. 1792/4=448 kom.	kom	448	400,00	179.200,00
3.2.	Dobava, doprema i ugradnja armature za armiranje temelja kamene obloge. Temelji su dimenzija 110x100 cm. Obračun po kg ugrađene armature. Jedinična cijena mora uključivati preklope armature. Pretpostavlja se 80 kg/m^3. Volumen betona: 88.4x1.1x1=m^3. Količina armature: 98x80=7,780 kg.	kg	7.840,00	10,00	78.400,00
3.3.	Dobava, doprema i ugradnja betona C25/30 za temelj kamene obloge. Temelji su dimenzija 110x100 cm.Ovaj rad obuhvaća spravljanje betona, njegovo nanošenje i njegovanje. Obračun po m^3 ugrađenog betona. 98 m^3.	m^3	98,00	900,00	88.200,00
3.4.	Dobava, doprema i ugradnja čelične mreže tipa Q-196 za armiranje betona u kojeg se ugrađuje kamena obloga u predusjecima: Čelične mreže se prislanjaju na površinu izvedenog mlaznog betona na udaljenosti od oko 10 cm. Mrežu treba distancirati od površine mlaznog betona odgovarajućim plastičnim distancerima. Po jednom m^2 površine treba postaviti tri distancera. Preklopi osnovne armature trebaju iznositi najmanje 40 cm. Jedinica mjere je kg ugrađene mreže. Jediničnom cijenom obuhvaćen je rad i sav potreban materijal za pričvršćenje, kao i propisana kontrola kvalitete. Preklopi se moraju obračunati u jediničnu cijenu. 1792+265= 2057 m^2. Ukupno: 2057x3.07=6315 kg. Obračun po kg ugrađene čelične mreže .	kg	6.315,00	10,00	63.150,00

3.5.	Dobava, doprema i ugradnja kratkih čeličnih sidara od rebrastog čelika promjera 25 mm, za povezivanje betona kamene obloge za podlogu od postavljenog mlaznog betona. Dužina sidara je 1 m. Sidra se ugrađuju u u cik-cak rasporedu na razmaku 2x2 m. Sidro svojom podložnom pločicom mora obuhvaćati čeličnu mrežu Q-196. Prilikom ugradnje betona obloge obratiti naročitu pažnju na osiguranje dobre veze sidra s pločicom, čeličnom mrežom i betonom obloge. Jedinična cijena uključuje kompletno sidro s odgovarajućom kontrolom kvalitete. 1792/4=319 kom.	kom	448,00	100,00	44.800,00
3.6.	Dobava, doprema i ugradnja betona C25/30, prosječne debljine 20 cm: Ovaj rad obuhvaća spravljanje betona, njegovo nanošenje i njegovanje. Beton se ugrađuje kao vezivno sredstvo za oblogu od grubo lomljenog kamena na sjevernom predusjeku zapadne i istočne cijevi. Ugrađuje se paralelno sa lomljenim kamenom, bez oplate. Beton s kamenom oblogom se nanosi na pokose predusjeka nagiba 5:1. Ovaj beton je armiran. Jedinica mjere je m^2 izvedene površine. U jediničnu cijenu je uključen sav rad, materijal i oprema opisana u ovoj točci, kao i postavljanje skela i rampi te kontrola kvalitete.	m^2	1.792,00	200,00	358.400,00
3.7.	Dobava, doprema i ugradnja grubo lomljenog kamena, prosječnih dimenzija 20x30x50 cm na pokose zapadne i istočne cijevi. Kamen mora biti zdrav, ujednačene kvalitete i izgleda, otporan na smrzavanje. Kamen može biti ili od vapnenca, ili od vapnenečkih pješčenjaka ili od vapnenečkih breča. Kamen se ugrađuje s betonom C25/30 kao vezivom. Kamena obloga se ugrađuje na pokose predusjeka nagiba 5:1. Fuge moraju biti do 1.5 cm širineJedinica mjere je m^2 izvedene površine kamene obloge. U jediničnu cijenu je uključen sav rad, materijal i oprema opisana u ovoj točci, kao i postavljanje skela i rampi te kontrola kvalitete.	m^2	1.792,00	600,00	1.075.200,00
3.8.	Dobava, doprema i ugradnja betona C25/30 za zapunjavanje geološki opravdanih odvala na pokosima predusjeka: Zapunjavanje geološki opravdanih odvala (odvale se priznaju komisijski), izvodi se betonom C25/30. U jediničnu cijenu uključiti sav pomoćni rad, materijal i skele. Jedinica mjere je m^3 ugrađenog betona. Pretpostavlja se volumen od 300 m^3.	m^3	300,00	600,00	180.000,00

3.9.	Dobava i doprema materijala, te izrada procjednica na pokosima predusjeka s kamenom oblogom: Procjednice se izvode nakon ugradnje mlaznog betona u pokos predusjeka. Ugradit će se u cik-cak rasporedu razmaka 2x2 m, po čitavom pokosu predusjeka. Prvi red je 0.5 m iznad dna pokosa. Međusobni razmak u uzdužnom smjeru je 2 m. Nagib bušotine mora biti takav da voda istječe iz procjednice. Procjednica se učvršćuje u mlazni beton pomoću cementnog morta. Jedinica mjere je komad izvedene procjednice. U jediničnoj cijeni sadržani su troškovi bušenja odgovarajućim strojevima, nabava, doprema i ugradnja perforirane plastične cijevi dužine 100 cm, promjera 50 mm, nabava doprema i ugradnja cementnog morta, kao i propisana kontrola kvalitete. Kamenu oblogu treba, oko procjednice na njenom kraju, tako oblikovati da se procjednica što manje uočava. 1275/4=319 kom.	kom	448	50,00	22.400,00
	OSIGURANJE ISKOPA PREDUSJEKA TUNELA UKUPNO:				1.910.550,00
4.	**ISKOP TUNELA**				
4.1.	Iskop u IV. ktg. stijenske mase zapadne i istočne tunelske cijevi: Jedinica mjere je m^3 idealnog iskopa u sraslom stanju koja uključuje iskop stijenske mase, utovar iskopanog materijala u prijevozno sredstvo, formiranje i uređenje deponije sa svim poslovima potrebnim za njezinu stabilnost i uklapanje u okoliš. TIP 4:223.23x98=21876.5 m^3	m^3	21876.5	350,00	7.656,78
4.2.	Dopunski iskop u IV. ktg. stijenske mase za postavljanje čeličnih rešetkastih nosača: Jedinica mjere je m^3 idealnog iskopa u sraslom stanju koja uključuje iskop stijenske mase, utovar iskopanog materijala u prijevozno sredstvo, formiranje i uređenje deponije sa svim poslovima potrebnim za njezinu stabilnost i uklapanje u okoliš. TIP 4: 223.23x0.83=185.3 m^3	m^3	185.3	600,00	111.180,00
4.3.	Iskop u V. ktg. stijenske mase: Jedinica mjere je m^3 idealnog iskopa u sraslom stanju koja uključuje iskop stijenske mase, utovar iskopanog materijala u prijevozno sredstvo, formiranje i uređenje deponije sa svim poslovima potrebnim za njezinu stabilnost i uklapanje u okoliš. TIP 5:267.48x6=1604.9 m^3	m^3	1.604,90	500,00	802.450,00

4.4.	Prijevoz geotehnički opravdanih odvala iz tunela: Prijevoz geotehnički opravdanih odvala priznatih prema uvjetima iz projekta. Jedinica mjere je m^3 stijenske mase u sraslom stanju koja uključuje utovar odvaljenog materijala u prijevozno sredstvo i odvoz od mjesta odvale do deponije (ili nasipa) na udaljenosti do 1500 m od mjesta utovara. Prema iskustvu u sličnim geotehničkim uvjetima ocjenjuje se prekoprofilski iskop u iznosu od 2,0 % u odnosu na volumen iskopa. 2,0%x22061.8=441.2 m^3.	m^3	441.2	10,00	4.412,00
	ISKOP TUNELA UKUPNO:				925.698,78
5.	**OSIGURANJE ISKOPA TUNELA**				
5.1.	Osiguranje iskopa mlaznim betonom C25/30, d=35 cm, u podgradnom sustavu TIP 4: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu i spravljanje mlaznog betona, njegovo nanošenje i njegovanje, te propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^2 izvedene površine mlaznog betona. 38.58x98=3780.8 m^2.	m^2	3.785,00	300,00	1.135.500,00
5.2.	Osiguranje iskopa mlaznim betonom C25/30, d=40 cm, u podgradnom sustavu TIP 5: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu i spravljanje mlaznog betona, njegovo nanošenje i njegovanje, te propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^2 izvedene površine mlaznog betona. 38.67x6=232.02 m^2.	m^2	235,00	300,00	70.500,00
5.3.	Osiguranje čela iskopa mlaznim betonom C25/30, d=5 cm, u podgradnom sustavu TIP 4: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu i spravljanje mlaznog betona, njegovo nanošenje i njegovanje, te propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^2 izvedene površine mlaznog betona. 98/1.5=65.33x177=11564 m^2.	m^2	11.570,00	75,00	867.750,00
5.4.	Osiguranje čela iskopa mlaznim betonom C25/30, d=10 cm, u podgradnom sustavu TIP 5: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu i spravljanje mlaznog betona, njegovo nanošenje i njegovanje, te propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^2 izvedene površine mlaznog betona. 6/1=6x267.48=1604.9 m^2.	m^2	164,90	150,00	24.735,00
5.5.	Dobava, doprema i ugradnja mlaznog betona C25/30, d=40 cm, u podnožnom svodu TIP 5: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu i spravljanje mlaznog betona, njegovo nanošenje i njegovanje, te propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^2 izvedene površine mlaznog betona. 18.69x6=112.14 m^2.	m^2	115,00	450,00	51.750,00

5.6.	Dobava, doprema i ugradnja čelične mreže tipa Q-196 za armiranje mlaznog betona u tunelu: Mreža se pričvršćuje na prethodno ugrađena i zainjektirana sidra. Zavarivanje mreža za nastavljanje armiranja nije dozvoljeno, nego se nastavak osigurava preklopom (40 cm) i vezanjem paljenom žicom. Jedinica mjere je masa ugrađene čelične mreže u kg, ne računajući preklope, koji se moraju obračunati u jediničnoj cijeni.Jedinična cijena obuhvaća sve troškove nabave, izrade, savijanja, postavljanja, učvršćenja, osiguranja položaja ugradnjom distancera, kontrole kvalitete, te sve ostale radove potrebne za potpuno dovršenje armiračkih radova. TIP 4: 236.97x98=23223.1 kg. TIP 5-IZN: 239.97x6=1439.82 kg. Ukupno čelične mreže Q-196 za armiranje mlaznog betona 24662.92 kg.	kg	24.662,92	12,00	295.955,04
5.7.	Dobava, doprema i ugradnja čelične mreže tipa Q-335 za armiranje mlaznog betona podnožnog svoda: Zavarivanje mreža za nastavljanje armiranja nije dozvoljeno, nego se nastavak osigurava preklopom (40 cm) i vezanjem paljenom žicom. Donji sloj mreža mora biti postavljen 5 cm iznad dna, a gornji sloj 5 cm ispod vrha mlaznog betona. U jediničnu cijenu obavezno uračunati i distancere za donju mrežu, te "jahače" (4 kom po m^2) za gornju mrežu. Jedinica mjere je masa ugrađene čelične mreže u kg, ne računajući preklope koji se moraju obračunati u jediničnoj cijeni. Prilikom rada izvođač mora voditi računa da ne zaprlja postavljene mreže. Jedinična cijena obuhvaća sve troškove nabave, izrade, savijanja, postavljanja, učvršćenja, osiguranja položaja ugradnjom distancera, kontrole kvalitete, te sve ostale radove potrebne za potpuno dovršenje armiračkih radova. TIP 5: 203.78x6=1222.7 kg	kg	1.222,70	10,00	12.227,00
5.8.	Dobava, doprema i ugradnja čeličnih adhezijskih sidara tipa IBO 32/20 dužine 6 m: Sidra se izrađuju od čelika promjera 32/20 mm, dužine 6 m, nosivosti na zatezanje do 200 kN. Sva sidra moraju imati originalne čelične podložne pločice.Ovaj rad obuhvaća nabavu, dopremu i obradu sidara, sidrene podložne pločice, bušenje i injektiranje bušotina, te ugradnju i pritezanje sidara odgovarajućim uređajem. Podložna pločica se podbetonira brzovezujućim mortom. Rad obuhvaća i prednaprezanje sidra na silu od 50 kN, nakon 24 sata od ugradnje sidra, te propisano kontrolno ispitivanje. Zajedno sa čeličnom mrežom, mlaznim betonom i čeličnim lučnim nosačima formiraju podgradni sustav tunela. Jedinica mjere je komad kompletno ugrađenog i ispitanog sidra. TIP 4: 12.33x98=1209 kom. TIP 5: 18,50x6=111 kom. Ukupno: 1320 kom.	kom	1.320,00	500,00	660.000,00

5.9.	Dobava, doprema i ugradnja čeličnih rešetkastih nosača tip M95/20/30: Ovaj rad uključuje nabavu, dopremu i ugradnju čeličnih rešetkastih lučnih nosača za podgrađivanje tunelskog iskopa. Ugrađivanje čeličnih rešetkastih nosača treba izvesti s točnošću od ±3 cm u odnosu na smjer i visinu tunelske cijevi. Moraju biti tako odabrani i izvedeni da statičko djelovanje luka bude u potpunosti sačuvano. Jedinična cijena mora uzeti u obzir sva pomoćna ukrućenja potrebna za montažu i izradu temelja za ležaje čeličnih rešetkastih nosača. Jedinica mjere je kg kompletno ugrađenog i ispitanog čeličnog rešetkastog nosača. TIP 5: 120.32x6=721.92 kg.	kg	725,00	12,00	8.700,00
	OSIGURANJE ISKOPA TUNELA UKUPNO:				3.127.117,04
6.	**SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA TUNELA**				
6.1.	Dobava, doprema i ugradnja podbetona za temelje sekundarne betonske obloge, od betona C25/30, debljine 65 cm: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu, dopremu, ugradnju i njegovanje betona, kao i propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^3 ugrađenog betona računajući s debljinom od 65 cm. TIP 4: 2.05*98=200.1 m^3. TIP 5-JP1: 2.05*6=12.3m^3. Ukupno: 212.4 m^3.	m^3	213,00	700,00	149.100,00
6.2.	Dobava, doprema i ugradnja betona za podnožni svod sekundarne betonske obloge, od betona C25/30: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu, dopremu, ugradnju i njegovanje betona, kao i propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^3 ugrađenog betona dimenzija prema glavnom projektu. Podnožni svod sekundarne betonske obloge je armiran. TIP 5: 18.69*6=112.14 m^3.	m^3	115,00	800,00	92.000,00
6.3.	Dobava, doprema i ugradnja betona za ispunu betonom iznad podnožnog svoda sekundarne betonske obloge u tunelu, te iznad primarnog podnožnog svoda u servisnom tunelu, od betona C25/30. Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu, dopremu, ugradnju i njegovanje betona, kao i propisanu kontrolu kvalitete. Jedinica mjere je m^3 ugrađenog betona dimenzija prema glavnom projektu. TIP 5: 34.58*6=207.48 m^3.	m^3	210,00	600,00	126.000,00

6.4.	Dobava, doprema i ugradnja betona sekundarne betonske obloge, C30/37: Ovaj rad obuhvaća dobavu, dopremu, ugradnju i njegovanje betona, kao i propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^3 ugrađenog betona dimenzija prema glavnom projektu. Skidanje oplate izvodi se nakon što beton postigne čvrstoću od 18 MPa, a najmanje 12 sati nakon završetka betoniranja. TIP 4:16x98=1568 m^3. TIP 5: 16x6=96 m^3. Ukupno:1664 m^3	m^3	1.664,00	950,00	1.580.800,00
6.5.	Dobava, doprema i ugradnja armature za armiranje temelja sekundarne betonske obloge: Pretpostavlja se ugradnja 150 kg/m^3 rebraste armature. Ovaj rad obuhvaća pripremu i ugradnju armaturnih koševa, ugradnju potrebnih distancera, kao i propisanu kontrolu kvalitete. Jedinica mjere je kg ugrađene armature. Jedinična cijena uključuje sav rad i materijal potreban za ugradnju armaturnih šipki. 150x(98+6)=15600 kg.	kg	15.600,00	10,00	156.000,00
6.6.	Dobava, doprema i ugradnja čelične mreže tipa Q-335 za armiranje podnožnog svoda sekundarne betonske obloge tunela:Mreža se postavlja u dva sloja, s tim da je prvi sloj na udaljenosti od 5 cm (s distancerima) od donjeg ruba svoda, a gornji sloj je na udaljenosti od 5 cm od gornjeg ruba svoda. Mreža se postavlja u odgovarajući položaj pomoću distancera (donja s 4 distancera po m^2, a gornja s 4 "jahača" po m^2). Jedinica mjere je masa ugrađene čelične mreže u kg, ne računajući preklope: TIP 5: 203.78*6=1222.7 kg.	kg	1.223,00	10,00	12.230,00
6.7.	Dobava, doprema i ugradnja čelične mreže tipa R-503 za konstruktivno armiranje sekundarne betonske obloge tunela: Mreža se postavlja u dva sloja, s jače armiranim smjerom uzduž tunela, na prethodno, poprečno na tunel, postavljene šipke od rebrastog čelika promjera 22 mm. Mreža se postavlja na udaljenosti od 5 cm (s distancerima) od intradosa i ekstradosa sekundarne betonske obloge tunela, i mora biti pričvršćena na čeličnu tunelsku oplatu. Mreža se postavlja prije dolaska čelične oplate na pripremljenu dionicu. Jedinica mjere je masa ugrađene čelične mreže u kg, ne računajući preklope koji se moraju obračunati u jediničnoj cijeni. Preklop iznosi min. 40 cm. Jedinična cijena uključuje sav rad i materijal potreban za ugradnju mreže, kao i propisanu kontrolu kvalitete. . TIP 4: 426.01x98=41750 kg. TIP 5: 426,01x6=2556.1 kg. Ukupno: 44306.1 kg	kg	44.310,00	10,00	443.100,00

6.8.	Dobava, doprema i ugradnja šipki rebrastog čelika promjera 22 mm za armiranje sekundarne betonske obloge tunela: Šipke se postavljaju poprečno na tunel. Veza s temeljem osigurava se preklopom s odgovarajućim šipkama ubetoniranim u temelju. Šipke se ugrađuju prije dolaska čelične oplate na pripremljenu dionicu. Jedinična cijena uključuje sav rad i materijal potreban za ugradnju šipki, kao i propisanu kontrolu kvalitete. Broj šipki po m' definiran je u projektu. Jedinica mjere je masa ugrađenih šipki u kg, ne računajući preklope koji se moraju obračunati u jediničnoj cijeni. Preklop iznosi min. 100 cm. TIP 4: 490.88*98=48106.3 kg. TIP 5: 490.88*6=2945.3 kg. Ukupno:51051.6 kg	kg	51.052,00	10,00	510.520,00
	SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA TUNELA UKUPNO:				3.069.750,00
7.	**PORTALNE GRAĐEVINE**				
7.1.	Dobava, doprema i ugradnja betona za podbeton temelja južne portalne građevine, C25/30: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu, dopremu, ugradnju i njegovanje betona, kao i propisanu kontrolu kvalitete.. Debljina betona iznosi 10 cm.Jedinica mjere je m^3 ugrađenog betona dimenzija prema glavnom projektu. U jediničnu cijenu uključen je rad i sav potreban materijal za ugradnju betona. Zapadni portal: (2.21+2.21)x14x0.1= 6.2 m^3. Istočni portal: (2.21+2.21)x20x0.1= 8.84 m^3.	m^3	15,04	600,00	9.024,00
7.2.	Dobava, doprema i ugradnja betona za temelje portalnih građevina, od betona C30/37: Ovaj rad obuhvaća čišćenje i pripremu površine, dobavu, dopremu, ugradnju i njegovanje betona, kao i propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^3 ugrađenog betona dimenzija prema glavnom projektu. Temelji su armirani. U jediničnu cijenu uključen je rad i sav potreban materijal za ugradnju betona. Zapadni portal: 2.21x1.40x14=43.32 m^3. Istočnii portal: 2.21x1.40x20=61.88 m^3. Sveukupno: 105.2 m^3.	m^3	110,00	950,00	104.500,00

7.3.	Dobava, doprema i ugradnja betona portalnih građevina, C30/37: Ovaj rad obuhvaća dobavu, dopremu, ugradnju i njegovanje betona, kao i propisanu kontrolu kvalitete.Jedinica mjere je m^3 ugrađenog betona dimenzija prema projektu. Veza sa temeljem osigurana je rebrastom armaturom koja se ubetonira u temelj, a posebno se obračunava. U jediničnu cijenu uključen je sav rad i materijal (i skele i slično) potreban za ugradnju betona. Skidanje oplate izvodi se nakon što beton postigne čvrstoću od 21 MPa, a najmanje 24 sata nakon završetka betoniranja. Zapadni portal:29.2x14=408.8m^3. Istočni portal: 29.2x20=584 m^3. Sveukupno: 992.8 m^3.	m^3	993,00	1.200,00	1.191.600,00
7.4.	Dobava, doprema i ugradnja armature za armiranje temelja portalnih građevina: Pretpostavlja se ugradnja 400 kg/m^3 armature rebraste armature. Ovaj rad obuhvaća pripremu i ugradnju armaturnih koševa, ugradnju potrebnih distancera, kao i propisanu kontrolu kvalitete. Jedinica mjere je kg ugrađene armature. Jedinična cijena uključuje sav rad i materijal potreban za ugradnju armaturnih šipki. Sveukupno: 400x(20+14)=13600 kg.	kg	13.600,00	10,00	136.000,00
7.5.	Dobava, doprema i ugradnja čelične mreže tipa Q-503 za obostrano armiranje luka portalnIh građevina: Mreža se postavlja na distancerima na udaljenosti od 10 cm od ruba betona, na obje strane. Veza s temeljem osigurana je šipkama RA promjera šipki 22 mm, na uzdužnom razmaku od 20 cm sa svake strane. Preklopi mreže iznose najmanje 40 cm, i uključeni su u jedničnu cijenu. Jedinica mjere je masa ugrađene čelične mreže u kg, ne računajući preklope koji se moraju obračunati u jediničnoj cijeni. Jedinična cijena uključuje sav rad i materijal potreban za ugradnju mreže, kao i propisanu kontrolu kvalitete. Zapadni portal: 449.68x14=6295.52 kg. Istočnii portal: 449.68x20=8993.6 kg. Sveukupno: 2698.1 kg.	kg	2.700,00	10,00	27.000,00
	PORTALNE GRAĐEVINE UKUPNO:				1.468.124,00
8.	**HIDROIZOLACIJA**				
8.1.	Dobava, doprema i ugradnja hidroizolacije tunela. Postavlja se na izvedenu podlogu od armiranog mlaznog betona (koji se obračunava posebno). Jedinica mjere je m^2 izvedene površine hidroizolacije.Preklopi se moraju obračunati u jediničnu cijenu.U jediničnu cijenu je uključen sav rad, materijal i oprema opisana u ovoj točci, kao i postavljanje skela i rampi te propisana kontrola kvalitete. TIP 4: 38.66x98=3788.68 m^2. TIP 5: 38.66x6=231.96 m^2. Sveukupno: 4020.64 m^2	m^2	4.025,00	220,00	885.500,00
	HIDROIZOLACIJA UKUPNO:				885.500,00

9.	**DRENAŽA I ODVODNJA TUNELA**				
9.1.	Dobava, doprema i ugradnja drenažnih cijevi DN-200 u bokovima tunela i u bokovima predusjekai cijevi DN-150 u spojnom tunelu. U jediničnu cijenu uključena je priprema površine, dobava, doprema i ugradnja sitnozrnatog betona za podlogu drenažnih cijevi u bokovima tunela, sav rad, materijal i oprema opisana u ovoj točci, kao i propisana kontrola kvalitete. U jediničnu cijenu uključen je i istozrnati beton kojim se zatrpavaju drenažne cijevi i osigurava vodopropusnost. Jedinica mjere je m' ugrađene drenažne cijevi. Zapadna cijev: (43+5+7+12)x2=134 m'. Istočna cijev: (35+6+7+19)x2=134 m'. Spojni tunel: 23+25=48 m'. Sveukupno: 316 m'.	m'	320,00	120,00	38.400,00
9.2	Izrada svih revizijskih okana drenaže u tunelu: Jedinična cijena obuhvaća dobavu, dopremu i ugradnju betona C30/37, potrebnu armaturu, rad, materijal i oprema za izradu oplate, zidarski rad na spojevima, te propisanu kontrolu kvalitete. Jedinica mjere je komad ispravno izvedenog revizijskog okna. 20 kom.	kom	20,00	4.000,00	80.000,00
	Izrada revizijskog okna za odvodnju pokosa predusjeka: Jedinična cijena obuhvaća dobavu, dopremu i ugradnju betona C30/37, potrebnu armaturu, rad, materijal i opremu za izradu oplate, zidarski rad na spojevima, te propisanu kontrolu kvalitete. U jediničnu cijenu uključen je i iskop za okno, odvoz materijala na deponiju. Jedinica mjere je komad ispravno izvedenog revizijskog okna. 2 kom.	kom	2,00	3.000,00	6.000,00
	DRENAŽA I ODVODNJA TUNELA UKUPNO:				124.400,00
10.	**BRAVARSKI RADOVI**				
10.1.	Dobava, doprema i ugradnja lijevanoželjeznih poklopaca revizijskih okana drenaže: Poklopci su dimenzija 152x152 cm. Jedinična cijena uključuje dobavu, dopremu i ugradnju kompletnog poklopca, uključujući i okvir, kao i sav pomoćni rad i materijal. Jedinica mjere je komad ugrađenog poklopca. 16 kom.	kom	16,00	2.000,00	32.000,00
10.2.	Dobava, doprema i ugradnja lijevanoželjeznih poklopaca revizijskih okana drenaže: Poklopci su nosivosti 150 kN, dimenzija 70x60 cm Jedinična cijena uključuje dobavu, dopremu i ugradnju kompletnog poklopca, uključujući i okvir, kao i sav pomoćni rad i materijal. Jedinica mjere je komad ugrađenog poklopca. 4 kom.	kom	4,00	2.000,00	8.000,00
	BRAVARSKI RADOVI UKUPNO:				40.000,00

	REKAPITULACIJA				**Cijena (kuna)**
1.	**PRIPREMNI RADOVI**				**1.376.123,00**
2.	**ISKOP PREDUSJEKA TUNELA**				**616.389,00**
3.	**OSIGURANJE ISKOPA PREDUSJEKA TUNELA**				**1.910.550,00**
4.	**ISKOP TUNELA**				**925.698,78**
5.	**OSIGURANJE ISKOPA TUNELA**				**3.127.117,04**
6.	**SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA TUNELA**				**3.069.750,00**
7.	**PORTALNE GRAĐEVINE**				**1.468.124,00**
8.	**HIDROIZOLACIJA**				**885.500,00**
9.	**DRENAŽA I ODVODNJA TUNELA**				**124.400,00**
10.	**BRAVARSKI RADOVI**				**40.000,00**
	TUNELI UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" UKUPNO:				**13.543.651,82**

10. ZAKLJUČAK

Prema geomehaničkoj klasifikaciji stijenske mase usvojena su dva tipa podgradnih sustava za zapadnu i istočnu tunelsku cijev. U nastavku se daje pregled njihovih karakteristika, krutosti, maksimalnog podgradnog pritiska i kapacitet pomaka koji su određeni na osnovu geostatičkog proračuna opisanog u poglavlju 3.

Podgradni sustav TIP 4

- Armirani mlazni beton debljine 35 cm
- Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1,5 m
- Čelična mreža 2xQ-196, preklop min. 30 cm

r_i=8.51 (m)

K=1374.30 (MPa)

p_{max}=1.044 (Mpa)

u_{max}=0.647 (cm)

Podgradni sustav TIP 5

- Armirani mlazni beton debljine 40 cm,
- Čelična adhezijska sidra TIP IBO32/20 dužine 6 m, na razmaku 2x1 m,
- Čelični rešetkasti lučni nosači TIP 95/20/30

r_i=8.56 (m)

K=1618.73 (MPa)

p_{max}=1.221 (Mpa)

u_{max}=0.646 (cm)

Definiran je, na razini idejnog projekta, iskop predusjeka i osiguranje iskopa predusjeka tunela, kao i iskop i osiguranje iskopa tunela. Pokosi su projektirani u nagibu 5:1. Iskop se izvodi po horizontalnim kampadama visine maksimalno 3 (m). Podgrada predusjeka sastoji se od 25 cm armiranog mlaznog betona, dva sloja čelične armaturne mreže Q-196, te čeličnih adhezijski sidara tipa IBO 32/20, dužine 6 (m).

Sekundarna betonska obloga zapadne i istočne cijevi, na dijelu pravog tunela, tj. izvan predusjeka tunela, je debljine 40 (cm) u tjemenu dok se u bokovima postupno širi do 70.5.

Armiranje se vrši u dva sloja šipkama rebrastog čelika promjera 22 (mm) dok se za uzdužnu armaturu koriste R mreže (R-503).

Na dijelu umjetnog tunela tj. portala sekundarna obloga je debljine 75 (cm) u tjemenu dok se u bokovima postupno širi do 120 cm. U popračnom smjeru se ugrađuju šipke od rebrastog čelika promjera 25 (mm) do se za uzdužnu armaturu koriste R mreže (R 503).

Odabrane dimenzije drenažnih cijevi u potpunosti zadovoljavaju hidrauličke uvjete sustava.

11.LITERATURA

[1] Situacija, Hidroing d.o.o. Split, 2016.

[2] Izvještaj o isptivanju jednoosne tlačne čvrstoče, Laboratorij IGH, Zagreb 2016.

[3] Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda "Biloševac", dr.sc.Davor Bojanić, Split 2016.

[4] B. Stojković, Stabilizacija podzemnih iskopa u tunelogradnji – empirijski pristup, Građevinski institut, Zagreb 1991.

[6] Hoek E.,Brown E., E.T.:"The Hoek-Brown failure criterion – a 1988. update", University of Toronto, Toronto 1988.

[7] IGH, Opći tehnički uvjeti za radove na cestama- knjiga 5, Hrvatske ceste – Hrvatske autoceste, Zagreb 2001.

[8] IGH, Opći tehnički uvjeti za radove na cestama- knjiga 2, Hrvatske ceste – Hrvatske autoceste, Zagreb 2001.

12.PRILOZI

12.1. Izvještaj o ispitivanju jednoosne tlačne čvrstoče

17025 HAA 1043

INSTITUT IGH d.d.
Zavod za materijale i konstrukcije
Laboratorij IGH, Geotehnički laboratorij
Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb
Tel. +385 1/61 25 125 (centrala), +385 1/61 25 283 (laboratorij)
Fax. +385 1/61 25 221

www.igh.hr

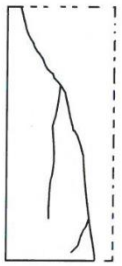
Izvještaj broj: br.2130-J-15 1802

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU
jednoosne tlačne čvrstoće stijene
br.2130-J-15 1802

Radni nalog:	85013379	Laboratorijski broj:	15 1802
Datum uzorkovanja:	Nepoznat	Oznaka ispitnog uzorka:	15 1802-1J
Datum primitka uzorka:	2015-12-15	Datum ispitivanja:	2016-01-05
Sonda:	B-1	Dubina(m):	15,70-16,00
Lokacija:	TUNELI UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		

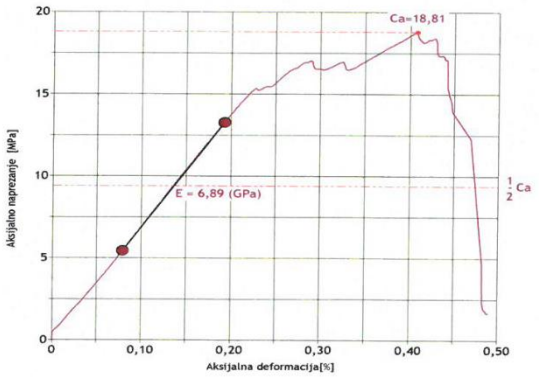
Naručitelj:	VODOVOD I KANALIZACIJA D.O.O.
Uzorkovao:	Na terenu nepoznat, u laboratoriju Siniša Kelemen
Tip stroja za ispitivanje:	ALPHA 1-3000 S
Litološki opis stijene:	
Metoda uzorkovanja:	Bušenje dijamantnim priborom
Skladištenje i čuvanje:	Uzorak zaštićen PVC foliom
Ispitano prema:	ASTM D 7012-10 Metoda C
Tolerancija dimenzija i oblika uzoraka stijena:	Ispitivanja su pokazala da postignuta obrada zadovoljava zahtjeve norme ASTM D 4543-08 DA

Skica ili fotografija uzorka nakon sloma s naznakom elemenata nehomogenosti, anizotropije i sl.:



Mjerilo 1:5

Dijagram: Naprezanje - deformacija



Promjer uzorka(mm):	92,10	Visina uzorka(mm):	218,30
Gustoća(g/cm³):			2,54
Sadržaj vode(%):		Stupanj zasićenosti:	
Trajanje ispitivanja(s):	611,5	Prirast pomaka(mm/min):	0,09
Jed. tlačna čvrstoća Ca(MPa):	18,81	Modul deformabilnosti (GPa):	6,89

Metoda određivanja modula: SREDNJI	Interval aks. napr. za određivanuje modula (MPa)	σ1= 5 MPa	σ2= 13 MPa
Napomena:			

Odgovoran za ispitivanje	Mjesto i datum izrade izvještaja	Voditelj laboratorija
Edin Serdarević ing. grad.	Zagreb, 2016-02-03	dr. sc. Boris Kavur dipl. ing.

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

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

17025 HAA 1043

INSTITUT IGH d.d.
Zavod za materijale i konstrukcije
Laboratorij IGH, Geotehnički laboratorij
Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb
Tel. +385 1/61 25 125 (centrala), +385 1/61 25 283 (laboratorij)
Fax. +385 1/61 25 221

www.igh.hr

Izvještaj broj: br.2130-J-15 1803

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU

jednoosne tlačne čvrstoće stijene

br.2130-J-15 1803

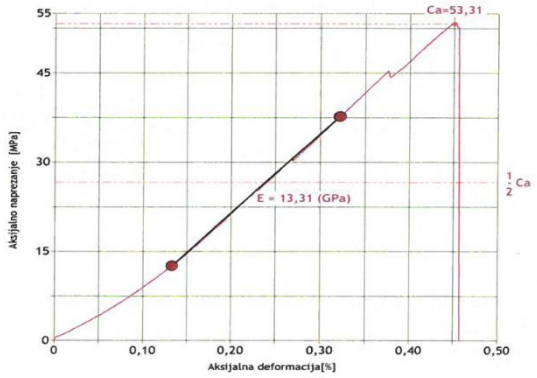
Radni nalog:	85013379	Laboratorijski broj:	15 1803
Datum uzorkovanja:	Nepoznat	Oznaka ispitnog uzorka:	15 1803-1J
Datum primitka uzorka:	2015-12-15	Datum ispitivanja:	2016-01-05
Sonda:	B-1	Dubina(m):	21,70-22,00
Lokacija:	TUNELI UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		

Naručitelj:	VODOVOD I KANALIZACIJA D.O.O.
Uzorkovao:	Na terenu nepoznat, u laboratoriju Siniša Kelemen
Tip stroja za ispitivanje:	ALPHA 1-3000 S
Litološki opis stijene:	
Metoda uzorkovanja:	Bušenje dijamantnim priborom
Skladištenje i čuvanje:	Uzorak zaštićen PVC foliom
Ispitano prema:	ASTM D 7012-10 Metoda C
Tolerancija dimenzija i oblika uzoraka stijena:	Ispitivanja su pokazala da postignuta obrada zadovoljava zahtjeve norme ASTM D 4543-08 DA

Skica ili fotografija uzorka nakon sloma s naznakom elemenata nehomogenosti, anizotropije i sl.:

Mjerilo 1:4

Dijagram: Naprezanje - deformacija



Promjer uzorka(mm):	79,00	Visina uzorka(mm):	186,90
Gustoća(g/cm³):			2,6
Sadržaj vode(%):		Stupanj zasićenosti:	
Trajanje ispitivanja(s):	548,4	Prirast pomaka(mm/min):	0,09
Jed. tlačna čvrstoća Ca(MPa):	53,31	Modul deformabilnosti (GPa):	13,31

Metoda određivanja modula: SREDNJI	Interval aks. napr. za određivanuje modula (MPa)	σ1= 13 MPa	σ2= 38 MPa

Napomena:

Odgovoran za ispitivanje	Mjesto i datum izrade izvještaja	Voditelj laboratorija
Edin Serdarević ing. grad.	Zagreb, 2016-02-03	dr. sc. Boris Kavur dipl. ing.

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

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

17025 HAA 1043

INSTITUT IGH d.d.
Zavod za materijale i konstrukcije
Laboratorij IGH, Geotehnički laboratorij
Janka Rakuše 1, 10000 Zagreb
Tel. +385 1/61 25 125 (centrala), +385 1/61 25 283 (laboratorij)
Fax. +385 1/61 25 221

www.igh.hr

Izvještaj broj: br.2130-J-15 1804

IZVJEŠTAJ O ISPITIVANJU

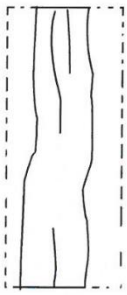
jednoosne tlačne čvrstoće stijene

br.2130-J-15 1804

Radni nalog:	85013379	Laboratorijski broj:	15 1804
Datum uzorkovanja:	Nepoznat	Oznaka ispitnog uzorka:	15 1804-1J
Datum primitka uzorka:	2015-12-15	Datum ispitivanja:	2016-01-05
Sonda:	B-1	Dubina(m):	28,00-28,50
Lokacija:	UREĐAJ ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		

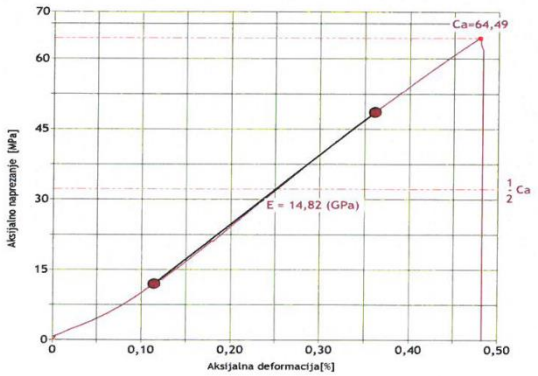
Naručitelj:	VODOVOD I KANALIZACIJA D.O.O.
Uzorkovao:	Na terenu nepoznat, u laboratoriju Siniša Kelemen
Tip stroja za ispitivanje:	ALPHA 1-3000 S
Litološki opis stijene:	
Metoda uzorkovanja:	Bušenje dijamantnim priborom
Skladištenje i čuvanje:	Uzorak zaštićen PVC foliom
Ispitano prema:	ASTM D 7012-10 Metoda C
Tolerancija dimenzija i oblika uzoraka stijena:	Ispitivanja su pokazala da postignuta obrada zadovoljava zahtjeve norme ASTM D 4543-08 DA

Skica ili fotografija uzorka nakon sloma s naznakom elemenata nehomogenosti, anizotropije i sl.:



Mjerilo 1:4

Dijagram: Naprezanje - deformacija



Promjer uzorka(mm):	79,30	Visina uzorka(mm):	192,50
Gustoća(g/cm³):			2,58
Sadržaj vode(%):		Stupanj zasićenosti:	
Trajanje ispitivanja(s):	650,7	Prirast pomaka(mm/min):	0,09
Jed. tlačna čvrstoća Ca(MPa):	64,49	Modul deformabilnosti (GPa):	14,82

Metoda određivanja modula: SREDNJI	Interval aks. napr. za određivanuje modula (MPa)	σ1= 12 MPa	σ2= 49 MPa

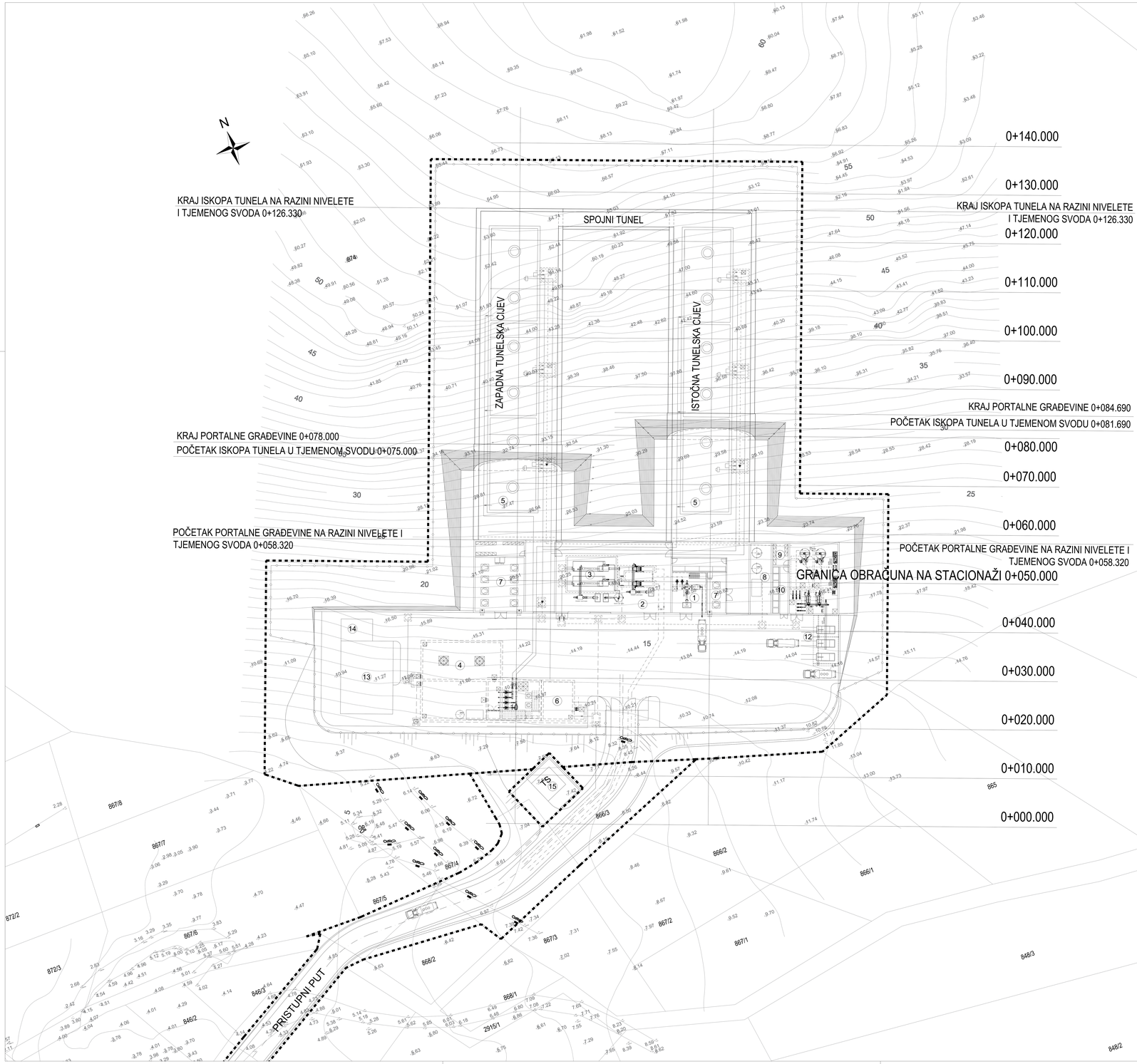
Napomena:

Odgovoran za ispitivanje	Mjesto i datum izrade izvještaja	Voditelj laboratorija
Edin Serdarević ing. građ.	Zagreb, 2016-02-03	dr. sc. Boris Kavur dipl. ing.

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

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

12.2. Nacrti



LEGENDA:

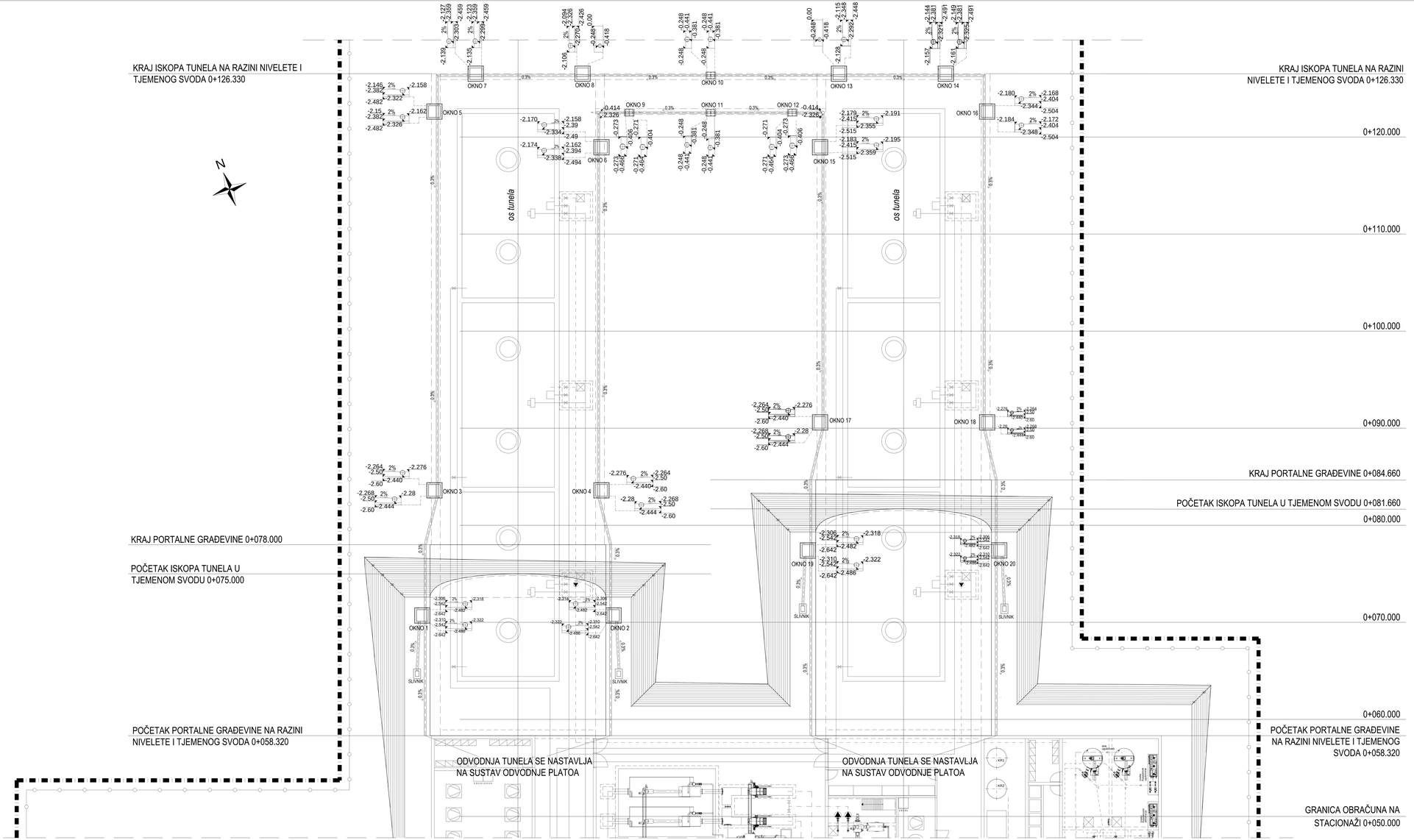
1. Stanica za prihvat sadržaja iz septičkih jama
2. Gruba rešetka
3. Pjeskolov - mastolov
4. Objekt egalizacije
5. Bio-aeracjski spremnik
6. Dozažni bazen
7. Prostor za smještaj puhala
8. Prostor za smještaj kemijskog filtera zraka
9. Elektrosoba
10. Prostorija za kemikalije
11. Obrada mulja
12. Kontenjeri s nadstrešnicom
13. Upravna zgrada
14. Diesel agregat
15. Trafo stanica

SITUACIJA

MJ 1:500

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ		
GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT	
SADRŽAJ PRILOGA: SITUACIJA		
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.	
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:500	BR. PRILOGA: 1

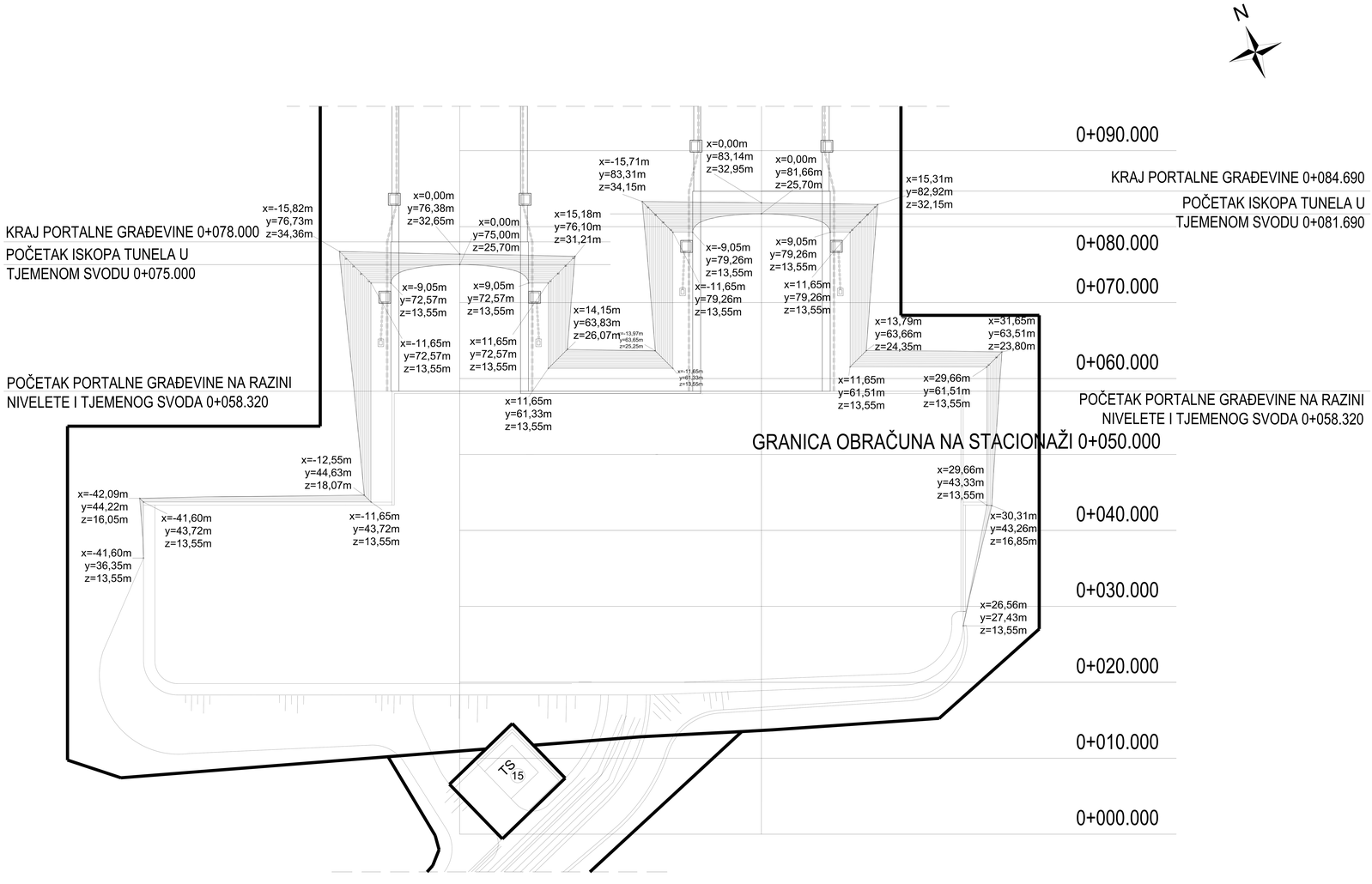


SITUACIJA ODVODNJE

MJ 1:200

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	SITUACIJA ODVODNJE
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:200 BR. PRILOGA: 2



SITUACIJA ISKOPA PREDUSJEKA TUNELA

MJ 1:500

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA
RAZINA RAZRADE:	IDEJNI PROJEKT
VRSTA PROJEKTA:	GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	SITUACIJA ISKOPA PREDUSJEKA TUNELA
STUDENTICA:	LEA GIZDIĆ
MENTOR:	Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ.
KOMENTOR:	Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM:	rujan, 2017.
MJERILO:	1:500
BR. PRILOGA:	3

STACIONAŽA	0+000.00, 0+005.21, 0+010.00, 0+018.33, 0+020.00, 0+030.00, 0+040.00, 0+050.00, 0+058.32, 0+060.00, 0+070.00, 0+075.00, 0+078.00, 0+080.00, 0+090.00, 0+092.00, 0+100.00, 0+110.00, 0+120.00, 0+126.63, 0+130.00
KOTA TERENA	0+007.00, 0+007.29, 0+010.95, 0+008.19, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+008.94, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95, 0+010.95
KOTA NIVELETE	0+007.00, 0+007.29, 0+009.57, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55, 0+013.55
LITOLOŠKI SASTAV	SLOJEVITI VAPNENAČKI PJEŠČENJACI I VAPNENAČKI LAPORI S PROSLOJCIMA LAPORA RQD=75-90%
STRATIGRAFSKA PRIPADNOST	FLIŠNE NASLAGE SREDNJEG DO GORNJEG EOCENA ($E_{2,3}$)
HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE	EOCENSKE FLIŠNE NASLAGE S PUKOTINSKOM, RJEĐE KAVEROZNOM POROZNOSTI. PUKOTINSKA POROZNOST JE ZASTUPLJENA U LAPORIMA, VAPNENAČKIM LAPORIMA, PJEŠČENJACIMA I BREČAMA, A KAVEROZNA U NASLAGAMA VAPNENAČKIH PJEŠČENJAKA I BREČA. TIJEKOM ISKOPA TUNELA OČEKUJE SE PROKAPLJAVANJA, PROCJEĐIVANJA I VLAŽENJA, A U VAPNENAČKIM NASLAGAMA I RELATIVNO VEĆI DOTOCI.
LABORATORIJSKA ISPITIVANJA: γ(kN/m³), c(MPa),φ(°), σ_c/E/D (MPa)	B-1 d=15.7-16.0 m; γ=25.4 kN/m³; σ_c=18.81 MPa; E=6.89 GPa d=21.7-22.0 m; γ=26.0 kN/m³; σ_c=53.31 MPa; E=13.31 GPa d=28.0-28.5 m; γ=25.8 kN/m³; σ_c=64.49 MPa; E=14.82 GPa
BROJ BODOVA (RMR) I KATEGORIJA PO RMR SUSTAVU	31 V. ktg. / 35 IV. ktg.
KVALITETA STIJENSKE MASE Q I KTG. PODGRADE PO Q-SUSTAVU (tj.sv./zid.)	0.161 32/32 / 1.424 23/23
ODABRANI TIP PODGRADNOG SUSTAVA	TIP 5 / TIP 4

PROGNOZNI UZDUŽNI GEOTEHNIČKI PRESJEK PO OSI ZAPADNE CIJEVI

MJ 1:500

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

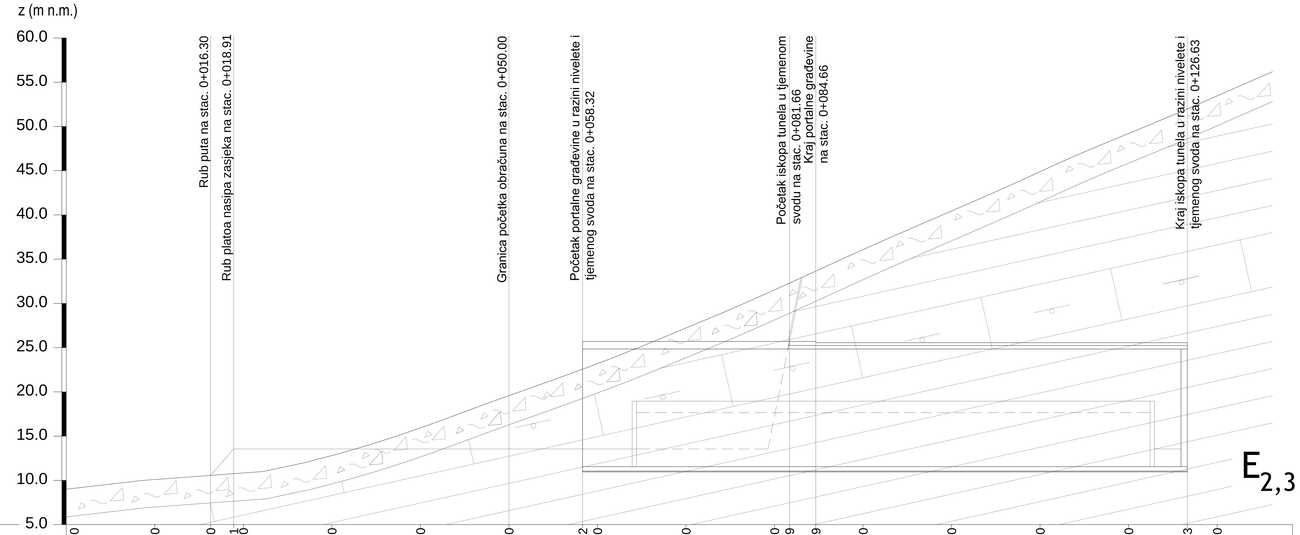
GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

SADRŽAJ PRILOGA: PROGNOZNI UZDUŽNI GEOTEHNIČKI PRESJEK PO OSI ZAPADNE CIJEVI

STUDENTICA: LEA GIZDIĆ
MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ.
KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.

DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:500 | BR. PRILOGA: 4



STACIONAŽA	0+000.00	0+009.01	0+010.00	0+010.10	0+016.30	0+010.56	0+018.91	0+010.95	0+020.00	0+013.55	0+030.00	0+010.95	0+040.00	0+010.95	0+050.00	0+010.95	0+058.32	0+010.95	0+060.00	0+013.55	0+070.00	0+010.95	0+080.00	0+010.95	0+081.69	0+013.55	0+084.69	0+010.95	0+090.00	0+013.55	0+100.00	0+010.95	0+110.00	0+013.55	0+120.00	0+010.95	0+126.63	0+013.55	0+130.00	0+010.95
KOTA TERENA	0+009.01	0+010.10	0+010.56	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95	0+013.55	0+010.95
KOTA NIVELETE	0+009.01	0+010.10	0+010.56	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55	0+013.55

LITOLOŠKI SASTAV	SLOJEVITI VAPNENAČKI PJEŠČENJACI I VAPNENAČKI LAPORI S PROSLOJCIMA LAPORA RQD=75-90%		
STRATIGRAFSKA PRIPADNOST	FLIŠNE NASLAGE SREDNJEG DO GORNJEG EOCENA ($E_{2,3}$)		
HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE	EOCENSKE FLIŠNE NASLAGE S PUKOTINSKOM, RJEDE KAVEROZNOM POROZNOSTI. PUKOTINSKA POROZNOST JE ZASTUPLJENA U LAPORIMA, VAPNENAČKIM LAPORIMA, PJEŠČENJACIMA I BREČAMA, A KAVEROZNA U NASLAGAMA VAPNENAČKIH PJEŠČENJAKA I BREČA. TIJEKOM ISKOPA TUNELA OČEKUJE SE PROKAPLJAVANJA, PROCJEĐIVANJA I VLAŽENJA, A U VAPNENAČKIM NASLAGAMA I RELATIVNO VEĆI DOTOCI.		
LABORATORIJSKA ISPITIVANJA: γ(kN/m³), c(MPa),φ(°), σ_c/E/D (MPa)	B-1		
	d=15.7-16.0 m γ=25.4 kN/m³ σ_c=18.81 MPa E=6.89 GPa	d=21.7-22.0 m γ=26.0 kN/m³ σ_c=53.31 MPa E=13.31 GPa	d=28.0-28.5 m γ=25.8 kN/m³ σ_c=64.49 MPa E=14.82 GPa
BROJ BODOVA (RMR) I KATEGORIJA PO RMR SUSTAVU	31 V. ktg.	35 IV. ktg.	
KVALITETA STIJENSKE MASE Q I KTG. PODGRADE PO Q-SUSTAVU (tj.sv./zid.)	0.161 32/32	1.424 23/23	
ODABRANI TIP PODGRADNOG SUSTAVA	TIP 5	TIP 4	

PROGNOZNI UZDUŽNI GEOTEHNIČKI PRESJEK
PO OSI ISTOČNE CIJEVI
MJ 1:500

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

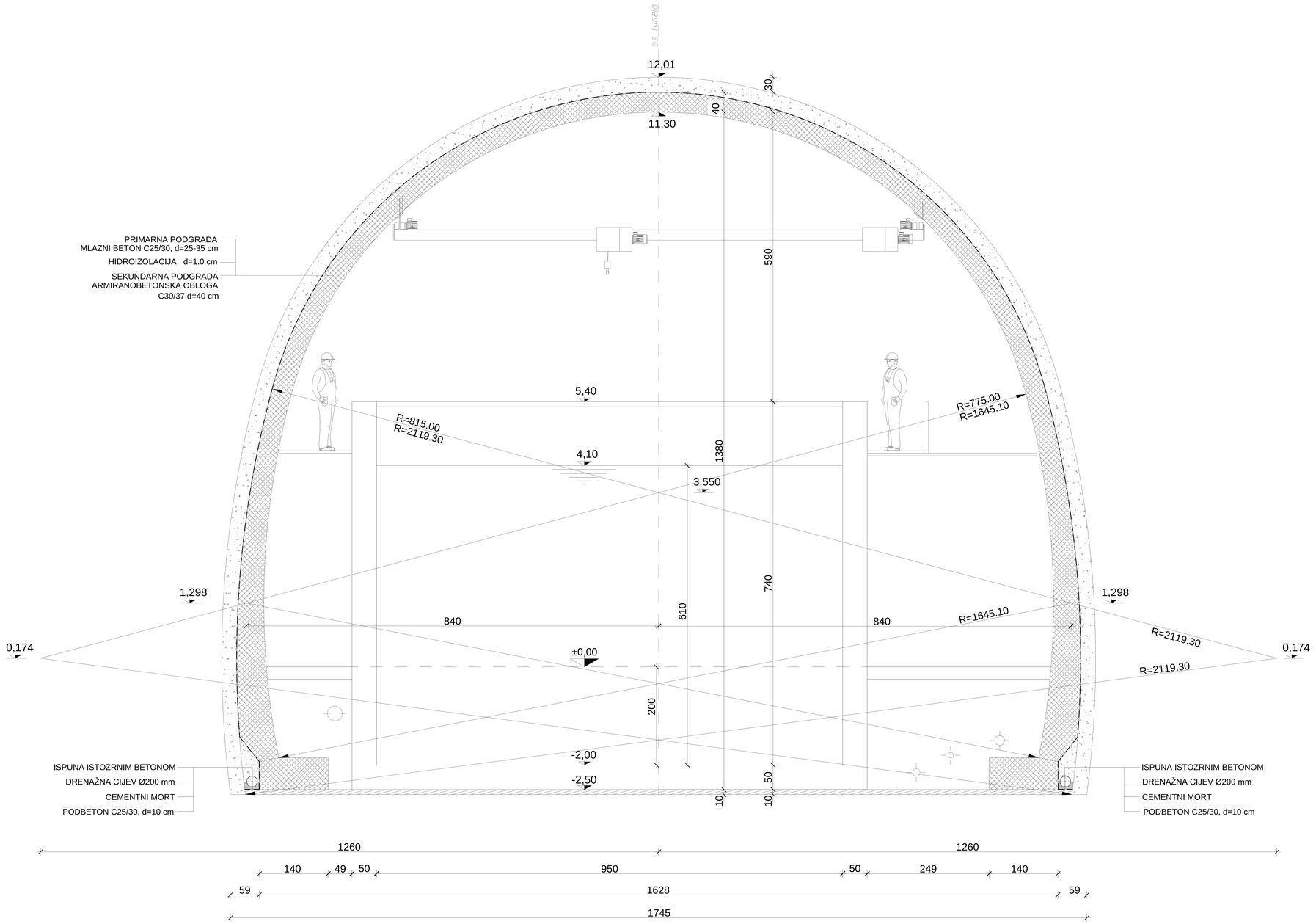
GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

SADRŽAJ PRILOGA: PROGNOZNI UZDUŽNI GEOTEHNIČKI PRESJEK PO OSI ISTOČNE CIJEVI

STUDENTICA: LEA GIZDIĆ
MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ.
KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.

DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:500 | BR. PRILOGA: 5

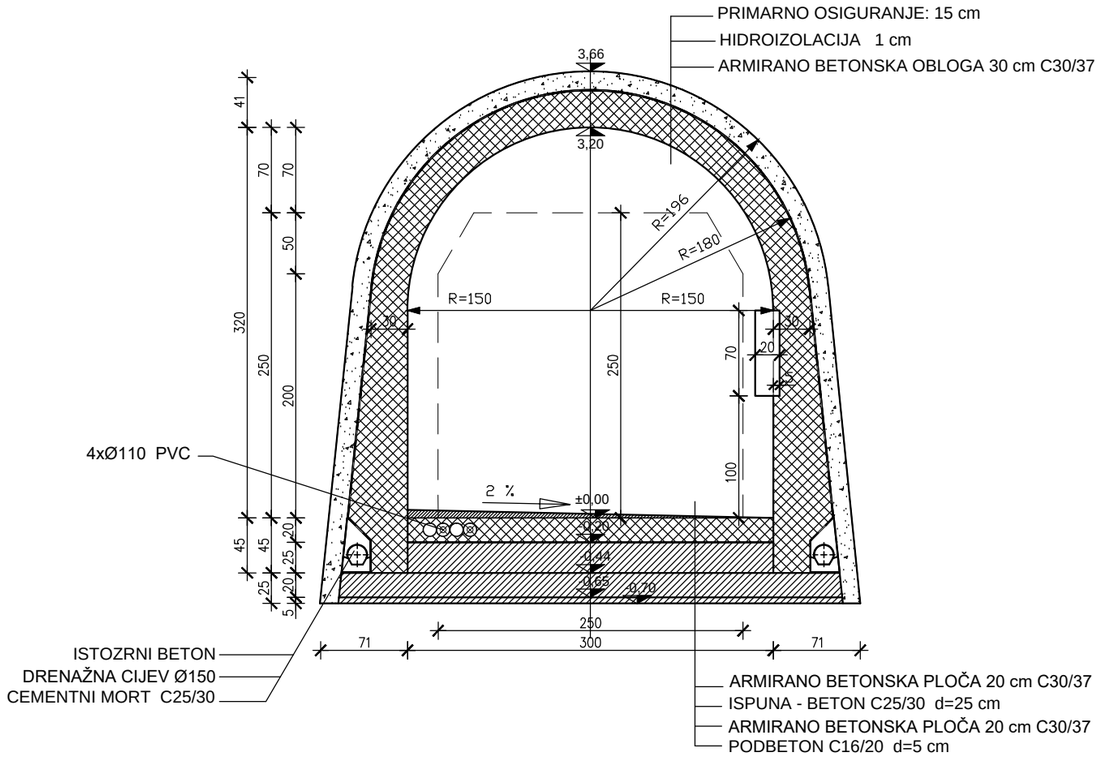


NORMALNI POPREČNI PRESJEK ZAPADNE I ISTOČNE TUNELSKE CIJEVI

MJ 1:50

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	NORMALNI POPREČNI PRESJEK ZAPADNE I ISTOČNE TUNELSKE CIJEVI
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:50 — BR. PRILOGA: 6



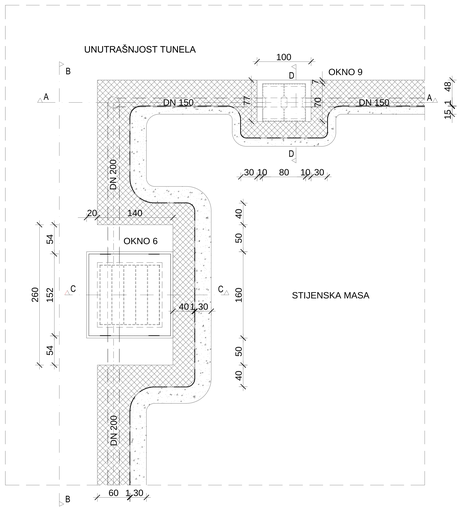
NORMALNI POPREČNI PRESJEK SPOJNOG TUNELA

MJ 1:50

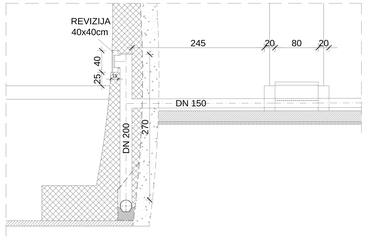
SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ		
GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT	
SADRŽAJ PRILOGA: NORMALNI POPREČNI PRESJEK SPOJNOG TUNELA		
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.	
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:50	BR. PRILOGA: 7

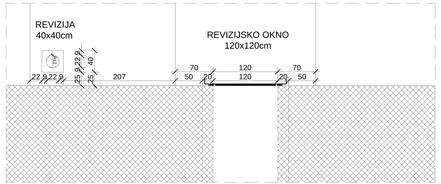
TLOCRTNI PRIKAZ



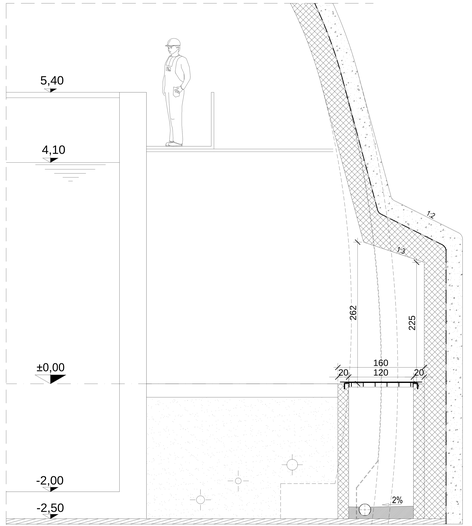
PRESJEK A-A



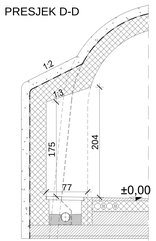
PRESJEK B-B



PRESJEK C-C



PRESJEK D-D



DETALJ REVIZIJSKIH OKANA 6 I 9

MJ 1:50

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

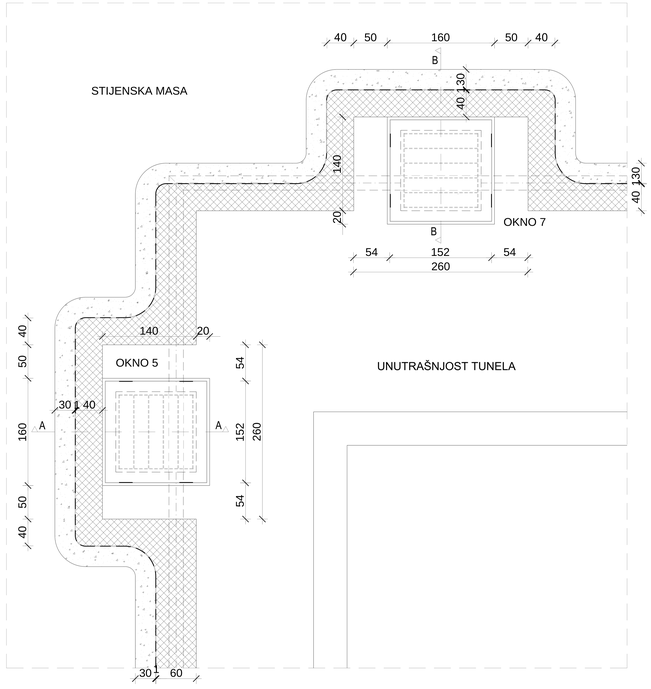
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

SADRŽAJ PRILOGA: DETALJ REVIZIJSKIH OKANA 6 I 9

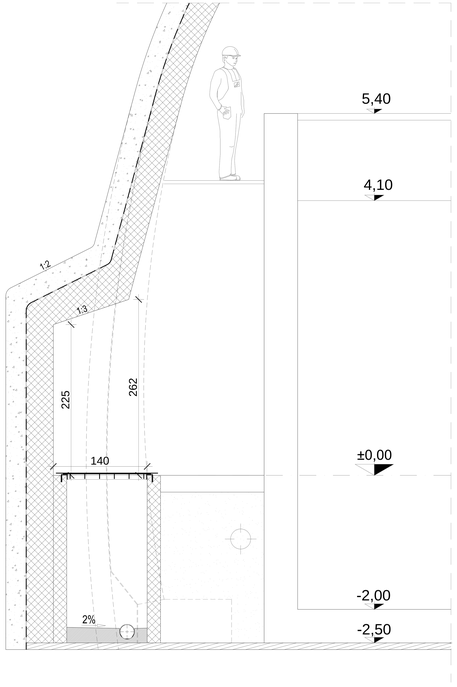
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ
MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. grad.
KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. grad.

DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:50 | BR. PRILOGA: 8

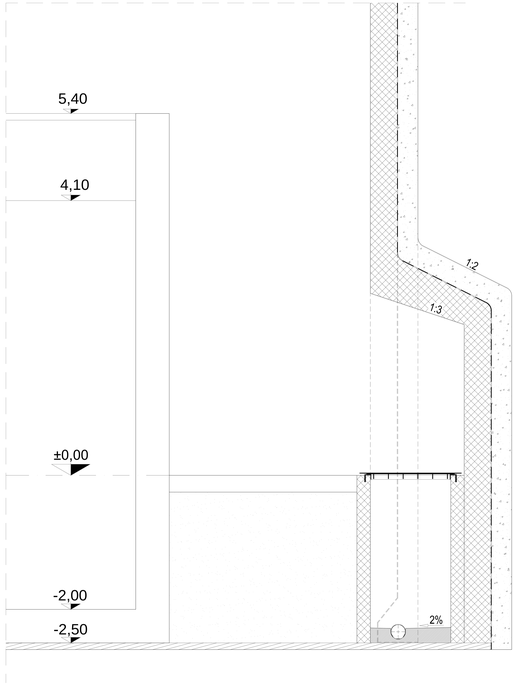
TLOCRTNI PRIKAZ



PRESJEK A-A



PRESJEK B-B



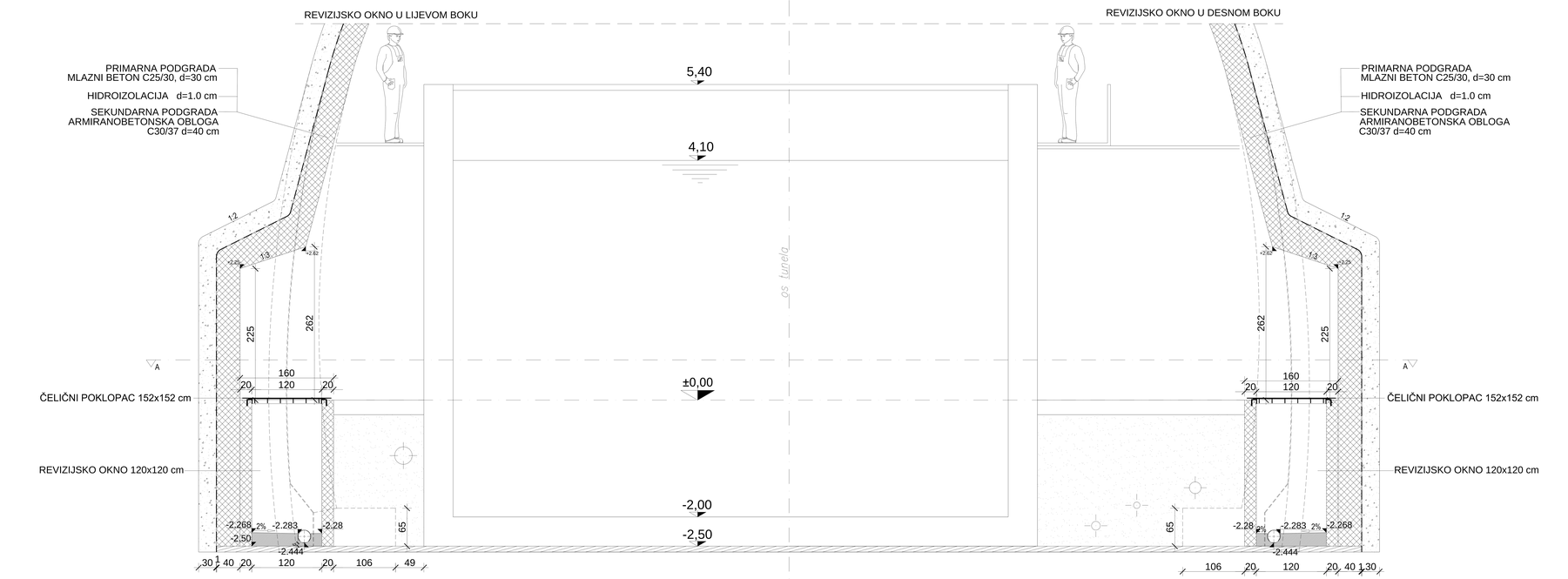
DETALJ REVIZIJSKIH OKANA 5 I 7

MJ 1:50

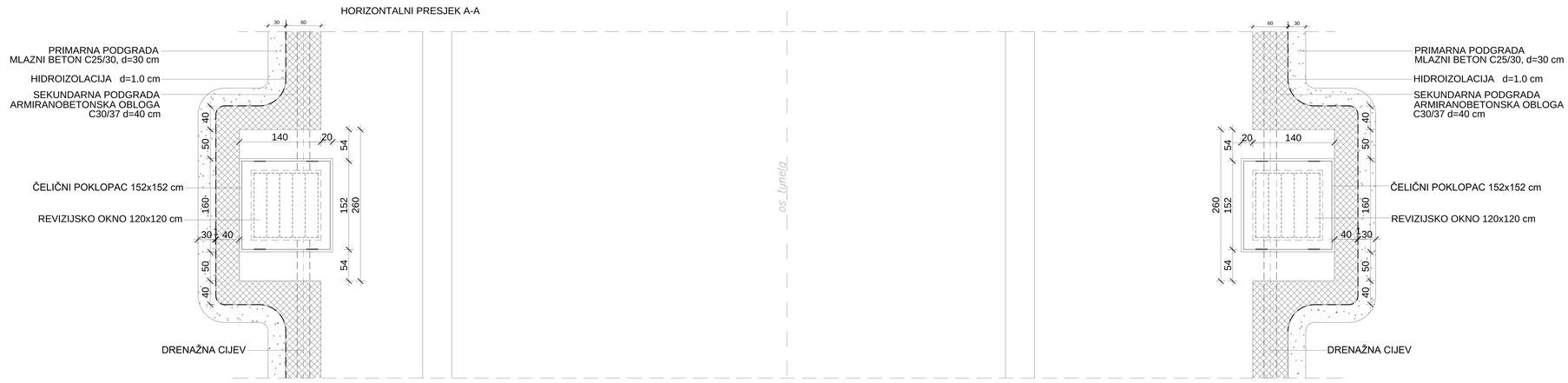
SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	DETALJ REVIZIJSKIH OKANA 5 I 7
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:50 — BR. PRILOGA: 9

VERTIKALNI PRESJEK U OSI NIŠA REVIZIJSKIH OKANA



HORIZONTALNI PRESJEK A-A



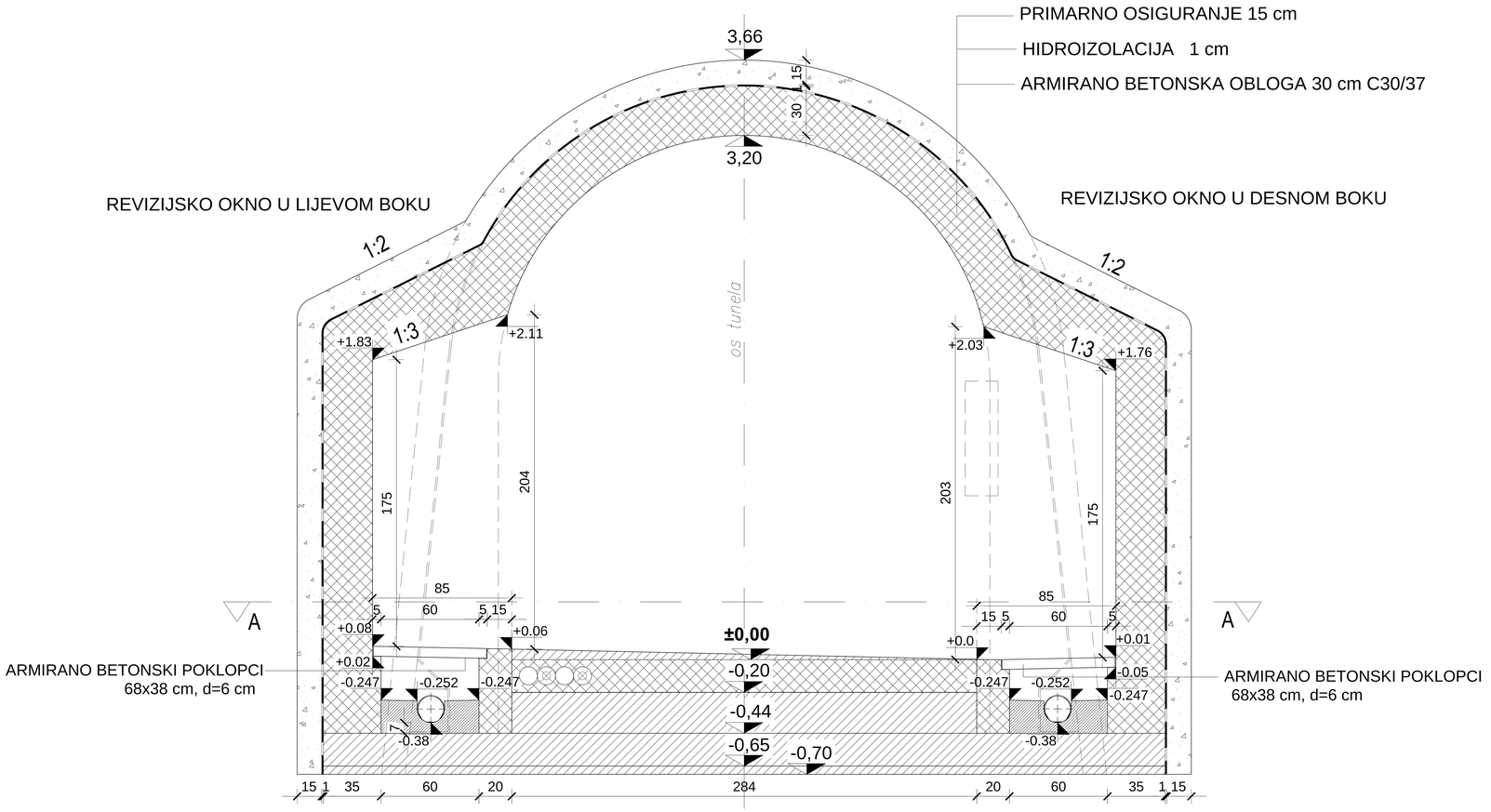
DETALJ REVIZIJSKIH OKANA U ZAPADNOJ I ISTOČNOJ TUNELSKOJ CIJEVI

MJ 1:50

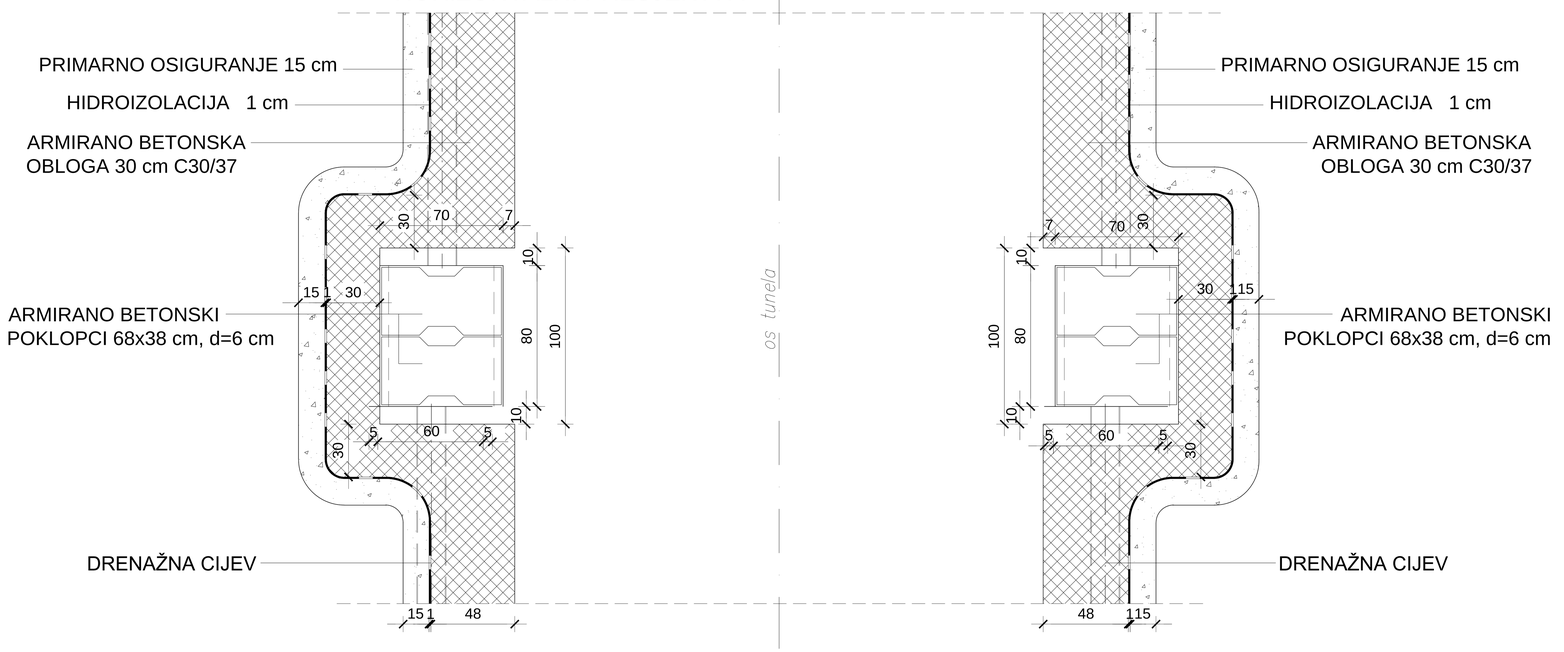
SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ		
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		
RAZINA RAZRADE:	IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA:	GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	DETALJ REVIZIJSKIH OKANA U ZAPADNOJ I ISTOČNOJ TUN. CIJEVI		
STUDENTICA:	LEA GIZDIĆ	MENTOR:	Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ.
		KOMENTOR:	Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM:	rujan, 2017.	MJERILO:	1:50
		BR. PRILOGA:	10

VERTIKALNI PRESJEK U OSI NIŠA REVIZIJSKIH OKANA



HORIZONTALNI PRESJEK A-A

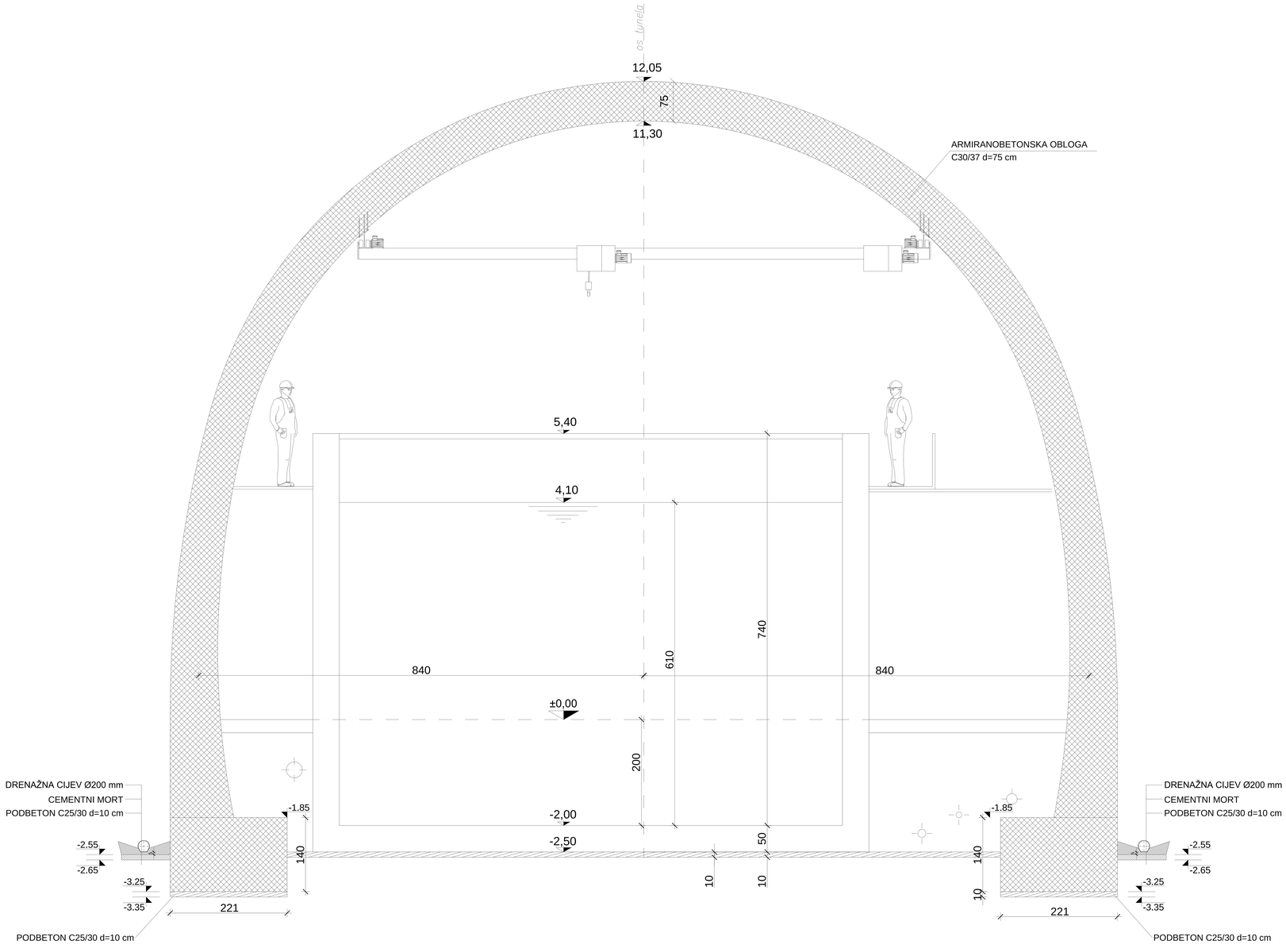


DETALJ REVIZIJSKIH OKANA U SPOJNOM TUNELU

MJ 1:25

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	DETALJ REVIZIJSKIH OKANA U SPOJNOM TUNELU
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:25 — BR. PRILOGA: 11

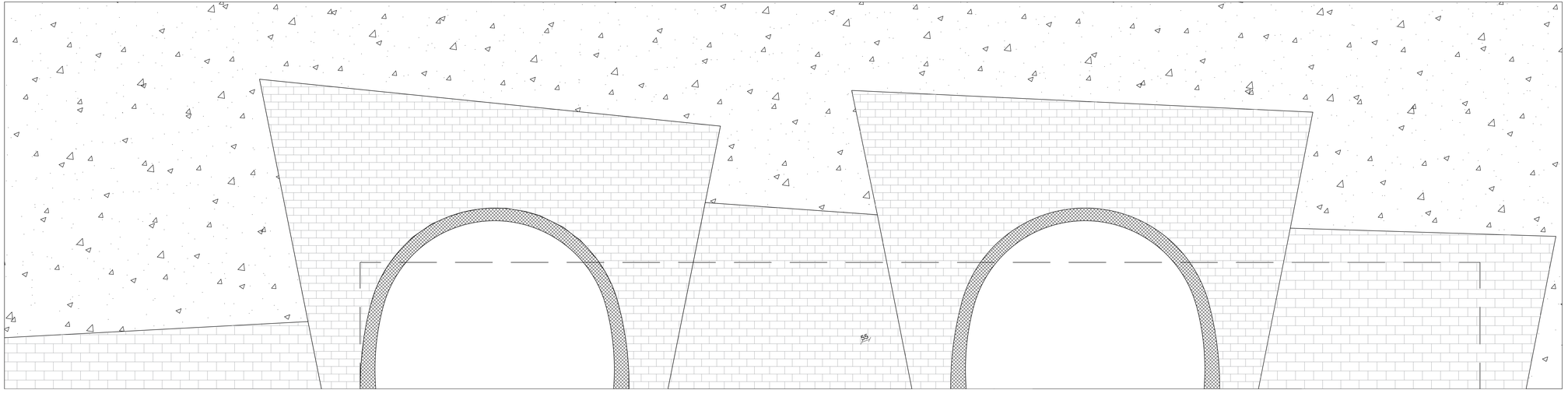


NORMALNI POPREČNI PRESJEK ZAPADNE I ISTOČNE PORTALNE GRAĐEVINE

MJ 1:50

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	NORMALNI POPREČNI PRESJEK ZAPADNE I ISTOČNE PORTALNE GRAĐ.
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:50 / BR. PRILOGA: 12



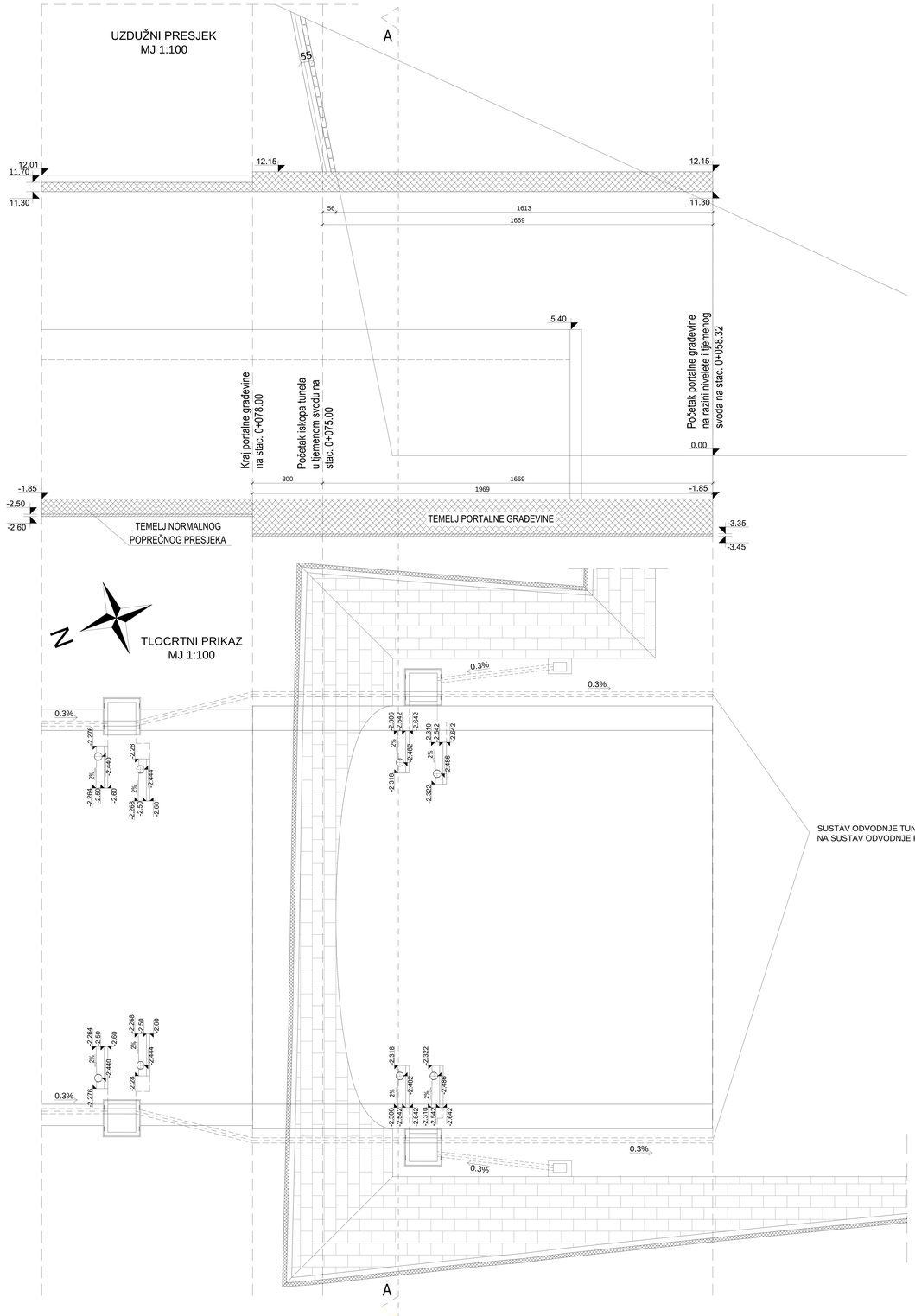
PROČELJE ZAPADNE I ISTOČNE TUNELSKE CIJEVI

MJ 1:100

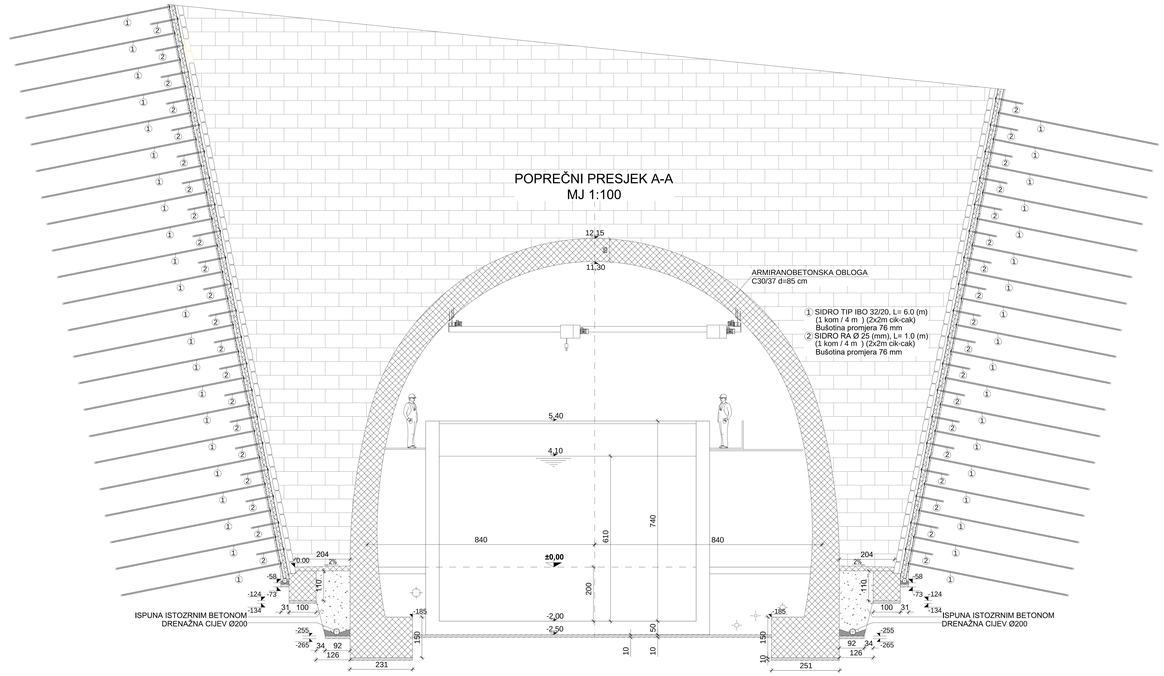
SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ		
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		
RAZINA RAZRADE:	IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA:	GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	PROČELJE ZAPADNE I ISTOČNE TUNELSKE CIJEVI		
STUDENTICA:	LEA GIZDIĆ	MENTOR:	Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. grad.
		KOMENTOR:	Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. grad.
DATUM:	rujan, 2017.	MJERILO:	1:100
		BR. PRILOGA:	13

UZDUŽNI PRESJEK
MJ 1:100



POPREČNI PRESJEK A-A
MJ 1:100



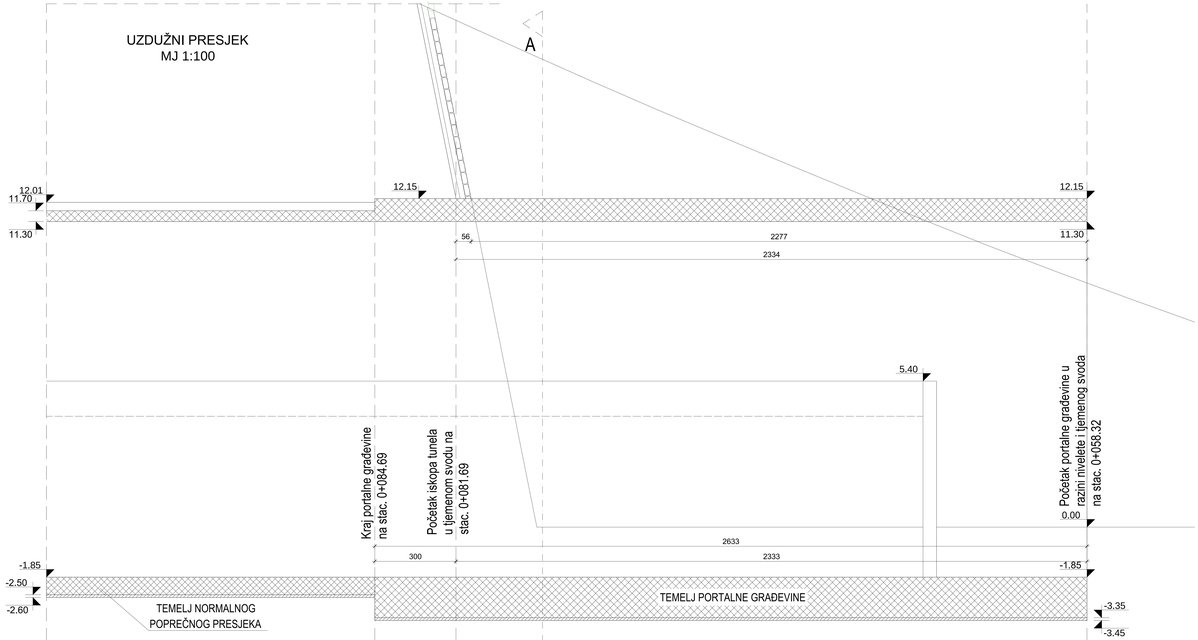
PORTALNA GRAĐEVINA ZAPADNE TUNELSKE CIJEVI

MJ 1:100

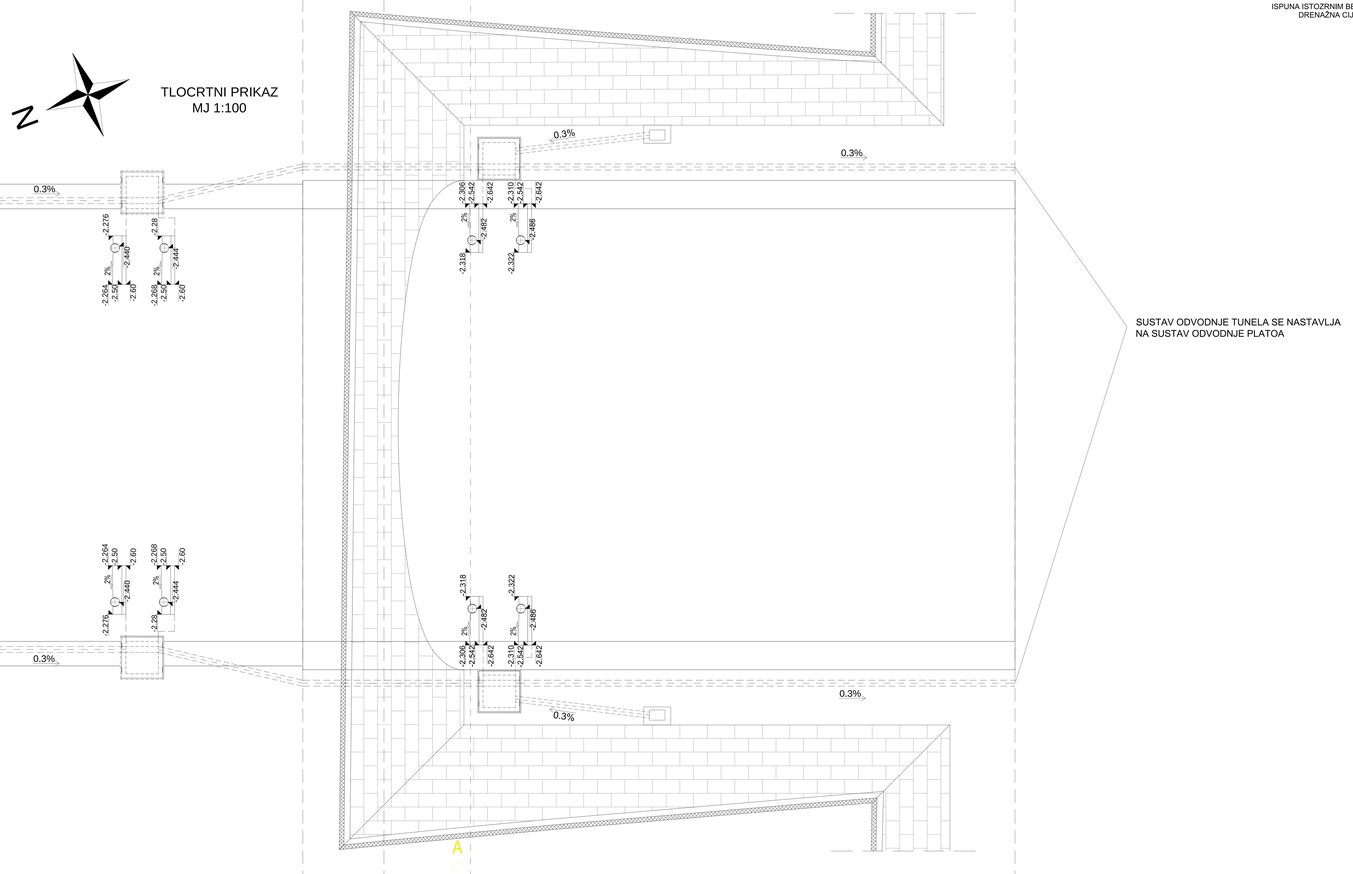
SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ		
GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT	
SADRŽAJ PRILOGA: PORTALNA GRAĐEVINA ZAPADNE TUNELSKE CIJEVI		
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.	
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:100	BR. PRILOGA: 14

UZDUŽNI PRESJEK
MJ 1:100

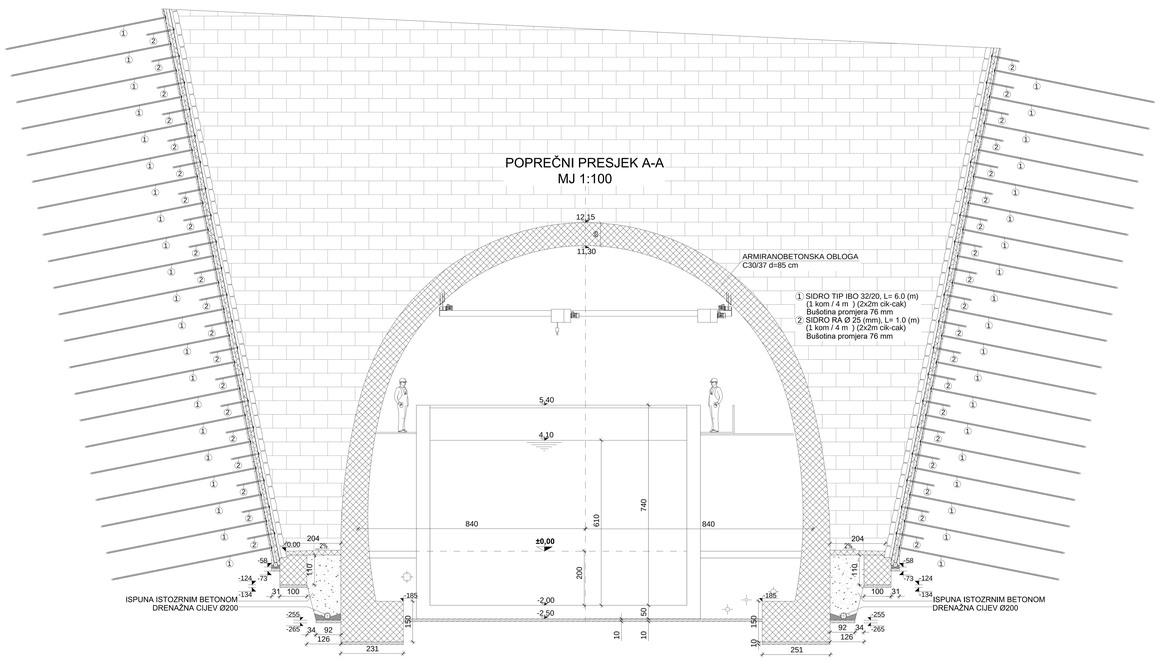


TLOCRTNI PRIKAZ
MJ 1:100



SUSTAV ODVODNJE TUNELA SE NASTAVLJA NA SUSTAV ODVODNJE PLATOA

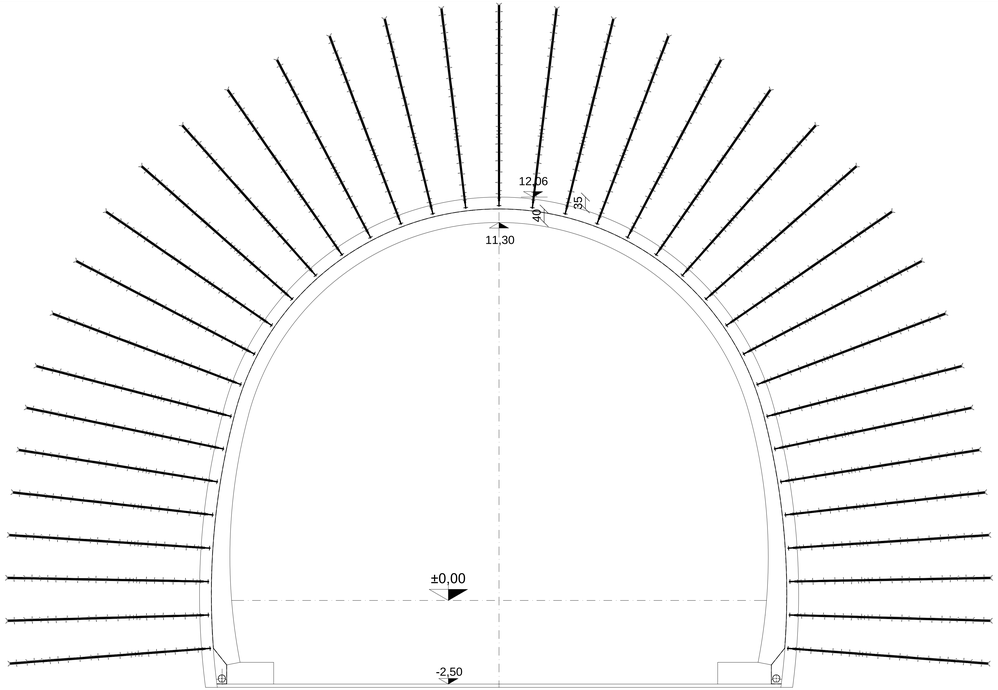
POPREČNI PRESJEK A-A
MJ 1:100



PORTALNA GRAĐEVINA ISTOČNE TUNELSKE CIJEVI
MJ 1:100

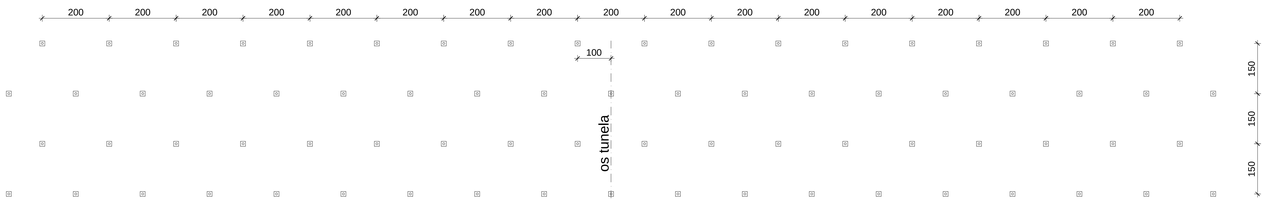
SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ		
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		
RAZINA RAZRADE:	IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA:	GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	PORTALNA GRAĐEVINA ISTOČNE TUNELSKE CIJEVI		
STUDENTICA:	LEA GIZDIĆ	MENTOR:	Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ.
		KOMENTOR:	Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM:	rujan, 2017.	MJERILO:	1:100
		BR. PRILOGA:	15



RAZVIJENI PRESJEK ČELIČNIH ADHEZIJSKIH SIDARA

Mj. 1:100

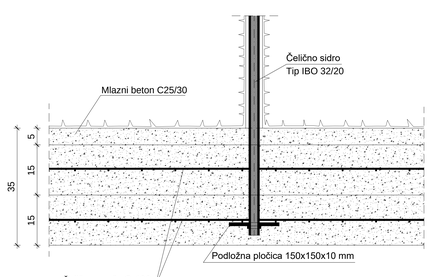


ISKAZ KOLIČINA ZA PODGRADNI SUSTAV TIP 4

VOLUMEN ISKOPA TUNELA	223.23 m^3/m'
POVRŠINA MLAZNOG BETONA U PRIMARNOM PODGRADNOM SUSTAVU. MLAZNI BETON KLASE C25/30, d=35 cm	38.58 m^2/m'
BETONSKA PODNA PLOČA, BETON KLASE C25/30, d=10 (cm)	1.69 m^3/m'
SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA BEZ TEMELJA BETON KLASE C30/37, d=40 cm	16.00 m^3/m'
TEMELJI SEKUNDARNE BETONSKE OBLOGE, BETON KLASE C30/37, d=65 cm	2.05 m^3/m'
ČELIČNA MREŽA 2xQ-196, žica d=5 mm, okna 100*100 mm, preklop min. 30 cm za armiranje mlaznog betona, 3.07 kg/m^2. (38.36+38.83)x3.07	236.97 kg/m'
ČELIČNA ADHEZIJSKA SIDRA TIP IBO 32/20, DUŽINE 6 m, na razmaku 2x1,5 m	12.33 kom/m'
ŠIPKE REBRASTOG ČELIKA Ø22 mm, ZA POPREČNO ARMIRANJE SEK. BET. OBLOGE U DVA SLOJA, 2.984 kg/m' ŠIPKE. 4 ŠIPKE NA 1 m'.	490.88 kg/m'
REBRASTA ARMATURA ZA ARMIRANJE TEMELJA SEKUNDARNE BET. OBLOGE.	150.02 kg/m'
MREŽASTA ARMATURA R-503 ZA ARMIRANJE SEK.BETONSKE OBLOGE (4.89 kg/m^2)	426.01kg/m'
HIDROIZOLACIJA	38.66 m^2/m'

PRESJEK KROZ MLAZNI BETON I ČELIČNO SIDRO

Mj. 1:10

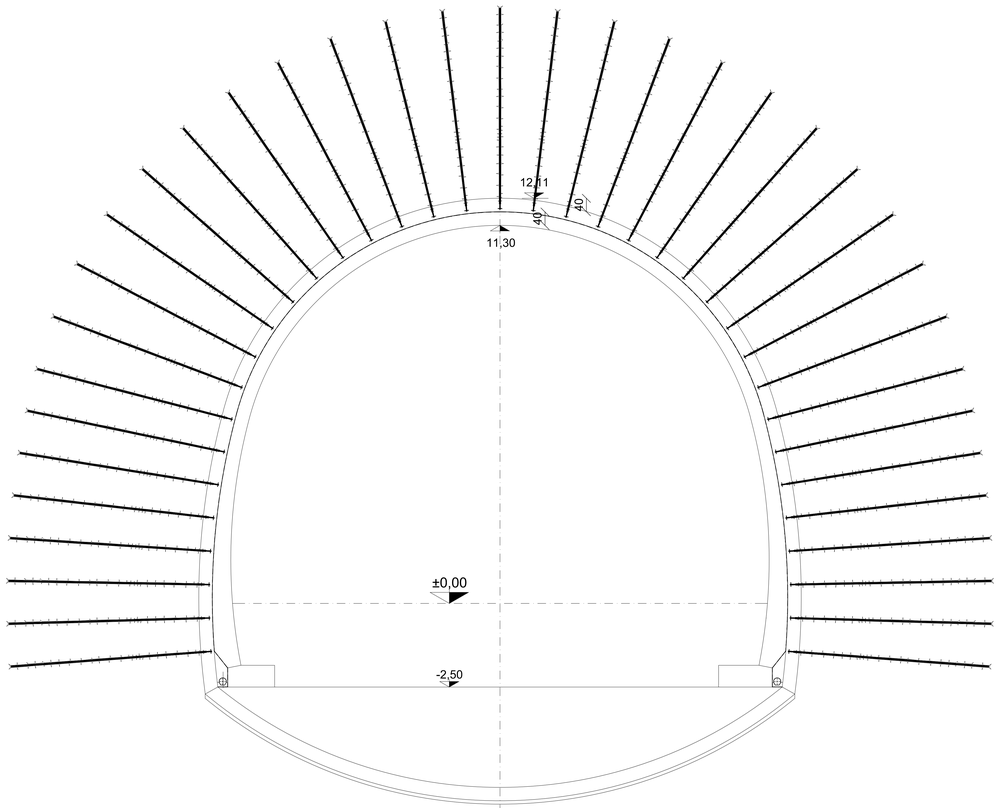


PODGRADNI SUSTAV TIP 4 ZA IV. KTG. STIJENSKE MASE

MJ 1:100

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ		
GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA		
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT	
SADRŽAJ PRILOGA: PODGRADNI SUSTAV TIP 4 ZA 4. KTG. STIJENSKE MASE		
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.	
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:100	BR. PRILOGA: 16

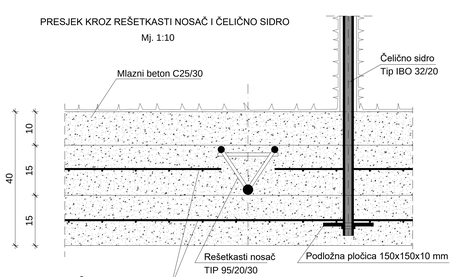


ISKAZ KOLIČINA ZA PODGRADNI SUSTAV TIP 5

VOLUMEN ISKOPA TUNELA	267.48 m^3/m'
POVRŠINA MLAZNOG BETONA U PRIMARNOM PODGRADNOM SUSTAVU. MLAZNI BETON KLASE C25/30, d=40 cm	38.67 m^2/m'
POVRŠINA PODBETONA PODNOŽNOG SVODA. MLAZNI BETON KLASE C25/30, d=10 cm	19.11 m^2/m'
POVRŠINA MLAZNOG BETONA PODNOŽNOG SVODA. MLAZNI BETON KLASE C25/30, d=40 cm	18.69 m^2/m'
VOLUMEN BETONA ISPUNE PROSTORA IZNAD PODNOŽNOG SVODA. BETON KLASE C25/30	34.58 m^3/m'
SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA BEZ TEMELJA BETON KLASE C30/37, d=40 cm	16.00 m^3/m'
TEMELJI SEKUNDARNE BETONSKE OBLOGE, BETON KLASE C30/37, d=65 cm	2.05 m^3/m'
ČELIČNA MREŽA 2xQ-196, žica d=5 mm, okna 100*100 mm, preklop min. 30 cm za armiranje mlaznog betona, 3.07 kg/m^2. (38.36+38.83)x3.07	236.97 kg/m'
ČELIČNA ADHEZIJSKA SIDRA TIP IBO 32/20, DUŽINE 6 m, na razmaku 2x1,0 m	18.50 kom/m'
ŠIPKE REBRASTOG ČELIKA Ø22 mm, ZA POPREČNO ARMIRANJE SEK. BET. OBLOGE U DVA SLOJA, 2.984 kg/m' ŠIPKE. 4 ŠIPKE NA 1 m'.	490.88 kg/m'
REBRASTA ARMATURA ZA ARMIRANJE TEMELJA SEKUNDARNE BET. OBLOGE.	150.02 kg/m'
MREŽASTA ARMATURA R-503 ZA ARMIRANJE SEK.BETONSKE OBLOGE (4.89 kg/m^2)	426.01kg/m'
ČELIČNA MREŽA 2xQ-335, žica d=8 mm, okna 150*150 mm, preklop min. 30 cm za armiranje mlaznog betona podnožnog svoda, 5.45 kg/m^2. (18.37+19.02)x5.45	203.78 kg/m'
MREŽASTA ARMATURA R-503 ZA ARMIRANJE SEK.BETONSKE OBLOGE (4.89 kg/m^2)	426.01 kg/m'
ČELIČNI REŠETKASTI LUČNI NOSAČI TIP 95/20/30	120.32 kg/m'
HIDROIZOLACIJA	38.66 m^2/m'

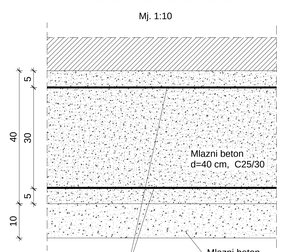
PRESJEK KROZ REŠETKASTI NOSAČ I ČELIČNO SIDRO

Mj. 1:10



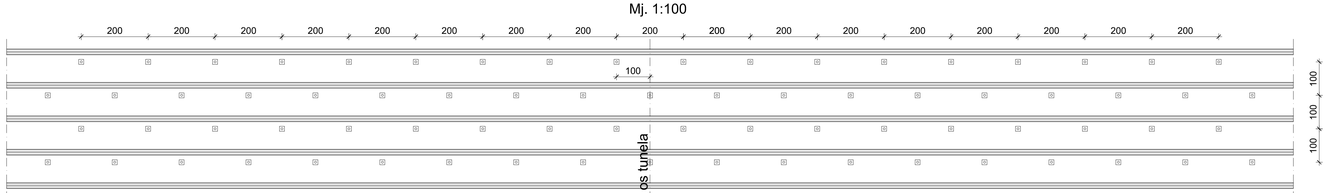
PRESJEK KROZ PODNOŽNI SVOD

Mj. 1:10



RAZVIJENI PRESJEK ČELIČNIH ADHEZIJSKIH SIDARA

Mj. 1:100



PODGRADNI SUSTAV TIP 5 ZA V. KTG. STIJENSKE MASE

MJ 1:100

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

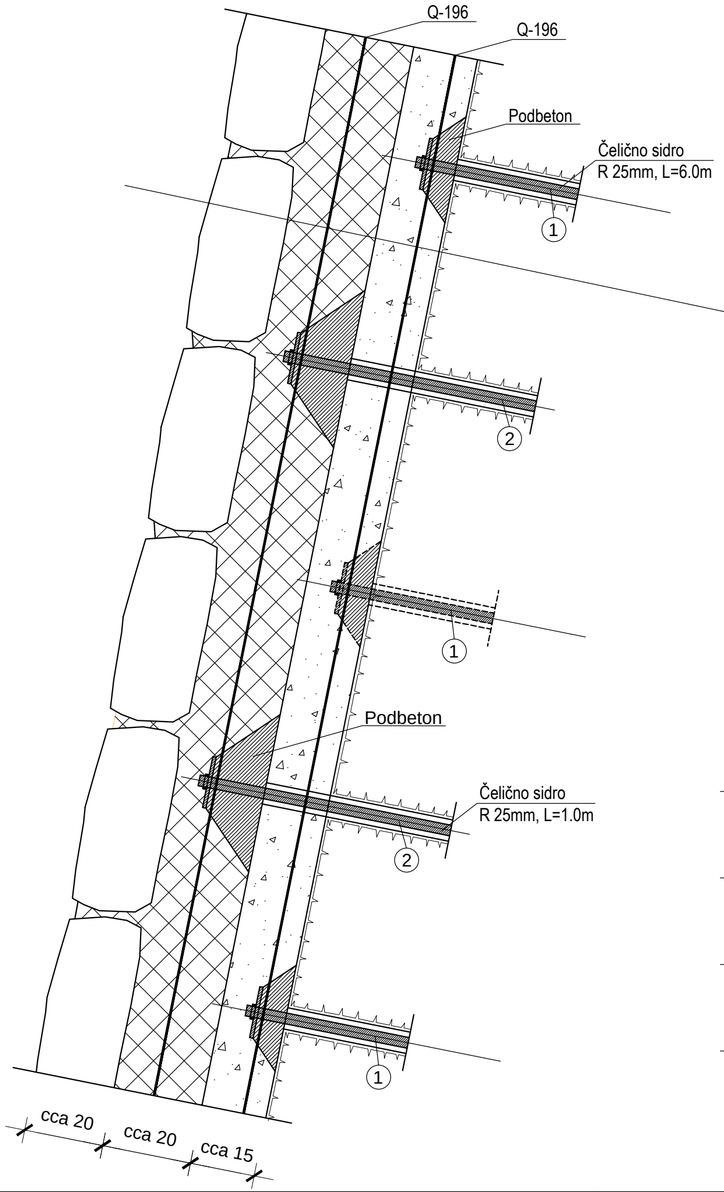
GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

SADRŽAJ PRILOGA: PODGRADNI SUSTAV TIP 5 ZA V. KTG. STIJENSKE MASE

STUDENTICA: LEA GIZDIĆ
MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ.
KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.

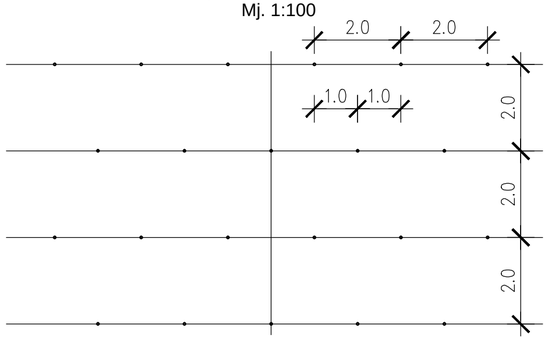
DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:100 | BR. PRILOGA: 17



-kamena obloga od grubo lomljenog kamena, debljine cca 20cm
-beton MB-30, armiran mrežom Q-196, debljine cca 20cm
-obloga od mlaznog betona, armirana mrežom Q-196, debljine 15cm

1. SIDRO TIP IBO 32/20, L= 6.0 (m)
   (1 kom / 4 m) (2x2m cik-cak)
   bušotina promjera 76 mm
2. SIDRO RA Ø 25 (mm), L= 1.0 (m)
   (1 kom / 4 m) (2x2m cik-cak)
   bušotina promjera 76 mm

POPREČNI PRESJEK
Mj. 1:100

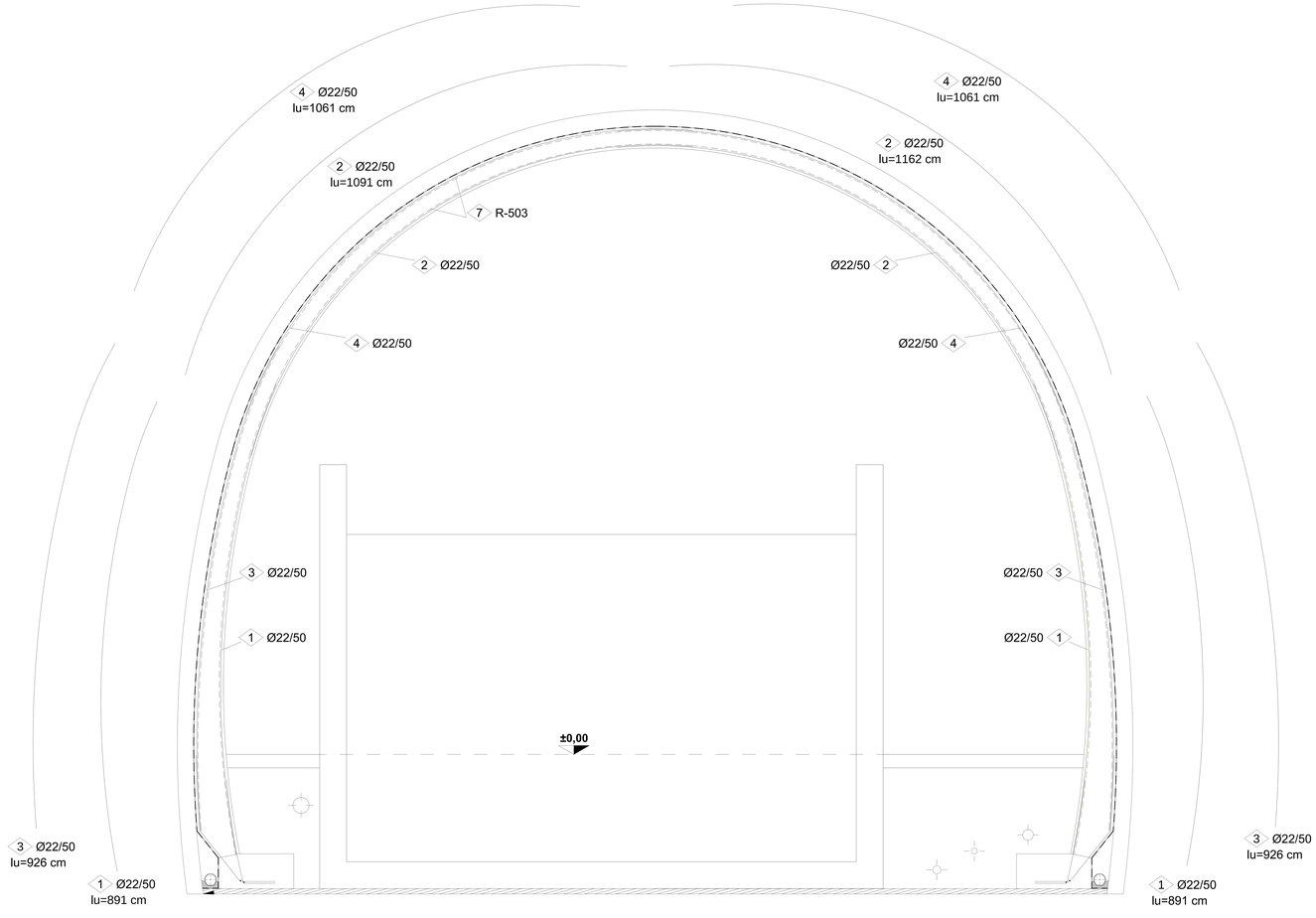


KAMENA OBLOGA PREDUSJEKA

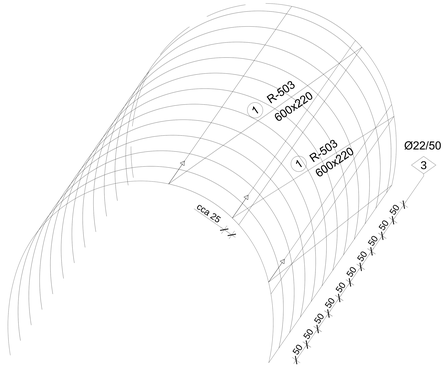
MJ 1:10

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD:	IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ
GRAĐEVINA:	PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT	VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT
SADRŽAJ PRILOGA:	KAMENA OBLOGA PREDUSJEKA
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ	MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.
DATUM: rujan, 2017.	MJERILO: 1:10 — BR. PRILOGA: 18



UZDUŽNO POSTAVLJANJE ARMATURE (skica)



SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA						
ISKAZ ŠIPKASTE REBRASTE ARMATURE ZA 1 m' TUNELA						
poz.	profil šipke	oblik	ukupna duljina (cm)	broj komada	masa (kg/m')	ukupna masa (kg)
1	Ø22/50	141 / 750 / 1080	891	4	3.092	110.20
2	Ø22/50	1091	1091	4	3.092	134.93
3	Ø22/50	250 / 713 / 1114	926	4	3.092	114.53
4	Ø22/50	1061	1061	4	3.092	131.22
		UKUPNO SEK.OBLOGA ZA 1 m' TUNELA				490.88

SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA						
ISKAZ MREŽASTE ARMATURE ZA 1 m' TUNELA						
poz.	profil šipke	oblik	ukupna duljina (cm)	broj komada	masa (kg/m^2)	ukupna masa (kg)
7	R-503	220 / 600	110x220	36	4.89	426.01
		UKUPNO SEK.OBLOGA ZA 1 m' TUNELA				426.01

ARMATURNI PLAN SEKUNDARNE BETONSKE OBLOGE U TUNELU (BEZ TEMELJA)

MJ 1:50

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

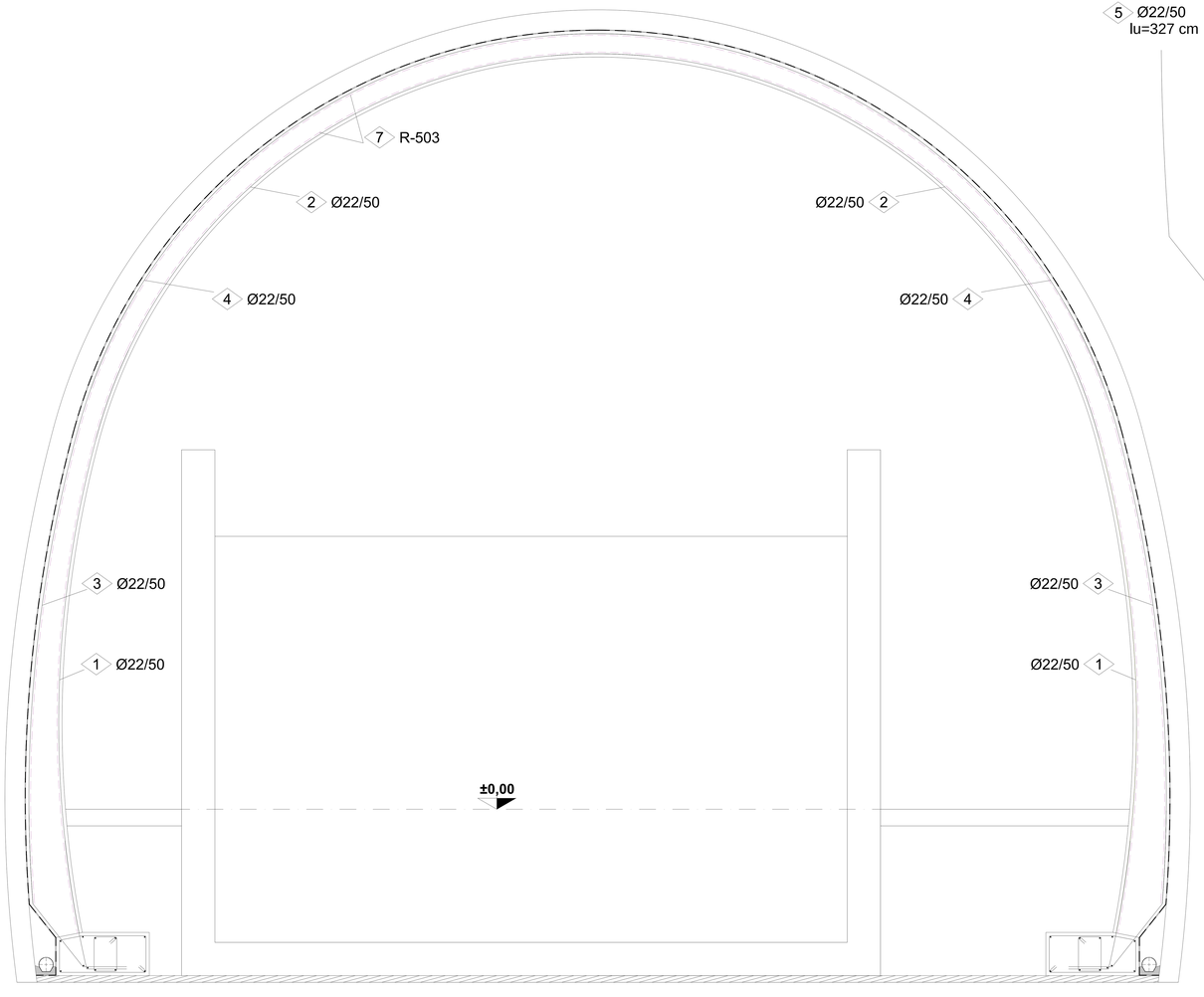
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

SADRŽAJ PRILOGA: ARMATURNI PLAN SEK.BETONSKE OBLOGE U TUNELU (BEZ TEMELJA)

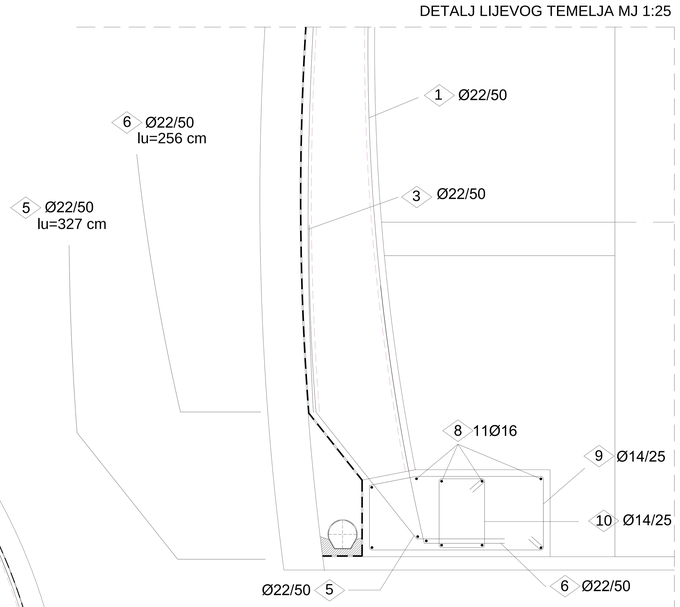
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ
MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ.
KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.

DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:50 | BR. PRILOGA: 19

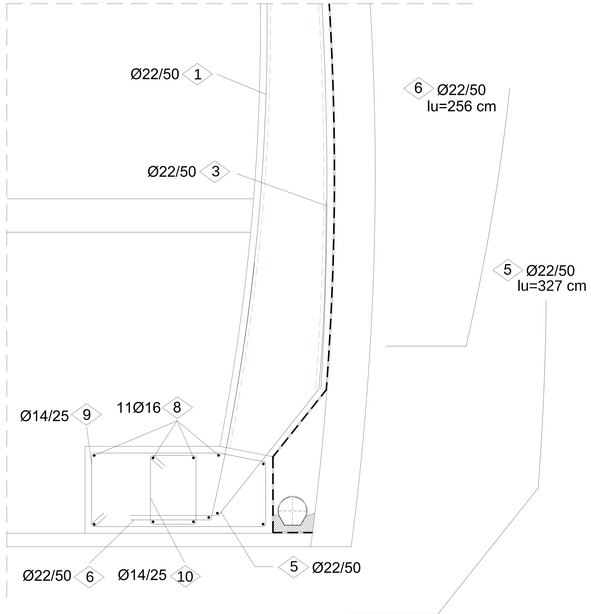
ARMATURA SEKUNDARNE OBLOGE MJ 1:50



DETALJ LIJEVOG TEMELJA MJ 1:25

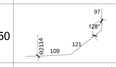
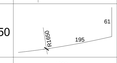
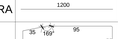
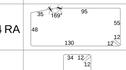


DETALJ DESNOG TEMELJA MJ 1:25



SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA

ISKAZ ŠIPKASTE REBRASTE ARMATURE ZA 1 m' TUNELA

poz.	profil šipke	oblik	ukupna duljina (cm)	broj komada	masa (kg/m')	ukupna masa (kg)
5	Ø22/50		327	4	3.092	40.44
6	Ø22/50		256	4	3.092	31.66
8	Ø16 RA		110	11	1.638	19.82
9	Ø14 RA		387	8	1.25	38.70
10	Ø14 RA		194	8	1.25	19.40
		UKUPNO SEK.OBLOGA ZA 1 m' TUNELA				150.02

ARMATURNI PLAN TEMELJA SEKUNDARNE BETONSKE OBLOGE U TUNELU

MJ 1:50

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

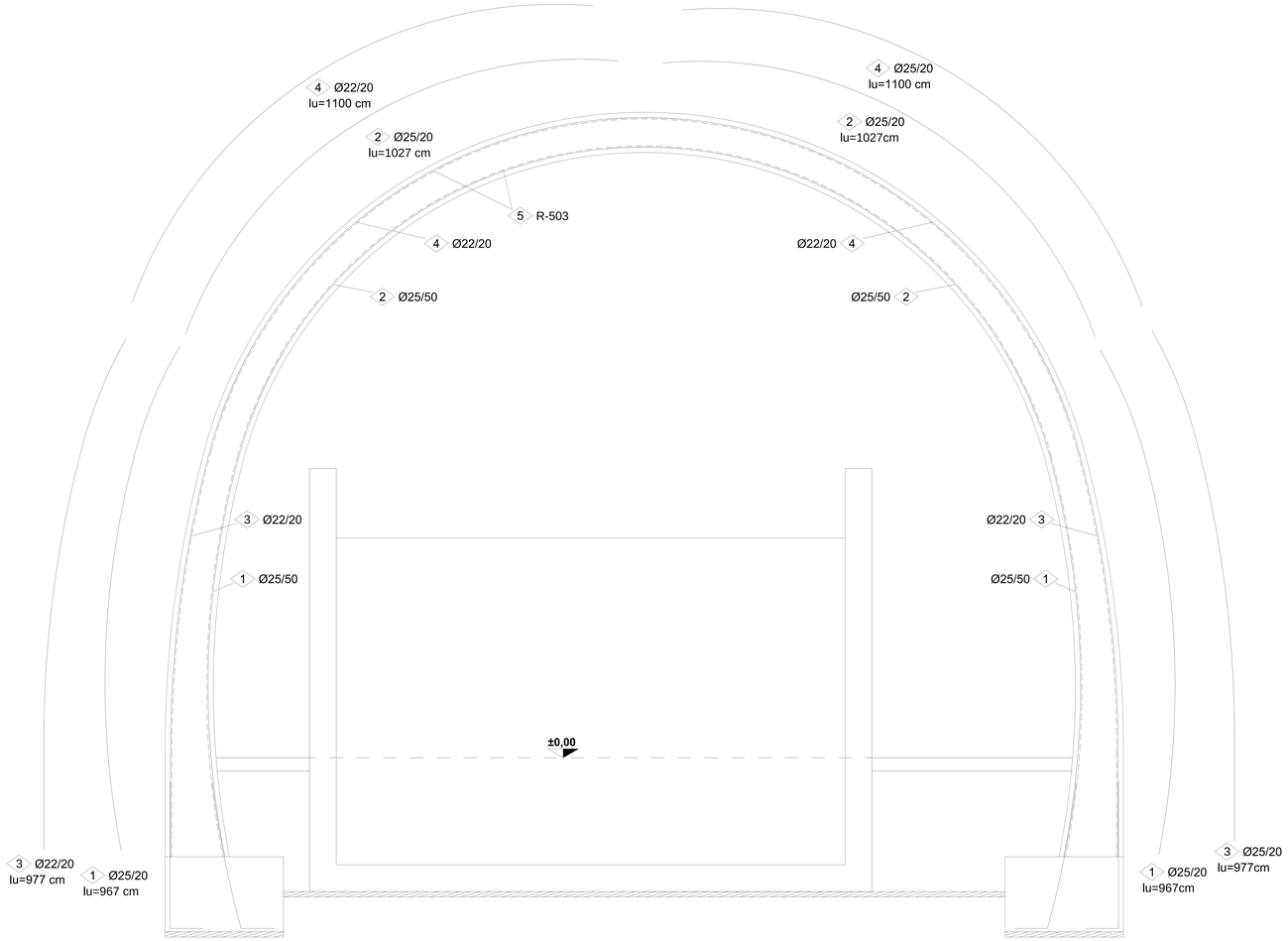
GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

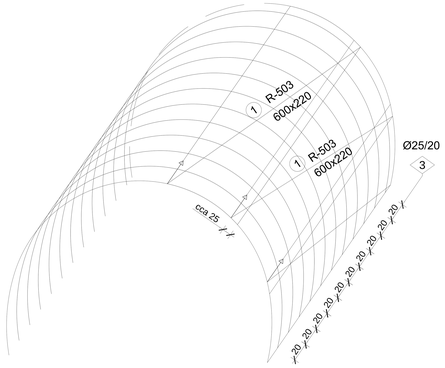
SADRŽAJ PRILOGA: ARMATURNI PLAN TEMELJA SEK.BETONSKE OBLOGE U TUNELU

STUDENTICA: LEA GIZDIĆ | MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. | KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.

DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:50 | BR. PRILOGA: 20



UZDUŽNO POSTAVLJANJE ARMATURE (skica)



SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA						
ISKAZ ŠIPKASTE REBRASTE ARMATURE ZA 1 m' TUNELA						
poz.	profil šipke	oblik	ukupna duljina (cm)	broj komada	masa (kg/m^3)	ukupna masa (kg)
1	Ø25/20	235 751	967	10	3.951	382.06
2	Ø22/50	1027	1027	10	3.951	405.77
3	Ø22/50	571 193	977	10	3.951	386.01
4	Ø22/50	1100	1100	10	3.951	434.61
			UKUPNO SEK.OBLOGA ZA 1 m' TUNELA			1608.45

SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA						
ISKAZ MREŽASTE ARMATURE ZA 1 m' TUNELA						
poz.	profil šipke	oblik	ukupna duljina (cm)	broj komada	masa (kg/m^2)	ukupna masa (kg)
7	R-503	220 600	110x220	38	4.89	449.68
			UKUPNO SEK.OBLOGA ZA 1 m' TUNELA			449.68

ARMATURNI PLAN PORTALA ZAPADNE I ISTOČNE CIJEVI (BEZ TEMELJA)
MJ 1:50

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

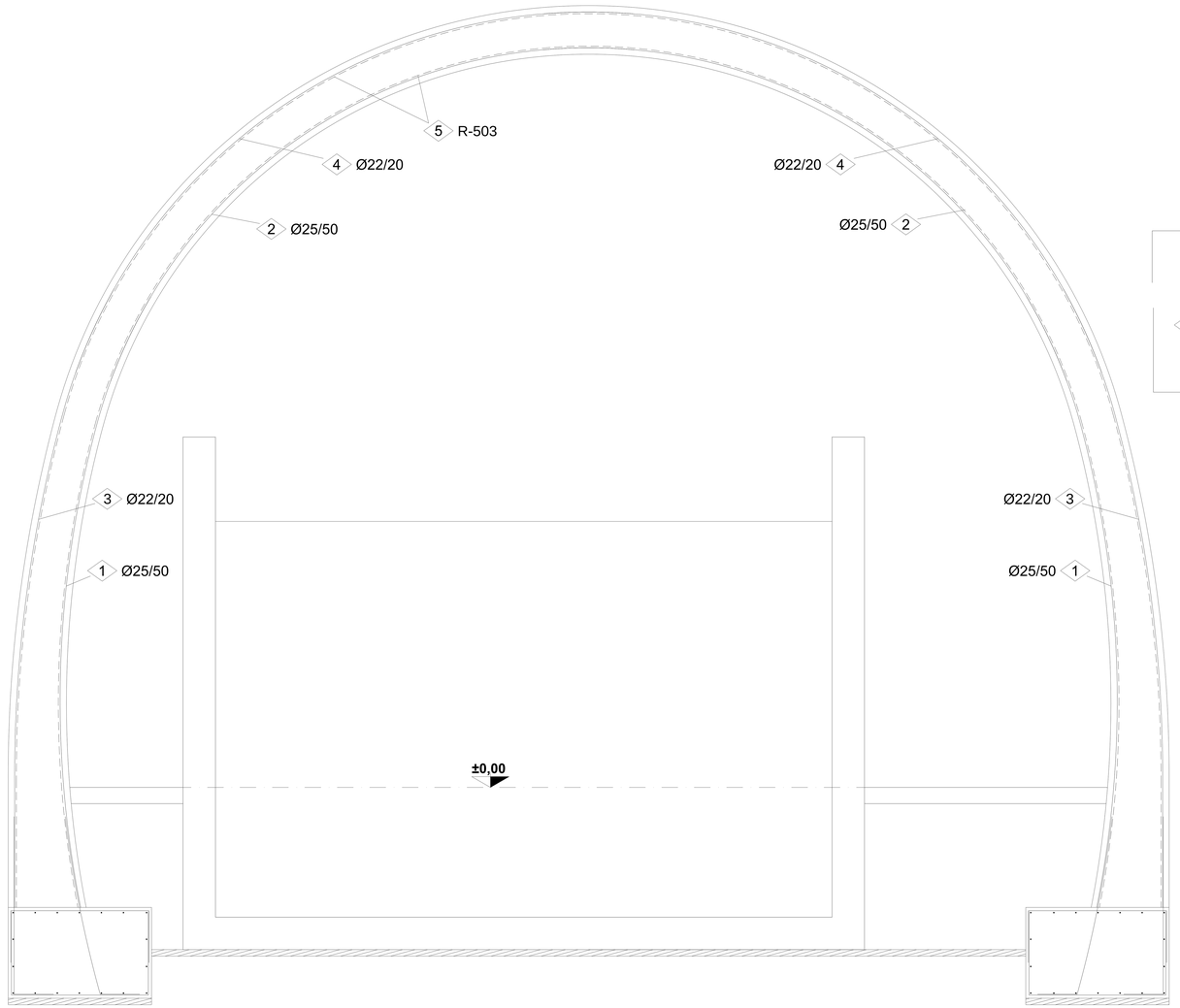
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

SADRŽAJ PRILOGA: ARMATURNI PLAN PORTALA ZAPADNE I ISTOČNE CIJEVI(BEZ TEMELJA)

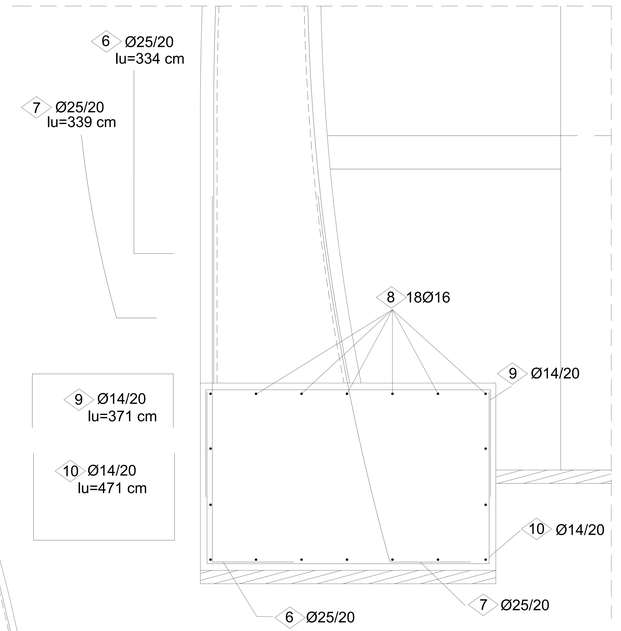
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ | MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. | KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.

DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:50 | BR. PRILOGA: 21

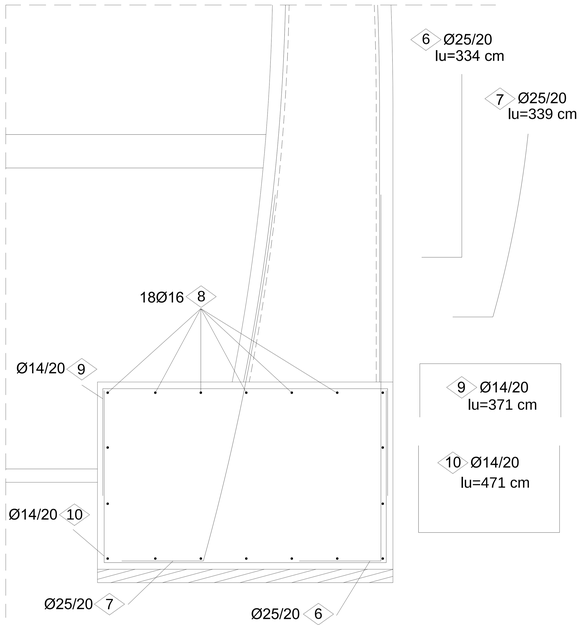
ARMATURA PORTALNE GRAĐEVINE MJ 1:50



DETALJ LIJEVOG TEMELJA MJ 1:25



DETALJ DESNOG TEMELJA MJ 1:25



SEKUNDARNA BETONSKA OBLOGA						
ISKAZ ŠIPKASTE REBRASTE ARMATURE ZA 1 m' TUNELA						
poz.	profil šipke	oblik	ukupna duljina (cm)	broj komada	masa (kg/m')	ukupna masa (kg)
6	Ø25/20	60 / 274	334	10	3.951	131.96
7	Ø22/50	60 / 279	339	10	3.951	133.94
8	Ø16 RA	1200	110	18	1.638	32.43
9	Ø14 RA	211 / 80 80	371	10	1.25	46.38
10	Ø14 RA	130 130 / 211	471	10	1.25	58.88
UKUPNO SEK.OBLOGA ZA 1 m' TUNELA						403.59

ARMATURNI PLAN TEMELJA PORTALA ZAPADNE I ISTOČNE CIJEVI

MJ 1:50

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

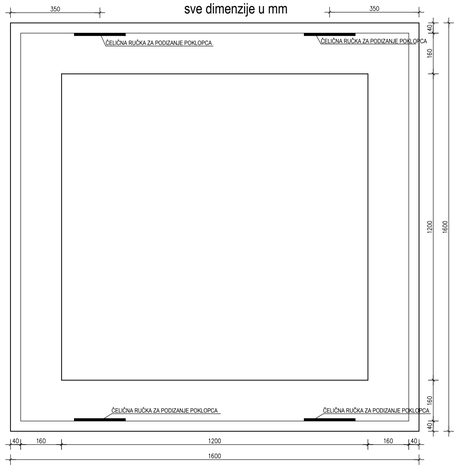
RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

SADRŽAJ PRILOGA: ARMATURNI PLAN TEMELJA PORTALA ZAPADNE I ISTOČNE CIJEVI

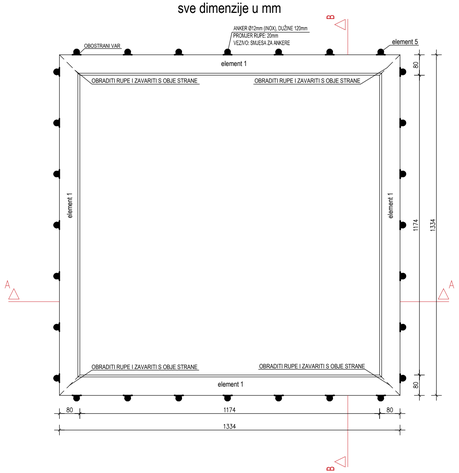
STUDENTICA: LEA GIZDIĆ | MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. građ. | KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. građ.

DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:50 | BR. PRILOGA: 22

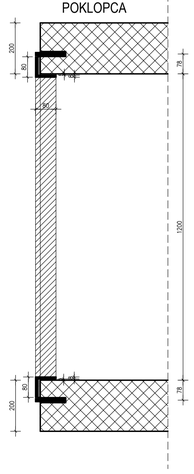
TLOCRT POKLOPCA S OKVIROM
sve dimenzije u mm



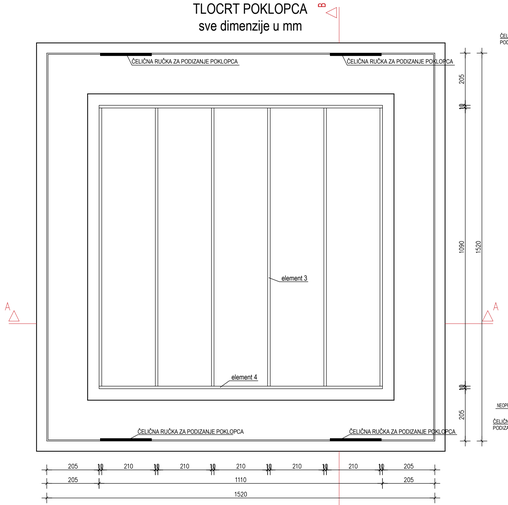
TLOCRT OKVIRA POKLOPCA
sve dimenzije u mm



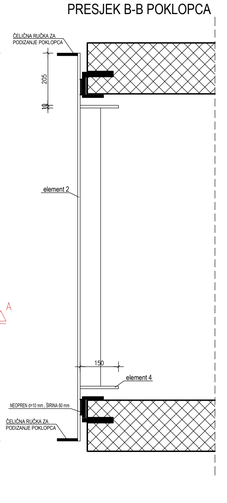
PRESJEK B-B OKVIRA POKLOPCA



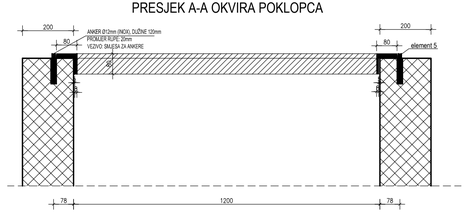
TLOCRT POKLOPCA
sve dimenzije u mm



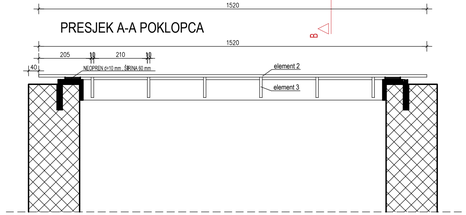
PRESJEK B-B POKLOPCA



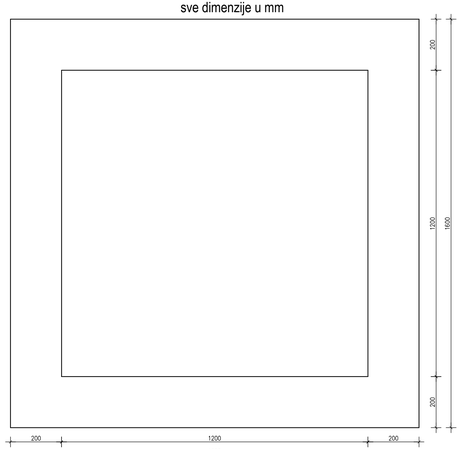
PRESJEK A-A OKVIRA POKLOPCA



PRESJEK A-A POKLOPCA

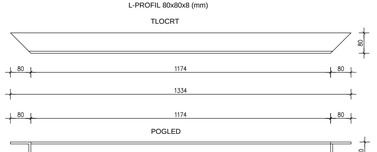


TLOCRT BETONSKOG OTVORA ZA POKLOPAC
sve dimenzije u mm



ELEMENT 1 (4 kom.)
L-PROFIL 80x80x8 (mm)

TLOCRT



POPREČNI PRESJEK

ISKAZ KOLIČINA ZA POKLOPAC

OZNAKA ELEMENTA	OPIS	DIMENZIJE (mm)	MASA (kg)	BROJ KOMADA	UKUPNO (kg)
ELEMENT 1	L PROFIL 80x80x8 mm	1200	11.44	4	45.75
ELEMENT 2	ČEL. PLOČA d=10 mm	1520x1520x10	181.36	1	181.36
ELEMENT 3	ČEL. PLOČA d=10 mm	80x1090x10	6.85	6	41.07
ELEMENT 4	ČEL. PLOČA d=10 mm	150x1110x10	13.07	2	26.14
ELEMENT 5	ČEL. INOX ANKER Ø12mm	120	0.107	28	2.98
				SVEUKUPNO (kg)	297.30

NEOPREN ŠIRINE 60 (mm), DEBLJINE 10 (mm): 1334 (mm) dužine - 2 (kom.); 1174 (mm) dužine - 2 (kom.)

NAPOMENE:
SVE RUBOVE KOJI SE VARE OBRADITI PRIJE VARENJA
OKVIR I POKLOPAC VRUĆE POCINČATI

RADIONIČKI NACRT POKLOPCA REVIZIJSKOG OKNA

MJ 1:10

SVEUČILIŠTE U SPLITU, FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE
21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15, tel: 021/303-333

DIPLOMSKI RAD: IDEJNI PROJEKT PODZEMNIH GRAĐEVINA UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" U MAKARSKOJ

GRAĐEVINA: PODZEMNE GRAĐEVINE UREĐAJA ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA "BILOŠEVAC" - MAKARSKA

RAZINA RAZRADE: IDEJNI PROJEKT | VRSTA PROJEKTA: GRAĐEVINSKI PROJEKT

SADRŽAJ PRILOGA: RADIONIČKI NACRT POKLOPCA REVIZIJSKOG OKNA

STUDENTICA: LEA GIZDIĆ

MENTOR: Prof. dr. sc. BLAŽ GOTOVAC, dipl. ing. grad.

KOMENTOR: Doc. dr. sc. DAVOR BOJANIĆ, dipl. ing. grad.

DATUM: rujan, 2017. | MJERILO: 1:10 | BR. PRILOGA: 23