

# Sanacija klizišta na nerazvrstanoj cesti Cerje Obadići u općini Gornje Jesenje

---

Čižmeković, Nikolina

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:057025>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

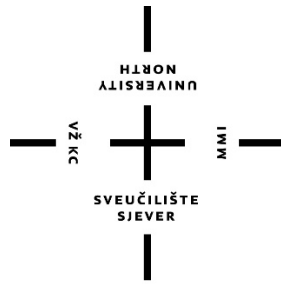
Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-15**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

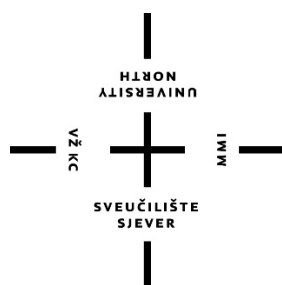
Završni rad br. 377/GR/2019

## Sanacija klizišta na nerazvrstanoj cesti Cerje Obadići u Općini Gornje Jesenje

Nikolina Čižmeković, 2006/336

Varaždin, rujan 2019. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 377/GR/2019

## Sanacija klizišta na nerazvrstanoj cesti Cerje Obadići u Općini Gornje Jesenje

### Student

Nikolina Čižmeković, 2006/336

### Mentor

dr.sc. Matija Orešković

Varaždin, rujan 2019. godine





Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i znanja stečena kolegijima Geotehnika, Geomehanika te Tehnička mehanika.

Zahvaljujem se svom mentoru dr.sc. Matiji Oreškoviću na strpljenju, pruženoj literaturi i pomoći oko pisanja ovog rada.

Isto tako zahvaljujem se roditeljima i prijateljima koji su imali strpljenja tokom mog studiranja.

Posebno se zahvaljujem svom dečku koji je uvijek bio uz mene i nije dozvolio da odustanem nego da dođem do ovoga gdje sam sada.

Nikolina Čižmeković

## **Predgovor**

Kao što sama tema ovog završnog rada govori „Sanacija klizišta na nerazvrstanoj cesti Cerje Obadići“ bavit ćemo se sanacijom istoimenog klizišta, dotaknut što je geotehnika te također će se spomenuti što su to nerazvrstane ceste, kako uopće početi nešto sanirati na njima, što je klizište samo po sebi, zašto je toliko opasno, kako sanirati jedno takvo klizište i kako spriječiti da ne dođe do klizanja terena.

Sama tema će biti zanimljiva i iz razloga što su podaci koje imamo uvedeni u program „GEOSLOPE“ te nam je on kod sanacija klizišta i kod samih klizišta izričito od koristi jer može predvidjeti kako će tlo reagirati i koje sile će biti u tlu te na koji će način djelovati.

## Sadržaj

Popis slika.....	I
Popis tablica.....	II
Sažetak.....	III
Summary.....	IV
1. Uvod .....	1
2. Općenito o klizištima.....	3
3. Primjena Eurocoda 7: Geotehničko projektiranje.....	6
3.1. HRN EN 1997 -1:2008 Geotehničko projektiranje – 1. dio.....	7
3.2. HRN EN 1997-2:2008 Geotehničko projektiranje – 2. dio.....	8
4. Klizište na nerazvrstanoj cesti .....	11
5. Geotehnička prospekcija terena i geotehnički istražni radovi .....	13
5.1. Opća geografska obilježja .....	13
5.2. Geološka obilježja terena.....	15
5.3. Terenski geotehnički istražni radovi.....	17
5.3.1. Opis lokacije.....	17
5.3.2. Istražno bušenje i terenski istražni radovi .....	20
6. Rezultati laboratorijskih ispitivanja.....	27
6.1. Geotehnička analiza i stabilnost .....	27
6.2. Ispitivanje slojeva prije nastanka klizišta .....	28
6.3. Ispitivanje presjeka pojavom klizišta .....	29
6.4. Ispitivanje presjeka saniranog klizišta.....	35
7. Prijedlog tehničke mjere sanacije .....	37
8. Zaključak .....	39
9. Literatura.....	40

## Popis slika

Slika 1. Prikaz povezanosti geotehnike sa ostalim granama tehnike.....	2
Slika 2. Prikaz uzroka klizanja tla.....	3
Slika 3. Prikaz mlaznog betona na jednom pokosu .....	5
Slika 4. Geotehničko sidro .....	5
Slika 5. Prikaz Eurokodova.....	8
Slika 6. Prikaz lokacije četiri klizišta.....	13
Slika 7. Položaj i orijentacijski prikaz smjera i veličina kliznog tijela na lokaciji Cerje Obadići.....	14
Slika 8. Izvadak iz osnovne geološke karte RH za list Rogatec (autori: B. Aničić, M. Juriša) .....	16
Slika 9. Zdenac uz pribriježnu stranu cestu .....	17
Slika 10. Izlaz cijevi u tijelo klizišta (cijev zaštopana).....	18
Slika 11. Jasno vidljivo čelo klizišta.....	19
Slika 12. Pogled na slojeve nasipa ispod ceste .....	19
Slika 13. Izvođenje terenskih radova istraživanja.....	21
Slika 14. Sondažni profil bušotine Obadići B1 .....	25
Slika 15. Sondažni profil bušotine Obadići B2.....	26
Slika 16. Presjek podijeljen u pet slojeva .....	29
Slika 17. Prikaz terena nastankom klizišta prikaz terena.....	30
Slika 18. Prikaz klizne plohe .....	31
Slika 19. Prikaz seizmičkog područja.....	32
Slika 20. Slika prikazuje Bishopovu metodu .....	34
Slika 21 Prikaz slojeva tla i gabionskog zida te opterećenja na cestu .....	36
Slika 22. Slika prikazuje Bishop metodu .....	36
Slika 23. Izvedeni gabionski zid .....	38

## **Popis tablica**

Tablica 1. Bušotina Obadići B1 .....	21
Tablica 2. Bušotina Obadići B2 .....	22
Tablica 3. Geotehnička kategorizacija .....	23
Tablica 4. Geotehnička sredina 1 .....	24
Tablica 5. Parametri materijala .....	27
Tablica 6. Prikaz parametara tla.....	28
Tablica 7. Geotehnički profil tla za zadane tipove tla .....	33
Tablica 8. Tipovi tla sa parametrima .....	34

## Sažetak

Klizišta su tijekom 2014.-te godine u Hrvatskoj uzrokovala 174,5 milijuna kuna štete, od toga 22,4 milijuna u Krapinsko-zagorskoj županiji. U nacionalnim izvještajima o štetama za 2013., 2015. i 2016. godinu klizišta i odroni se ne spominju.

Klizište je pojam za stjenovitu ili rastresitu stijensku masu odvojenu od podloge koja pod utjecajem gravitacije klizi niz padinu. Samo klizište ne mora se kretati po jasno definiranoj kliznoj površini te tako nastaje „klizna zona“. Klizna zona je sredina po kojoj se odvija kretanje stjenske mase. Klizište je jedan od geomorfoloških oblika koluvijalnog procesa i geodinamički proces u inženjerskoj geologiji.

Klizišta su odraz neravnoteže (nestabilnosti) u tlu. Kod obilnih kiša ili pri topljenju snijega, ali i kod drugih prilika svjedoci smo pojave klizišta. Pukotine na cestama, kućama i drugim građevinskim objektima posljedica su deformiranja tla i pomaka u tlu kosine. Mehanika tla nam omogućuje razumijevanje takvih pojava te koristi kod provjere stabilnosti kosine na kojoj će se graditi.

**Ključne riječi:** ispitivanja, klizišta, sanacija, GeoSlope

## **Summary**

During the year 2014, the landslides caused damage of 174.5 million kuna in Croatia, of which 22.4 million in Krapina-Zagorje County. In the National Damage Reports for 2013, 2015 and 2016, landslides are not mentioned.

Landlocking is a term for a rocky or distracted rock mass separated from a substrate which, under the influence of gravity, slides down a slope. Only the landslide does not have to move around on a clearly defined sliding surface, thus creating a "sliding zone". The sliding zone is the center where the rock mass moves. The slope is one of the geomorphologic forms of the colluvial process and geodynamic process in engineering geology.

Climates are a reflection of imbalances in the ground. In the event of abundant rain or meltdown, we have witnessed landslides as well. Cracks on roads, houses and other building objects result in deformation of the soil and displacements in the soil of the slope. Soil mechanics allows us to understand such phenomena and is useful for checking the stability of the slope on which it will be built.

**Key words:** examination, landslides, land clearing, GeoSlope



# 1. Uvod

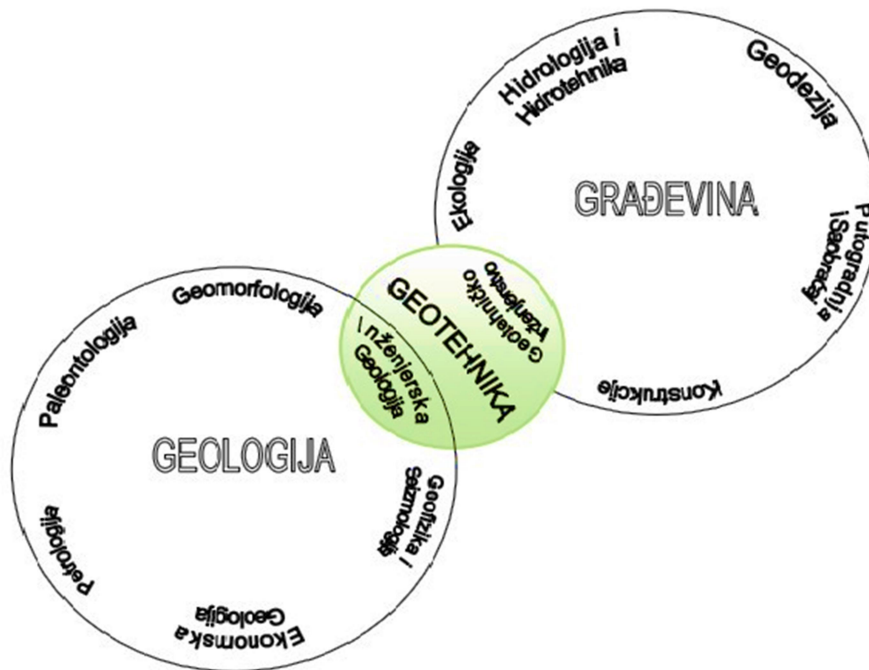
Poznato je da nam u svakom projektiranju nekih objekata, posebice objekata prometne i druge infrastrukture potrebno više predmetnih grana. Uz ekonomska djelovanja, tehnička i socijalna, najviše od svih čimbenika potrebna su nam znanja iz geomehanike, mehanike tla i geotehnike. Pošto su sve tri grane usko povezane samim tlom, temeljenjem i djelovanjem tla te njegovim svojstvima u ovome radu izdvojiti će se samo grana geotehnike. Geotehnička svojstva terena su od posebnog značaja, jer u velikoj mjeri utječu na samu izvodljivost neke građevine i samog projektiranja i ekonomskog stajališta projekta. Geotehnička ispitivanja i promatranja predstavljaju veoma značajan dio planiranja, građenja i održavanja projekta.

U mnogim slučajevima geološki i geotehnički sustavi mogu presuditi u izboru projektnog rješenja, naročito bi se to odnosilo na izbor trase puta te samog rješenja provođenja puta kroz nestabilno i malo nosivo tlo, što je u ovome radu izrazito važno pošto se bavimo samom sanacijom terena jedne nerazvrstane ceste. Također geotehnike se bavi i tunelskim konstrukcijama i mostovima, stabilizaciji kosina, osiguranju građevinskih materijala i drugo.

Geotehnička istraživanja su također osnova za programe i projekte zaštite životne sredine i posebno zaštite prirodnog tla i podzemne vode.

Sami počeci razvoja geotehnike kao nauke i tehničke discipline datiraju još od početka 19. stoljeća. Kod tih početaka geotehnike možemo uočiti neka poznata imena poput Karla von Terzaghi-a „oca mehanike tla“, Arthura Casagrande-a, po kome imamo tablicu klasifikacije tla pa do Charlesa Augustina de Coulomba koji je u koncept trenja dodao i pojam kohezije, istina da sadašnja jednadžba nije ista kao i njegova tada ali je princip isti kojim se i on služio. Prvi koji je upotrijebio naziv sam naziv „geotehnika“ je Charles Augustin de Coulomb, a predstavnik iste riječi je Karl von Terzaghi.

Pored same geotehnike u međuvremenu razvila se i disciplina pod imenom „geotehničko inženjerstvo“. U toku svoga razvoja geotehničko inženjerstvo razvilo se u novu inženjersku disciplinu te se karakterno razlikuje od ostalih inženjerskih disciplina. Ono se bavi tlom, stijenama i podzemnim vodama kao i njihovim odnosom prema projektiranju, izgradnji ili eksploataciji građevinskih objekata, koje su usko povezane sa inženjerskom geologijom, te njihovo zajedničko djelovanje u rješavanju problema čini samu geotehniku. (slika 1.)



Slika 1. Prikaz povezanosti geotehnike sa ostalim granama tehnike

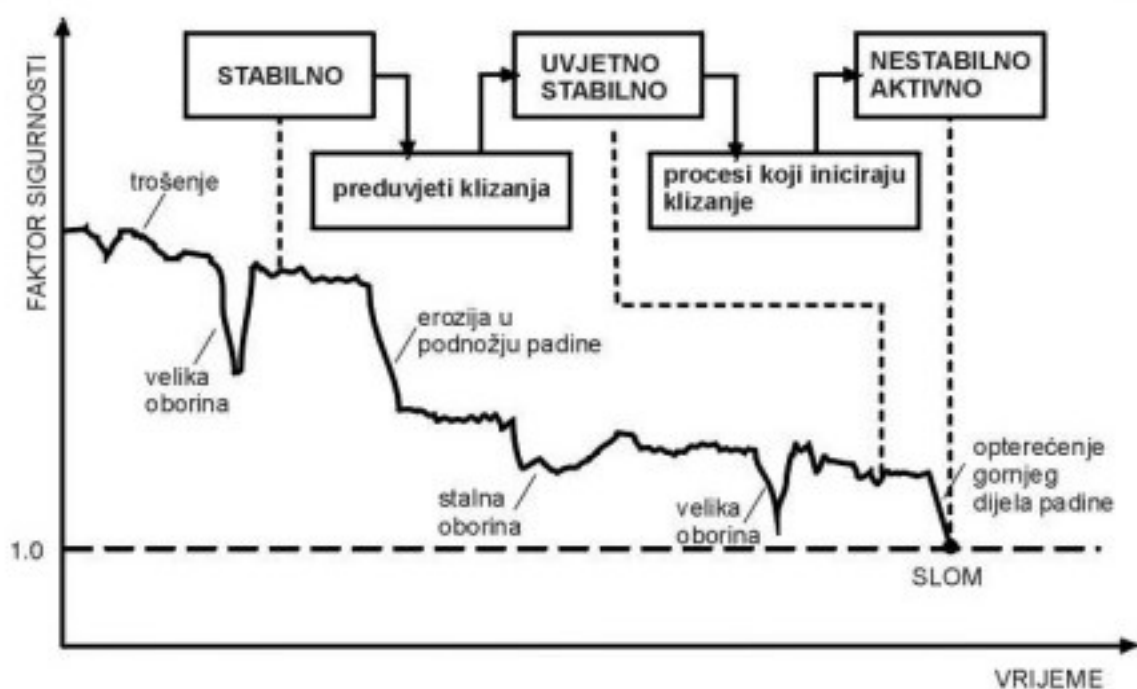
## 2. Općenito o klizištima

Pošto se rad bavi klizištima i sanacijom klizišta, potrebno je objasniti i što je samo klizište te kako nastaje.

S obzirom da pod pojmom „klizanje“ podrazumijevamo razne pojave po masi, obliku, brzini kretanja, karakteru i drugim svojstvima, pri istraživanju samog klizišta potrebno je opisati i identificirati značajke; tipa klizišta, dimenzije klizišta, aktivnosti, brzinu kretanja, vrstu pokrenutih materijala i njihovu vlažnost.

Da bi se klizišta lakše sanirala, potrebno je otkloniti uzroke koji su prouzročili klizanje.

Aktivnost klizišta je također jedan široki pojam koji obuhvaća stanje aktivnosti koji opisuje vrijeme kretanja, distribuciju koja opisuje smjer kretanja klizišta te stil aktivnosti koji ukazuje na tip ili kombinaciju tipova kretanja prema njihovom mehanizmu. (slika 2)



Slika 2. Prikaz uzroka klizanja tla

S obzirom da klizište ima tri stanja aktivnosti, to su aktivno stanje, trenutno neaktivno i reaktivno stanje, uzroci klizanja klasificiraju se u dvije skupine;

Preduvjeti klizanja – čine padinu osjetljivom na klizanje, ali ga ne iniciraju, oni dovode padinu do stanja granične nosivosti.

Inicijalni uzroci – to su procesi koji pokreću kretanje, oni padinu iz graničnog stanja dovode u aktivno nestabilno stanje.

Sama sanacija klizišta nije tako jednostavna. Postoji mnogo faktora na koje se treba obratiti pažnja tokom sanacije. Najčešći uzroci klizišta su djelovanje vode i ljudsko djelovanje. Klizišta u naseljenim područjima ili u područjima sa zonama infrastrukture stvaraju veliku opasnost za ljude i građevine, prekide prometa, prekide opskrbom vode ili električnom energijom, te također izazivaju velike štete. Kao što je već navedeno da su uzroci klizišta različiti tako su i različite same metode sanacije.

Često se prilikom sanacije klizišta izvode geotehničke konstrukcije, koje se sastoje od mikropilota i pilota, te štapnih ili geotehničkih sidra međusobno povezanih čeličnim ili AB elementima. AB elementi su potporni zidovi, takozvani „roštilji“. Kontrola podzemnih voda vrši se kopanim ili bušenim drenovima. Zaštita pokosa, najčešće uz prometnice, radi se na način postavljanja zaštitnih nosivih mreža protiv odrona, sidrenja pokosa privremenim ili trajnim štapnim, samobušivim i geotehničkim sidrima (ankerima)(slika 3.). Za povećavanje stabilnosti i prekrivanje pokosa koristi se mlazni beton(slika 4.) koji sprječava degradaciju i osipanje tla. Također i ovdje bušeni drenovi povećavaju stabilnost pokosa odvodnjom površinskih i procijednih voda. Sami radovi se izvode sa skela ili podizanjem hidrauličkih platformi.



Slika 3. Prikaz mlaznog betona na jednom pokosu



Slika 4. Geotehničko sidro

### **3. Primjena Eurocoda 7: Geotehničko projektiranje**

U prosincu 1988 godine Komisija EU donijela je zajedničku direktivu 89/106/EEC (Construction Products Directive) kojim su postavljeni osnovni zahtjevi za konstrukciju.

Osnovni zahtjevi su:

- Mehanička otpornost i stabilnost
- Sigurnost u slučaju požara
- Zadovoljenje higijenskih i zdravstvenih uvjeta te zaštite okoliša
- Sigurnost u korištenju

Objavljivanjem Tehničkog propisa za betonske konstrukcije u čl.35. (NN 139/09) Eurokod 7 se uvodi u primjenu normativa u RH, stupa na snagu od 01.01.2011. godine kao pred norma (EC7 iz 2004.)

Od 2004. godine Eurokod 7 javlja se u dva dijela:

- EN 1997-1 Geotehničko projektiranje – Dio 1: Opća pravila EN 1997-2 Geotehničko projektiranje – Dio 2: Istraživanje i ispitivanje temeljnog tla
- EN 1997-2 Geotehničko projektiranje – Dio 2: Istraživanje i ispitivanje temeljnog tla

### 3.1. HRN EN 1997 -1:2008 Geotehničko projektiranje – 1. dio

Opća pravila geotehničkog projektiranja prvog djela obuhvaćaju:

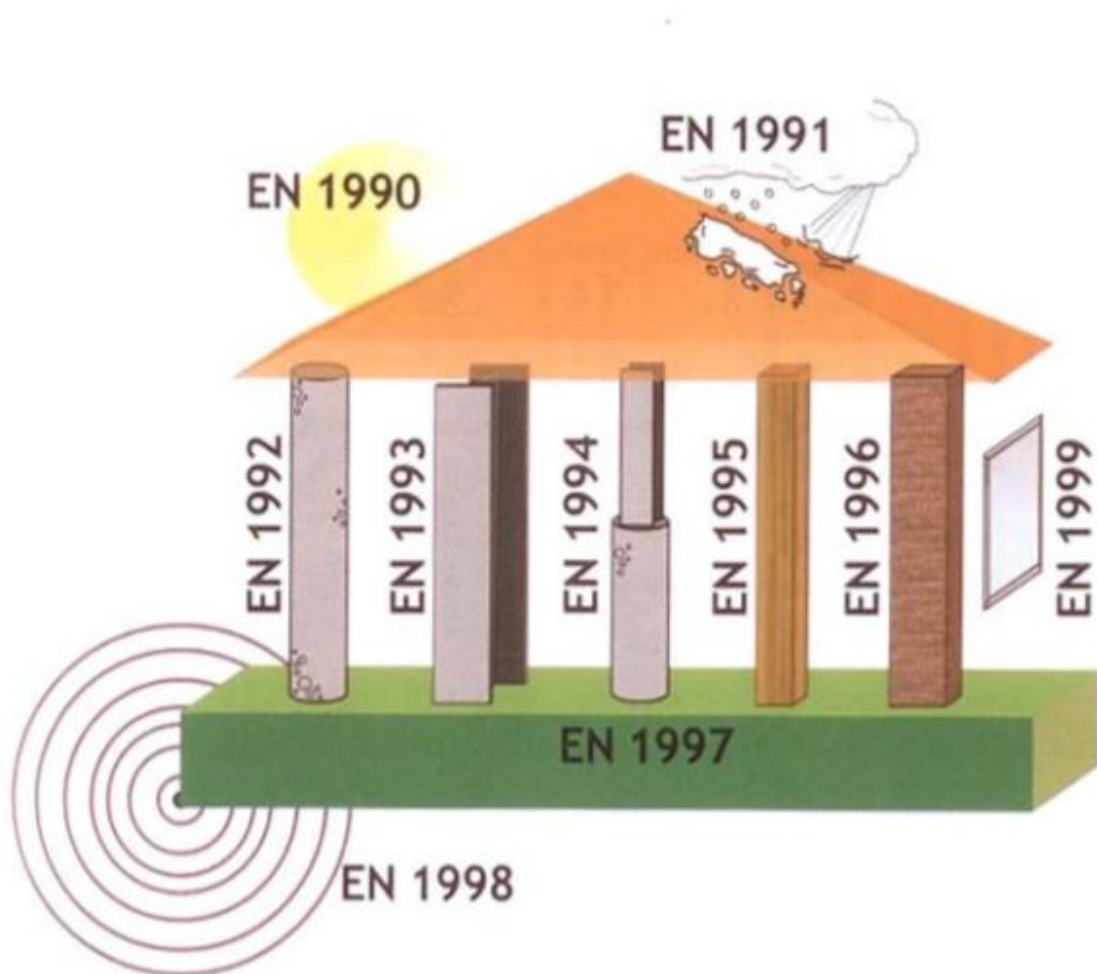
- Planiranje terenskih i laboratorijskih geotehničkih istražnih radova
- Geotehničko projektiranje različitih geotehničkih konstrukcija:
- Osnove geotehničkog projektiranja
- Geotehnički podaci
- Nadzor, opažanje i održavanje
- Nasipavanje, odvodnja, poboljšanje tla i armiranje
- Plitki temelji EUROKOD 7
- Temelji na pilotima
- Sidra
- Potporne konstrukcije
- Hidraulički slom
- Opća stabilnost
- Nasipi

Dodaci (parcijalni i korelacijski faktori, pozadina proračunskih pristupa 1, 2 i 3, granične vrijednosti pritiska tla na vertikalne zidove, analitička metoda proračuna nosivosti tla, primjer proračuna slijeganja, nosivost plitkih temelja na stijeni, granične vrijednosti deformacija konstrukcija i temelja, podsjetnik za provođenje nadzora i opažanja ponašanja)

### 3.2. HRN EN 1997-2:2008 Geotehničko projektiranje – 2. dio

Istraživanje i ispitivanje temeljnog tla obuhvaća:

- Planiranje istraživanja tla
- Uzorkovanje tla i stijena te mjerenja podzemne vode
- Terensko ispitivanje tla i stijena
- Laboratorijsko ispitivanje tla i stijena
- Izvještaj o istraživanju terena EUROKOD 7 (slika 5)
- Dodaci (popis rezultata geotehničkih standardnih ispitivanja, planiranje, primjer dugotrajnog ispitivanja tlaka podzemne vode, CPT i CPTU ispitivanje, presiometarsko ispitivanje, SPT, G itd. )



Slika 5. Prikaz Eurokodova



Eurokodovi traže da svaka građevina tijekom njene izgradnje kao i tijekom njenog korištenja zadovolji bitne zahtjeve. Ti zahtjevi su:

1. nosivost,
2. uporabivost,
3. otpornost na požar,
4. robusnost,
5. trajnost
6. pouzdanost.

Eurokod 7 razlikuje dvije vrste graničnih stanja:

**- granična stanja nosivosti:**

- STR: (structural - konstrukcijski )
- GEO: (geotechnical - geotehnički )
- EQU: (equilibrium - ravnoteža )
- UPL: (uplift - uzgon)
- HYD: (hydraulic - hidrotehnički)

**- granična stanja uporabivosti**

- granično stanje naprezanja (kontrola naprezanja)
- granično stanje trajnosti (kontrola širina pukotina)
- granično stanje deformiranja (kontrola progiba)
- granično stanje vibracija

## **Namjena Eurokoda 7**

Za konstrukcije u građevinarstvu rješavanju problema interakcije temeljnih i potpornih konstrukcija s tlom, odnosno stijenom definiranju načina proračuna geotehničkog djelovanja na konstrukcije.

MISIJA EUROKODA 7 proračunavanju otpora tla na vanjska djelovanja od konstrukcije, davanju pravila pri projektiranju za korištenje u standardnoj inženjerskoj praksi, u svijetlu problematike geotehničkog inženjerstva.

## 4. Klizište na nerazvrstanoj cesti

Nerazvrstane ceste su ceste koje se koriste za promet vozilima i koje svatko može slobodno koristiti na način i pod uvjetima određenim ovim Zakonom i drugim propisima, a koje nisu razvrstane kao javne ceste u smislu ovoga Zakona.

Po prvi puta novim Zakonom o cestama reguliraju se nerazvrstane ceste, utvrđuje im se pravni status, način korištenja, mjere zaštite nerazvrstanih cesta i prometa na njima, koncesije, financiranje i nadzor. U sustav su uključene nerazvrstane ceste koje su bile prije regulirane Zakonom o komunalnom gospodarstvu kao jedna od komunalnih djelatnosti (čl.3. st. 1. toč.7.) jedinica lokalne samouprave (u tekstu dalje JLS) pod nazivom održavanje nerazvrstanih cesta .

Člancima i stavkama bilo je propisano da se „pod održavanjem nerazvrstanih cesta razumijeva održavanje površina koje se koriste za promet po bilo kojoj osnovi i koje su pristupačne većem broju korisnika, a koje nisu razvrstane ceste u smislu posebnih propisa, te gospodarenje cestovnim zemljištem uz nerazvrstane ceste.“

Nerazvrstane ceste posebice su:

- ceste koje su na području velikih gradova (s više od 35.000 stanovnika) te gradova koji su sjedišta županija bile razvrstane u javne ceste Odlukom o razvrstavanju javnih cesta u državne ceste, županijske ceste i lokalne ceste
- ceste koje povezuju naselja
- ceste koje povezuju područja unutar gradova i naselja
- terminali i okretišta vozila javnog prijevoza
- pristupne ceste do stambenih, poslovnih, gospodarskih i drugih građevina
- druge ceste na području naselja i gradova

Postoje određeni kriteriji za sufinanciranje sanacija klizišta na nerazvrstanim cestama. Svaka županija ima svoj kriterij po kojemu radi i po kojemu sufinancira takve ceste. Kao primjer poslužili smo se kriterijima Krapinsko-Zagorske županije.

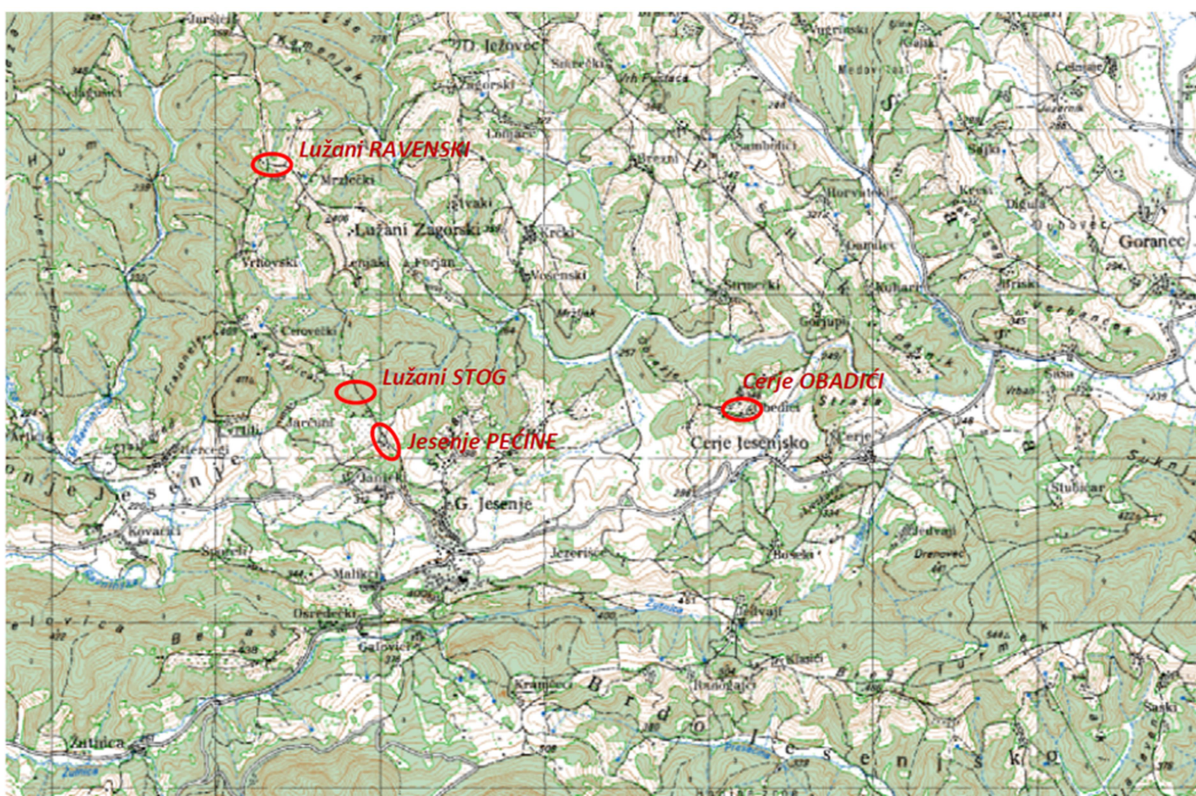
Kriteriji za sufinanciranje sanacija:

- Županija financira po pojedinom klizištu na nerazvrstanim cestama, stambenim i gospodarskim objektima izradu Elaborata sanacije koji sadrži geotehničko mišljenje s prijedlogom sanacije, te tender dokumentaciju u 100%-nom iznosu.
- Sufinanciranje sanacija klizišta na nerazvrstanim cestama obuhvaća samo ceste koje povezuju dva ili više naselja, dijelove pojedinog naselja ili koje vode do stambenih objekata unutar naselja, a spadaju u javno dobro.
- Kod nerazvrstanih cesta iz točke 2. Kriterija koje su kolničke konstrukcije s asfaltnom površinom Županija sufinancira sanaciju asfaltnih kolničkih konstrukcija u 50%-nom iznosu, a najviše do 10.000,00 kuna.
- Za jedinice lokalne samouprave s prosječnim izvornim prihodom po stanovniku do 75% Županijskog prosjeka, Županija financira troškove sanacije najviše do 50.000,00 kuna.
- Za jedinice lokalne samouprave s prosječnim izvornim prihodom po stanovniku od 76% do 100% Županijskog prosjeka, Županija financira troškove sanacije najviše do 40.000,00 kuna.
- Jedinice lokalne samouprave dužne su osigurati za troškove sanacije klizišta na nerazvrstanim cestama, stambenim i gospodarskim objektima minimalno ista sredstva kao i Županija.
- Pojedinačne odluke o sanaciji klizišta, te visini financiranja donijet će Župan, na zahtjev jedinica lokalne samouprave i na prijedlog nadležnog tijela Županije.
- Župan i jedinice lokalne samouprave će nakon donošenja odluke Župana o sufinanciranju sanacije klizišta sklopiti ugovor kojim će se regulirati međusobni odnosi.
- Postupci započeti na temelju Kriterija za sufinanciranje sanacija klizišta na nerazvrstanim cestama i stambenim objektima na području županije), završit će se sukladno njihovom odredbama.

## 5. Geotehnička prospekcija terena i geotehnički istražni radovi

### 5.1. Opća geografska obilježja

Za potrebe sanacije terena i općenito sami tereni te razrade projekta koje je potrebno raditi, te sprječavanje štetnih posljedica klizišta, provedena je odgovarajuća geomehnička prospekcija terena (ukupni ophod kritičnih lokacija) te geomehnička ispitivanja (istražna bušenja na lokacijama cestovnih klizišta). Ispitivanja su podijeljena na lokacije na samim nerazvrstanim prometnim cestama općine, te imamo lokaciju koja je potrebna nama u ovom radu. Klizanje terena koje se dogodilo, direktno ugrožava prometovanje na cestovnim pravcima unutar općine Gornje Jesenje. (slika 6.) Naša lokacija klizišta nalazi se na lokalnoj nerazvrstanoj cesti u zaselku Cerje Obadići. (slika 7.)



Slika 6. Prikaz lokacije četiri klizišta



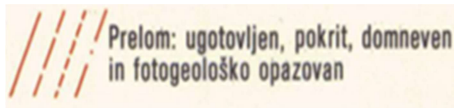
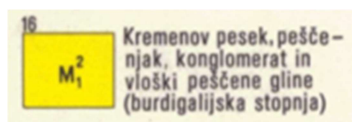
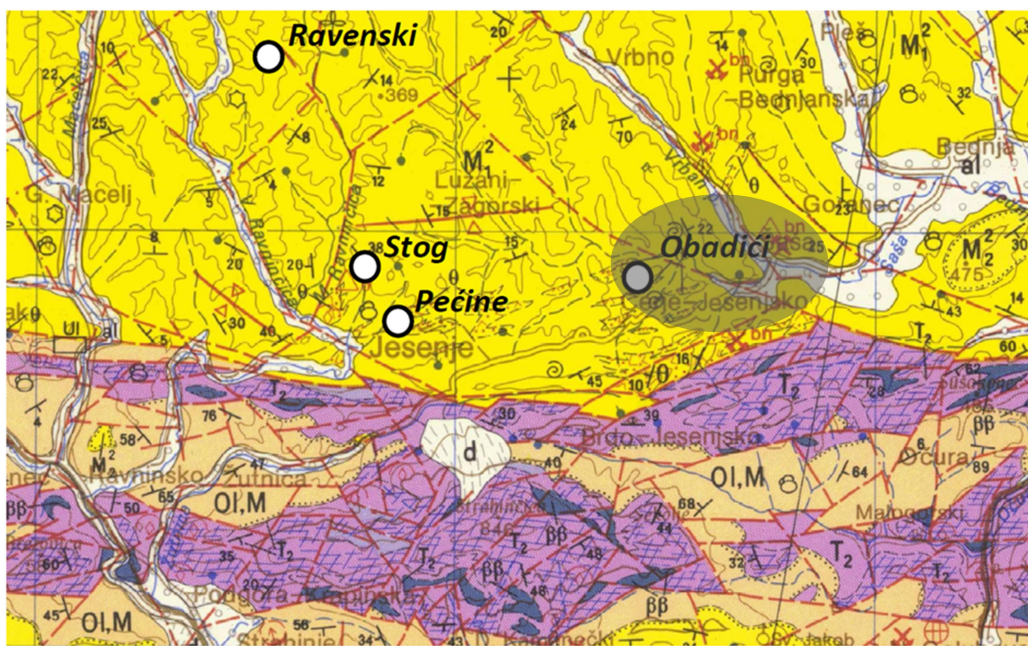
Slika 7. Položaj i orijentacijski prikaz smjera i veličina kliznog tijela na lokaciji Cerje Obadići

Na karti šireg područja (slika 6.) može se vidjeti područje obuhvata. Samo područje leži sjeveroistočno od općinskog centra, tj. uz samu administrativnu granicu dviju županija; Krapinsko-zagorske i Varaždinske županije. Lokacija obuhvaćena ovim radom i elaboratom nalazi se sjeverno od „glavne“ prometne poveznice Gornje Jesenje-Šaša koja se pruža u smjeru istok-zapad te se dalje nastavlja do Podgore Krapinske i na kraju grada Krapine. Brdska konfiguracija terena ovako uvjetovana, pridodana koritastim specifičnostima pojedinih potoka i puteljaka, u znatnoj mjeri predodređuju geomehaničku sliku na dotičnom području, što je terenskom prospekcijom i potvrđeno.



## 5.2. Geološka obilježja terena

Geotehničkom prospekcijom terena na području općine Gornje Jesenje, tj. rekognosciranjem stanja na terenu, utvrđene su opće okolnosti koje su praktički u cijelosti sukladne priloženim geološkim kartama na odabranoj lokaciji. (slika 7.) Područje predmetne lokacije izgrađuju miocenske naslage, točnije Burdigalijske vremena nastanka. Donji oligocen i donji miocen je raširen na širem prostoru južno od Zbelovkse gore i Boča, nadalje sjeverno i južno od gorskog niza Rudnice-Koštrun-Brezovica-Strahinščica. Ovdje nailazimo na pjeskovitu glinu, pjeskoviti lapor i pješčenjak. Između pjeskovitog lapora nalazimo andezitne tufove i izljeve andezitate je zaključeno da dio ovih stijena vjerojatno pripada još i gornjem oligocenu i donjem miocenu. Izdvojeni su posebno burdigalijski slojevi, koji su najzastupljeniji na Sladki gori, Pleševici, Donački i Maceljski gori. Nastale su u oblikusilikatnog i vapnenog pijeska, pješčenjaka i pješčanoga lapora. U tim laporima nastaje rijetka foraminiferna fauna. Južnije od šoštanjskoga rasjeda nisu nađeni ekvivalenti taloženja, kakve uvrštavamo u burdigalijski nastanak. Na području Plešivce i Maceljske gore prevladava jače vezani klastiti, različne veličine zrna, iznad slabo vezanih. Najzastupljeniji je srednje do sitnozrnat pješčenjak. Konglomerata je vrlo malo. Boja pješčenjaka i konglomerata je sivo smeđa, žućkasto do zeleno siva. Ponekad se drobi između pješčenjakom tanji ulošci pjeskovitog lapora i pjeskovite gline. Sedimentološka ispitivanja pješčenjaka sa Plešivce i Maceljske gore su pokazale, da pripadaju litarenitom i sublitarenitom. Silicija sadrže do 64%, karbonata do 24%, sljude do 8%, glinenca 3 do 4%. U mineralnom sastavu teške frakcije dominira granat, još uvijek su prisutni cirkon, rutil, turmalin, apatit, klorit i biotit.



Slika 8. Izvadak iz osnovne geološke karte RH za list Rogatec (autori: B. Aničić, M. Juriša)

### Konglomerat, pješčenjak i lapor ( $M_1^2$ ) (slika 8)

Ove stijene nalazimo na području Nunske i Donačke gore te Resnika. Ovdje su debelozrnati vapnenački pješčenjak i konglomerat sa odlomcima lapora i ponekad sa zrnima silikata. Vezivo je kristalno-kalcitno. Debljina ovih naslaga je 150 do 200 metara. Prema OGK listi Rogatec (autori: B. Aničić, M. Juriša) lokacija se nalazi na području kvartarnih aluvijalnih naslaga: pijesci, siltovi, gline.



## 5.3. Terenski geotehnički istražni radovi

### 5.3.1. Opis lokacije

Odabrana lokacija je Cerje Obadići, a lokacija klizišta je Cerje Jesenjsko. Klizište se nalazi na brdovitom području, odnosno zapadno, sjeverozapadno od sentra naselja Cerje Jesenjsko. Klizište se otvorilo na nizbriježni strani nerazvrstane asfaltne ceste. Uz samu cestu nalazi se izvor vode – zdenac(slika 9.) koji je sa pribriježne strane, višak vode iz izvora odvodi se dalje preko ceste punom cijevi pokosa uz samu nizbriježnu stranu, stranu trenutnog klizišta.



Slika 9. Zdenac uz pribriježnu stranu cestu

Cijev je bila kompletno ispunjena zemljanim materijalom, te kroz nju nikako nije bila moguća odvodnja vode. Ranije je cijev služila za odvodnju voda s druge strane ceste koja se slijevala u kanal niz padinu, te za odvodnju nabujale vode iz zdenca. Zaštopavanje cijevi svakako je imalo kritičan utjecaj na pojavu klizišta. (slika 10.)



Slika 10. Izlaz cijevi u tijelo klizišta (cijev zaštopana)

Samo klizište je manjeg obima, rotacijskog je tipa. Čelo klizišta nalazi se uz samu cestu. (slika 11.) Širina klizišta je cca. 12,0 – 12,5 metara, dok je dužina pokrenutog materijala cca. Do 15,0 metara. Dubinu samog klizišta možemo smatrati plitkom a kreće se cca. 2,5 – 3,5 metra dubine. Zona usijedanja je dužine cca. 3,0-3,5 m, dok je preostalo zona akumulacije cca. 11,5-12 m.





Slika 11. Jasno vidljivo čelo klizišta

Glavna pukotina klizišta je jasno izražena kao i bokovi klizišta koji su djelomično nestabilni zbog koherentnog materijala i vode koja se sa viših predjela procjeđuje kroz njih u tijelo klizišta. Pad terena nizbriježne strane je cca.  $11^{\circ}$ - $12^{\circ}$ , dok je pribriježna strana u nagibu  $8^{\circ}$ - $10^{\circ}$ . Generalni smjer pada nagiba lokacije je od sjevera, sjeverozapada prema jugoistoku. Cesta je izgrađena na nasipanom materijalu koji je nabijan u slojevima a isto tako je svaki sloj od različitog materijala. (slika 12.)



Slika 12. Pogled na slojeve nasipa ispod ceste

### 5.3.2. Istražno bušenje i terenski istražni radovi

Istražni radovi načinjeni su u svrhu određivanja razine podzemne vode, karakteristika tla na lokaciji, uzroka nastanka klizanja te za potrebe dimenzioniranja potporne konstrukcije. Načinjeni su u skladu sa Zakonom o prostornom uređenju NN 153/13, Zakonom o gradnji NN 153/13, člankom 8 Pravilnika o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata Sl. 15/90, te prema smjernicama i uputama Eurokoda 7 (Geotehnički podaci i geotehničko projektiranje).

Terenski istražni radovi obavljani su veljači 2018. god. a sastojali su se od:

- Inženjersko geotehničke prospekcije terena za sve lokacije;
- Izrade dvije (2) bušotine do dubine 3,0 m odnosno 6,5 m (Obadići), dubine 2,8 m odnosno 3,5 m (Pećine);
- Ispitivanja krilnom sondom te penetrometrom (u sitnozrnatom tlima);
- Uzimanja uzoraka tla za laboratorijska ispitivanja tla.
- Ispitivanje Schmidt-ovim čekićem u zasjeku (Stog i Ravenski) - zbog nemogućnosti pristupa strojem, a velikim dijelom zbog vremenskih prilika (snijeg) nije bilo moguće ni ručnom metodom bušenja postići zadovoljavajući obim radova, te se pristupilo gore navedenim metodama ispitivanja.

Bušotina Obadići izvedena je strojno sa bušačom garniturom Dril-17,5, dok je bušotina Obadići i Pećine B-2 izvedena ručno na tijelu klizišta zbog nemogućnosti pristupa strojem.

Tijekom terenskih istražnih radova (slika 13.) obavljena je terenska AC klasifikacija tla, uzimani su neporemećeni i poremećeni uzorci tla, te je praćena pojava i razina podzemne vode prilikom istražnih radova.

Razmještaj istražnih radova prikazan je na situacijskom planu za svaku lokaciju klizišta. Rezultati dobiveni geotehničkim istražnim bušenjem i terenskom klasifikacijom dani su u nastavku.





Slika 13. Izvođenje terenskih radova istraživanja

### Obadići B1

Tablica 1. Bušotina Obadići B1

0,00 – 0,80	Nasip, građevinski otpad, kamen lomljenac, glina;
0,80 – 2,10	Smeđe siva glina visoke plastičnosti $I_p=22,70-24,36\%$ , polukrute konzistencije $I_c=1,09-1,16$ , bez sjaja i bez mirisa. Sadrži kongrecije vapnenca promjera zrna do 3 mm. Ima 5 udaraca standardnog penetracijskog pokusa cilindrom;
2,10 – 4,30	Smeđa glina srednje plastičnosti $I_p=14,24\%$ , kruto plastične konzistencije $I_c=0,70$ , bez sjaja i bez mirisa. Ima 9 udaraca standardnog penetracijskog pokusa cilindrom;
4,30 – 5,20	Sivo smeđa glina visoke plastičnosti $I_p=31,09\%$ , kruto plastične konzistencije $I_c=0,85$ , bez sjaja i bez mirisa;
5,20 – 6,00	Siva laporovita glina visoke plastičnosti $I_p=23,33\%$ , polukrute konzistencije $I_c=1,30$ , bez sjaja i bez mirisa. Ima 23 udaraca standardnog penetracijskog pokusa šiljkom;
6,00 – 6,50	Laporoviti pješčenjak

Prilikom istražnih radova u bušotinu je prodirala površinska i procjedna voda tako da je po završetku bušenja voda bila na dubini od 2,9 m.

### **Obadići B2 (bušotina na kliznom tijelu)**

Tablica 2. Bušotina Obadići B2

0,00 – 0,70	Nasip, glina pomiješana s biljkama u stanju lignifikacije;
0,70 – 2,00	Smeđa glina srednje plastičnosti, meko plastične konzistencije, bez sjaja i bez mirisa. Ima 2-4 udarca standardnog penetracijskog pokusa cilindrom;
2,00 – 3,00	Laporoviti pješčenjak.

Prilikom istražnih radova u bušotinu je prodirala površinska i procjedna voda tako da je po završetku bušenja voda bila na dubini od 0,6 m.

## Geotehnička kategorizacija

Prema HRN EN 1997 – 1:2004+AC:2009, EUROKOD 7: geotehničko projektiranje, 1. dio opća pravila izvršena je geotehnička kategorizacija s obzirom na značajke lokacije i građevine:

Tablica 3. Geotehnička kategorizacija

---

geotehnička kategorija	2.
općenito	Uobičajena vrste konstrukcija i temelja, koja ne uključuju pretjerane opasnosti, neobične ili izuzetno teške uvjete u temeljnom tlu ili uvjete opterećenja, te je moguće uz kvantificirane geotehničke podatke i analize rutinskim postupcima provesti projektiranje i gradnju temelja sa zanemarivim opasnostima za vlasništvo i živote.
geotehnički hazard	Srednji
uvjeti u tlu	Mogu se odrediti iz provedenih istražnih radova.
podzemna voda	Prilikom istražnih radova u iskop je prodirala površinska i procjedna voda tako da je teško odrediti stvarnu razinu podzemne vode, međutim ona se kreće u intervalu od 0,6 – 2,9 m.
osjetljivost konstrukcije	Pretpostavlja se srednja.
projektni postupci	Projekt temeljenja potporne konstrukcije / projekt zaštite.
utjecaj okoliša	Rješava se rutinskim postupcima dimenzioniranja.
okolina	Ne postoji veća opasnost od oštećenja okolnih građevina zbog udaljenosti postojećih građevina te uvjeta i načina temeljenja.

---

Na temelju nabušenih slojeva, tlo u klizištu možemo podijeliti u četiri geotehničke sredine:

- **GEOTEHNIČKA SREDINA 0**

U površinskom sloju se nasip, građevinski otpad, kamen lomljenac i biljke u stanju lignifikacije dubine do 0,7 m, odnosno 0,8 m.

- **GEOTEHNIČKA SREDINA 1**

Ispod sloja nasipa se nalazi smeđe do siva glina, srednje do visoke plastičnosti  $I_p=14,24-31,09\%$ , kruto plastične do polukrute konzistencije  $I_c=0,70-1,16$ , bez sjaja i bez mirisa. Na kliznom tijelu ovaj sloj je natopljen vodom te je meko plastične konzistencije srednje plastičnosti. Sporadično sadrži kongregacije vapnenca promjera do 3 mm. Ima 4 do 9 udaraca standardnog penetracijskog pokusa cilindrom. Sloj seže do dubine od 2,0 m, odnosno 5,2 m. Terenskim ispitivanjima ručnim penetrometrom dobivene su slijedeće vrijednosti u ovoj geotehničkoj sredini:

Tablica 4. Geotehnička sredina 1

Oznaka bušotine (B)	Dubina ispitivanja (m)	Jednoosna tlačna čvrstoća tla $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
Obadići B1	2,00-3,00	<b>18 - 35</b>
Obadići B2	0,80-1,50	<b>6 - 16</b>

Ispitivanjima na uzorcima ručnom krilnom sondom dobivene su slijedeće vrijednosti u ovoj geotehničkoj sredini:

$$\tau_{u\min} = 7 \text{ do } 16\text{kPa}; \quad \tau_{u\max} = 12 \text{ do } 38\text{kPa} \quad \text{te} \quad \tau_{u\text{prosj}} = 18\text{kPa}$$

- **GEOTEHNIČKA SREDINA 2**

Siva laporovita glina visoke plastičnosti  $I_p=23,33\%$ , polukrute konzistencije  $I_c=1,30$ , bez sjaja i bez mirisa. Ima 23 udaraca standardnog penetracijskog pokusa šiljkom. Ovaj sloj je prijelaz u laporoviti pješčenjak.



• **GEOTEHNIČKA SREDINA 3**

Laporoviti pješčenjak

U sloju laporovitog pješčenjaka su završene bušotine.

Prilikom istražnih radova u iskop je prodirala površinska i procjedna voda tako da je teško odrediti stvarnu razinu podzemne vode, međutim ona se kreće u intervalu od 0,6 – 2,9 m.

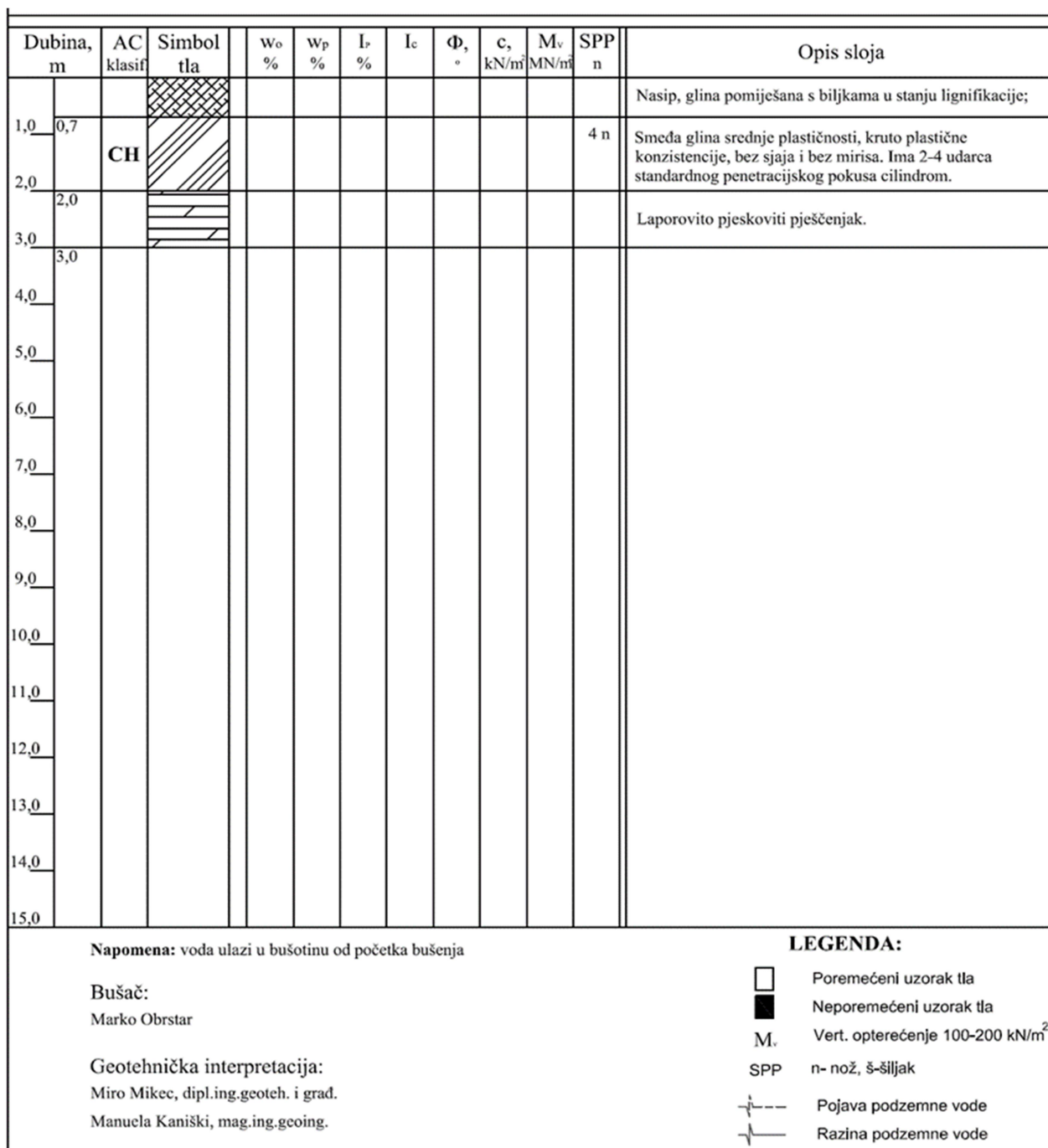
(slika 13., slika 14.)

Dubina, m	AC klasif	Simbol tla	w <sub>o</sub> %	w <sub>p</sub> %	I <sub>p</sub> %	I <sub>c</sub>	Φ, °	c, kN/m <sup>2</sup>	M <sub>v</sub> MN/m <sup>2</sup>	SPP n	Opis sloja
1,0											Nasip, građevinski otpad, kamen lomljenac, glina;
0,8	CH		25,91	28,00	22,70	1,09	25,0	9,16	5,03	5 n	Smeđe siva glina visoke plastičnosti I <sub>p</sub> =22,70-24,36%, polukrute konzistencije I <sub>c</sub> =1,09-1,16, bez sjaja i bez mirisa. Sadrži kongrecije vapnenca promjera zrna do 3 mm. Ima 5 udaraca standardnog penetracijskog pokusa cilindrom;
2,0			24,09	27,94	24,36	1,16					
2,1											
3,0	CI		29,25	25,01	14,24	0,70				9 n	Smeđa glina srednje plastičnosti I <sub>p</sub> =14,24%, kruto plastične konzistencije I <sub>c</sub> =0,70, bez sjaja i bez mirisa. Ima 9 udaraca standardnog penetracijskog pokusa cilindrom;
4,0											
4,3	CH		36,25	31,52	31,09	0,85					Sivo smeđa glina visoke plastičnosti I <sub>p</sub> =31,09%, kruto plastične konzistencije I <sub>c</sub> =0,85, bez sjaja i bez mirisa;
5,0											
5,2	CH		20,89	27,92	23,33	1,30				23 s	Siva laporovita glina visoke plastičnosti I <sub>p</sub> =23,33%, polukrute konzistencije I <sub>c</sub> =1,30, bez sjaja i bez mirisa. Ima 23 udaraca standardnog penetracijskog pokusa šiljkom;
6,0											Laporoviti pješčenjak.
6,0											
6,5											
7,0											
8,0											
9,0											
10,0											
11,0											
12,0											
13,0											
14,0											
15,0											

<p><b>Bušač:</b> Marko Obrstar</p> <p><b>Geotehnička interpretacija:</b> Miro Mikec, dipl.ing.geotech. i građ. Manuela Kaniški, mag.ing.geoing.</p>	<p><b>LEGENDA:</b></p> <p> Poremećeni uzorak tla</p> <p> Neporemećeni uzorak tla</p> <p>M. Vert. opterećenje 100-200 kN/m<sup>2</sup></p> <p>SPP n- nož, š-šiljak</p> <p> Pojava podzemne vode</p> <p> Razina podzemne vode</p>
---	---

Slika 14. Sondažni profil bušotine Obadići B1



Slika 15. Sondažni profil bušotine Obadići B2

## 6. Rezultati laboratorijskih ispitivanja

### 6.1. Geotehnička analiza i stabilnost

Numeričke analize računskog modela poprečnog presjeka klizišta obuhvatile su sljedeće ulazne parametre, odabrane na temelju terenskih istražnih radova te rezultata laboratorijskih ispitivanja.

Geotehnički proračuni provedeni su u skladu s normom HRN EN 1997-1:2012, Eurokod 7: Geotehničko projektiranje – 1.dio: Opća pravila (EN 1997-1:2004+AC:2009).

Geostatičke proračune čine dokaz graničnih stanja nosivosti (ULS) i graničnih stanja uporabljivosti (SLS) u skladu s odredbama Eurokoda 7.

Tablica 5. Parametri materijala

Oznaka materijala	Klasifikacija	Kohezija $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Kut.unut r. trenja $\varphi$ [°]	Obujamska težina $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
Sloj 1 – Laporoviti pješčenjak		-	-	-
Sloj 2 - Laporovita glina	CH	30	40	20
Sloj 3 - Glina CH, srednje pl.	CH	5	25	20
Sloj 4 - Glina CH, visoke pl.	CH	10	25	20
Sloj 5 - Nasip	GS	0	30	18

Za sve materijale još je pretpostavljeno:

- porozitet  $n = 0,35$
- Poissonov koef  $\nu = 0,3$

U gornjoj tablici navedene su vrijednosti parametara sukladno EC-7 (prvotno odabrani parametri umanjani su preko parcijalnih koeficijenata za parametre tla prema sljedećoj tablici).

U prethodnoj tablici navedene su vrijednosti parametara sukladno EC-7 (prvotno odabrani parametri umanjani su preko parcijalnih koeficijenata za parametre tla prema sljedećoj tablici).

Tablica 6. Prikaz parametara tla

Parametar tla	Simbol	Parc. koeficijenti
		Iznos (za skupinu M2)
Kut unutarnjeg trenja <sup>a</sup>	$\gamma_{\phi'}$	1,25
Efektivna kohezija	$\gamma_{c'}$	1,25
Nedrenirana posmična čvrstoća	$\gamma_{cu}$	1,40
Jednoosna tlačna čvrstoća	$\gamma_{qu}$	1,40
Obujamska težina	$\gamma_{\gamma}$	1,00

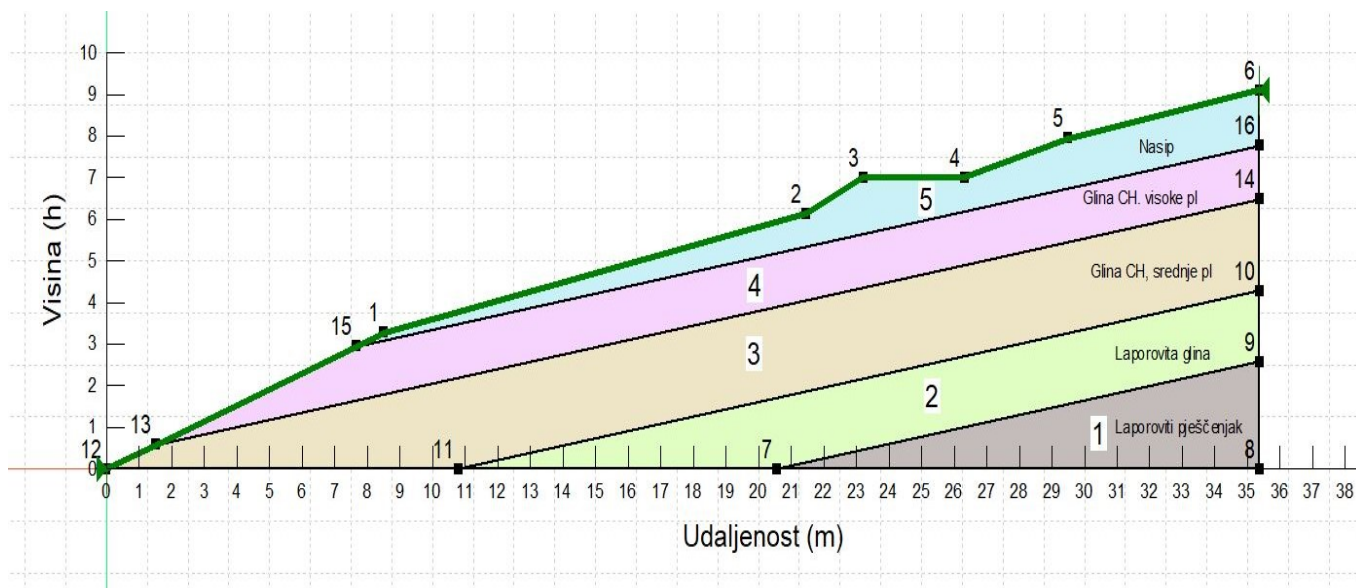
<sup>a</sup> s ovim se parcijalnim koeficijentom dijeli  $\tan\phi$

## 6.2. Ispitivanje slojeva prije nastanka klizišta

Program GeoSlope korišten je za modeliranje proračuna klizišta, također je od velike pomoći bio i bio program AutoCad. U programu GeoSlope iscrtan je jedan presjek. (slika 16) Presjek je iscrtan po geotehničkim istražnim radovima odnosno po točkama bušotina tako da smo ga mogli napraviti u mjerilu. Kao što je u prethodnom poglavlju navedeno da u području koje smo istraživali postoje dvije bušotine, tako su se bez problema mogli nacrtati i potrebne slojeve presjeka.

Presjek je podijeljen u pet slojeva.

Laporoviti pješčenjak, laporovita glina, glina srednje plastičnosti, glina visoke plastičnosti te nasip.



Slika 16. Presjek podijeljen u pet slojeva

Kod samog početka crtanja svakome materijalu opredijeljene su njegove njegove specifikacije.

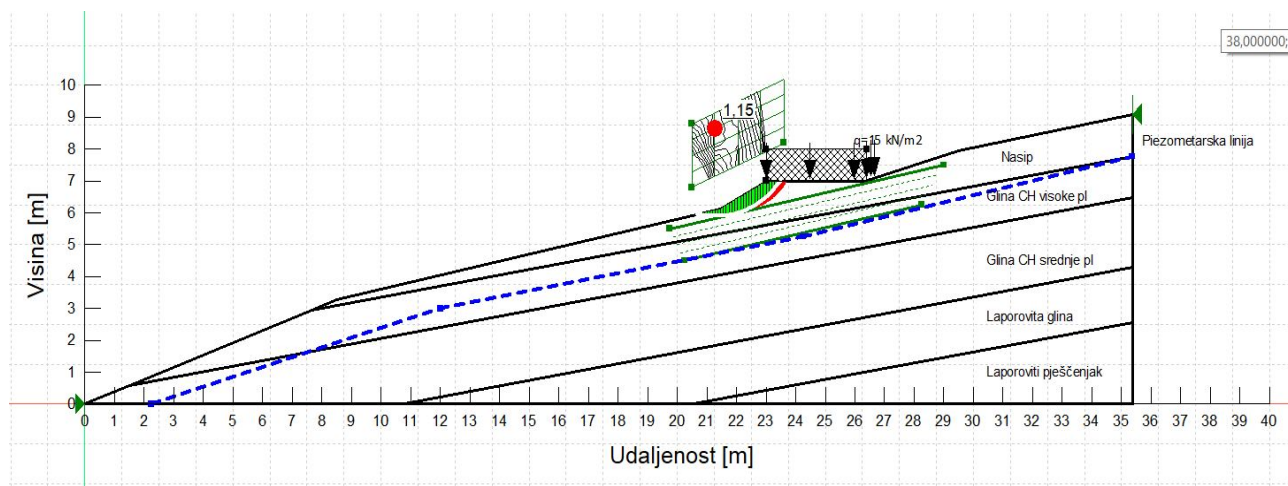
Specifična težina, kut unutarnjeg trenja i kohezija.

Također u početku nije iscrtana piezometrijska linija niti opterećenje prometnice.

### 6.3. Ispitivanje presjeka pojavom klizišta

Nadovezujemo se na točku 6.1. Kada su definirani slojevi, na te slojeve dodaje se piezometrijska linija, također se dodaje i opterećenje prometnice. (slika 17)

Zatim se izrađuje analiza koja nam je pokazala gdje će se točno dogoditi klizna površina, kako će izgledati te u kojoj će točki biti najkritičnija.



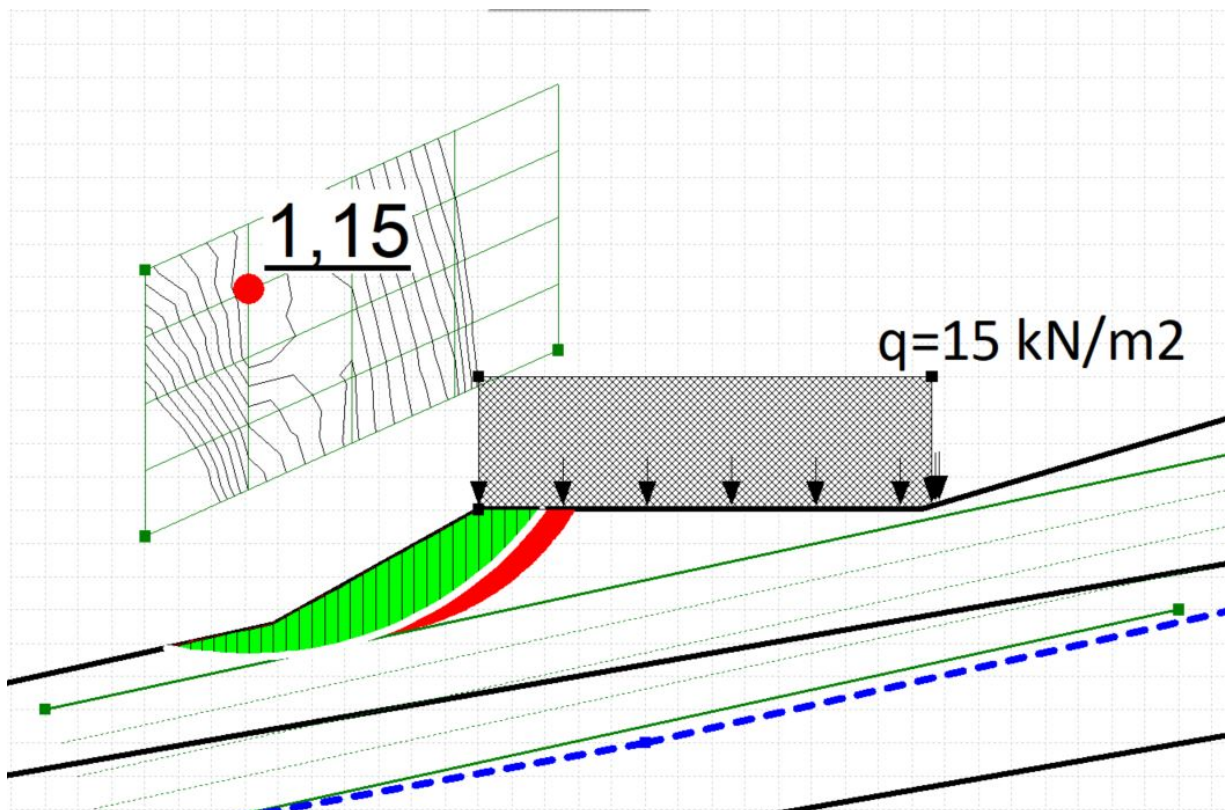
Slika 17. Prikaz terena nastankom klizišta prikaz terena

Kada se postave opterećenja, piezometarska linija te ulaz i izlaz klizišta, sve se zajedno analizira programom GeoSlope, te on točno iscrta gdje će nastati klizna površina. Na slici zeleno označena je cijela klizna površina. Analizom smo dobili preko sto klizinih površina koje su mogle nastati, no odabrana je najkritičnija. Najkritičnija klizna površina ima faktor sigurnosti 1,15.

Faktor sigurnosti je omjer dopuštenog i maksimalnog stvarnog napreznja u elementu konstrukcija. Izbor samog faktora ovisi o mnogim okolnostima, na primjer o poznavanju opterećenja kojima će konstrukcija biti izložena, opasnostima za ljudski život, važnost konstrukcije, o težini konstrukcije.

Spomenuto je već u prethodnim poglavljima da je klizište nešto manjeg obima kako je i prikazano analizom te da je rotacijskog tipa. (slika 18)

Rotacijski tip klizišta su odvojene mase oko osi koja se nalazi u bazi ili blizini baze. Smjer pada nagiba je od sjevera, sjeverozapada prema jugoistoku.



Slika 18. Prikaz klizne plohe

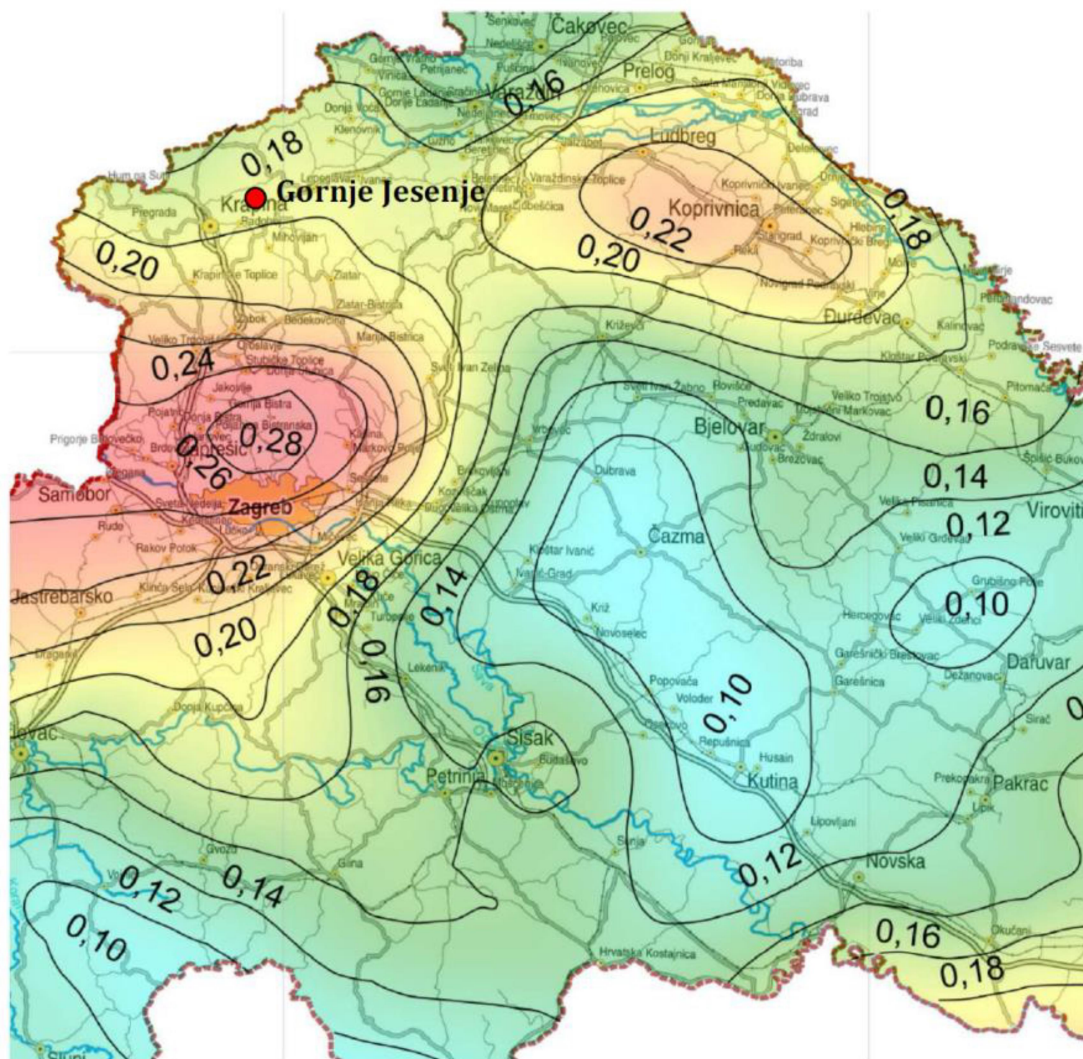
Također ne smije se zaboraviti i opterećenje od prometa koje iznosi  $q=15\text{kN/m}^2$ , koje je također od iznimne važnosti za ovaj projekat i modeliranje.

Isto tako lokacija se nalazi na trusnom području te ne smijemo izostaviti ni mogući potres. Za provedbu numeričkih geotehničkih analiza stabilnosti potrebno je obaviti realističan izbor ulaznih parametara nužnih pri računskom modeliranju poprečnog presjeka klizišta. Procedura ovog izbora započinje od ponuđenih podataka provedenih istražnih radova (terenskih i laboratorijskih).

Izbor geotehničkih parametara s kojima će se ući u numeričke analize obvezuje na naglašavanje važnih tehničkih propozicija koje se trebaju slijediti i poštovati tijekom analize i sanacije klizišta.

Podaci o seizmičnosti šireg područja nalaze se u "Seizmološkoj karti Republike Hrvatske". Ta je karta izrađena za različite povratne periode, a stupnjevi seizmičnosti pojedinih područja izraženi su stupnjevima MCS ljestvice.





Slika 19. Prikaz seizmičkog područja

Prema karti seizmičnosti, za područje na kojem se nalazi istraživana lokacija, osnovni stupanj seizmičnosti za 500-godišnji povratni period je  $7^{\circ}$  prema MCS ljestvici.

Prema Eurocodu 8 svaka zemlja je podijeljena na seizmičke zone ovisno o tektonskim svojstvima. Ovisno o seizmičkoj zoni definirana je vrijednost maksimalnog ubrzanja „ag“ u stjenovitom ili drugom tlu. Potresno djelovanje određuje se preko proračunskog ubrzanja „ag“, koje odgovara povratnom periodu od 500 godina. Utjecaj potresnog djelovanja koji se odnosi na tlo, općenito se uzima u obzir razmatranjem razreda tla.

Tlo je podijeljeno u pet osnovnih razreda (A, B, C, D i E), te ovi razredi imaju i podrazrede. Tlo na predmetnoj lokaciji nalazi se u razredu tla „B“ a koji označava slojeve



stijene ili njoj slične formacije sa najviše 5,0 m slabijeg materijala na površini te mješovite formacije.

Prema karti potresnih područja Republike Hrvatske, koja je sastavni dio Nacionalnog dodatka za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade, određeno je vršno ubrzanje za tip tla „B“, a za istražni prostor iznosi:  $agR=0,18 \cdot g$  [m/s] (povratni period 475 godina).

Tablica 7. Geotehnički profil tla za zadane tipove tla

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

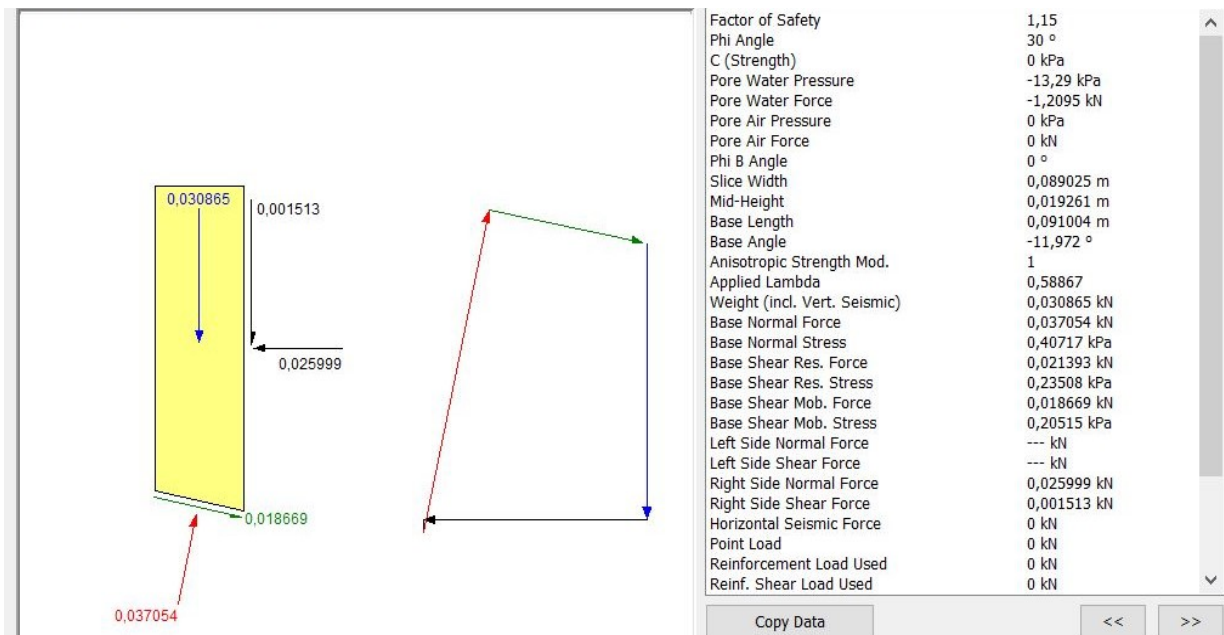
$v_{s,30}$  - srednja vrijednost brzine (L) poprečnih površinskih valova;

$N_{spt}$  - standardni penetracijski test (broj udaraca);  $C_u$  - posmična čvrstoća tla

Tablica 8. Tipovi tla sa parametrima

Tip tla	S	TP(s)	TC(s)	TD(s)
A	1,00	0,15	0,4	2,0
B	1,20	0,15	0,5	2,0
C	1,15	0,20	0,6	2,0
D	1,35	0,20	0,8	2,0
E	1,40	0,15	0,5	2,0

- horizontalna komponenta sile:  $F_H=0,5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W=0,5 \cdot 0,18g \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cong 0,11g$
- vertikalna komponenta sile:  $F_V=0,5F_H=0,5 \cdot 0,11g \cong 0,055g$



Slika 20. Slika prikazuje Bishopovu metodu

Također za svaki dio klizne površine može se izlistati poligon sila.

Poligoni tih sila određuju se po Bishopovoj metodi. (slika 19)

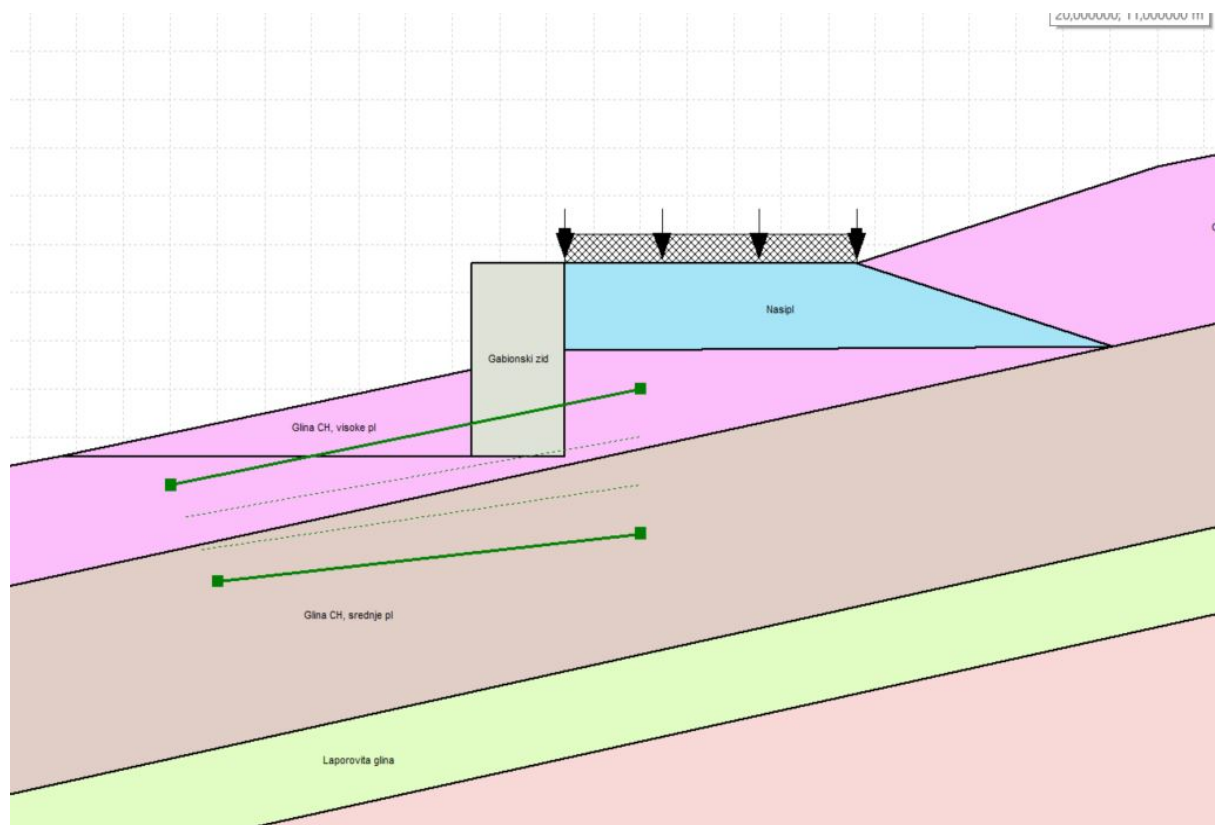
Bishopova metoda je metoda u kojoj se primjenjuju lamele, gdje se tlo iznad pretpostavljene klizne plohe podijeli na nekoliko uglavnom vertikalnih lamela a rezultat je faktor sigurnosti.

## 6.4. Ispitivanje presjeka saniranog klizišta

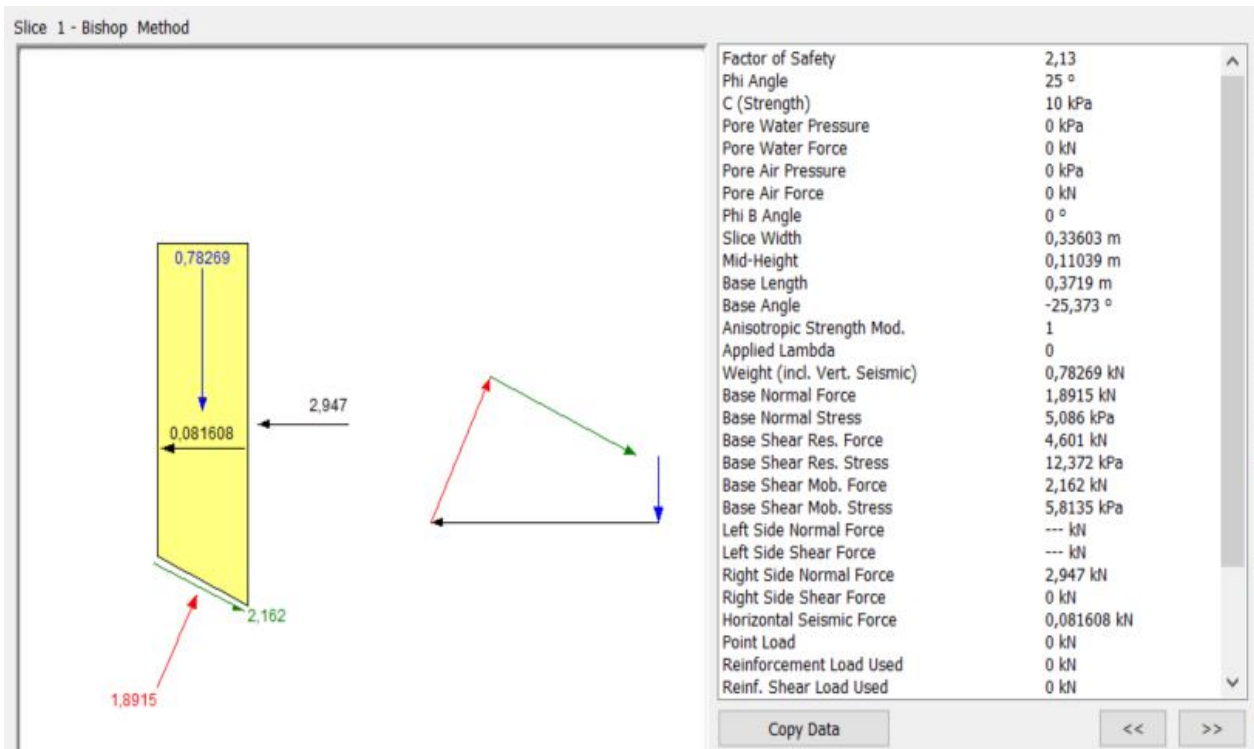
Kao izbor sanacije klizišta, odabran je gabionski zid. (slika 20) Gabionski zid se izvodi u svrhu osiguranja stabilnosti tla iza zida, a može biti izveden i kao obložni zid. Izrađuje se od gabionskih koševa koji se slažu u jedan ili više redova, ovisno o visini zida. Koševi imaju oblik kaveza zatvorenog sa svih strana. Izrađeni su od pocinčane heksagonalne mreže te od lomljenog kamena koji se ugrađuje u koševe. Slaganjem gabionskih koševa u pravilan raspored, nastaju potporne konstrukcije koje predstavljaju alternativno rješenje betonskim konstrukcijama u području osiguranja stabilizacije tla.

Gabionski zid može imati različite funkcije od stvaranja barijera koje sprječavaju eroziju, sprječavanju klizišta kao u našem slučaju, zaštitu od buke te do same estetske konstrukcije ogradnih zidova vrtova.

No vratimo se analizi. U analizi je dodan novi materijal, materijal gabionskog zida, te ga je potrebno analizirati programom. Prilikom analize dobiva se faktor sigurnosti od 2,13 što je skoro duplo veće od analize kad nije bilo gabionskog zida.



Slika 21 Prikaz slojeva tla i gabionskog zida te opterećenja na cestu



Slika 22. Slika prikazuje Bishop metodu

U ovoj analizi program je koristio Bishopovu metodu. (slika 21) Bishopova metoda je pojednostavljena metoda, zadnja je od metoda u povijesnom razvoju metoda granične ravnoteže još primjerena proračunima bez korištenja računala. U izravnom obliku razvijena je za kružne klizne plohe. U toj metodi kreće se od izraza za globalnu ravnotežu momenata sila, zanemaruje se ravnoteža u horizontalnom smjeru, te se zanemaruje razlika vertikalnih komponenti međulamelarnih sila koje djeluju na jednu lamelu.

Za računanje faktora sigurnosti potreban je iteracijski postupak, jer je izraz implicitna jednačba za faktor sigurnosti oblika  $F = g(F)$ , zbog ovisnosti  $m_a$  o faktoru sigurnosti  $F$ . Iteracijski postupak se provodi tako da se krene od neke početne vrijednosti  $F$ , na primjer 1, izračuna se  $F = g(F)$  i time se dobije nova vrijednost  $F$  za te se postupak ponavlja  $n$  puta:  $F_{i+1} \rightarrow g(F_i)$  dok se ne postigne  $F = F_{n+1} \sim F_n$ . U tom postupku indeks  $i$  označava redni broj iteracije.

## 7. Prijedlog tehničke mjere sanacije

Zbog karaktera ceste, ekonomske opravdanosti zahvata, te uvjeta u tlu preporučuje se sanaciju izvesti na način:

- Potpornu konstrukciju izvesti gabionskim zidovima (slika 22) uz djelomičan iskop zemlje iza zida (nasip ceste) te nasipavati u slojevima, zbijati te armirati tlo. Također nizbriježni dio djelomično zamijeniti materijal pokosa. Iskop obaviti u terasama, nagiba ne većim od 2:1. Projekt sanacije izraditi na način da se rješenje uklapa u okolnu konfiguraciju terena te zatečeno stanje uzbriježne prometnice, a da se uz poštivanje arhitektonskih rješenja ovog kraja ne naruši identitet sredine u kojoj se provodi sanacija nestabilnog pokosa;
- Obavezna izvedba površinske odvodnje te odvodnje podzemnih voda na nizbriježnoj strani (drenovi, kanali, kanalice). Vodu odvesti u podnožje na sigurno mjesto gdje njeno istjecanje neće imati utjecaja na sanirano klizište ali ni na okolne objekte ili eventualne nestabilne pokose!
- Alternativno se potporna konstrukcija može izvesti zabijanjem i sidrenjem čeličnog žmurja;
- Projektom je potrebno obuhvatiti sve radove na izvedbi zamjene materijala osiguranju stabilnosti pokosa, samom kolniku ceste, kanalima i potocima te odvodnju.



Slika 23. Izvedeni gabionski zid

## 8. Zaključak

Da bi sanirali klizište potrebno nam je znanje i poznavanje geotehnike i geotehničkog projektiranja.

Također su nam potrebna i informatička znanja. Istina da su nekad ljudi računali i bez računala i današnjih programa, no današnja tehnologija nam nudi puno toga i zašto to da ne iskoristimo. Osim što je preciznije i možda je i duplo brže i efikasnije. Kod ovakvih katastrofa tipa klizišta i sanacija nema mjesta pogreškama. Samo jedan krivi proračun je dovoljan da sve krene u krivom smjeru, smjeru koji ne želimo.

Kao što je navedeno više je pojava izazvano ljudskom rukom nego samom prirodom. Klizište se dogodilo na nerazvrstanoj cesti po kojem prometuju vozila i moglo je doći do neke nesreće isključivo krivicom ljudskog faktora. Prilikom izgradnje ili dogradnje nije dovoljno samo iskopat, postaviti cijev i zakopat je, treba biti pravilno postavljena te imati slobodan protok da neba dolazilo do ovakvih posljedica. Analizom i istražnim radovima, izradili smo najbolju i najefikasniju sanaciju gabionskim zidovima. Sami zidovi su izdržljivi te estetski lijepo izgledaju i ne štete okolišu, a zadržavat će sigurnost na tom mjestu da ne dođe do ponovnog klizišta.

## 9. Literatura

Mehanika tla i stijena, Vlasta Szavits-Nossan, 13 predavanja

[https://www.grad.unizg.hr/\\_download/repository/13.\\_Predavanja\\_MT.pdf](https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/13._Predavanja_MT.pdf)

Firma Geotech Rijeka, A. Ciottina 21, Rijeka

<https://www.geotech.hr/gabionski-zid/>

Časopis građevinar, 10/2015, Zoran Berisavljević, dipl.ing.geol, Dušan Berisavljević, dipl.ing.geol., Doc.dr.sc. Vladimir Čebašek, dipl.ing.rud., Doc.dr.sc.Dragoslav Rakić, dipl.ing.geol

<http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-67-2015-10-3-1030.pdf>

ISSMGE [1](*International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*) -

Međunarodna udruga geotehničara HUMTGI - Hrvatska udruga za Mehaniku tla i

geotehničko inženjerstvo UIG - Udruga inženjera Geotehnike [2]

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Geotehnika>

klizište, [1] "Hrvatska enciklopedija", Leksikografski zavod Miroslav Krleža,

www.enciklopedija.hr, 2016

<https://hr.wikipedia.org/wiki/Klizi%C5%A1te>

Snježana Mihalić

[https://rudar.rgn.hr/~smihalic/nids\\_snjezanamihalic/08-03\\_klizistaZnacajke.pdf](https://rudar.rgn.hr/~smihalic/nids_snjezanamihalic/08-03_klizistaZnacajke.pdf)

Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja Republika Hrvatska

Zakon o sufinanciranju sanacije klizišta <https://mgipu.gov.hr/sufinanciranje/sanacija-klizista/8214>

Zakon o cestama <https://www.zakon.hr/z/244/Zakon-o-cestama>



# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Nikolina Čizmeković

MATIČNI BROJ 2006/336

DATUM 1. 08. 2019.

KOLEGIJ Geotehnika

NASLOV RADA SANACIJA KLIZIŠTA NA NERAZVRSTANOJ CESTI CERJE OBADIĆI  
U OPĆINI GORNJE JESENJE

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Landslide mitigation on the unclassified road in Cerje Obadići,  
municipality Gornje Jesenje

MENTOR doc.dr.sc. Matija Orešković

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. doc.dr.sc. Aleksej Aniskin

2. doc.dr.sc. Matija Orešković

3. prof.dr.sc. Božo Soldo

4. Mirna Amadori, predavač

5.

## Zadatak završnog rada

BROJ 377/GR/2019

OPIS

U Završnom radu potrebno prikazati postojeće stanje predmetne lokacije na kojoj se planira zahvat u prostoru. Nakon toga, prikazati terenske radove i tehničko rješenje, odnosno opis planiranog zahvata, sanacija klizišta na lokalnoj nerazvrstanoj cesti.

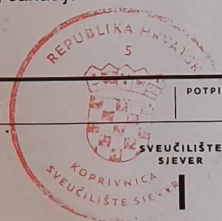
Rad se sastoji od:

1. Uvod
2. Općenito o klizištima
3. Primjena Eurocod-a 7
4. Klizište na nerazvrstanoj cesti
5. Geotehnička prospekcija terena i geotehnički istražni radovi
6. Rezultati laboratorijskih ispitivanja
7. Računske analize i prijedlog sanacije
8. Zaključak
9. Literatura

ZADATAK URUČEN

17. 09. 2019

POTPIS MENTORA





IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, NIKOLINA ČIŽMEKVIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SONATA KLIZIJA NA NEKAZIVANJU ČESTI ČIJE (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljen način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nikolina Čizmekvić  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, NIKOLINA ČIŽMEKVIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom SONATA KLIZIJA NA NEKAZIVANJU ČESTI ČIJE (upisati naslov) čiji sam autor/ica. Uopće nije ista

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Nikolina Čizmekvić  
(vlastoručni potpis)