

# Metode sanacije glinokopa Đurđevićev brijeg u Bedekovčini nakon prestanka eksploatacije

---

Siketić, Darko

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:997483>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-30**

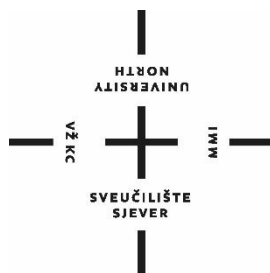


Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)



**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**



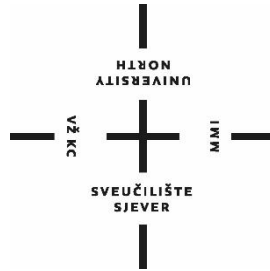
DIPLOMSKI RAD br.72/GRD/2022

**Metode sanacije glinokopa Đurđevićev brijeg u  
Bedekovčini nakon prestanka eksploatacije**

DARKO SIKETIĆ 1192/336D

Varaždin, listopad 2022.

**SVEUČILIŠTE SJEVER**  
**SVEUČILIŠNI CENTAR VARAŽDIN**  
**Studij Graditeljstvo**



DIPLOMSKI RAD br.72/GRD/2022

**Metode sanacije glinokopa Đurđevićev brijeg u  
Bedekovčini nakon prestanka eksploatacije**

Student:

Darko Siketić, 1192/336D

Mentor:

doc. dr. sc. Matija Orešković

Varaždin, listopad 2022.





## *Zahvala:*

*Želim iskreno zahvaliti mentoru doc.dr.sc.Matiji Oreškoviću na strpljenju i pomoći pri izradi ovog Diplomskog rada, a prije svega na svim korisnim informacijama koje je podijelilo sa mnom tijekom predavanja svih proteklih godina.*

*Zahvaljujem se i svim ostalim zaposlenicima Odjela za graditeljstvo Sveučilišta Sjever koji svojim radom i trudom godinama stvaraju nove generacije inženjera.*

*Tema Diplomskog rada je „Sanacija Glinokopa Đurđevićev brijeg Bedekovčina“, prije svega kao literatura koristila se projektna dokumentacija, odnosno Geotehnički sanacijski elaborat.*

*Posebno zahvaljujem svojoj obitelji na podršci i pomoći tijekom mojeg cjelokupnog obrazovanja.*

## **Sažetak diplomskog rada**

U ovom diplomskom radu prikazano je geotehničko sanacijsko rješenje za južno područje ugroženog glinokopa na Đurđevićevom brijegu u Bedekovčini. Osim sanacijskog rješenja, priložene su fotografije destabiliziranog glinokopa prije sanacije te fotografije tijekom izvođenja radova. Rad sadrži posebne uvjete za građenje izdane od pojedinih tijela sa priloženim obavijestima istih. Prikazano je postojeće stanje destabilizirane padine, odnosno ugroženog glinokopa. Nadalje u radu je razrađen projektni zadatak te dano tehničko sanacijsko rješenje, opis zahvata, redosljed odvijanja radova. Detaljno je opisan sanacijski koncept, formiranje pokosa s nekoliko bermi, prihvat i odvodnja procjednih i površinskih voda. Opisani su tehnički uvjeti izvedbe, od pripremnih radova pa sve do onih završnih radova, sadnje i sijanja trave. Modelirano je sanacijsko rješenje i opisano ponašanje glinokopa prije sanacije u određenom programu te je provedena analiza stabilnosti za razna stanja klizišta. Obavljena su geodetska snimanja i mjerenja bespilotnom letjelicom. Projekt je usklađen s odredbama posebnih zakona i propisa te prostornog plana.

**Ključne riječi:** klizište, sanacija, stabilnost, geostatički proračun, tehničko rješenje

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA .....	4
2.1. Klizno tijelo,klizna ploha,klizište i oblici klizanja .....	5
2.2. Tipovi klizišta .....	7
2.3. Brzina klizanja .....	8
2.4. Materijal klizanja .....	8
2.5. Uzroci i povodi klizanja.....	9
2.6. Stabilizacija kosine .....	10
2.6.1. Modifikacija profila .....	10
2.6.2. Dreniranje klizišta.....	10
2.6.3. Podupiranje .....	11
2.6.4. Geotehnička sidra.....	11
3. PROJEKTIRANJE PREMA EUROKODU 7 .....	12
3.1. Tri geotehnička razreda.....	12
3.2. Granična stanja nosivosti i uporabivosti .....	12
3.3. Vrste graničnih stanja nosivosti .....	13
4. PLAN DALJNJIH AKTIVNOSTI .....	15
5. GEOTEHNIČKI UVJETI NA LOKACIJI .....	19
5.1. Dopunske opservacije terena .....	19
5.2. Nadopuna geotehničkih istražnih radova.....	23
5.2.1. Pozicioniranje istražnih radova i mokrih punktova .....	23
5.2.2. Dinamičko sondiranje .....	24
6. OPIS TEHNIČKOG RJEŠENJA SANACIJE .....	32
6.1. Glavne postavke tehničkog rješenja.....	32

6.2. Opis sanacijskih mjera .....	33
6.3. Redoslijed odvijanja radova.....	37
7. TEHNIČKI UVJETI IZVEDBE .....	46
7.1. Pripremni radovi .....	46
7.2. Radovi na odvodnji .....	48
7.3. Zemljani radovi .....	48
7.4. Ugradnja materijala.....	51
7.5. Sadnja i sijanje raslinja .....	52
7.6. Postsanacijske oskultacije .....	52
8. Geostatički proračun .....	53
8.1. Modeliranje sanacijskog rješenja .....	53
8.2. Provedba analize stabilnosti za razna stanja glinokopne padine .....	55
8.3. Sažetak analize padinske stabilnosti .....	58
8.4. Rezime geostatičkog proračuna .....	59
9. PLAN KONTROLE I OSIGURNJA KVALITETE(nadzor) .....	60
10. RAČUN MASA .....	61
11. ZAKLJUČAK .....	63
12. Prilozi.....	67

## Popis kratica:

F <sub>s</sub>	Faktor sigurnosti
mm	Oznaka za duljinu, milimetar
cm	Oznaka za duljinu, centimetar
m	Oznaka za duljinu, metar
sec	Oznaka za vrijeme, sekunda
PPV	Pojava podzemne vode
NPV	Nivo podzemne vode
RPV	Razina podzemne vode
HRN	Hrvatska norma
ZD1	Zdenac 1(2,3)
VP0	Visinski plato 0(1,2,3,4)
B1	Bušotina 1(2,3...14)
ST	Samoniklo tlo
MP	Mokri punkt
AD	Aktualno dno
DPL	Dynamic Probing Light
LUS	Laka udarna sonda
Z <sub>t</sub>	Zatvorene bušotine
h	Visina
R <sub>d</sub>	Zakretni torzijski moment
A	Površina

Kg	Kilogram
%	Postotak
m <sup>2</sup>	Oznaka za površinu,metar kvadratni
cm <sup>2</sup>	Oznaka za površinu,centimetar kvadratni

PEHD Polietilen visoke kakvoće

DN250 Cijev promjera 250 milimetara

M <sub>O</sub>	Modul otpora
$\gamma$	Obujamska težina
c	Kohezija
°	Stupanj
PL	Procjedna linija
MC	Oznaka tla
kPa	Kilopaskal (mjerna jedinica za tlak)
p <sub>a</sub>	atmosferski tlak
$\sigma$	Naprezanje
SPT	Standardni penetracijski test
D <sub>R</sub>	Indeks zbijenosti
C <sub>U</sub>	Nedrenirana čvrstoća
N	Registrirani broj udaraca kod SPT-a
E <sub>oed</sub>	Empirijski ekvivalent edometarskom modulu tla
T	Torzijski moment
g	ubrzanje sile teže

## Popis tablica:

Tablica 1:Kronološki podaci o povremenim izmjerama razine vode(NPV) i aktualnog dna(AD) u istražnim bušotinama .....	23
Tablica 2: Procjena dubine relativno stabilne podloge na pozicijama DPL-a .....	31
Tablica 3:Visinske kote nabušenog samoniklog tla(ST),oznaka KP(klizna ploha).....	35
Tablica 4: Ulazni parametri za tlo.....	53
Tablica 5: Modelirani geotehnički uvjeti .....	54

## Popis slika:

Slika 1:Pogled preko čela devastiranog glinokopa s pristupne toče u smjeru sjever-sjeverozapad[1] .....	1
Slika 2:Jedan od izrazitijih blatnih tokova(u gornjoj trećini visine glinokopa)[1] .....	1
Slika 3:Podnožje glinokopa zapunjeno žitkom masom, a potočno priobalje zaraslo hidrofilnim raslinjem[1] .....	3
Slika 4:Elementi nestabilnosti na kosini[3] .....	5
Slika 5: Translacijsko klizanje i plitko rotacijsko klizanje[3] .....	6
Slika 6: Primjeri različitih oblika klizanja kosina u tlu[3] .....	6
Slika 7:Pet tipova klizanja mase[4].....	7
Slika 8:Odnos između pomaka,brzine i faktora sigurnosti:(1)puzanje, (2)pred klizanje, (3)klizanje, (4)stabilizacija [5].....	8
Slika 9: Deltoidni „mokri punkt“(sada osušen) u podnožju glinokopa[1].....	15
Slika 10: Zračna snimka napuštenog glinokopa[1].....	17
Slika 11: Razmočeno tlo gotovo je porušilo zaštitnu ogradu oko B11[1] .....	19
Slika 12: Pogled na pumpu zdenca Z1[1] .....	20
Slika 13:Obilno cjeđenje procjernih voda po padinskom terenu ispod zdenca Z1[1].....	20
Slika 14:Pogled na glinokopnu padinu sa sjeverozapada[1].....	21
Slika 15: Pogled prema Bedekovčini sa sjeverozapada glinokopa[1] .....	21
Slika 16:Pogled prema jugu s glinokopnog ruba nad istražnom bušotinom B9[1] .....	22
Slika 17: Iskolčenje pozicijskih točaka na osi budućeg nožićnog nasipa, u cilju provedbe kontrolnog dinamičkog sondiranja(LUS-DPL)[1].....	24

Slika 18:Rezultati dinamičke penetracije na poziciji DPL-1[1] .....	27
Slika 19: Rezultati dinamičke penetracije na poziciji DPL-2[1] .....	28
Slika 20:Rezultati dinamičke penetracije na poziciji DPL-3[1] .....	29
Slika 21:Rezultati dinamičke penetracije na poziciji DPL-4[1] .....	30
Slika 22:Rezultati dinamičkog sondiranja tla duž uzdužne osi nožićnog nasipa[1].....	31
Slika 23:Pogled s gornjeg ruba glinokopa u smjeruvjuga-jugozapada[1] .....	32
Slika 24:Denivelacija trena s pratećim odronima ocrtava gornju konturu klizišta iznad B9 i B10[1] .....	33
Slika 25:Prikaz pružanja osnovnih trasa sanacijskog zahvata[1] .....	34
Slika 26:Pozicioniranje glavnog uzdužnog drena.....	35
Slika 27:Karakteristični poprečni presjek drena .....	36
Slika 28:Sukcesivno zasjecanje padinske plohe(priprema za završno uređenje pokosa) .....	39
Slika 29:Gantogram tijeka izvođenja sanacijskih radova na klizištu.....	45
Slika 30: Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg" - profil PP4(zatečeno stanje)[1] .....	55
Slika 31: Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg"-profil PP4(ugradnja drena)[1].....	56
Slika 32:Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg" - profil PP4(izgradnja bedema)[1] .....	56
Slika 33: Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg" - profil PP4-(uređenje pokosa).....	57
Slika 34:Analiza stabilnosti kosine glinokopa"Đurđevićev brijeg" - profil PP4(radovi-nepovoljni uvjeti).....	57



# 1. Uvod

U proteklih nekoliko godina provedeni su određeni pokušaji sanacije nestabilne padine zapuštenog glinokopa na zapadnim padinama Đurđevićevog brijega. Usprkos tome, stanje na glinokopu postupno je poprimalo sve teže oblike nestabilnosti, posebno tijekom prijelaza zime u proljeće kada su vodom natopljene padinske mase poprimale kašastu formu. Kao na primjer tijekom kontrolnog obilaska 8.III.2016 godine(slike 1. i slika 2.).



*Slika 1: Pogled preko čela devastiranog glinokopa s pristupne toče u smjeru sjever-sjeverozapad[1]*



*Slika 2: Jedan od izrazitijih blatnih tokova(u gornjoj trećini visine glinokopa)[1]*

Nakon spomenutog kontrolnog obilaska po gornjem (istočnom) obrubu klizišta, od rubne zone na jugu do sjeverne točke glinokopa zabilježena su neka važna zapažanja koja možemo sažeti u nekoliko točaka. Tako će nam biti jasnija sama problematika klizišta te plan potrebnih daljnjih aktivnosti.

- Najviša kota strmog čela glinokopa nalazi se na zadnjoj trećini duljine glinokopa (gledano od juga). Tu su se mogle zapaziti posljedice triju eksplicitnih znakova padinske nestabilnosti:
  - Odroni-uz sami gornji rub glinokopa
  - Klizanja manjih ili većih segmenata
  - Blatni tokovi izazvani procjednim, ali i površinskim vodama koje se skupljaju i izbijaju na veće broju „mokrih punktova“.
- Put koji vodi tik pored čeonog ruba glinokopa, tj. u zoni najviših točaka glinokopa ukazuje na prijeteću opasnost novog velikog odrona ili na skoro prokliznuće terena s budućim čelom van obilježenih granica. Općenito gledano, u početnom se razdoblju spomenuto razvlačenje tla manifestira tek kao puzanje koje se odvija gotovo nezamjetno, da bi potom došlo do pojave vlačne pukotine koja u pravilu prethodi odronu ili klizanju destabiliziranog padinskog tijela.
- U sjevernom dijelu glinokopa nastalo je prostrano bočno klizište unutar kojeg se jasno opažaju široke vlačne pukotine, kao i bočne denivelacije.
- Klizno tijelo parcijalnog tog klizišta samo je dodatno potvrdilo da se destabilizacija padine glinokopa poglavito događa zbog uklanjanja potporne nožice(to bi se moglo nazvati neželjenim nusproduktom eksploatacije glinokopa), a dodatno je potaknuta slivnim i površinskim, ali i procjednim vodama. Navedenim razlozima treba dodati i onaj geološki, a to je pojava razmjerno tvrde, masne gline u podlozi koja je još uz to praktički vodonepropusna.
- Tijekom preliminarnog obilaska područje glinokopa ostavilo je dojam teške prohodne žitke mase (slika 3.). Na padini i podnožju klizišta talože se velike količine razmoćenog tla kojeg ispiru površinske, ali i procjedne vode izbijajući na pobočju glinokopa kroz tzv. „moke punktove“. Zaravnjeno podnožje glinokopa terasasto prelazi u izduženi pojas potočnog priobalja zaraslog hidrofilnim grmovitim raslinjem(slika 3.)



*Slika 3: Podnožje glinokopa zapunjeno žitkom masom, a potočno priobalje zaraslo hidrofilnim raslinjem[1]*

Na osnovi opisanog stanja klizišta, predložen je plan aktivnosti koje će biti opisane u nastavku ovog rada i koje bi poslužile kao osnova za detaljniju tehničku dijagnozu padinskog stanja, nakon čega bi slijedilo uobličenje sanacijskog koncepta, a potom i izrada projekta sanacijskih zahvata (zamišljeno je da se za početak tretira samo južni dio padinskog područja), te na koncu i izvođenje sanacijskih radova (sušni dio godine) prema tom projektu

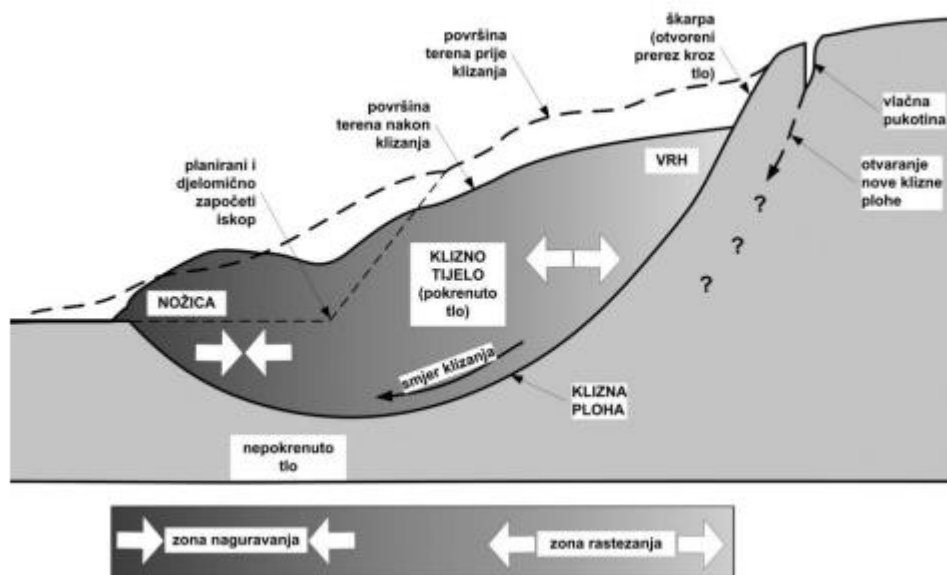
## 2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA

Klizanje je prirodan proces oblikovanja reljefa ili se može javiti kao posljedica ljudskih aktivnosti koje narušavaju stabilnost padina. Klizanja predstavljaju vrlo ozbiljan problem zbog toga jer mogu uzrokovati velike ekonomske i socijalne gubitke. Posebna grana geotehnike danas se bavi zaštitom kosina i sanacijama klizišta. Može se razmatrati zaštita prirodnih kosina dok još nisu postale opasne za okoliš, zaštita kosina prilikom iskopa, sanacija potencijalnih klizišta, sanacija aktivnih klizišta i načini izbjegavanja loših utjecaja potencijalnih klizišta ili odrona i slično. To sve nam govori o vrlo širokim mogućnostima djelovanja inženjera u ovom području.[2]

Za provedbu sanacije klizišta potrebno je provesti detaljne geotehničke istražne radove i izraditi geotehnički elaborat koji služi kao osnova za izradu projektne dokumentacije sanacije klizišta. U dogovoru s investitorom biramo tehnički i ekonomski gledano najpogodnija rješenja te odabiremo tehnologiju sanacije klizišta.

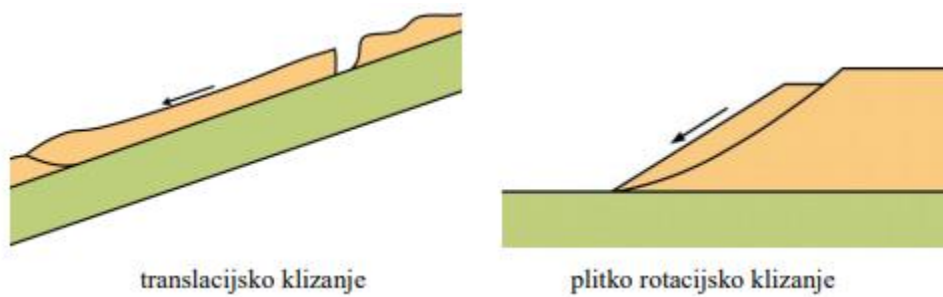
## 2.1. Klizno tijelo, klizna ploha, klizište i oblici klizanja

Iskustvo i opažanja ukazuju nam na to da se nestabilnost neke kosine u većini slučajeva očituje kao klizanje mase tla odnosno kliznog tijela, po ravnoj ili zakrivljenoj kliznoj plohi (slika 4.). U donjem dijelu kliznog tijela tlo se naguravanjem zbija, a u gornjem dijelu se razrahljuje. Zbog vlačnih napreznja na vrhu i male vlačne čvrstoće tla obično se otvara vlačna pukotina koja se zbog smjera gibanja može pri površini otkriti kao škarpa. To nam je znak nestabilnosti kosine već u ranoj fazi njezinog nastanka. Područje samog kliznog tijela kao i okolina oko njega naziva se klizištem. [3]

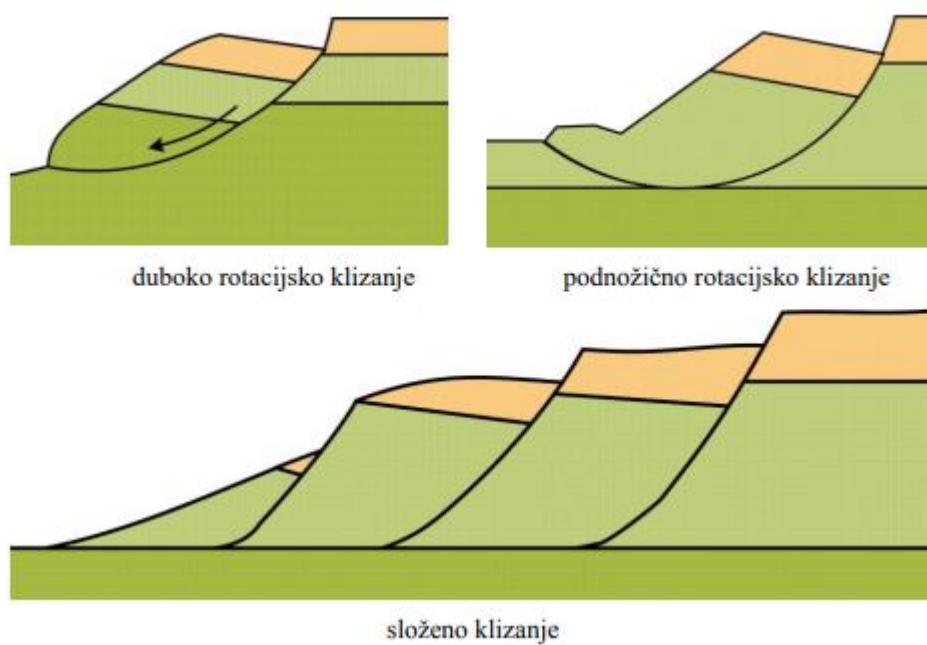


Slika 4: Elementi nestabilnosti na kosini [3]

Prethodna slika (slika 4.) nam prikazuje primjer jednostavnog klizišta u kojem se pojavljuje jedno klizno tijelo i jedna, relativno pravilna klizna ploha. U drugim prilikama i za određene vrste tla mogući su razni drugi oblici klizanja (slika 5.), (slika 6.).



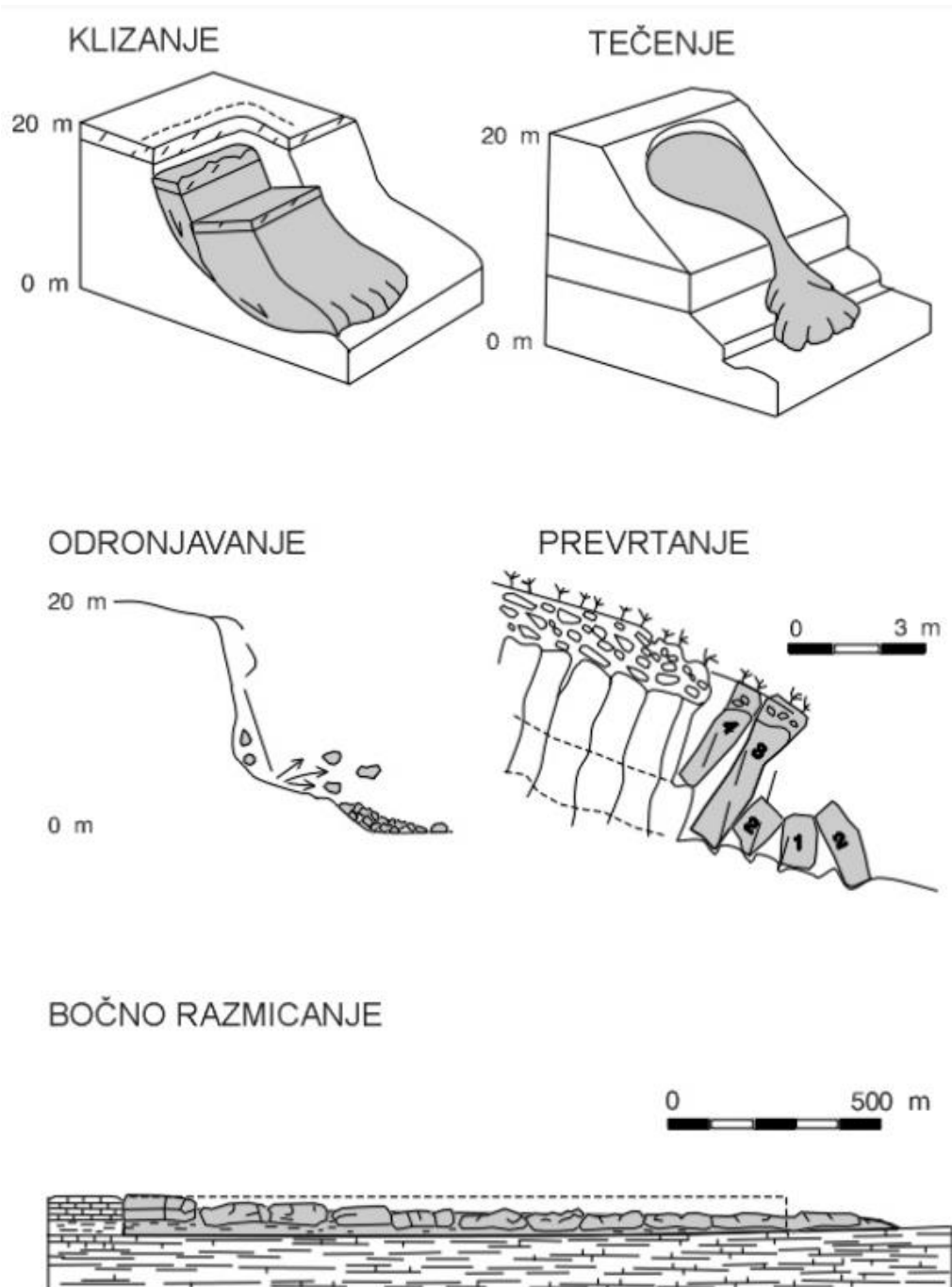
Slika 5: Translacijsko klizanje i plitko rotacijsko klizanje[3]



Slika 6: Primjeri različitih oblika klizanja kosina u tlu[3]

## 2.2. Tipovi klizišta

Način distribucije kretanja mase odnosno kinematika klizanja, jedan je od osnovnih kriterija za klasifikaciju klizanja. Prema mehanizmu kretanja razlikuje se pet tipova klizanja: odronjavanje, prevrtanje, klizanje (u užem smislu riječi), širenje (razmicanje) i tečenje.[4]

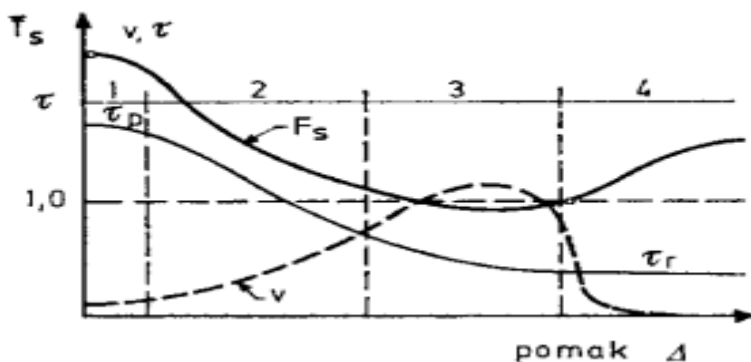


Slika 7: Pet tipova klizanja mase[4]



### 2.3. Brzina klizanja

Brzina klizanja i razvoj brzine s vremenom dalje je važno obilježje za razvrstavanje klizanja. Terzaghi(1950) razlikuje više faza koje je odredio prema razvoju brzine klizanja. Najprije dolazi do puzanja. Brzina je jako mala i približno stalna, naponi smicanja su manji od čvrstoće pa je  $F_s < 1$ . Puzanje traje tako dugo dok sile koje uzrokuju klizanje ili nastala deformacija počnu smanjivati faktor sigurnosti. Tada nastupa pretklizanje. Pada li i dalje faktor sigurnosti, povećava se brzina, deformacije postepeno rastu nastaje faza sloma uz najbrže kretanje. Na kraju faze sloma počinje faza stabilizacije, kada promjenjeni uvjeti i morfologija ili umjetni zahvati smanjuju napone smicanja pa se faktor sigurnosti opet povećava i brzina kretanja je sve manja (Slika 8.). [5]



Slika 8: Odnos između pomaka, brzine i faktora sigurnosti: (1) puzanje, (2) pred klizanje, (3) klizanje, (4) stabilizacija [5]

### 2.4. Materijal klizanja

Materijal klizanja može se opisati kao stijena (tvrda ili čvrsta masa koja je bila intaktna prije inicijacije kretanja) ili tlo (agregat čvrstih čestica, minerala ili stijena, koje su prethodno transportirane ili su nastale trošenjem na licu mjesta). Plinovi i tekućine koje ispunjavaju pore tla sastavni su dio tla. Tla se dijele na zemlju i debris. Zemljom se smatraju materijali u kojima je 80% ili više čestica manje od 2 mm. Debris sadrži značajan udio krupno zrnatog materijala, 20-80% čestica koje su veće od 2 mm i ostatak čestica manjih od 2 mm. Ovi termini odnose se na pokrenuti materijal prije nego što je aktivirano klizanje.



Na temelju opisa vlažnosti materijala u kretanju razlikuju se sljedeće klase pokrenutog materijala:

- Suh materijal- vlažnost nije izražena;
- Vlažan materijal- sadrži nešto vode, ali ne kao slobodnu vodu: materijal se može ponašati plastično, ali ne teče
- Mokar materijal- sadrži dovoljno vode da bi se ponašao kao tekućina, iz njega teče voda ili se na njemu zadržava
- Vrlo mokar materijal- sadrži dovoljno vode da teče kao tekućina.

## 2.5. Uzroci i povodi klizanja

Uzroci mogu biti prirodni i potaknuti ljudskim aktivnostima. Prirodni uzroci mogu biti geološki i morfološki. Geološki uzroci odnose se na mineraloški sastav stijena, smjer pružanja i nagib plićih slojeva tla, njihova geotehnička svojstva i odnos njihovog nagiba u odnosu prema nagibu površine kosine.

Morfološki uzroci odnose se na promjenu reljefa uslijed djelovanja različitih endogenih, češće egzogenih sila (raznih vrsta i oblika erozije)

Djelovanje čovjeka ogleda se u sljedećem:

- Dodatna opterećenja vrha padine (nasipom i slično tome)
- Zasijecanje u padinu, naročito nožicu
- Ugradnja nestabilnog tla u nasipe
- Sječa šume
- Sniženje i porast vodostaja u jezeru
- Navodnjavanje i sniženje razine podzemne vode
- Rudarenje i odlagališta jalovine
- Umjetne vibracije, miniranja, zabijanja pilota
- Procjeđivanje vode iz kanalizacije, vodovoda, kanala i slično tome
- Skretanje toka rijeke ili morske struje izvedbom mostova, nasipa, ustava i slično

Neposredni povod aktiviranju klizišta također može biti prirodne naravi ili potaknut djelovanjem čovjeka. Od prirodnih pojava to su obilne i nagle oborine, naglo topljenje snijega i nagli porast temperature, tektonski procesi (potresi) i tome slično.

## 2.6. Stabilizacija kosine

Za smirenje klizanja odnosno rješenje problema klizišta danas se primjenjuju različite metode i mjere. Izbor najpovoljnijeg tehničkog zahvata za sanaciju klizišta ovisi ponajviše o morfologiji padine, obliku i dubini klizne plohe te naravno o uzroku nastanka klizišta. Klizište možemo stabilizirati primjenom jedne ili više metoda, a neke od njih su: modifikacija profila kosine ako je to moguće, podupiranje ili sidrenje postojećeg profila, poboljšanje ili dreniranje materijala koji izgrađuje kosinu.[6]

### 2.6.1. Modifikacija profila

Stabilnost se može povećati dodavanjem materijala u zoni akumulacije materijala klizišta, odnosno odnošenjem materijala u zoni usijedanja klizišta. Ova granica je definirana tzv. neutralnom linijom. Iznad neutralne linije sile otpora manje su od sila klizanja, ispod neutralne linije je obrnuto.

Berma je kosina približne širine oko 5 m i visine 10 m. Funkcija berme je da redistribuira opterećenje i stabilizira kružno klizanje u slabim stijenama. Mali slomovi na strmim kosinama zaustavljaju se na bermama bez posljedica.

Opterećenje nožice je učinkovito, osobito u slučaju kada je donji završetak klizne plohe uzdignut. Može pomoću mase betona, nasipa od stijene, zemljanog nasipa ojačanog pomoću geomaterijala (mreža) ili debelih zidova posebnog oblika. Rasterećenje gornjeg oblika dijela klizišta obično je manje učinkovito.

Originalni uzrok sloma mora se otkloniti gdje god je to moguće.[6]

### 2.6.2. Dreniranje klizišta

Porni tlak je od presudnog značenja za stabilnost klizišta, tako da je obično drenaža vrlo učinkovit način stabilizacije. Osim toga, to je jedina ekonomična metoda stabilizacije velikih klizišta na prirodnim kosinama

Površinski drenovi koji prekidaju površinske tokove i smanjuju infiltraciju. Plitki drenovi su kameni drenovi u jarcima dubine 1-2 m prekriveni geotekstilom. Imaju ograničen učinak kod smanjena količine vode u tlu

Duboki drenovi su najučinkovitiji. To su kopani šahtovi s propusnim zidovima i nepropusnim dnom ili bušotine s ugrađenom perforiranom cijevi pod određenim nagibom da dreniraju kroz donji dio klizišta. Imamo i zdence koji dreniraju vodu ili u vodonosnik ispod klizišta ili se voda crpi iz njih.[6]

### 2.6.3. Podupiranje

Potporni zidovi su ustaljena praksa i učinkovita sanacija na malim kosinama i zasjecima, ali ne i na velikim klizištima. Velike nestabilne kosine nije jednostavno poduprijeti, a nije ni ekonomično izgraditi i temeljiti masivne potporne zidove u nožici velikih prirodnih klizišta ili velikih nestabilnih padina.[6]

Betonski zidovi trebaju imati kvalitetnu stopu, treba ih zaštititi od rotacije potpornjima, sidrima za stijenu ili dubokim temeljenjem. Možemo još govoriti o kamenim oblogama, gabionskim zidovima koji mogu zadržati padine izgrađene od tla, a ujedno i djeluju kao dodatna težina u nožici. Nadalje mlazni beton koji se može koristiti u kombinaciji sa sidrima(kao u tunelima), nanosi se spricanjem preko usidrene mreže ili se koristi beton sa čeličnim vlaknima koja betonu daje vlačnu čvrstoću.[6]

### 2.6.4. Geotehnička sidra

Kratka sidra čija je glavna svrha povećanje normalnog naprezanja po pukotini, ne može se staviti u jako razlomljenu stijenu. Takva kratka sidra većinom se postavljaju za zadržavanje individualnih blokova stijene. Tu još imamo i bušene pilote te geotehnička sidra duljine 10-40 m u zaštitno cijevi koja osiguravaju vlačnu potporu i sprječavaju širenje pukotina u stijeni.[6]

## 3. PROJEKTIRANJE PREMA EUROKODU 7

### 3.1. Tri geotehnička razreda

Eurokod 7 uvodi klasifikaciju od tri geotehnička razreda prema složenosti i rizičnosti geotehničke konstrukcije ili zahvata kako bi se racionalizirao opseg istražnih radova i složenost postupka dokazivanja stabilnosti i uporabivosti za građevine bitno različitih stupnjeva složenosti i različitih stupnjeva izloženosti riziku.

Prvi geotehnički razred odnosi na najjednostavnije konstrukcije (na pr. temelji jednokatnica, niski zidovi i nasipi i slično) gdje istražni radovi mogu obuhvaćati najjednostavnije radnje (pregled terena, primjena iskustva sa susjednih objekata i slično), a dokazi se stabilnosti mogu zamijeniti iskustvom.

Sadržaj norme se odnosi prvenstveno na drugi geotehnički razred koji obuhvaća rutinske geotehničke zahvate koji čine pretežni sadržaj većine geotehničkih projekata. To su plitki i duboki temelji, potporni zidovi, nasipi i niske nasute brane, jednostavnije građevne jame i slično tome.

Za treći geotehnički razred, koji čine vrlo složeni zahvati i zahvati velikog rizika (na primjer temeljenje na mekom tlu, složene građevne jame u blizini postojećih objekata, klizišta, tuneli, visoke nasute brane, nuklearne elektrane i slično) norma ne daje posebne upute, već traži rigoroznije kriterije i postupke istražnih radova, projektiranja, opažanja i nadziranja pod vodstvom geotehničara specijalista s odgovarajućim iskustvom, a normiranje je prepušteno potrebama.[7]

### 3.2. Granična stanja nosivosti i uporabivosti

Kao i u svim ostalim eurokodovima, Eurokod 7 podrazumijeva dvije vrste graničnih stanja: granična stanja nosivosti i granična stanja uporabivosti. Dok su za granična stanja nosivosti u pravilu parcijalni koeficijenti veći od jedan, za granična stanja uporabivosti ona su u pravilu jednaka jedinici. Dok konstrukcija mora zadovoljiti sve bitne zahtjeve u odnosu na pojavu bilo kojeg od graničnih stanja, obično će različite dimenzije konstrukcije uvjetovati različita granična stanja. Ponekad to može biti neko od graničnih stanja nosivosti, a ponekad neko od graničnih stanja uporabivosti. Ponekad je samo po sebi jasno koje će od graničnih stanja biti mjerodavno za dimenzioniranje konstrukcije pa provjere zadovoljenja bitnih zahtjeva za druga granična stanja neće biti potrebna, dok ponekad to neće biti odmah jasno pa će trebati provesti proračune za

različite proračunske situacije i različita granična stanja. U svakom slučaju u projektu treba jasno naznačiti sve proračunske situacije s pripadnim graničnim stanjima za koje se provjerava zadovoljenje bitnih zahtjeva na građevinu te treba pokazati da mimo izabranih projektnih situacija nema kritičnijih. U klasičnoj geotehničkoj praksi pretežno su proračunske situacije za granična stanja nosivosti smatrane kritičnijima od onih za granična stanja uporabivosti. Zato se pri izboru vrsta istražnih radova davala veća težina onima kojima su utvrđivani geotehnički parametri vezani na čvrstoću tla, a manja se pažnja posvećivala vrstama istražnih radova kojima se utvrđuje krutost tla kao glavni geotehnički parametar za granična stanja uporabivosti. Takvo gledanje se sve više napušta pa zahtjev za pouzdanim određivanjem krutosti tla postaje sve značajniji.[7]

### 3.3. Vrste graničnih stanja nosivosti

- EQU: gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla razmatranog kao kruto tijelo, u kojem čvrstoća konstruktivnog materijala ili tla značajno ne doprinosi otpornosti (na primjer prevrtanje gravitacijskog betonskog zida na podlozi od čvrste stijene)
- STR: slom ili velika deformacija betonske, metalne, drvene ili zidane konstrukcije ili njenog elementa, uključivo temelje, pilote, sidra i potporne zidove, u kojima čvrstoća konstruktivnog materijala bitno pridonosi otpornosti (na primjer slom pri jakom savijanju armiranobetonske dijafragme, izvijanje pilota u jako mekom tlu, klizanje blokova obalnog zida na vodoravnim reškama među blokovima, popuštanje čelične šipke geotehničkog sidra pod vlačnim opterećenjem, propadanje podložne ploče sidra kroz sloj prskanog betona zaštitne potporne konstrukcije, slom pilota od vodoravnog opterećenja)
- GEO: slom ili velika deformacija tla pri kojoj čvrstoća tla ili stijene bitno pridonosi otpornosti (na primjer slom tla ispod temelja, slom tla oko vodoravno opterećenog pilota, veliko slijeganje pilota, naginjanje potpornog zida, čupanje sidra iz tla, slom i propadanje tla iznad tunelskog iskopa, klizanje i odron tla, značajno popuštanje oslonca luka mosta, izdizanje i slom dna građevne jame u mekom tlu)
- UPL: gubitak ravnoteže konstrukcije ili tla uslijed uzgona vode ili drugih vertikalnih sila (na primjer izdizanje lagane podzemne konstrukcije pod pritiskom uzgona podzemne vode, izdizanje i probijanje slabo propusnog sloja tla na dnu građevne jame)

od uzgona podzemne vode u nižem vodonosnom sloju, čupanje temelja dalekovodnog stupa)

- HYD: hidrauličko izdizanje (hidraulički slom), interna erozija tla uzrokovana hidrauličkim gradijentima (na primjer hidraulički slom u pjeskovitom dnu građevne jame uslijed vertikalnog strujanja vode prema dnu jame, interna erozija pjeskovitog tla od strujanja vode u nasipu i stvaranje erozijskih kanala).

## 4. PLAN DALJNJIH AKTIVNOSTI

U planu daljnjih aktivnosti bilo je predviđeno sljedeće: Daljnje aktivnosti koje trebaju prethoditi sanacijskom projektu dijelom će se oslanjati na intenciju Naručitelja da dovede u red južni dio glinokopa dok onaj sjeverni još uvijek ostaje u sferi mogućeg eksploatacijskog razmatranja. U tom smislu, fokus je novih istražnih radova stavljen na južni dio glinokopa premda su i neka pitanja vezana uz sjeverni dio tražila barem okvirne odgovore. Nužne aktivnosti koje će prethoditi izradi projektne dokumentacije ili će možda biti uklopljene u sadržaj početnog dijela te dokumentacije sažeto se navode u nastavku. Tu se prije svega misli na sljedeće:

- Izrada nove geodetske podloge suvremenom opremom (uz obvezatnu mogućnost naknadnog računalnog iscrtavanja proizvoljnih poprečnih i uzdužnih presjeka).
- Detaljno geotehničko rekognosciranje užeg područja glinokopa te utvrđivanje odnosa tog područja sa širim okolišem (na istočnoj strani to je Đurđevićev brijeg, a na zapadnoj strani to je zaravnjeni nožićni pojas koji se nastavlja na priobalni pojas potoka Vojseka u dnu koritaste doline).
- Pažljiva registracija i detekcija geneze svih „mokrih punktova“ na glinokopu (slika 9.) te ucrtavanje (u situacijsku kartu) mjesta s ujezerenim površinskim vodama.
- Registracija i ucrtavanje (u novu geodetsku podlogu) svih bitnih indikatora nestabilnosti, odrona, prokliznih zona, vlačnih pukotina i blatnih tokova kao i geoloških specifičnosti.



*Slika 9: Deltoidni „mokri punkt“ (sada osušen) u podnožju glinokopa[1]*

- Bušenje 10 do 15 prospektorskih bušotina na glinokopu kojima je isključivi cilj da prođu kroz meke i nestabilne formacije te da ukažu na dubinu na kojoj se nalazi stabilna podloga. Ovo je osobito važno zbog pozicioniranja uporišne nožice te zbog procjene dubine odvodnih jaraka i kopanih drenova duž današnjih blatnih tokova.

*Napomena: ukupno je izvedeno 14 istražnih bušotina, sumarne dužine 70,5 m (prosječno po bušotini 5 m).*

Opisani istražni radovi provedeni su tijekom ljetnog razdoblja i obuhvaćeni kroz posebno izvješće pod nazivom: **IZVJEŠĆE O GEOTEHNIČKIM ISTRAŽNIM RADOVIMA NA PODRUČJU GLINKOPA.**

Jedan od korisnih rezultata geodetskih radova (opisanih u tom Izvješću) pregledna je zračna snimka šireg zapadnog područja Đurđevićevog brijega, prikazana na slici 10.

Promišljanje o sanacijskom konceptu glinokopa koje se artikuliralo kroz provedene istražne radove u predmetnom je Izvješću formulirano na način koji je polazio od činjenice iskazane kroz sljedeću konstataciju:

Vezano pak za probleme procjednih kao i površinskih voda na području glinokopa i oko njega, sušno ljetno razdoblje (u kojem su se provodili istražni radovi) nije omogućavalo pružiti odgovore na određena pitanja, no ipak su bušotinska opažanja PPV-a te mjerenja NPV-a dala neke korisne podatke, a tijekom rekognosciranja terena bile su prikupljene i vrijedne dodatne informacije o postojanju triju seoskih zdenaca koji bi mogli biti relevantni za promišljanje o mehanizmu stabilizacije padinskog glinokopa. Tako su npr. u tablici 1 navedeni podaci iz kojih se vidi da je zdenac Z1 (uz sam gornji rub klizišta) već dulje vrijeme potpuno suh (s „povišenim“ dnom), dok druga dva zdenca (cca 100-njak metara odmaknuta od ruba klizišta) pokazuju da je u njima vodna razina na dubini nešto većoj od cca 2 m (mjereno od površine terena!). Ovo upućuje na zaključak da se vodonosni sloj u zaleđu glinokopa vjerojatno nalazi negdje na dubini između 2 i 3 m.

U tablici 1 koja se nalazi u sklopu točke 5.1. uz niz podataka koji su prikupljeni tijekom rekognosciranja terena u sušnom razdoblju, pridodani su još i podaci kasnijih opažanja (tijekom zimskog razdoblja).





*Slika 10: Zračna snimka napuštenog glinokopa[1]*

U svom zaključnom dijelu u geotehničkom izvješću navodi se još i sljedeće:

Kao važna sanacijska mjera, u geostatičkom smislu, od ključnog je značenja nožićni potporni nasip čija bi trasa trebala biti položena duž tzv. visinskog platoa VP1 na kojem su izvedene istražne bušotine B4, B5, B6, B7.

U kasnijoj analizi projektnog koncepta zaključeno je da se trasa nožićnog nasipa ipak može znatnije pomaknuti prema istoku, tj. prema gornjem tubu klizišta, čime je postignut znatno povoljniji ukupni balans iskopanih i nasipnih zemljanih masa.

Potporni nasip mora ležati na stabilnoj podlozi tj. na samoniklom tlu (ST) pa će stoga biti ukopan do dubine koja je definirana na taj način. Ipak, pravu dubinu ukopavanja trebat će odrediti tijekom odvijanja sanacijskih radova koje obavezno mora nadgledati kompetentni geotehničar.

Što se pak tiče izvedbe novoga pokosa u sklopu novoformirane padinske plohe između gornjeg ruba glinokopa i prethodno spomenutog nožićnog potpornog nasipa isti će se sastojati od nekoliko zakošenih ploha (barem dvije) čiji će se nagibi kretati od 1:5 pa do maksimalno 1:2. Ispod tih ploha uspostaviti će se padinski drenažni sustav koji će respektirati postojeće mokre punktove ili evidentne proboje procjernih voda, o kojima se u sušnom ljetnom razdoblju moglo tek nagađati.

Analogno tome, na površinama novoformiranih pokosa uspostaviti će se mreža sabirnih i odvodnih jaraka i kanala uz osiguranu odvodnju do potoka Vojseka, a uz sve to površine pokosa bit će prekrivene tankim humusnim slojem te zasađene i zasijane odgovarajućim biljnim raslinjem. Geotehnički sanacijski projekt koji slijedi nakon ovog Izvješća predstavljat će razradu (uz moguće modifikacije) ovako opisanog sanacijskog koncepta.

Inače, za kraj još treba reći da će se buduće sanacijske radove na prostoru tretiranog klizišta moći izvoditi samo u sušnom dijelu godine, a to znači pretežito kroz mjesece srpanj i kolovoz, premda mogu biti zahvaćeni i njima susjedni mjeseci.

## 5. GEOTEHNIČKI UVJETI NA LOKACIJI

Već je kroz prijašnji tekst mnogo toga rečeno što se odnosi na geotehničke uvjete koji karakteriziraju padinsku lokaciju. No, ipak je u više navrata spomenuta činjenica da su se istražni radovi odvijali u sušnom dijelu godine, što je bilo povoljno s aspekta pristupa ugroženoj padini, no sa stanovišta detekcije hidroloških i hidrogeoloških fenomena kojima se pripisuje ključna uloga u razvojnom procesu padinske nestabilnosti, ljetno je razdoblje bilo neprikladno za opažanje, pa su stoga u kasnijem zimskom razdoblju nastavljene terenske opservacije u tom smislu.

### 5.1. Dopunske opservacije terena

Dopunske su opservacije poglavito bile usmjerene na uočavanje raznih promjena na glinokopnoj padini koje bi se mogle staviti u vezu s nastupom jesensko-zimske sezone, tj. sezone kiše i snijega. Jasni posljedični znakovi kišnog razdoblja uočeni su u mjesecu siječnju, obzirom da je razmuljena zemljana masa gotovo porušila zaštitnu ogradu koja je prošlog ljeta postavljena oko istražne bušotine B11 (slika 11.).



*Slika 11: Razmočeno tlo gotovo je porušilo zaštitnu ogradu oko B11[1]*

Nešto sjevernije od B11, tj. ispod zdenca Z1 (slika 12) uočeno je vrlo indikativno nakupljanje procjednih voda (slika 13.) koje su se očito iscjeđivale iz tla otprilike u zoni istražne bušotine B10.



*Slika 12: Pogled na pumpu zdenca Z1[1]*



*Slika 13: Obilno cjeđenje procjednih voda po padinskom terenu ispod zdenca Z1[1]*



Slično nakupljanje procjednih voda zamijećeno je i kod bušotine B9. U noći sa 4.I. na 5.I. 2017. pao je snijeg koji je na terenu stvorio tanki snježni pokrivač(slika 14.) što je omogućilo da se bolje uoče destabilizacijom uzrokovane konfiguracijske nepravilnosti na glinokopnoj padini(slika 15. i slika 16.).



*Slika 14: Pogled na glinokopnu padinu sa sjeverozapada[1]*



*Slika 15: Pogled prema Bedekovčini sa sjeverozapada glinokopa[1]*



*Slika 16: Pogled prema jugu s glinokopnog ruba nad istražnom bušotinom B9[1]*

Većim dijelom siječnja 2017. snijeg se zadržao na terenu (dodatno ga je još i napadalo), u takvim uvjetima obavljena su i dopunska geotehnička istraživanja (18.I.2017.) od kojih ćemo ovdje spomenuti detekciju mokrih punktova (MP).

Svi registrirani podaci o pojavnostima vezanim za podzemnu, procjednu ili eventualnu površinsku vodu/snijeg, obuhvaćeni su kroz tablicu 1.



Tablica 1: Kronološki podaci o povremenim izmjerama razine vode (NPV) i aktualnog dna (AD) u istražnim bušotinama

DATUM MJERENJA	ISTRAŽNE BUŠOTINE (s naznakom dubine bušenja)														SEOSKI ZDENCI			
	B1 (6,0)	B2 (6,0)	B3 (7,5)	B4 (3,0)	B5 (8,0)	B6 (10,5)	B7 (7,0)	B8 (2,5)	B9 (3,0)	B10 (1,5)	B11 (2,0)	B12 (5,0)	B13 (5,0)	B14 (3,5)	Z1 h <sub>s</sub> =0,6 m	Z2 h <sub>s</sub> =0,2 m	Z3 h <sub>s</sub> =0,6 m	
26.VII.2016. samo PPV	4,9 (PPV)	4,7 (PPV)	4,9 (PPV)	Bušotine još nisu bile izvedene														U razdoblju do 18.VIII.2016. zdenci još nisu bili detekti- rani!
27.VII.2016. samo PPV	Sporo procjeđivanje			— (PPV)	4,3 (PPV)	Bušotine još nisu bile izvedene												
28.VII.2016. samo PPV	Sporo procjeđivanje				— (PPV)	6,5 (PPV)	Bušotine još nisu bile izvedene											
29.VII.2016. samo PPV	Sporo procjeđivanje							U bušotinama nije primijećena pojava podzemne vode (PPV)										
12.VIII.2016. NPV	1,8 (NPV)	0,8 (NPV)	2,4 (NPV)	—	1,0 (NPV)	—	0,5 (NPV)	—	1,0(?) (NPV)	U bušotinama se nije formirala razina NPV-a								
18.VIII.2016.	U bušotinama se nije mjerila razina NPV-a														suho	2,1	2,1	
23.VIII.2016.	U bušotinama se nije mjerila razina NPV-a														suho	2,1	0,9	
30.VIII.2016.	1,9	0,6	1,2	—	0,8	0,5 (Zt 4,2)	— (Zt 0,0)	0,9	— (Zt 0,0)	— (Zt 1,2)	— (Zt 0,0)	— (Zt 2,1)	2,0	— (Zt 0,2)	Nije mjereno!			
15.IX.2016.	U bušotinama se nije mjerila razina NPV-a														Suho	2,3	1,2	
22.IX.2016.	1,9	0,7	1,2	—	0,8	0,5	— (Zt 0,0)	Opažanje nije provedeno!										
10.XII. 2016.	NPV	1,00	0,15	0,30	0,10	0,25	0,10	—	0,30	0,00	0,45	0,00	—	1,00	0,00	Nije mjereno!		
	AD	3,75	1,45	1,35	0,90	3,70	1,10	0,15	0,70	0,25	0,55	0,00	0,30	1,65	0,10			
4. i 5. I. 2017.	Tlo je smrznuto pa ušće bušotina nije moglo biti otvoreno! Očita nestabilnost tla kod B11. Pri dnu strmca (na dubini cca 2,5 m) iznad B8 i B10 jasno je vidljiva vlažna granična crta! Sa 4. na 5. te ujutro 5.I. 2017. napadao je tanki sloj snijega, pa je bila olakšana identifikacija tzv. mokrih punktova (MP). Južno od B8 a na padinskom pojasu ispod strmca ukupno ih je registrirano 6 kom.														cca 2,5 m (procjena)			
18.I.2017.	Teren je prekriven snijegom debljine cca 20 cm, pa su se u tim uvjetima dobro nazirale denivelacijske linije (i plohe) na glinokopnoj padini. Mokrih punktova (MP) sada je utvrđeno 7 kom. na tretiranom (južnom) dijelu padine. Dodatno su provedena i 4 DPL ispitivanja.														Suho	1,9	0,6	

## 5.2. Nadopuna geotehničkih istražnih radova

Dana 18.I.2017. u osi projektiranog nožičnog potpornog nasipa na četiri je odabrana kontrolna mjesta provedeno dinamičko sondiranje lakom udarnom sondom (LUS⇒DPL). Svrha sondiranja bila je utvrditi dubinu do stabilne podine (samoniklog tla) u koju je moguće usaditi nožići potporni nasip. Sondiranje tla lakom udarnom sondom provedeno je sukladno normi HRN EN ISO 22476-2:2008 koja definira ispitne procedure i način prikaza rezultata. Oznaka DPL odnosi se na engleski naziv sonde koji glasi "Dynamic Probing Light - DPL".

### 5.2.1. Pozicioniranje istražnih radova i mokrih punktova

Iskolčenje pozicijskih točaka LUS-a u osi budućeg nasipa (slika 17.) izvršeno je GPS prijemnikom za geodeziju s prijemom i primjenom CROPOS automatske RTCM transformacije. Model korištenog uređaja je Trimble R8, s pripadnom kontrolnom jedinicom. Točnost uređaja za način GPS mjerenja "statika" iznosi 3mm+0.1ppm RMS horizontalno, odnosno 3.5mm+0.4ppm RMS vertikalno.



*Slika 17: Iskolčenje pozicijskih točaka na osi budućeg nožićnog nasipa, u cilju provedbe kontrolnog dinamičkog sondiranja(LUS-DPL)[1]*

Osim iskolčenja osi projektiranog nasipa (4 točke), na terenu su locirana i mjesta intenzivnog provlaživanja, tzv. "mokri punktovi" (MP), te su isti preneseni na postojeću geodetsku podlogu.

### 5.2.2. Dinamičko sondiranje

Osnovni je princip dinamičkog sondiranja da uteg standardne težine pada sa standardne visine pri čemu se mjeri broj potrebnih udaraca utega da se standardizirana sonda utisne u tlo 100 mm.

Na kraju svake utisnute šipke, dužine 1 m, mjeri se torzijski moment. Mjerenje momenta sukladno normi provodi se na način da se šipke rotiraju za 1,5 okret ili do prekoračenja maksimalnog mjerenog momenta (svladan otpor šipki i tla) pri čemu se zabilježi maksimalni ostvareni zakretni (torzijski) moment (T). Na osnovi izmjerenog momenta odredi se iznos komponente trenja šipka-tlo, odnosno utvrdi se utjecaj te komponente na otpor šiljka pri vertikalnom prodiranju sonde kroz tlo. Parametar koji se dobije na ovaj način naziva se dinamički otpor prodiranja (po jedinici utisne površine A) i označava se sa  $R_d$ .



Otpor prodiranju sonde definiran je izrazom:

$$R_d = \frac{g}{A} \cdot \left[ \left( \frac{M^2}{M + M'} \right) \cdot \frac{h}{0.1} \cdot N_{10} + (M + M') \right] - \frac{T}{A \cdot r}$$

gdje su :

- $R_d$  [MN/m<sup>2</sup>] – otpor tla prodiranju sonde
- $M$  [kg] – masa utega (10 kg - DPL)
- $M'$  [kg] – masa sonde, šipki (3.0 kg - DPL)
- $h$  [m] – visina pada utega (50 cm- DPL)
- $N_{10}$  [1] – broj udaraca potrebnih za penetraciju sonde od 10 cm
- $T$  [Nm] – torzijski moment potreban za rotaciju šipke
- $r$  [m] – radijus šipki (11 mm - DPL)
- $A$  [m<sup>2</sup>] – površine penetracijskog vrha sonde (10 cm<sup>2</sup> - DPL)
- $g$  [m/s<sup>2</sup>] - ubrzanje od sile teže

Na osnovi dobivene dinamičke otpornosti tla ( $R_d$ ) mogu se posredno odrediti i parametri tla:

- nedrenirana čvrstoća tla :  $c_u$  [MN/m<sup>2</sup>] =  $R_d/22$
- broj udaraca standardnog penetracijskog testa SPT svedenog na 60% energetskog učinka:  
 $N_{60}$  [1]  $\approx 2.4 \cdot R_d$
- indeks zbijenosti tla izražen u postocima:  $D_R$  [%] =  $100 \cdot \sqrt{N_{60}/60}$
- kut unutarnjeg trenja tla:
  - za  $D_R < 35\%$  :  $\Phi = 30^\circ$
  - za  $35 < D_R < 65\%$  :  $\Phi = 34^\circ$
  - za  $D_R > 65\%$  :  $\Phi = 38^\circ$
- empirijski ekvivalent edometarskom modulu tla:

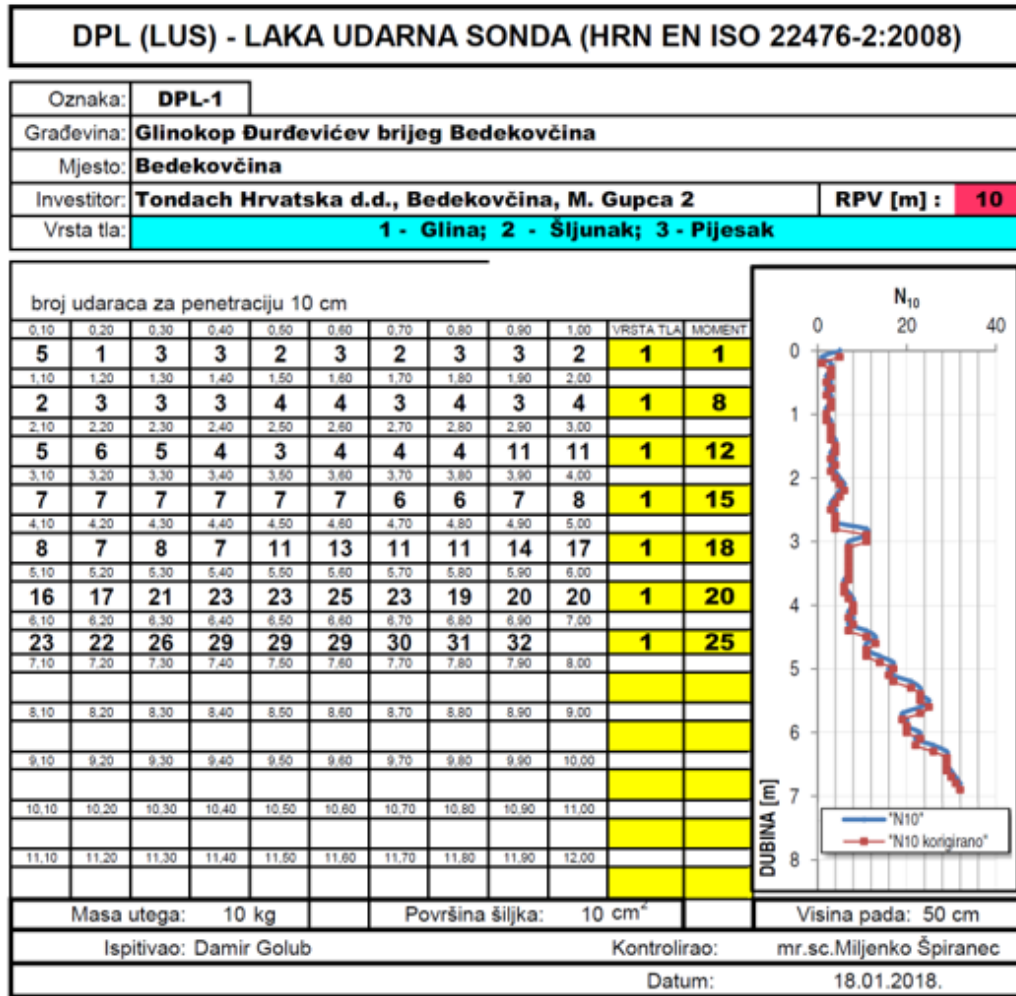
za koherentno tlo: 
$$E_{oed} [kN/m^2] = (4 \cdot N_{10} + 30) \cdot p_a \cdot \left( \frac{\sigma'_{vo} + 0.5 \cdot \Delta\sigma}{p_a} \right)^{0.6}$$

za nekoherentno tlo : 
$$E_{oed} [kN/m^2] = (214 \cdot \log(N_{10}) + 71) \cdot p_a \cdot \left( \frac{\sigma'_{vo} + 0.5 \cdot \Delta\sigma}{p_a} \right)^{0.5}$$

gdje su:

- $\sigma'_{vo}$  [kN/m<sup>2</sup>] - efektivna vertikalna (geološka) naprezanja na dubini ispitivanja
- $\Delta\sigma$  [kN/m<sup>2</sup>] - dodatna vertikalna naprezanja od predviđenog vanjskog djelovanja
- $p_a$  [kN/m<sup>2</sup>] - atmosferski tlak na razini površine tla (100 kN/m<sup>2</sup>)

Nastavno slijede dijagrami na kojima su registrirani penetracijski rezultati DPL-a.



Slika 18: Rezultati dinamičke penetracije na poziciji DPL-1[1]

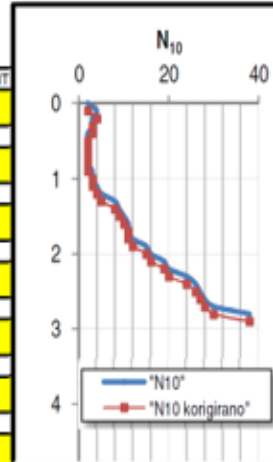
Oznaka:	<b>DPL-2</b>	
Građevina:	<b>Glinokop Đurđevićev brijeg Bedekovčina</b>	
Mjesto:	<b>Bedekovčina</b>	
Investitor:	<b>Tondach Hrvatska d.d., Bedekovčina, M. Gupca 2</b>	<b>RPV [m] : 10</b>
Vrsta tla:	<b>1 - Glina; 2 - Šljunak; 3 - Pijesak</b>	

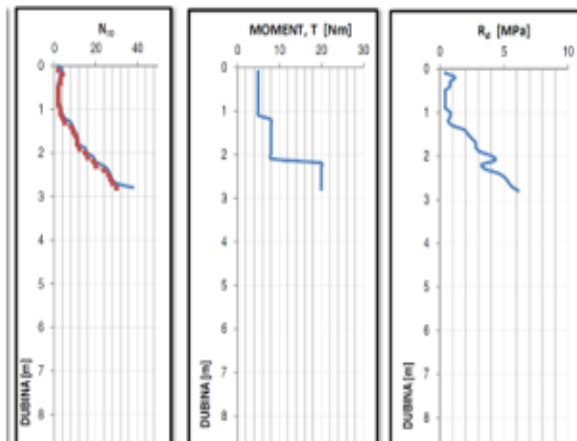
broj udaraca za penetraciju 10 cm											VRSTA TLA	MOMENT
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00			
2	4	3	3	2	2	2	2	2	3	1	5	
1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00			
3	4	5	8	9	10	11	11	12	15	1	8	
2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00			
16	19	20	24	26	27	28	30	38		1	20	
3,10	3,20	3,30	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00			
4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00			
5,10	5,20	5,30	5,40	5,50	5,60	5,70	5,80	5,90	6,00			
6,10	6,20	6,30	6,40	6,50	6,60	6,70	6,80	6,90	7,00			

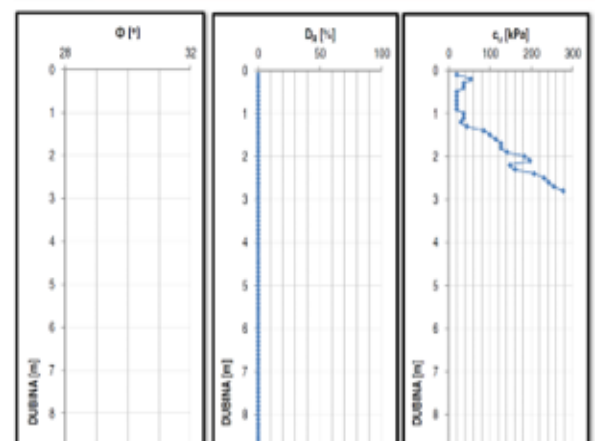
Masa utega:	10 kg	Površina šiljka:	10 cm <sup>2</sup>	Visina pada:	50 cm
Ispitivao:	Damir Golub	Kontrolirao:	mr.sc.Miljenko Špiranec	Datum:	18.01.2017.



Oznaka:	<b>DPL-2</b>
Građevina:	<b>Glinokop Đurđevićev brijeg Bedekovčina</b>
Mjesto:	<b>Bedekovčina</b>
Investitor:	<b>Tondach Hrvatska d.d., Bedekovčina, M. Gupca 2</b>
Sadržaj:	<b>BROJ UDARACA N10, DINAMIČKA OTPORNOST (Rd) I TORZIJSKI MOMENT</b>



Oznaka:	<b>DPL-2</b>
Građevina:	<b>Glinokop Đurđevićev brijeg Bedekovčina</b>
Mjesto:	<b>Bedekovčina</b>
Investitor:	<b>Tondach Hrvatska d.d., Bedekovčina, M. Gupca 2</b>
Sadržaj:	<b>ODREĐIVANJE INDEKSA ZBIJENOSTI (D<sub>s</sub>) I KUTA TRENJA TLA (Φ)</b>



Slika 19: Rezultati dinamičke penetracije na poziciji DPL-2[1]

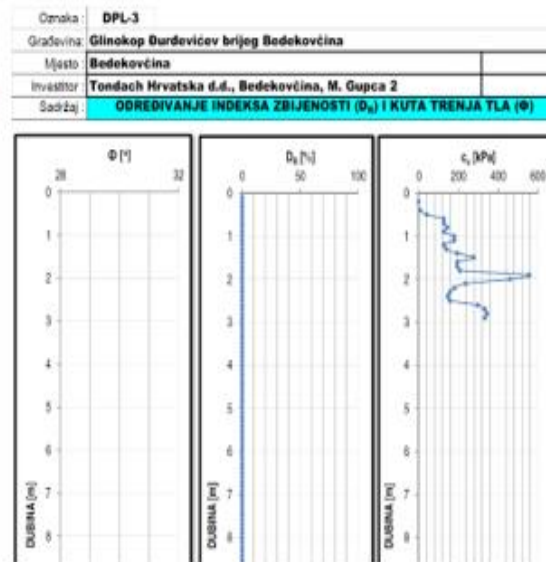
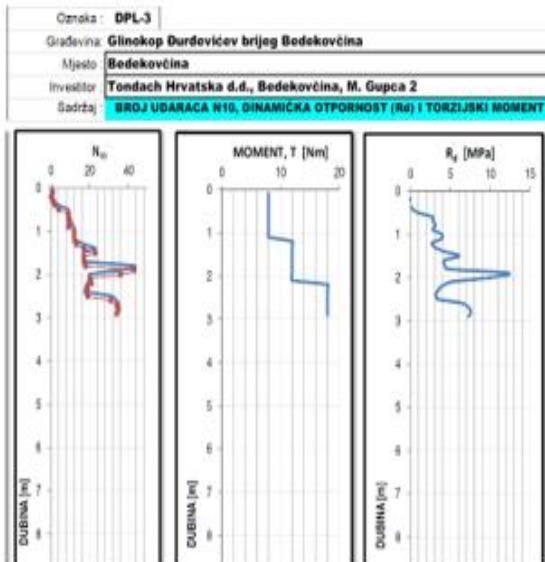
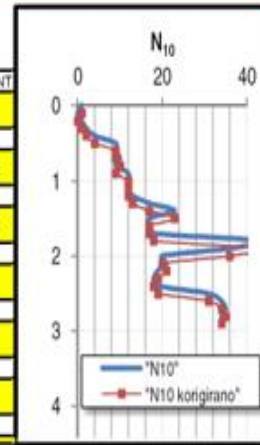
Oznaka:	<b>DPL-3</b>	
Građevina:	<b>Glinokop Đurđevićev brijeg Bedekovčina</b>	
Mjesto:	<b>Bedekovčina</b>	
Investitor:	<b>Tondach Hrvatska d.d., Bedekovčina, M. Gupca 2</b>	<b>RPV [m] : 10</b>
Vrsta tla:	<b>1 - Glina; 2 - Šljunak; 3 - Pijesak</b>	

broj udaraca za penetraciju 10 cm											
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	VRSTA TLA	MOMENT
1	0	1	2	4	9	9	10	9	12	1	8
1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00		
12	12	13	17	23	17	17	18	43	36	1	12
2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00		
20	21	19	18	19	31	34	35	34		1	18
3,10	3,20	3,30	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00		
4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00		
6,10	6,20	6,30	6,40	6,50	6,60	6,70	6,80	6,90	7,00		
8,10	8,20	8,30	8,40	8,50	8,60	8,70	8,80	8,90	9,00		

Masa utega:	10 kg	Površina šiljka:	10 cm <sup>2</sup>	Visina pada:	50 cm
Ispitivao:	Damir Golub	Kontrolirao:	mr.sc.Miljenko Špiranec	Datum:	18.01.2017.



Slika 20: Rezultati dinamičke penetracije na poziciji DPL-3[1]

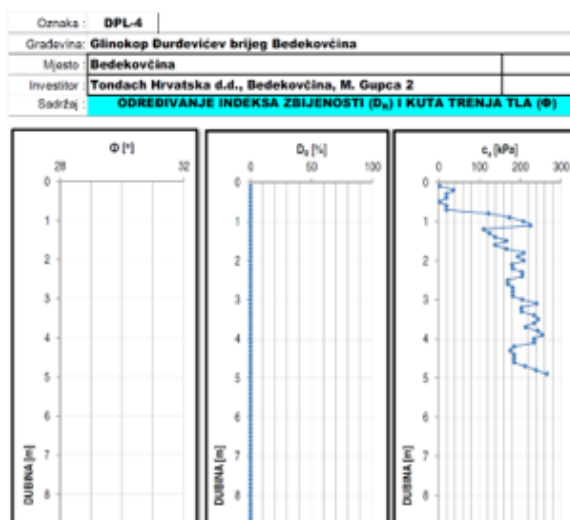
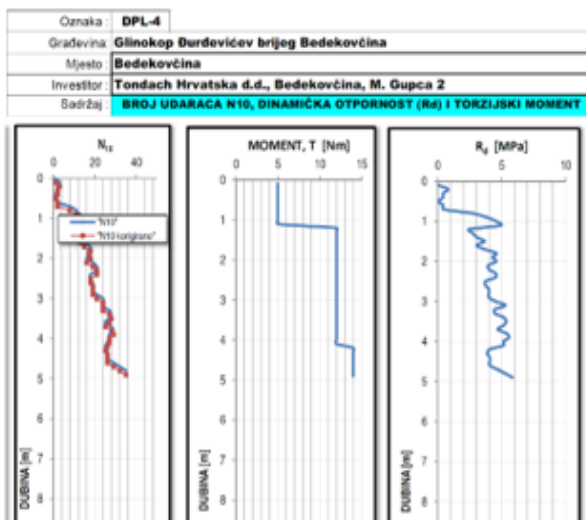
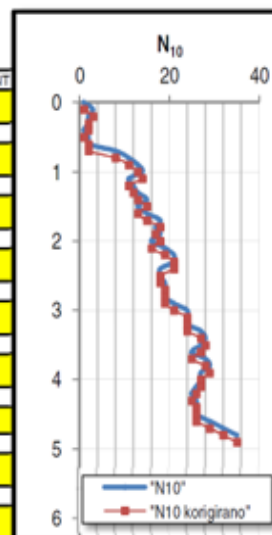
Oznaka:	<b>DPL-4</b>		
Građevina:	<b>Glinokop Đurđevićev brijeg Bedekovčina</b>		
Mjesto:	<b>Bedekovčina</b>		
Investitor:	<b>Tondach Hrvatska d.d., Bedekovčina, M. Gupca 2</b>	RPV [m]:	<b>10</b>
Vrsta tla:	<b>1 - Glina; 2 - Šljunak; 3 - Pijesak</b>		

broj udaraca za penetraciju 10 cm											VRSTA TLA	MOMENT
0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00			
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	
1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	2,00			
<b>14</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	
2,10	2,20	2,30	2,40	2,50	2,60	2,70	2,80	2,90	3,00			
<b>16</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	
3,10	3,20	3,30	3,40	3,50	3,60	3,70	3,80	3,90	4,00			
<b>24</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>27</b>	<b>25</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	
4,10	4,20	4,30	4,40	4,50	4,60	4,70	4,80	4,90	5,00			
<b>27</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>32</b>	<b>35</b>		<b>1</b>	<b>14</b>	
5,10	5,20	5,30	5,40	5,50	5,60	5,70	5,80	5,90	6,00			
6,10	6,20	6,30	6,40	6,50	6,60	6,70	6,80	6,90	7,00			
7,10	7,20	7,30	7,40	7,50	7,60	7,70	7,80	7,90	8,00			
8,10	8,20	8,30	8,40	8,50	8,60	8,70	8,80	8,90	9,00			

Masa utega:	10 kg	Površina šiljka:	10 cm <sup>2</sup>	Visina pada:	50 cm
Ispitivao:	Damir Golub	Kontrolirao:	mr.sc.Miljenko Špiranec	Datum:	18.01.2017.



Slika 21: Rezultati dinamičke penetracije na poziciji DPL-4[1]

U nastavku slijedi prikaz rezultata DPL-a kroz nožićnu os potpornog nasipa



Slika 22: Rezultati dinamičkog sondiranja tla duž uzdužne osi nožićnog nasipa[1]

Tablica 2: Procjena dubine relativno stabilne podloge na pozicijama DPL-a

DPL sonda:	DPL-1	DPL-2	DPL-3	DPL-4
Kota terena sondažne pozicije	168,33	167,56	167,05	168,91
Dinamički otpor prodiranja $R_{d1}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	1,50	1,88	3,05	3,05
Procjena dubine samoniklog tla:	4,60 m	1,40 m	1,40 m	1,50

Kroz dopunske opservacije i kroz rezultate dopunskih geomehaničkih istražnih radova prikupljeni su podaci koji su dopunili rezultate istražnih radova pa su time okupljene sve nužne podloge za izradu finalnog sanacijskog koncepta.



## 6. OPIS TEHNIČKOG RJEŠENJA SANACIJE

### 6.1. Glavne postavke tehničkog rješenja

Zbog potkapanja padinske nožice (tijekom eksploatacije glinokopa), a potpomognuto djelovanjem procjednih voda (čiji je migracijski smjer od sjeveroistoka prema zapadu i jugozapadu) zapadnu je padinu Đurđevićevog brijega zahvatio proces padinske nestabilnosti koja se najočitije manifestira duž čeonog dijela padine, tj. uz gornji rub padine, što se jasno vidi i na slici 23.



*Slika 23: Pogled s gornjeg ruba glinokopa u smjeru juga-jugozapada[1]*

Tako postavljena tehnička dijagnoza nalaže sanacijski koncept u kojemu će se bitni elementi fokusirati na:

- učvršćenje nožićnog pojasa
- odvodnju procjednih i površinskih voda s područja nestabilne padine



## 6.2. Opis sanacijskih mjera

Čeona denivelacija terena koja predstavlja gornji rub klizišta (slika 22.) jasno ukazuje na pomicanje velike mase tla u traženju novog ravnotežnog položaja



*Slika 24: Denivelacija terena s pratećim odronima ocrta gornju konturu klizišta iznad B9 i B10[1]*

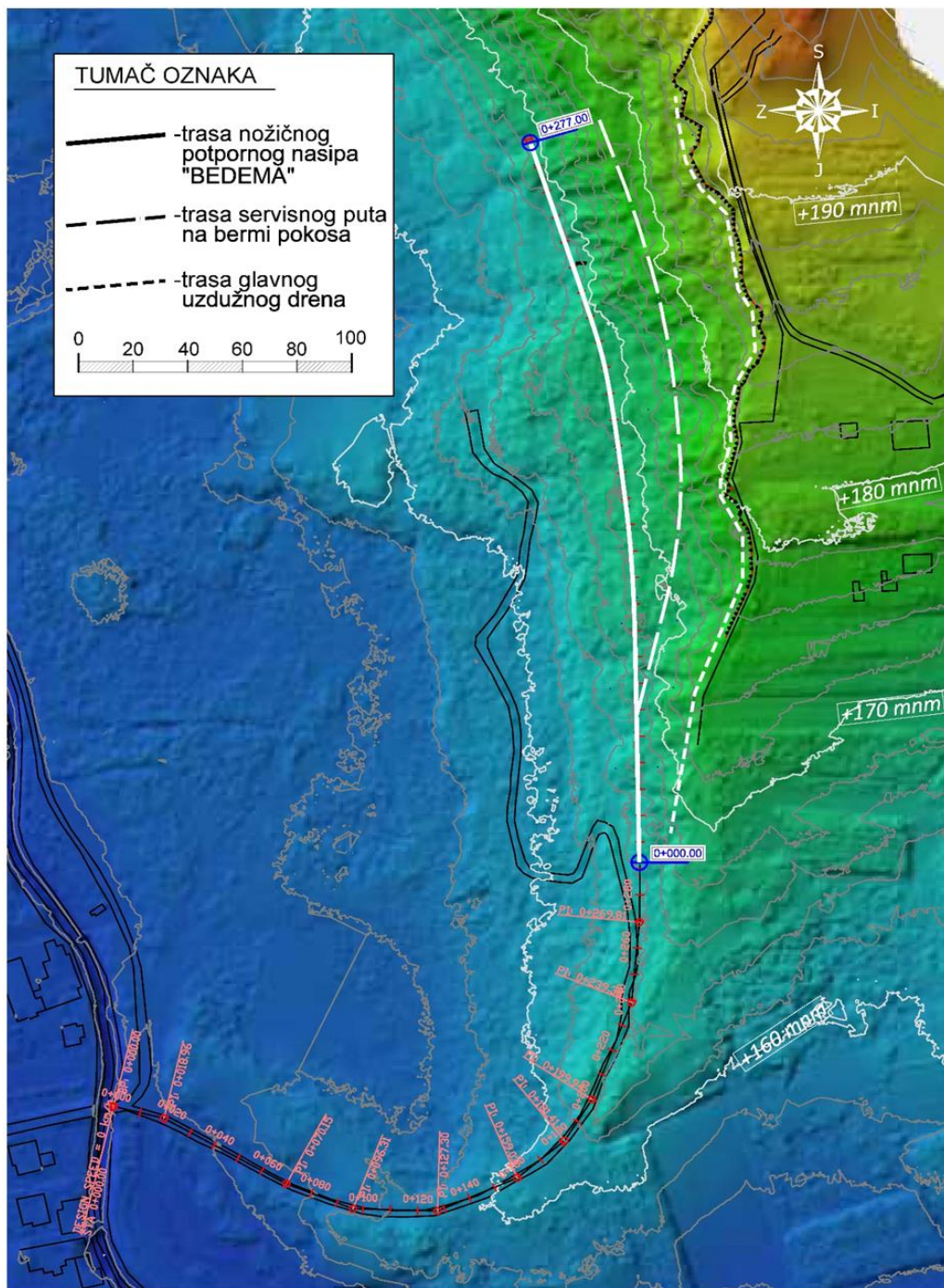
Da bi se usporilo, a potom i zaustavilo gibanje padinske mase, nužno je intervenirati na terenu kroz dva osnovna sanacijska zahvata:

- izvedbom nožićnog potpornog nasipa
- izvedbom osmišljenog drenažnog sustava (nadograđenog suplementarnim sustavom površinske odvodnje)

Na slici 25. shematski su ucrtane glavne trase nožićnog potpornog nasipa (otprilike u pregibu kliznog tijela), potom glavnog uzdužnog drena (tik pod gornjom konturom klizišta), kao i servisni put koji se pruža duž berme između dvije spomenute trase, a korisno će služiti tijekom izvođenja sanacijskih radova, ali i poslije, tijekom održavanja saniranog klizišta.

Kao što se na slici 25. može vidjeti trasa potpornog nasipa u znatnoj je mjeri primaknuta prema onom ustrmljenom dijelu klizišta (tj. prema istoku) što se pokazalo poželjnim i mogućim nakon cjelovite analize koja je pošla od situiranja trase otprilike u zoni tzv. visinskog platoa VP1 (srednja kota postojećeg terena cca 161 m n.m.) i sa srednjom (računskom) dubinom ukopavanja nasipa cca 6 m (prema priloženoj Tablici 3). No, pored znatne dubine ukopavanja (cca 6 m), pokazalo se da tako položena trasa potpornog nasipa uvjetuje i velika premještanja zemljanih masa, pa su stoga napravljene dodatne analize koje su u konačnici trasu nasipa pomakle prema istoku, tj. u samo

podnožje strmog dijela otkliznute padine (slika 25.). Nadopuna istražnih radova pokazala je da na tako pomaknutoj trasi nasipa srednja kота terena iznosi cca 168 m n.m. dok dubina samoniklog tla (uzevši u račun samo dubine na pozicijama četiri DPL sonde) iznosi oko 2,3 m što je pak znatno manje od ranije spomenutih cca 6 m.



Slika 25: Prikaz pružanja osnovnih trasa sanacijskog zahvata [1]

Tablica 3: Visinske kote nabušenog samoniklog tla(ST), oznaka KP(klizna ploha)

VISINSKI PLATO	OZNAKA BUŠOTINE	VISINSKA KOTA UŠĆA BUŠOTINE [m n.m.]	DUBINA NABUŠENOG SAMONIKLOG TLA (DST) [m]	VISINSKA KOTA NABUŠENOG SAMONIKLOG TLA (VKST)
VP0	B2	153,78	4,8	148,98
VP0+	B1	155,33	4,9	150,43
	B3	155,71	6,4	149,31
VP1	B4	162,71	0,5	162,21
	B5	159,04	7,4 (?)	151,64
	B6	162,02	5,5 (10,1)	156,52 (151,92)
	B7	160,93	6,5 (?)	154,43
VP2	B12	167,78	4,2 (KP)	163,58
	B13	170,13	3,8 (KP)	166,33
VP3	B9	178,50	1,8 (KP)	176,7
	B11	173,87	0,7 (KP)	173,17
	B14	173,84	1,5 (KP)	172,34
VP4	B8	183,18	1,3 (KP)	181,88
	B10	181,90	0,5 (KP)	181,40

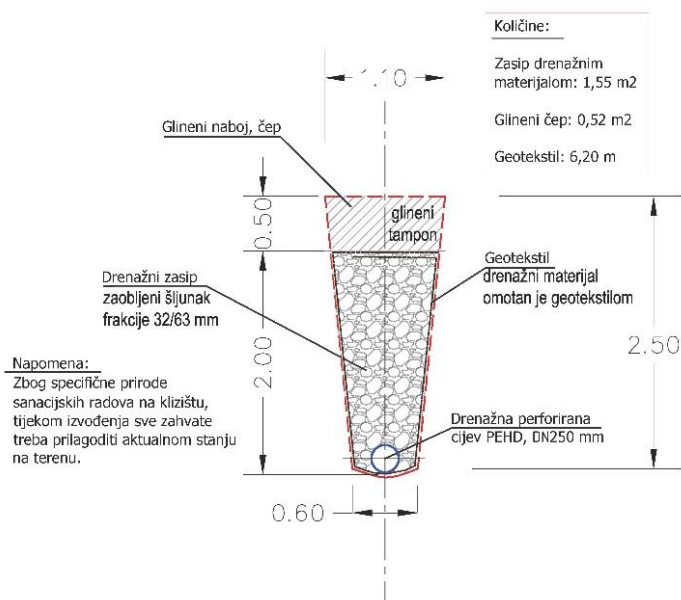
Sljedeći važan dio sanacijskog rješenja odnosi se na odvodnju s područja padinskog klizišta. Glavni uzdužni dren imat će pri tome važnu ulogu. Smješten je u samom podnožju denivelacijskog strmca, tj. izvest će se tik pod gornjim rubom klizišta (slika 26.). Otprilike na dubini 2 do 3 m od gornjeg ruba klizišta gledano od terena vidljivo izbijaju procjedne vode iz zaleđa na područje klizišta (time je potvrđena dubina lica podzemnih voda u odnosu na površinu intaktnog terena).



Slika 26: Pozicioniranje glavnog uzdužnog drena



Trasa ovog drena također je shematski prikazana na slici 25. dok je na slici 27. prikazan karakteristični poprečni presjek tog drena. Za dreniranje glinokopne padine značajni će biti i drenažni zahvati na tzv. mokrim punktima. Na tretiranom južnom dijelu klizišta registrirano je takvih 7 punktova(MP1, MP2,...MP7). Tzv. drenažne kaptaze (ili drenažni jastuci) koji će se izvoditi na MP pozicijama razriješeni su u ovom Projektu sukladno individualnim uvjetima koji karakteriziraju pojedini MP. Što se pak površinske odvodnje tiče, predviđen je prije svega jedan lateralni kanal (jarak) koji će se izvesti na intaktnom terenu duž gornjeg ruba klizišta.



Slika 27: Karakteristični poprečni presjek drena

Uz nožićni nasip, a tako i uz servisni put izvest će se također kopani uzdužni kanali (na pribriježnoj strani), u koje će se upuštati i drenažne vode iz MP-ova. Sve će se ove vode skupiti na južnom kraju tretirane zone i kontrolirano odvesti (kroz kopani jarak) do potoka Vojseka. Određeni palijativni zahvati na površinskoj odvodnji izvest će se i u području koje se nastavlja sjeverno od tretiranog područja (tj. sjeverno od vododijelnice). Te će se vode na najprikladniji način sprovesti do potoka Vojseka.

Između nožićnog nasipa i servisnog puta, a tako i između servisnog puta i gornjeg ruba klizišta, predviđena je sanacijska rekonstrukcija pokosa. Pri tome će se morati ostvariti određeno premještanje zemljanih masa, no projekt je išao za time da se te količine svedu na minimum. Ipak, određeni deficit zemljanih masa nije se mogao izbjeći (što je i razumljivo, već npr. i kroz

letimičan pogled na sliku 26.) no taj će se manjak uglavnom moći pribaviti s „visinskog platoa“ VP0 i VP0+ (vidjeti sliku 25. te Tablicu 3).

Spomenuti rekonstruirani pokosi morat će se izvesti u vitoperenoj formi jer je to bio jedini način da se izbjegnu suviše veliki zemljani radovi. Da bi se moglo prometovati kod izvođenja radova na klizištu (pogotovo po kosinama), važno je krunu nožićnog nasipa, a tako i prometnu plohu servisnog puta, osposobiti za promet građevinskih strojeva i vozila, što će se ostvariti prikladnom geomrežom prekrivenom tucaničkim slojem.

Rekonstruirani će se pokosi obavezno zasijati djetelinom *lucernom* (*Medicago sativa*), koja će za ovu svrhu zahtijevati cca 50 kg sjemena po jednom hektaru (otprilike tolika je i površina koju treba zasijati). Nakon sijanja na zasijanu se plohu navozi humusni sloj (debljine svega 5 do 7 cm koji ujedno služi i kao zaštitni sloj) a kojeg treba dobro uvaljati. Grmoliko raslinje u početku se treba zasaditi na većem razmaku (cca 20 m) i to u redovima, kako bi se omogućila neometana kosidba djeteline lucerne. U sljedećim godinama moguće je određeno progušćivanje raslinja.

Kao prateći dio sanacijskih zahvata ovim su Projektom predviđeni i određeni geotehnički probni radovi (pogotovo na početku zemljanih radova) kojima je cilj optimalizacija glavnih radova (osobito izgradnja nožićnog nasipa u kojeg se dodaje i gašeno vapno), a na samom kraju radova treba uspostaviti i sustav za postsanacijska opažanja (oskultacije) koja će se (kao i održavanje saniranog klizišta) provoditi kroz nekoliko sljedećih godina.

### 6.3. Redosljed odvijanja radova

Izvoditelj sanacijskih radova obavezan je da se prije početka radova detaljno upozna s projektnom dokumentacijom, što podrazumijeva i višekratne izlaske na teren kao i kontakte s projektantom, u cilju razjašnjavanja glavnih intencija projekta, ali i svih onih pojedinosti koje se po prirodi takvoga zadatka moraju optimalno uskladiti na relaciji izvoditelj – projektant – naručitelj (investitor).

U tom smislu izvoditelj ima pravo, ali i obvezu da u potrebnoj mjeri predlaže modifikacije ili čak i određene promjene dijelova projektnog rješenja, kako bi se rješenja iz projekta prilagodila mogućnostima raspoložive operative, odnosno da bi se u cjelini došlo do poboljšanja ciljanog sanacijskog efekta. Niti jedna modifikacija/promjena ne smije ići na uštrb kvalitete zacrtanog sanacijskog rješenja, a modifikacija/promjena koja izlazi iz okvira ugovorne cjeline moći će se

implementirati jedino uz suglasnost naručitelja (investitora). Osnovni koncept redosljeda odvijanja sanacijskih radova na tretiranom južnom dijelu padine glinokopa Đurđevićev brijeg sastoji se od jedanaest (11) glavnih aktivnosti, prema kratkom opisu koji slijedi:

#### 1. Pripremni radovi

*Napomena:* Ove radove planira i koncipira izvoditelj, a po prirodi stvari očito će biti potrebno da izvoditelj uspostavi glavnu gradilišnu bazu ( upravu gradilišta, vozni park, skladišta i sl.) u podnožju donjeg platoa (između potoka Vojseka i padinske nožice), te još jednu pomoćnu bazu (vjerojatno privremenu) negdje u zaleđu gornjeg ruba glinokopne podine.

#### 2. Geodetski radovi

*Napomena:* Od samog početka sanacijske izvedbe, ali i tijekom odvijanja projektiranih radova izvoditelj mora imati na raspolaganju geodetsku službu koja u svakom trenutku može provjeriti stanje koordinata i kota na proizvoljnim točkama pojedinih projektiranih trasa ili objekata, te isto tako, geodet treba terenski nanositi i označavati sve potrebne elemente za kontinuirano napredovanje radova.

#### 3. Gornji lateralni jarak (kanal)

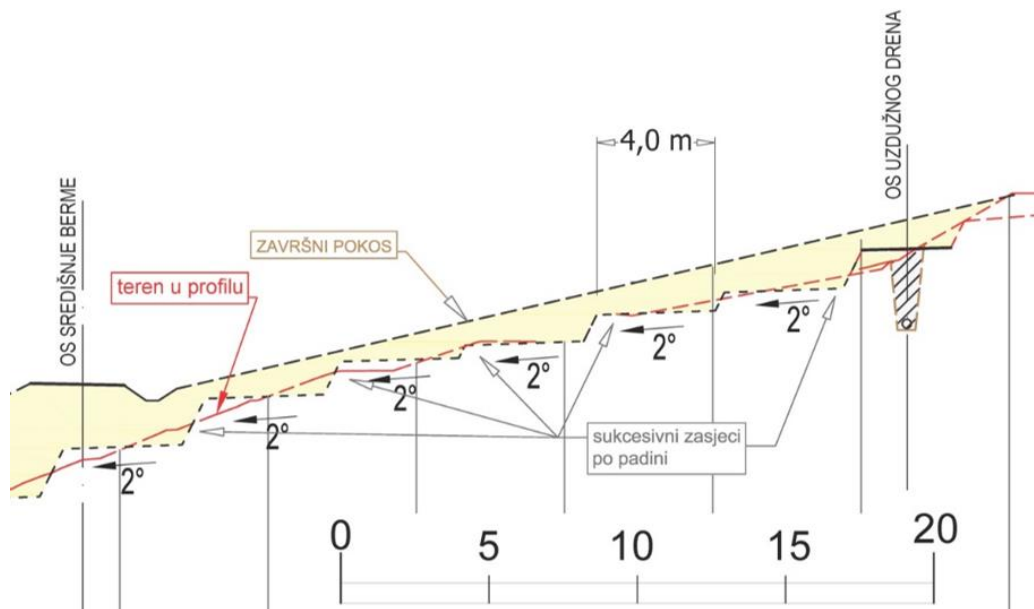
*Napomena:* Među prvim aktivnostima na terenu bit će potrebno izvesti gornji lateralni jarak s kojim će se onemogućiti slijevanje površinskih voda s Đurđevićevog brijega na glinenokopnu padinu. Riječ je o zemljanom jarku koji na pregibu strmog i blažeg nagiba treba imati uspurnu grabu (poželjno je da se izvede u betonu) da bi se na kraju voda iz jarka ulijevala u prihvatno sabirno okno (plastična cijev profila cca 80 cm) iz koje se daljnja odvodnja privremeno ostvaruje (improviziranim kopanim jarkom koji se povremeno obnavlja prema potrebi) do podnožja padine i dalje do potoka Vojseka.

Konačna verzija odvodnje od prihvatnog okna pa do potoka Vojseka ostvarit će se pri samom kraju sanacijskih radova.

#### 4. Inicijalni zemljani radovi na padinskoj plohi glinokopa

*Napomena:* Riječ je o opsežnim radovima koji predstavljaju pripremu za sve daljnje radove na padinskoj plohi. Prvo treba formirati pomoćnu (privremenu) putnu trasu neposredno pod gornjom denivelacijom terena (pod samim čeonim strmcom) tj. treba izvesti radni put širine min. 3 m, po kojem će se kasnije izvesti strojni iskop za gornji uzdužni dren. Nakon toga, padinska se ploha

sukcesivno zasjeca „po linijama izohipsi“ počevši od najviše „izohipse“ pa sve niže, sve do „izohipse“ duž koje će biti izgrađen nožićni potporni nasip (orijentacijska kota terena cca 168 m n.m.) ostvarujući tako uvjete za kasnije nasipne radove na formiranju finalnog pokosa (nasipavanje se ne smije izvoditi na suviše nagnutim plohama).



Slika 28: Sukcesivno zasjecanje padinske plohe (priprema za završno uređenje pokosa)

Treba naglasiti da će opisani inicijalni zemljani radovi zahtijevati veliku prilagodljivost izvođača stanju na terenu, pri čemu će se materijali iz iskopa trebati premještati u mnoge udubljene zone (jaruge), a pri tome je nužno ostvariti i određeni stupanj zbijenosti.

5. Uzdužni dren pod strmcom uz simultanu izvedbu poprečnih kaptažnih drenaža na pozicijama mokrih punktova (MP).

Napomena: Čim se izvede privremeni operativni put tik u podnožju strmca, može se pristupiti izvođenju uzdužnog drena duž tog puta. Dren se izvodi od juga prema sjeveru (od najniže točke pa „uzvodno“). Dovoljna je širina drena  $\delta_d = 60$  cm, a njegova dubina u prosjeku može iznositi  $h_d = 250$  cm. Dren se izvodi po odsječcima (kampadama) čije su duljine cca. 10–ak metara, a svaki se odsječak izvodi u tri takta: iskop drenažnog rova, polaganje drenažne cijevi, umetanje geotekstila u rov i zasipavanje rova drenažnim materijalom (završnih cca 60 cm zapunjava se glinovito – prašinstim materijalom u funkciji nepropusnog čepa). Svaki uzvodni dio drenažnog

odsječka ostavlja se u nedovršenoj formi kako bi se omogućio nesmetani i kontrolirani priključak (nastavak) na sljedeći odsječak tj. daljnju uzvodnu kampadu.

Osobito je važno naglasiti da se na mjestima tzv. mokrih punktova (MP - ima ih 7 kom.), drenažni rov uzdužne drenaže i drenažna kaptaža mokrog punkta izvode sinkrono, tj. kao jedna operativna cjelina (pri tome postoje razlike u rješenju za pojedine mokre punktove, ovisno prije svega o visinskim i situacijskim odnosima na terenu). Drugim riječima, to znači da se prvo izvodi zemljani iskop drenažnog rova cca 5 do 10 m s obje strane osi drenažne kaptaže, potom se iskopa drenažna kaptaža, te se u nastale iskope polaže geotekstil, a zatim i projektom predviđene plastične cijevi, a onda se u tako pripremljeni prostor nasipava drenažni zasip koji se na kraju prekriva glinovito – prašinastim čepom. Odvodne plastične cijevi koje izlaze iz drenažnih kaptaža s pojedinačnom odvodnjom (usmjerene su okomito na „izohipse“) kasnije će se finalno obraditi (skratiti, produžiti ili djelomično zamijeniti), te će se uredno usmjeriti prema uzdužnim jarcima (paralelnim s „izohipsama“) koji će biti izvedeni uz pribriježnu stranu trase trajnog (srednjeg) radnog puta tj. berme na saniranoj glinokopnoj padini ili će biti usmjereni prema onom nižem uzdužnom jarku, tj. uz pribriježnu stranu ukopanog nožičnog nasipa (stabilizacijskog „bedema“).

Rad na kaptažnim zahvatima (mokrim punktovima, MP) predviđen je ovim redom:

- Iskop rova (širina cca 50 cm) duž osi kaptažnog zahvata tj. poprečno na uzdužni dren. Iskop se obavlja pod nadzorom projektanta kako bi se nedvosmisleno utvrdilo da je dosegnuto zdravo tlo tj. nepropusno dno.
- Slijedi iskop proširenog, tj. „trapezoidnog“ prostora koji će predstavljati prostor za formiranje tzv. drenažnog jastuka. Važno je poštivati zadane naputke s naglaskom na produbljeni spoj na rov odvodnog drena (ustvari, riječ je o rovu odvodne cijevi).
- U kaptažni se prostor umeće geotekstil, te se postavljaju drenažne i odvodne cijevi (treba voditi računa da se na pravilan način mimoilaze drenažne cijevi uzdužnog tj. glavnog/gornjeg i svakog pojedinačnog poprečnog tj. kaptažnog drena).
- Slijedi zapunjavanje drenažnog prostora (istovremeno s pripadnim odsječkom uzdužnog drena) uz korištenje propisanog drenažnog zasipa. Završna se zapuna (cca 60 cm) ostvaruje s uvaljanim prašinasto - glinovitim materijalom, tj. s tzv. vodonepropusnim čepom.



- Tijekom završnih radova na kaptažnim zahvatima osobitu pozornost treba posvetiti primjerenj zaštiti dviju plastičnih cijevi koje strše (cca 50 cm a možda i više) iz drenažnog jastuka kaptaže. Riječ je o jednoj „vertikaliziranoj“ drenažnoj cijevi u pribriježu jastuka i o jednoj „horizontiranoj“ odvodnoj cijevi na podbriježnoj strani jastuka. Konačni tretman na završetcima tih cijevi trebati će ostvariti tek pri kraju cjelovitog sanacijskog zahvata. Sva nakupljena voda se upušta u uzdužne površinske jarke a potom se odvodi sve do spoja s glavnim uzdužnim drenom, a od te se točke pa nadalje odvodnja ostvaruje kroz površinski jarak koji se upušta u potok Vojsek.

#### 6. Nožićni potporni nasip ( podnožni „bedem“)

*Napomena:* Izgraditi nožićni potporni nasip za izvoditelja će biti osobito zahtjevan posao jer uz opsežne radove koje uključuje taj zahvat bitno je da se ti radovi izvedu na strogo kontrolirani način. Po iskolčenoj se trasi radovi mogu započeti s jednog kraja „bedema“ (organizacijski je pogodnije započeti s južne strane), no može se započeti i s oba kraja trase (ukoliko izvoditelj procijeni da bi možda na taj način radove mogao izvesti u jednoj sezoni.

Radovi se izvode frontalno (s jednog i/ili drugog kraja trase) s pomakom od cca 3 do 5 m u pojedinačnoj fazi pripadnih radnih taktova.

Dva se osnovna radna takta sastoje u sljedećem:

- Iskop razrahljenog, tj. slabootpornog materijala tla (u duljini od maksimalno 20 m, ali i manje ako se zamijete takve okolnosti koje bi vodile k padinskoj nestabilnosti) sve do zdrave podloge, te usijecanje u zdravu podlogu uz formiranje kontra-nagiba na dosegnutoj koti Ove radove moraju pratiti sve potrebne tehničke mjere zaštite od odrona i urušavanja pobočja u prostor privremenog iskopa, kao i stalna odvodnja (ispumpavanje) eventualno nakupljenih voda (bilo onih površinskih ili onih procjednih).
- S pomakom u fazi (cca 3 do 5 m) iskopani se prostor počinje zapunjavati materijalom s deponije koji se mora kontrolirano zbijati (valjati). Prvi se sloj zasipava na kontaktnu podlogu na koju se prije toga nanese tanki sloj (cca 1 cm ili 10 kg/m<sup>2</sup>) suhoga gašenog vapna u funkciji geotehničkog katalizatora predstojećeg procesa solidifikacije tijela budućeg nasipa. Nakon usipavanja zemljanog materijala (verificiranog kroz prethodni Proctorov pokus) koji će predstavljati prvi tj. najdonji sloj nožićnog nasipa, po rahlom se

- materijalu pažljivim nasipavanjem rastrese cca  $10\text{kg/m}^2$  gašenog vapna, da bi se potom provelo zbijanje, tj. valjanje tog materijala dok se ne postigne očekivana zbijenost (provjerena u početku kroz kontrolni Proctorov pokus, a kasnije uz pomoć nekog brzog pokusa koji je prethodno koreliran s Proctorovim pokusom – KPKP – tzv. kontrolni s Proctorom korelirani pokus).

Finalna debljina prvog zbijenog sloja treba se ostvariti u debljini od 25 cm, pa će u početku rada trebati ustanoviti koja se debljina rahlog materijala treba nanijeti u iskopani prostor da se finalno dobije zbijena debljina od 25 cm. Sve što je s time u vezi rečeno govori o tome da će u početku rad na izgradnji nožićnog potpornog nasipa sadržavati u sebi i određenu dozu terenskih istraživanja i ispitivanja koja se moraju odvijati u uskoj suradnji s kompetentnim geomehaničarom. Novi sloj nasipa (finalne debljine 25 cm) izvodi se na način kao i onaj prethodni s time da se na novo nanese rahli materijal ponovi pažljivo rastresanje gašenog vapna ( $10\text{ kg/m}^2$ ) nakon čega slijedi valjanje, tj. zbijanje sloja čija finalna debljina opet treba biti cca 25 cm. U tom se smislu gradi nožićni potporni nasip u slojevima finalne debljine 25 cm, sve od temeljne plohe pa do završne krune. Ono što se dodatno mora naglasiti, svodi se na problem nekoliko eventualnih prijelaza kanaliziranih površinskih voda preko (ili ispod!) krune nožićnog nasipa, što će se rješavati tek nakon izgradnje tog nasipa.

#### 7. Finalno oblikovanje padinskog pokosa ( s nekoliko nagiba)

*Napomena:* Tek po dovršetku radova na izgradnji nožićnog potpornog nasipa može se pristupiti finalnom oblikovanju glinokopnog padinskog pokosa. Radovi započinju od razine krune nožićnog nasipa i terasasto se uzdižu uvaljavanjem horizontalnih slojeva tla čija se debljina (u uvaljanom/zbijenom stanju) kreće između 25 i maksimalno 50 cm. Otprilike, negdje gotovo na sredini pokosa (između nožićnog nasipa i gornjeg ruba glinokopa) formira se pomoćni radni put (s eventualnim odvojkom u širem pojasu pokosa) koji služi za bolju gradilišnu komunikaciju i strojnu manipulaciju (a po završetku sanacije služi kao kontrolni pristupni i operativni tj. servisni put za lakše održavanje pokosa). U zadnjoj fazi finaliziranja pokosa dosipava se i uvaljava s deponije dopremljeno tlo na gornjem rubu glinokopa (u području uzdužnog drena i u prostoru nad njim, sve do gornjeg ruba intaktnog terena). U toj se fazi zemljani materijal može dovoziti s gornje strane padine i potom gravitacijski sipati na već uvaljanu podlogu koja u biti slijedi trasu tzv. gornjeg (odnosno, glavnog) uzdužnog drena (izvedenoga pod samim strmcom).

## 8. Odvodnja sa saniranog pokosa

*Napomena:* Tek po formiranju pokosa sanirane padine (točka 7.) pristupa se finalnom uređenju odvodne mreže na području tako uređenog glinokopa. To prije svega znači da se sve površinske vode moraju kontrolirano izvesti s područja padine i da se svi odvodi drenažnih voda ( iz glavnog uzdužnog drena te iz poprečnih drenažnih kaptaza) moraju detaljno pregledati te ih po potrebi obnoviti ili dopunski rekonstruirati kako bi se na pravilan i prirodan način kaptirane vode mogle upuštati u uspostavljene površinske jarke, a potom da budu s površinskim vodama sprovedene do potoka Vojseka u kojeg moraju biti kontrolirano upuštene.

## 9. Sadnja i sijanje raslinja

*Napomena:* U slijedu aktivnosti na sanacijskim radovima, sadnja i sijanje prikladnog raslinja dolazi na samom kraju, uz naknadno humusiranje sadnih ploha nanošenjem humusnog sloja debljine cca 5 do 7 cm koji ima i zaštitnu ulogu u odnosu na prethodno posijano sjeme djeteline lucerne. U načelu treba implementirati autohtono bilje, koje se u podnožnom dijelu (između nožičnog nasipa i potoka Vojseka) treba sastojati od hidrofilnog raslinja, a na pokosu može biti zasađeno probrano samoodrživo bilje (da bi se na plošnom dijelu padine obavezno posijalo nisko „travnato“ raslinje poput npr. djeteline lucerne (vrlo poželjno) ili nekog drugog bilja.

## 10. Postsanacijske oskultacije

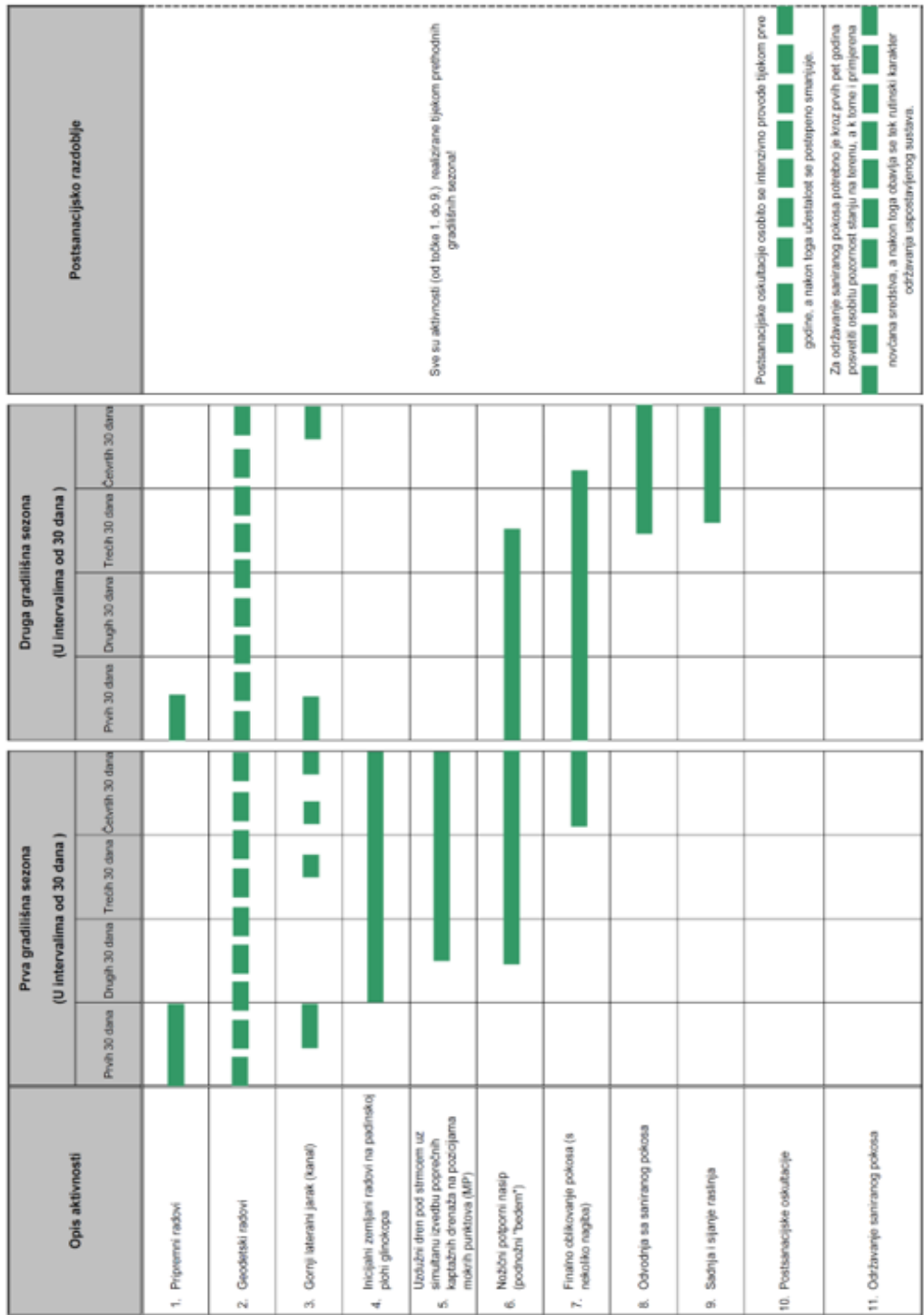
*Napomena:* Na saniranom glinokopu postaviti će se mreža oskultacijskih točaka sastavljena od nekoliko vrsta opservacijskih entiteta. Tu se poglavito misli na tzv. reperne točke (barem 10-ak, a bolje 12 ubetoniranih blokova s istaknutom reperskom točkom), potom se predviđa cca 3 piezometara, te ugradnja grupe inklinometara (barem 5 kom dubine 10 m). U razdoblju od sljedećih nekoliko godina, spomenute će oskultacijske točke služiti za praćenje „ponašanja“ sanirane padine, s time da će i vizualna opservacija i dalje biti od osobitog značenja.

## 11. Održavanje saniranog pokosa

*Napomena:* Karakter padinske nestabilnosti širokih razmjera na glinokopnom području zapadnog dijela Đurđevićevog brijega koji je obuhvaćen sanacijskim zahvatima na južnom dijelu tog područja, čak niti teoretski ne dopušta irealna optimistička očekivanja da se nakon sanacije na tom području više ništa ne treba činiti. Suprotno tome, treba računati s time da će se kroz prvih nekoliko godina (a na bazi oskultacija i vizualnih opservacija) na saniranom glinokopu morati poduzimati razne dodatne radnje čiji će se karakter u osnovi svoditi na popravljivanje, dopunjavanje

i modificiranje zatečenog stanja. Za očekivati je da će se kroz prvih 5 godina za spomenuti način održavanja trebati osigurati do 10 % novčanog iznosa (utrošenog u osnovnu sanaciju) koji će biti dodatno utrošen na dopunske sanacije. U razdoblju koje će slijediti stopa novčanog iznosa za održavanje bitno će se smanjiti!

U nastavku slijedi grubi dinamički plan izvođenja. Po procjeni tzv. suha zona koja jedina omogućuje radove na takvom tipu klizišta najviše može trajati  $4 \times 30 = 120$  dana (4 mjeseca u jednoj godini) i da se projektirani radovi mogu izvesti kroz dvije suhe sezone. Izvoditelj može imati drukčiji plan, ali nikako ne bi smio biti dulji od dvije sezone.



Slika 29:Gantogram tijeka izvođenja sanacijskih radova na klizištu

## 7. TEHNIČKI UVJETI IZVEDBE

Predviđeno sanacijsko rješenje sastoji se od slijedećih radova:

- pripremi radovi
- iskop gornjeg lateralnog odvodnog jaraka
- iskop i ugradnja uzdužnog drena pod strmcom
- iskop i ugradnja drenažnih kaptaza (sanacija mokrih punktova, MP)
- iskop i izgradnja nožićnog potpornog nasipa
- priprema padine za uređenje završnih pokosa
- izgradnja servisnog puta i uređenje završnih pokosa
- završno uređenje odvodnje
- sadnja i sijanje raslinja
- postsanacijske oskultacije

### 7.1. Pripremni radovi

Pripremni radovi obuhvaćaju sljedeće aktivnosti:

- izrada plana rada
- obilazak lokacije
- geodetski radovi
- priprema gradilišta za rad
- osiguranje gradilišta i pozajmišta

#### **Plan rada**

Izvođač radova treba izraditi plan rada, kako bi se radovi mogli izvoditi potrebnom dinamikom i u skladu s ovim projektom i tehničkim uvjetima. Plan rada se daje na uvid nadzornom organu koji može tražiti njegovu izmjenu uz pismeno obrazloženje. Sastavni dio plana rada je organizacija i oprema gradilišta, dinamika izvođenja, te popis mehanizacije i tehničkih karakteristika opreme kojom se izvode projektom definirani radovi.

Posebnu pozornost treba posvetiti zaštiti na radu. Poseban je oprez potreban zbog ljudi i vozila koji će se kretati po gradilištu i uz samo gradilište. Radove treba izvoditi kvalificirana i obučena radna snaga. Izvođač treba prije početka radova odrediti odgovornu osobu za njihovo izvođenje.

### **Obilazak lokacije**

U svrhu upoznavanja uvjeta na terenu Izvođač radova treba obići i dobro proučiti predmetnu lokaciju. Pitanje pristupa lokaciji riješit će Investitor. Uređenju gradilišta, kao i kretanju po samom gradilištu treba posvetiti naročitu pozornost.

### **Geodetski radovi**

Prije izvedbe sanacijskih radova potrebno je napraviti plan iskolčenja profila i iskolčiti njihov položaj prema dispoziciji iz nacрта. Iskolčenje je obveza Izvođača radova.

Geodetski radovi obuhvaćaju iskolčenje svih relevantnih elemenata u sklopu sanacijskih zahvata kojima se podaci iz projekta prenose na teren, obnavljanje i održavanje iskolčenih oznaka na terenu za vrijeme građenja te geodetsko praćenje svih radova za vrijeme izvođenja sanacijskih radova, odnosno do predaje svih radova Investitoru.

Izvođač radova obavezan je za vrijeme građenja kontinuirano pratiti ispravnost iskolčenih osi i točaka. Točnost iskolčenja treba se kretati u granicama od 2 cm (visinski i položajno), a tijekom izvođenja sanacijskih radova potrebno je konstantno kontrolirati iskolčenje.

### **Priprema gradilišta**

Izvođač je dužan pripremiti gradilište za izvedbu predmetnih radova uzevši u obzir prisutnost postojeće komunalne infrastrukture, blizinu postojećih građevina u odnosu na lokaciju. Pogodnom organizacijom rada treba pripremiti odgovarajuće mjesto za privremeno odlaganje građevinskog materijala, omogućiti nesmetani pristup predviđene mehanizacije kao i dopremu odgovarajućeg materijala i opreme.

Izvođač radova može započeti s radovima po završetku svih pripremnih radova, a po pismenom odobrenju nadzornog organa.

## 7.2. Radovi na odvodnji

Građevine (zahvati) odvodnje su: gornji lateralni jarak, prihvatno okno gornjeg lateralnog jarka, usporna građevina, sabirno okno, privremena odvodna jaruga, pribriježni uzdužni jarci uz nožićni potporni nasip i pribriježni uzdužni jarak uz servisni put ostvaren na bermi pokosa, izljevne građevine kaptažnih drenaža (mokri punktovi), odzračnici drenažnih cijevi mokrih punktova, zacjevljeni propust kao dio uzdužnog jarka potpornog nasipa.

Kao drenažna cijev uzdužnog drena ugrađuje se rebrasta PEHD drenažna cijev promjera DN250 mm. Reske u gornjoj polovici ostaju slobodne da se omogući ulazak vode. Usporna građevina i sabirno okno izvodi se također od PEHD (rebrastih) plastičnih cijevi promjera DN800 mm., na betonskoj podlozi, oblažu betonom i zatvaraju tipskim poklopcima.

Potrebno je kontrolirati pripremljenost podloge svih građevina odvodnje, dimenzije, cijevi i sabirnih građevina i ugradnju prema ovdje danim uvjetima.

## 7.3. Zemljani radovi

Iskopi na lokaciji klizišta u funkciji su izvođenja sanacijskih radova. Iskopi se izvode za, gornji lateralni jarak, uzdužni dren, drenažne kaptaže, nožićni potporni nasip, te pripremu padine i finalno oblikovanje pokosa. Prilikom izvedbe potrebno je pridržavati se redoslijeda izvođenja, kota danih u projektu i pravila zaštite na radu.

Iskop gornjeg lateralnog jarka izvodi se u materijalu "C" kategorije, strojno, na način da nastane odvodni jarak ravnog dna širine 0,30 m, ukupne dubine 0,40 m, stranica zasječenih pod kutom cca. 40°, odnosno nagiba 1:1 do 1:1,5.

Privremeni ispust gornjeg lateralnog jarka niz padinu izvodi se strojno, u materijalima "C" kategorije, kao jaruga koju je potrebno u fazama izgradnje održavati prolaznom.

Prethodno iskopu uzdužnog drena, probija se radni put (tik pod strmcom) za potrebe izvođenja drena. Trasa puta ostvaruje se iskopom uzvisina i nasipavanjem jaruga na postojećem terenu, a prema visinskoj niveleti radnog puta u priložima. Visina iskapanja i nasipavanja za izvedbu radnog puta ne prelazi 1,50 m.



Radovi iskopa za uzdužni dren izvode se na potezima duljine do 10-15 m do konačne duljine iskopa. Iskop uzdužnog drene izvodi se rovovskog tipa, a duljina iskopa ovisi o stabilnosti stranica rova. Dubina iskop drene od kote izvedenog radnog puta ne prelazi 2,5 m, s predviđenim nagibom stranica rova 10:1. Potreba za razuporama i oplatom nije predviđena, no stvarno stanje ovisi o stanju površinskog tla i treba mu se prilagoditi.

Iskop za nožićni potporni nasip izvodi se u potezu ne duljem od 20 m, odnosno manje ako se zamijete okolnosti koje bi vodile nestabilnosti padine. Iskopi se izvode strojno u materijalima "C" kategorije. Zahtjeva se da se u dio iskopa (kampadni iskop) koji se otvori u jednom danu u istom danu ugradi i materijal. Predviđeni nagib stranice rova iznosi 2:1.

Slijedeći dan treba ukloniti rastresite slojeve i izvesti ugradnju prema tehničkim uvjetima. Nastavak iskopa uvjetovan je završetkom ugradnje materijala u prethodnoj kampadi.

Svi ostali iskopi izvode se strojno uz ručno dotjerivanje dna prema projektnim dimenzijama i kotama, u materijalima "C" kategorije s potrebnim razupiranjima.

Iskopi se izvode do kota danih u projektu.

Tijekom radova na iskopima treba kontrolirati:

- da se iskop obavlja prema profilima i visinskim kotama iz projekta,
- da duljine iskopa budu u skladu s ovdje definiranimima,
- da se za vrijeme radova na iskopu, do završetka radova osigura pravilna odvodnja,
- dosljedno provođenje primjene tehničkih zaštitnih mjera,
- u slučaju nepredviđenosti pozvati kompetentnog geotehničara ili Projektanta.

Dubine iskopa kontroliraju se geodetski te se za svaku kampadu provedene zamjene ili za potez drene podaci upisuju u građevinski dnevnik.

### **Prijevoz materijala**

Kako bi se radovi kontinuirano i neometano odvijali potrebno je omogućiti kvalitetan dovoz potrebnih materijala i odvoz tla iz iskopa. Zato treba planom osigurati dolazak i odlazak s gradilišta za svakog sudionika u gradnji. U planu radova treba definirati trase lokalnih transporta po gradilištu.

Na gradilište se dovozi materijal za ugradnju, tucanički kamen (kao zastor za prometovanje po nožićnom nasipu i servisnoj cesti), materijal za drenažne zasipe te materijal za ugradnju iz pozajmišta (zemljani materijal), drenažne cijevi, cijevi revizijskih i prihvatnih okna, vapno i drugo), a odvozi se (na privremenu deponiju) materijal iz iskopa.

### **Odlaganje materijala**

Materijal iz iskopa odlaže se na primjerenom odlagalištu organiziranom na samom gradilištu, osim onih količina koje su potrebne za kasniju ugradnju u površinski dio nasipa, a koje se deponiraju prebacivanjem materijala.

Dopušteno je privremeno odlaganje materijala iz iskopa na gradilištu. Odlaganje ovog materijala izvodi se na mjestu i na način da odlagalište ne ugrožava sigurnost radova i lokalnu stabilnost iskopa. Poziciju odlagališta predlaže (i odabire) izvođač, a odobrava nadzorni inženjer.

Potrebno je kontrolirati da se materijal određen za trajno odlaganje redovito odvozi s gradilišta na prikladno odlagalište i odlaže na siguran način. Kontrolira se i da se odlaganje materijala na gradilištu izvodi na siguran način koji neće izazivati neželjene posljedice (zarušavanja, odroni) i na mjestima gdje ne ometa odvijanje i sigurnost radova.

### **Stabilizacija putova**

Završni nosivi sloj servisnih gradilišnih putova, koji uključuje put na kruni nožićnog potpornog nasipa, te servisnog (radnog) puta na bermi završnih pokosa, izvodi se kamenim materijalom (kamen drobina, odnosno tucanik), stabiliziranog geomrežom. Stabilizacija se ostvaruje rubnim omatanjem kamenog materijala, čime se formira oblik rubnih uzdužnih jastuka.

## 7.4. Ugradnja materijala

Ugradnja zamjenskog materijala:

Kao materijal ugradnje u nožićni potporni nasip predviđen je zemljani materijal iz iskopa. Materijal treba zadovoljiti zahtjeve:

Ugradnja materijala mora se izvoditi u horizontalnim slojevima uz valjanje. Pri tome debljina slojeva ovisi o sredstvima za valjanje, ali ne smije u rahlom stanju prelaziti 30 cm.

Tijekom ugradnje treba kontrolirati tražene karakteristike materijala i postignutu zbijenost. Dužnost izvođača je da u suradnji s projektantom organizira a potom i provede nužne terenske probne radove i da kontinuirano provodi tekuća ispitivanja postignute zbijenosti tla.

Ugradnja zemljanog materijala u nožićni potporni nasip:

Dozvoljeno je ugrađivati samo anorganski glinoviti materijal koji će nakon zbijanja biti relativno nepropustan, a na slojeve nasipavanja (dok su još u rahlom stanju) rastresa se cca 10 kg/m<sup>2</sup> suhog gašenog vapna (nakon provedbe probnih radova – vidjeti poglavlje 4 – ova se količina može i promijeniti!) što se potom zbija zajedno sa zemljanim slojem.

Materijal za ugradnju mora odgovarati uvjetima (OTU 2-09.1.):

Prema dijagramu plastičnosti materijal se klasificira kao glina srednje do visoke plastičnosti, uz granicu tečenja manju od 65%, indeks plastičnosti manji od 30%, optimalnu količinu vode manju od 25%, suhu prostornu masu (prema Proctoru) veću od 1,55 g/cm<sup>3</sup>, bubrenje pod vodom nakon četiri dana ne smije biti veće od 4%, Proctorov broj 0 do 0,2. -granulacija mora biti takva da je koeficijent nejednolikosti ( $U=d_{60}/d_{10}$ ) veći od 9. Materijal ne smije sadržavati više od 6% organskih primjesa (misli se na jednoliko raspoređene i rastvorene organske tvari, a komade ili nakupine kao drva, korijenje ili slično treba ukloniti). Zemljani materijal kojim se oblaže površinski dio nožićnog nasipa treba se zbijati minimalno do  $M_0=20 \text{ MN/m}^2$ , odnosno 100% Proctora (Važna napomena: ovi se kriteriji eventualno mogu promijeniti, sukladno rezultatima probnih radova koji se spominju u točki 4 ovog Projekta).

Ugradnja materijala mora se izvoditi u horizontalnim slojevima uz zbijanje (OTU 2.9.1. i 2.9.3.). Pri tome debljina slojeva ovisi o sredstvima za zbijanje, ali ne smije u rahlom stanju prelaziti 30 cm.

Ugradnja granulata (šljunčani ili tucanički materijal) na drenažne cijevi:

Na drenažne cijevi na dnu iskopa, te na drenažne i kanalizacijske cijevi na dnu drenova ugrađuje se krupni drenažni granulata veličine zrna 32 do 63 mm, separiran od prirodnog šljunka (zaobljene valutica. "batuda") ili separirani drobljeni kameni materijal (tucanik).

Potrebno je kontrolirati da materijal ne sadrži sitnijih niti krupnijih zrna od propisanih, te da se zasipavanje izvodi s male visine kako ne bi dolazilo do oštećivanja cijevi.

Ugradnja zemljanog materijala u površinski dio drenova:

U površinski dio drenova ugrađuje se zemljani materijal iz iskopa u prosječnoj debljini 0,50 m. Ugrađuje se u dva sloja uz zbijanje. Materijal mora odgovarati uvjetima kao za površinski dio nasipa.

## 7.5. Sadnja i sijanje raslinja

Rekonstruirani će se pokosi obavezno zasijati djetelinom *lucernom* (*Medicago sativa*), koja će za ovu svrhu zahtijevati cca 100 kg sjemena po jednom hektaru (otprilike tolika je i površina koju treba zasijati). Nakon sijanja na zasijanu se plohu navozi humusni sloj (debljine svega 5 do 7 cm koji ujedno služi i kao zaštitni sloj) a kojeg treba dobro uvaljati. Grmoliko raslinje (npr. lijeska) u početku se treba zasaditi na većem razmaku (cca 20 m) i to u redovima, kako bi se omogućila neometana kosidba djeteline lucerne. U sljedećim godinama moguće je određeno progušćivanje raslinja.

## 7.6. Postsanacijske oskultacije

Predviđeni program u smislu opažanja izvedenih radova te postignutih efekata na sanaciji glinokopnog klizišta "Đurđevićev brijeg" uključuje:

- Geodetske reperske točke, 12 komada
- Ugradnja vertikalnih inklinometara predviđene dubine 10 m, 5 komada
- Ugradnja piezometara, 3 komada

Razdoblje odvijanja postsanacijskih opažanja naznačeno je u gantogramu (slika 29.) .

## 8. Geostatički proračun

### 8.1. Modeliranje sanacijskog rješenja

Ponašanje glinokopne padine u predsanacijskom stanju te u raznim sanacijskim fazama modelirano je programom Slide 6.0 (Rockscience Inc.) koji koristi kriterij granične ravnoteže za proračun faktora stabilnosti na klizanje ( $F_s$ ). Za opisivanje ponašanja tla korišten je Mohr-Coulomb model. Ulazni elementi korišteni u programu dani su u tablicama 4 i 5.

Tablica 4: Ulazni parametri za tlo

Ulazni elementi	Oznaka	Koluvij, prašinasta glina (1)	Stabilna podloga (2)	Nožični potporni nasip (3)	Mjerna jedinica
Model tla	MC	MC	MC	MC	–
Dubina	h	1,4.-4.6	>4,0	0,0-maks.5,0	m
Ponašanje materijala	-	Drenirano	Drenirano	Drenirano	–
Obujamska težina tla	$\gamma$	18	19	19	kN/m <sup>3</sup>
Kohezija	$c_d$	2	15	15	kPa
Kut trenja	$\Phi_d$	20	25	25	[°]

Tablica 5: Modelirani geotehnički uvjeti

PADINSKO STANJE		KARAKTERISTIČNI GEOTEHNIČKI UVJETI		F <sub>s</sub>
		Procjedna linija (PL)	Materijali unutar potencijalnog kliznog segmenta	
<b>Prije sanacije (A)</b>		PL je bliska konturi poprečnog profila, postavljena na koti poznate razine u zdencu ZD1	Razmočeno padinsko tlo(koluvij): $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $c = 2 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 20^\circ$ Stabilna podloga: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $c = 15 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$	<b>1,02</b>
<b>Nakon sanacije (B) - globalna stabilnost</b>	<b>B1</b> Uzdužni dren (UD)	PL je zbog ugradnje uzdužnog drena spuštenu na najnižu točku drena	Razmočeno padinsko tlo(koluvij): $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $c = 2 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 20^\circ$ Stabilna podloga: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $c = 15 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$	<b>1,34</b>
	<b>B2</b> Izgradnja nožičnog potpornog nasipa (UD+NPN)	PL je zbog ugradnje uzdužnog drena spuštenu na najnižu točku drena	Djelomično isušeno padinsko tlo: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $c = 4 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 20^\circ$ Stabilna podloga: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $c = 15 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$ Nožični potporni nasip: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $c = 15 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$	<b>1,59</b>
	<b>B3</b> Uzdužni dren, nožični potporni nasip i uređenje pokosa (UD+NPN+UP+MP)	PL je zbog ugradnje uzdužnog drena spuštenu na najnižu točku drena, dodatno sanirani mokri punktovi	Poboljšano padinsko tlo: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $c = 5 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 21^\circ$ Stabilna podloga: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $c = 15 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$ Nožični potporni nasip: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $c = 15 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$	<b>1,60</b>
<b>Lokalna stabilnost u fazi izvođenja (C)</b> , opterećenje od prometa na pomoćnom radnom putu (PRP) - nepovoljni uvjeti		PL je zbog ugradnje uzdužnog drena spuštenu na najnižu točku drena, dodatno sanirani mokri punktovi	Razmočeno padinsko tlo(koluvij): $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ $c = 2 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 20^\circ$ Stabilna podloga: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $c = 15 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$ Nožični potporni nasip: $\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$ $c = 15 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 25^\circ$	<b>1,41</b>

Kritični profil PP4 za potrebe računskih analiza stabilnosti modeliran je tako da su karakteristični uvjeti (shema procjeđivanja kroz tlo, materijali tla i njihovi parametri te geometrija padinske konture) postupno slijedili promjene koje su odražavale očekivani učinak sanacijskih mjera. Kroz tablicu 5. možemo pratiti te promjene.

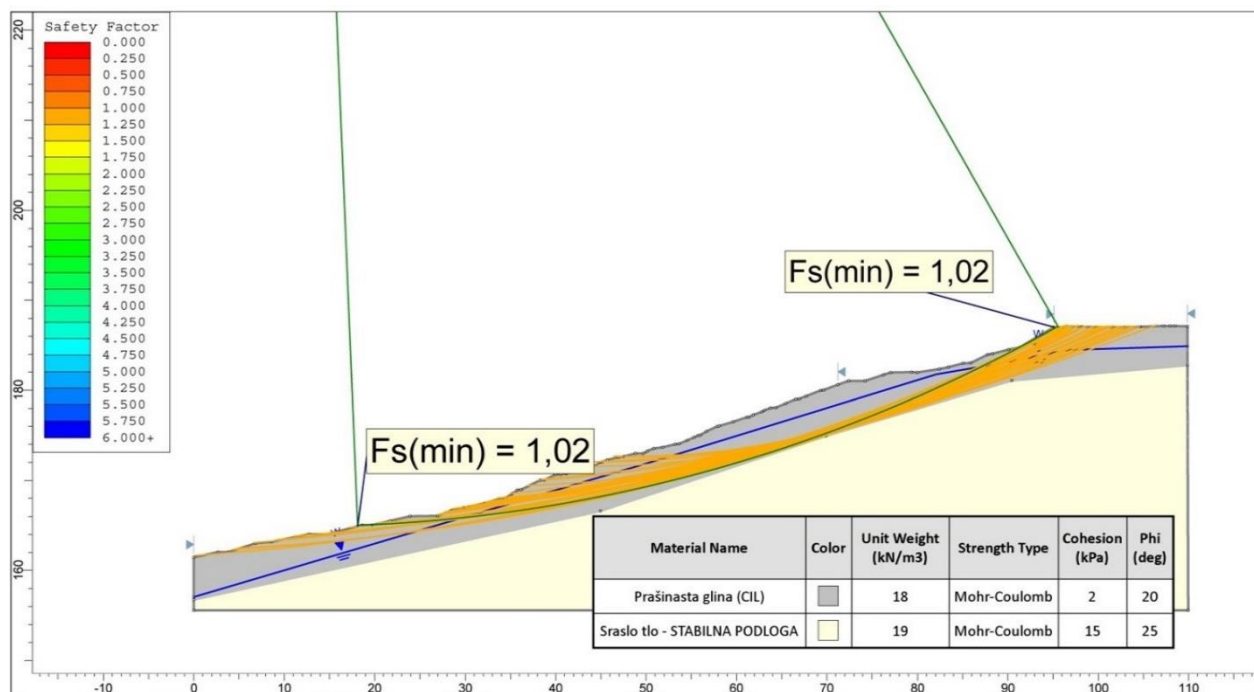
## 8.2. Provedba analize stabilnosti za razna stanja glinokopne padine

U nastavku se prilažu pojedine računске analize koje se odnose na sljedeća stanja:

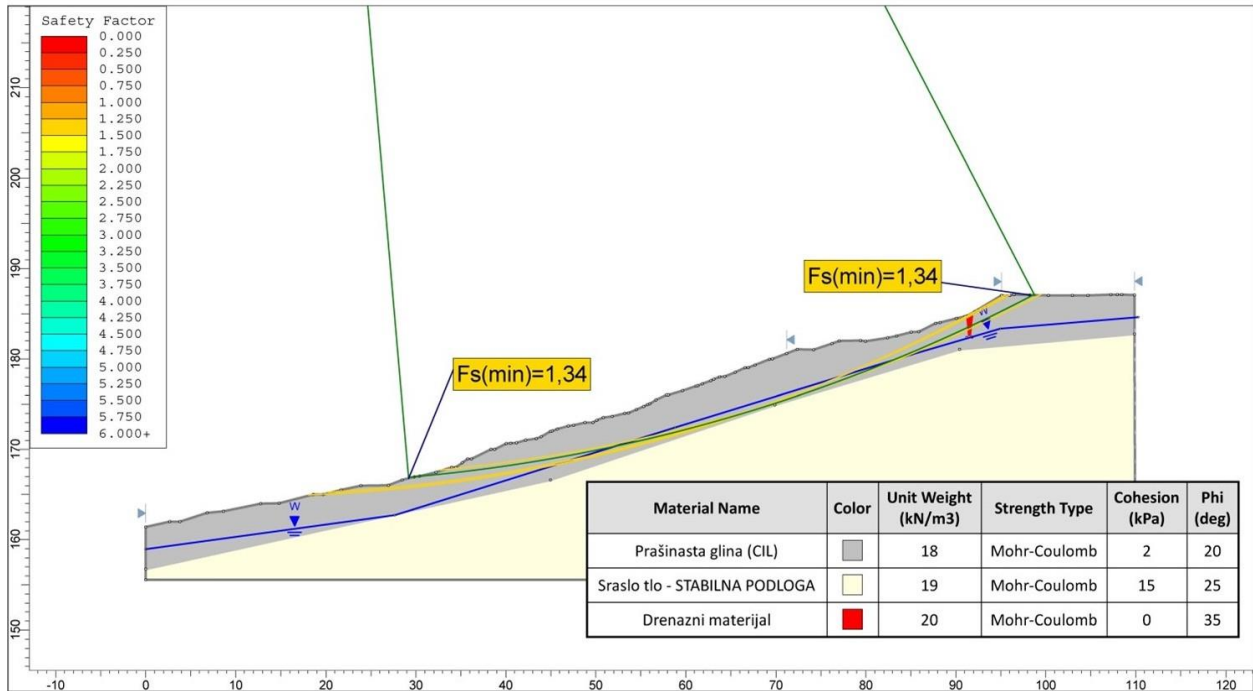
- Zatečeno stanje
- Ugradnja drena
- Izgradnja nožićnog nasipa
- Rekonstrukcija (uređenje) pokosa
- Provjera stabilnosti kod izvođenja radova u nepovoljnim uvjetima

Relevantni elementi za ova stanja sadržani su u tablici 5. (uz koju je, u zadnjem stupcu pridodan i pripadni računski faktor sigurnosti koji će se proračunati tek kroz naredne sheme).

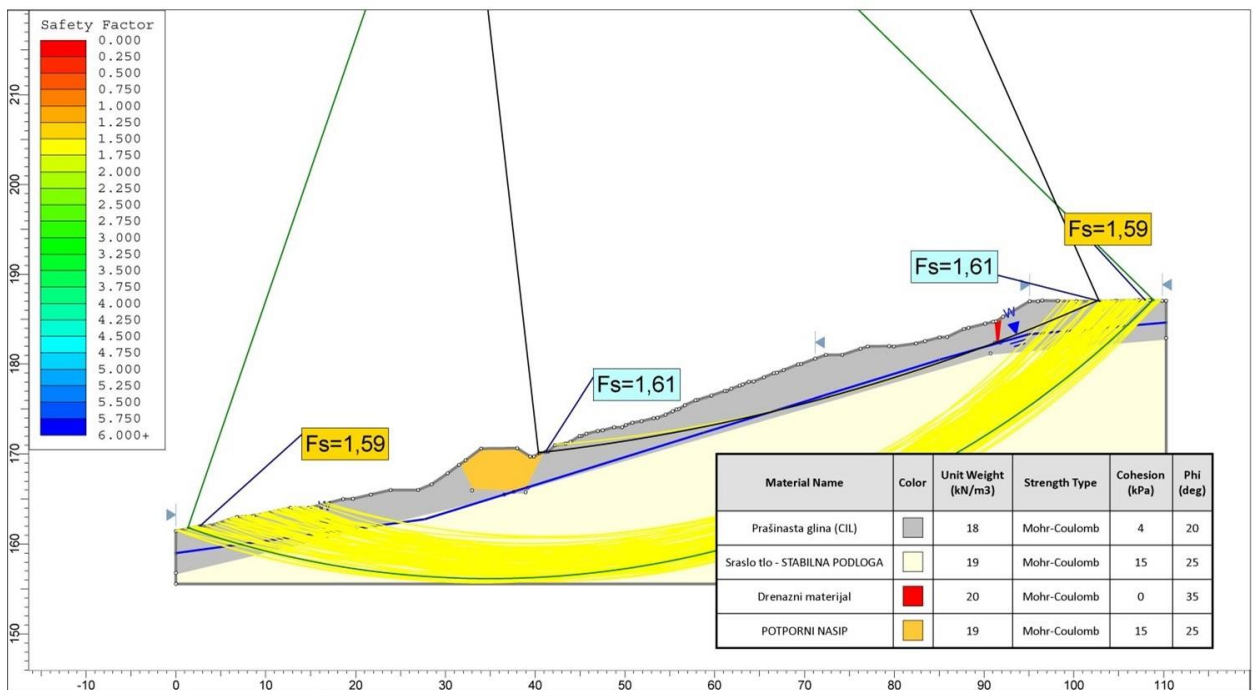
Kod proračuna faktora sigurnosti analizira se velik broj potencijalnih kliznih ploha, dok se u proračunu grafički prikazuje samo analiza za najkritičniju plohu, odnosno zelenom bojom prikazane su plohe za koje je faktor sigurnosti blizak plohi s minimalnim faktorom sigurnosti, kako bi se ilustrirao trend pomicanja kliznih ploha.



Slika 30: Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg" - profil PP4(zatečeno stanje)[1]

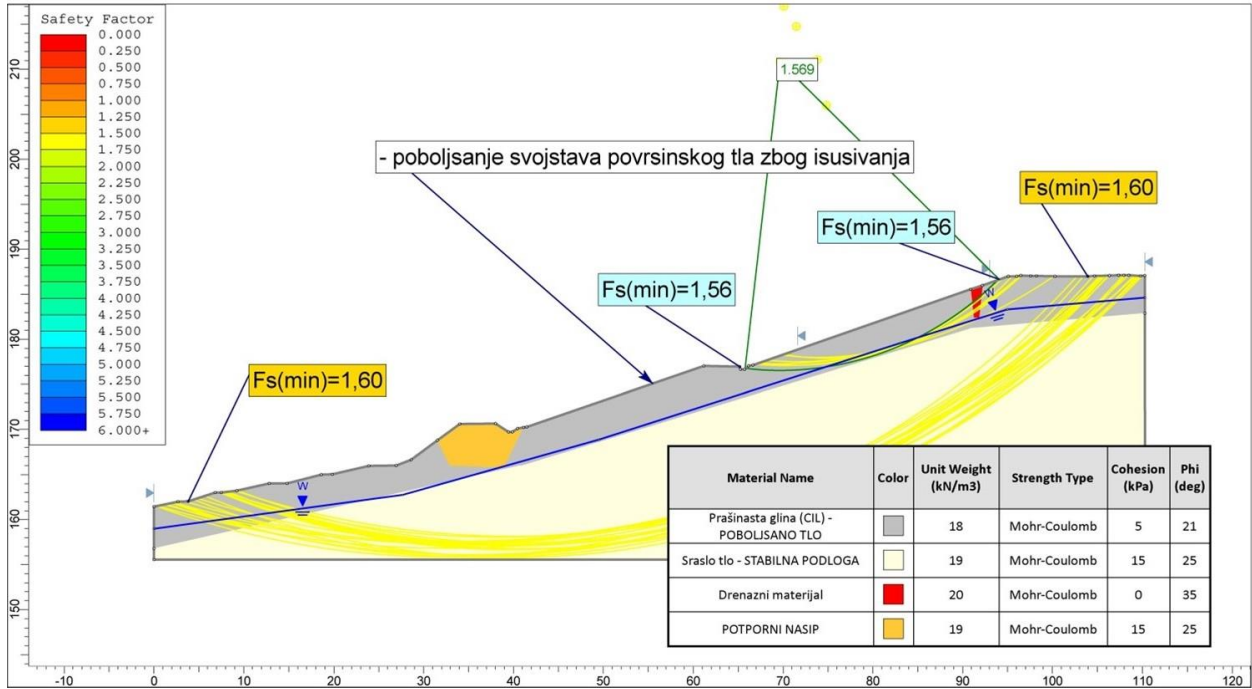


Slika 31: Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg"-profil PP4(ugradnja drena)[1]

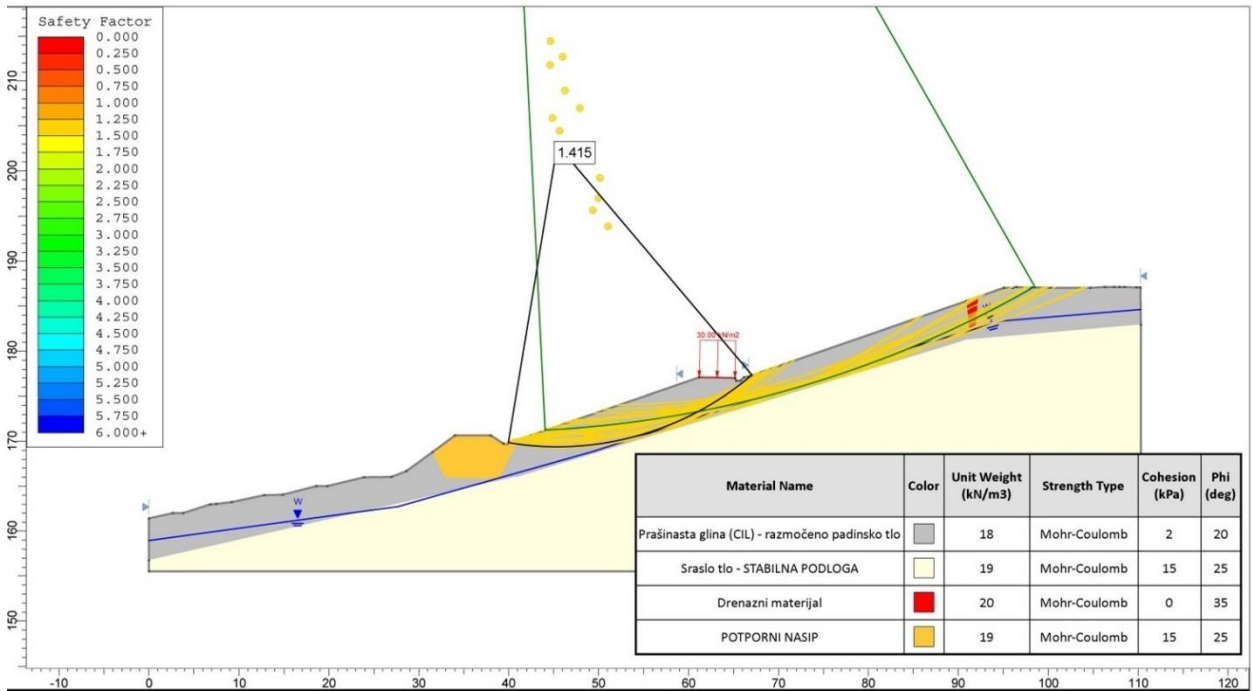


Slika 32: Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg" - profil PP4(izgradnja bedema)[1]





Slika 33: Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg" - profil PP4-(uređenje pokosa)

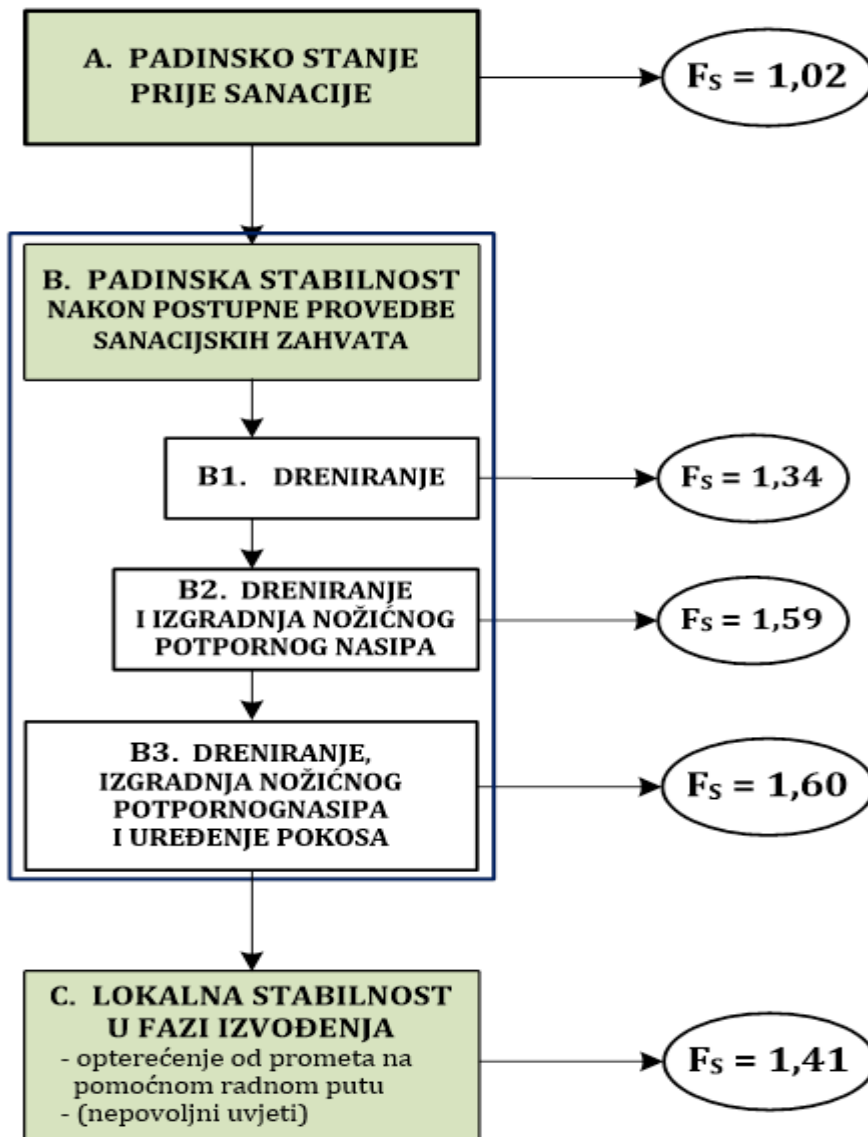


Slika 34: Analiza stabilnosti kosine glinokopa "Đurđevićev brijeg" - profil PP4(radovi-nepovoljni uvjeti)

Potporni stabilizator kojeg čini nožićni potporni nasip osigurava mehaničku otpornost i stabilnost tla. Radovi su projektirani na osnovi prognoznih geotehničkih podataka ustanovljenih istražnim radovima. Ako se tijekom izvođenja ustanove odstupanja od prognoziranog stanja potrebno je projektna rješenja prilagođavati stvarnom stanju. Sve promjene projekta mogu se provoditi samo po odobrenju projektanta. Zbog potrebe prilagođavanja tehnologiji izvođenja, izvođači radova mogu predlagati promjene i prilagodbe projektiranih radova, ali sve takve promjene trebaju prije primjene biti odobrene od strane projektanta i nadzornog inženjera.

### 8.3. Sažetak analize padinske stabilnosti

Procjena stanja stabilnosti u profilu PP4 (Karakteristični profil)



## 8.4. Rezime geostatičkog proračuna

Sanacijsko rješenje modelirali smo programom koji koristi kriterij granične ravnoteže za proračun faktora stabilnosti na klizanje ( $F_s$ ). U tablicama su prikazani ulazni parametri kao što su kohezija, kut unutarnjeg trenja itd., koje smo koristili kod proračuna.

Bitni su nam karakteristični geotehnički uvjeti, odnosno materijali unutar kliznog segmenta. Svi ti materijali imaju određene geomehaničke parametre koji su isto tako navedeni u tablici i koji su poslužili u proračunu pomoću kojeg smo odredili faktor sigurnosti za određene faze sanacije.

Prije početka sanacije faktor sigurnosti kretao se oko 1,02 te je procjedna linija bila u razini vode u ZD1 što je vrlo visoko u odnosu na ostatak terena. Da bi povećali sami faktor sigurnosti potrebno je spustiti procjednu liniju vode. Prvi zadatak, odnosno prvi korak je uzdužni dren. Prema izračunu u programu pomoću drena smanjili smo razinu procjedne linije i samim time se povećao faktor sigurnosti na 1,34.

Sljedeći korak je izgradnja nožićnog potpornog nasipa koji je ujedno i najteži zahvat u cjelokupnom sanacijskom konceptu, ali slobodno možemo reći da je i najbitniji te njegova izvedba povećava faktor sigurnosti na 1,59. Nakon potpornog nasipa treba urediti pokose i sanirati mokre punktove te time dolazimo do faktora sigurnosti 1,60.

Moramo obratiti i pozornost na lokalnu stabilnost tijekom izvođenja te uračunati opterećenje od prometa na servisnom radnom putu kojeg ćemo koristiti tijekom radova za vozila i strojeve, ali i kasnije za obilazak klizišta ili neke sitnije popravke. Tim opterećenjem faktor sigurnosti dolazi do broja 1,41.

Možemo napraviti usporedbu materijala unutar klizišta prije sanacije i nakon sanacije. Glede parametara tla kod faktora sigurnosti 1,02 prije sanacije, velika je razlika u koheziji i kutu unutarnjeg trenja. Kod razmočenog tla kohezija iznosi  $2 \text{ kN/m}^2$  i kut unutarnjeg trenja  $20^\circ$ , a kod stabilne podloge, odnosno samoniklog i čvrstog tla imamo koheziju  $15 \text{ kN/m}^2$  i veći kut unutarnjeg trenja koji iznosi  $25^\circ$ . Vidimo da kod razmočenog tla imamo jako malu povezanost između čestica tla odnosno možemo reći da tlo ima jako loše geomehaničke karakteristike, a da bi povećali faktor sigurnosti u fazi sanacije klizišta, u nožićni potporni nasip trebamo ugrađivati materijal geomehaničkih karakteristika kao što je samoniklo tlo. Te sve usporedbe parametara tla možemo vidjeti u tablici 5.

## 9. PLAN KONTROLE I OSIGURNJA KVALITETE(nadzor)

### PROVEDBA I NADZOR NAD PROBNIM RADOVIMA

Zbog specifičnog karaktera sanacijskih radova koji će se izvoditi prema ovome Projektu, bit će nužno tijekom početnog razdoblja izvođenja provesti i niz tzv. *probnih radova* koji će poslužiti za kvantifikaciju vitalnih parametara s kojima se definiraju, ali i kontroliraju neki važni sanacijski zahvati (posebno se misli na izgradnju nožićnog potpornog nasipa). Program provedbe probnih radova izradit će (i nadzirati) predstavnik projektanata, uzimajući u obzir konkretne tehnološke mogućnosti odabranog izvođača.

### TEKUĆA ISPITIVANJA

Izvođač je dužan osigurati svoja interna kontinuirana tekuća ispitivanja nad svim fazama izvođenja, a posebno za one radove koji su parametarski kvantificirani (npr. zbijenost slojeva prilikom izgradnje potpornog nožićnog nasipa).

### DIREKTIVNI I KONTROLNI NADZOR

Direktivni nadzor nad izvođenjem predmetnih radova obavlja projektant osobno ili preko svojih suradnika. Taj nadzor vodi brigu da se radovi izvrše prema projektu (tj. u duhu projektnog koncepta) i njegovim dopunama (ako budu postojale), a sa svrhom koja je definirana ovim Projektom. Ako ocjeni potrebnim, projektant će obaviti i nužne kontrolne radnje tj. ispitivanja (npr. postignuta zbijenost tijekom izgradnje nožićnog nasipa) čime se direktivni nadzor proširuje i na djelatnost kontrolnog nadzora. Projektant ima pravo donositi odluke u slučaju kada se ukaže potreba da se radovi uklope u projektne propozicije i/ili da se provedu izmjene pojedinih dijelova projekta, bilo po opsegu, postupku rada ili redoslijedu izvođenja.

### STALNI STRUČNI NADZOR (INVESTITORSKI NADZOR)

Investitor treba osigurati stalan stručni nadzor (investitorski kontinuirani nadzor) tijekom izvođenja radova. Ovaj nadzor ima zadatak da kontinuirano prati radove s tehničkog, financijskog i dinamičkog aspekta, te da vodi računa da se svi radovi izvedu u skladu s ovim projektom. U slučaju većih odstupanja od projektnih postavki, zapažanja ovog nadzora su mjerodavna i odlučujuća u smislu daljnjeg odvijanja radova.

## 10. RAČUN MASA

Kao osnova za račun masa korištena je geodetska snimka od 25.VIII.2016. na kojoj je izrađen sanacijski projekt. Ipak, valja imati u vidu da je ovdje riječ o aktivnom klizištu, što znači da je konfiguracija kliznog tijela u stalnom procesu promjene pa stoga trebaju očekivati i određena odstupanja između niže izračunatih količina i stvarnih količina tijekom izvođenja.

GORNJI LATERALNI JARAK (zemljani jarak)				
RADOVI	DUŽINA PROKAPANJA JARAKA	PROFIL JARKA		
		širina dna / dubina profila	NAGIB POKOSA	PROSJEČNA ŠIRINA PROFILA PRI VRHU
ISKOP UREĐENOG ZEMLIJANOG JARKA	<b>231 m</b>	0,3 m / 0,4 m	1:1.5 do 1:1	1,55 m
		prosječna površina presjeka		0,40 m <sup>2</sup>
PROKAPANJE JARUGE ZA ODVODNJU (privremena građevina)	<b>146 m</b>	privremena jaruga koju je potrebno održavati za vrijeme trajanja radova, u funkciji odvodnje		
OBJEKTI	1. PRIHVATNA GRAĐEVINA U STACIONAŽI 0+377,00 m - zemljana građevina			
	2. USPORNJA GRAĐEVINA U STACIONAŽI 0+325,00 m - (rebrasta cijev DN800, L=1.50 m)			
	3. SABIRNO OKNO U STACIONAŽI 0+152,00 m - (rebrasta cijev DN800, L=1.50 m)			

UZDUŽNI DREN ISPOD STRMCA (glavni dren)				
RADOVI	DUŽINA PROKAPANJA DRENA	PROFIL DRENA		
		širina dna / dubina profila	NAGIB POKOSA	PROSJEČNA ŠIRINA PROFILA PRI VRHU
ISKOP ZA UGRADNJU DRENA	<b>314 m</b>	0,6 m / 2,5 m	10:1	1,10 m
		površina presjeka za h=2,5 m		2,10 m <sup>2</sup>
DRENAŽNA CIJEV	Ugrađuje se drenažna PEHD rebrasta (rugljava) cijev DN250			

NOŽIČNI POTPORNJI NASIP (BEDEM)				
PROFIL	DIONICA	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		MASA (kg)
		ISKOP I UGRADNJA (m <sup>3</sup> )	NASIP (m <sup>3</sup> )	UTROŠAK VAPNA ZA STABILIZACIJU KOHERENTNOG TLA (40 kg/m <sup>3</sup> ) (kg)
IZGRADNJA TEMELJA BEDEMA utvrđenje podbriježne nožice	277,00 m	<b>7.029,00</b>		281.160
	sum	<b>610,00</b>		24.400
IZGRADNJA KRUNE s utvrđenjem podbriježne nožice	277,00 m		<b>4126,00</b>	165.040
SUMA:				<b>470 tona</b>

STABILIZACIJA VOZNE POVRŠINE NA KRUNI NOŽIČNOG POTPORNOG NASIPA I SERVISNOG PUTA				
PROFIL	DIONICA	NASIP, UGRADNJA DROBLJENOG KAMENA (m <sup>3</sup> )	STABILIZACIJA SLOJA OMATANJEM GEOMREŽOM (m <sup>2</sup> )	
VOZNA POVRŠINA NA KRUNI NASIPA	277,00 m	350,00	2500	
VOZNA POVRŠINA SERVISNOG PUTA	232,00 m	294,00	2100	
	SUMA:	<b>644,00</b>	<b>4600</b>	

SANACIJA MOKRIH PUNKTOVA (IZVOĐENJE DRENAŽNIH KAPTAŽA)				
OZNAKA MOKROG PUNKTA	VOLUMEN (m <sup>3</sup> ) I DUŽINE CIJEVI, L (m)			
	ISKOP (m <sup>3</sup> )	UGRADNJA KAMENE DRENAŽE (m <sup>3</sup> )	DUŽINA PUNIH ODVODNIH CIJEVI, PEHD DN250 (m)	DUŽINA PERFORIRANIH DRENAŽNIH CIJEVI, PEHD DN250 (m)
MP1	58,65	50,60	12	6
MP2	40,25	34,50	12	6
MP3	50,60	43,70	14	13
MP4	90,39	79,35	26	8
MP5	77,05	71,30	22	6
MP6	67,05	52,90	26	8
MP7	39,10	39,10		12
	SUMA:	<b>423,09</b>	<b>371,45</b>	<b>112,00</b>
				<b>59,00</b>

ZAVRŠNO UREĐENJE POKOSA S IZVOĐENJEM SERVISNOG PUTA NA BERMI				
PROFIL	STACIONAŽA	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )		
		ISKOP	NASIP	
PP5	0+274,01			
PP4	0+210,25	246,40	46,20	
MP4	0+172,68	5,93	103,61	
PP3	0+134,56	114,40	2385,90	
PP2	0+101,28	2134,00	880,00	
PP1	0+054,10	5,67	2,84	
MP1	0+035,95	4,40	1,10	RAZLIKA NASIP
	SUMA:	<b>2510,79</b>	<b>3419,65</b>	<b>908,85</b>

SADNJA I SIJANJE RASLINJA				
PROFIL	DIONICA	(m <sup>2</sup> )		
POVRŠINA UREĐENOG POKOSA IZNAD SRED. BERME		6460,00		
POVRŠINA UREĐENOG POKOSA ISPOD SRED. BERME		3100,00		
POVRŠINA NIZBRIJEŽNOG POKOSA NOŽIČOG NASIPA		290,00		
	SUMA:	<b>9850,00</b>		

## 11. ZAKLJUČAK

Premda su devastacijske posljedice glinokopne eksploatacije duž zapadne padine Đurđevićevog brijega i za laika vidljive čak i u sušnom razdoblju, stvarna se ugroza tog područja percipira tek nakon vizualnog iskustva stečenog u razdoblju prijelaza zime u proljeće. Nema dvojbe da je pitanje stabilnosti promatrane padine izravno vezano za stupanj saturacije padinskog tla koji pak dominantno ovisi o godišnjem dobu.

Sažeto rečeno, zapadna padina Đurđevićevog brijega koja se proteže od juga prema sjeveru u duljini većoj od 600 metara, uz prosječnu širinu 300 metara i približne visine zasjeka 30 metara može se alegorijski predstaviti kao živi organizam koji diše u ritmu izmjene godišnjih doba s time da se svake godine poveća obujam tijela koji diše uz prateću promjenu padinske konfiguracije. Drugim riječima, poveća se širina nestabilnog padinskog pojasa, a prosječni nagibi te padine postupno se ublažavaju.

Imajući u vidu tako opisanu sliku glinokopne padine, sanacijsko rješenje koje se u ovoj projektnoj fazi odnosi samo na južni dio zapadne padine zasnovano je na konceptu koji je definiran na sljedeći način:

***Sanacijsko rješenje koje je razrađeno u ovom radu zasnovano je na iskustvenoj spoznaji da se samo uz primjenu fleksibilnih tehničkih mjera i zahvata mogu dobiti rezultati u postizanju padinske stabilnosti, jer tako nalažu terenske okolnosti, iz kojih proizlazi bit problema kojega treba riješiti!***

Tako iskazani sanacijski koncept uzeo je u obzir činjenicu da se prirodi mora ići „niz dlaku“ uz primjenu određenih mjera koje su prethodno u tekstu navedene i međusobno usklađeno da u konačnici dovedu do stabiliziranja glinokopne padine.

Dva su osnovna postulata na kojima se zasniva takav koncept:

- Omogućiti čim učinkovitiju odvodnju iz i sa padinskog tijela
- Usporiti i zaustaviti konfiguracijske promjene, tj. zaustaviti gibanje padinskog tijela

Što se odvodnje tiče, ista se sastoji iz dva različita aspekta, odvodnje procjednih voda, tj. drenažnu odvodnju i odvodnju površinskih voda (koje obuhvaćaju i drenažom prikupljene vode). Površinska se odvodnja ostvaruje izvedbom odvodnih jaraka sve do potoka Vojseka. U

geostatičkom smislu, ključno značenje ima potporni nasip čija bi trasa trebala biti položena duž visinskog platoa VP1. Taj nasip mora ležati na stabilnoj podlozi pa će stoga biti i ukopan u samoniklo tlo. Što se tiče pokosa između gornjeg ruba glinokopa i nožićnog potpornog nasipa, isti će se sastojati od nekoliko zakošenih ploha čiji će se nagibi kretati od 1 :5 do maksimalno 1 :2. Sve površine biti će prekrivene tankim humusnim slojem i zasijane prikladnim raslinjem.

U Varaždinu

---



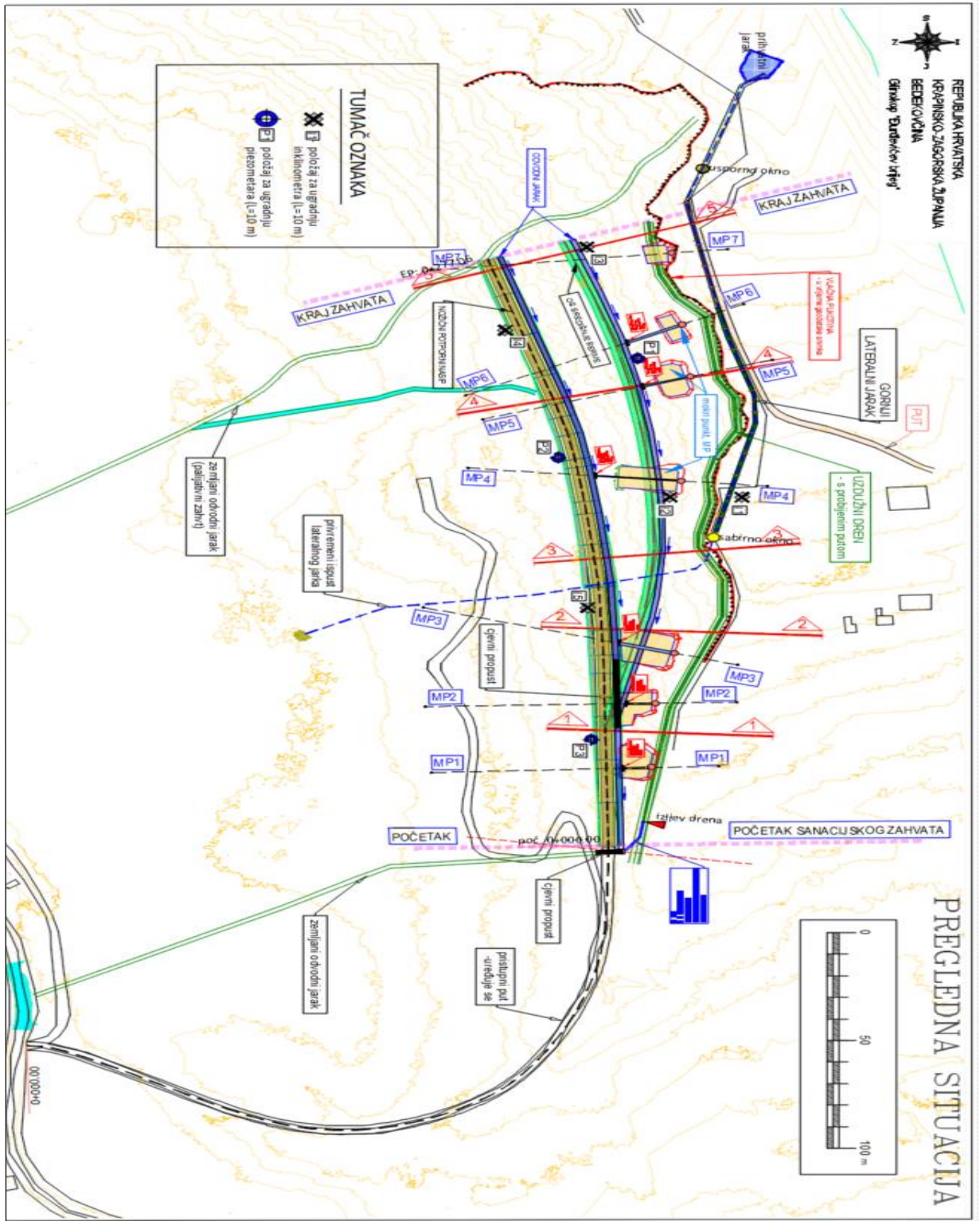
## Literatura:

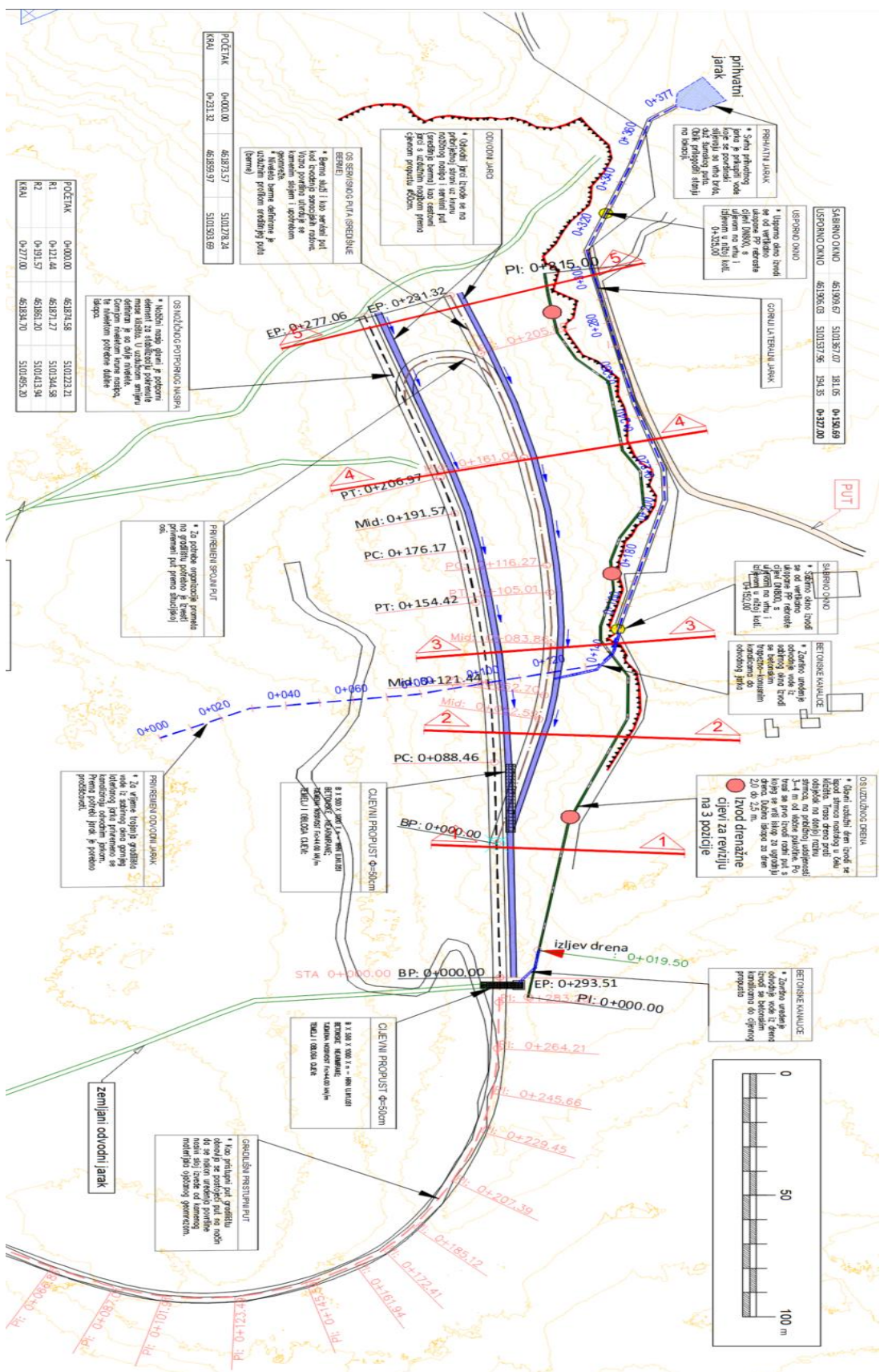
1. GEOTEHNIČKI SANACIJSKI ELABORAT za južno područje glinokopa (Glinokop ĐURĐEVIĆEV BRIJEG BEDEKOVČINA)
2. Roje-Bonacci, T. (1994) Starenje pokosa usjeka i zasjeka u kršu. Ceste i mostovi. 40, 5-6; 227-230
3. Szavits-Nossan, V.(2015) Stabilnost kosina, Mehanika tla i stijena – predavanje, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu – Građevinski fakultet Zagreb
4. Mihalić. S. (2008) Geodinamički procesi i pojave – predavanje, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu – Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb
5. Nonveiller, E., (1982): Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga, Zagreb.
6. Sveučilište u Zagrebu RUDARSKO- GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET S. Mihalić: INŽENJERSKA GEOLOGIJA
7. [https://www.grad.unizg.hr/download/repository/G2\\_Eurokod\\_7.pdf](https://www.grad.unizg.hr/download/repository/G2_Eurokod_7.pdf)

## **Summary**

This master present geotechnical improvement for endangered southern claypit Đurđević brijeg placed in Bedekovčina. There are photos that shows the area before and during the reconstruction. Also in this master you can find same permit like special conditions for constructions. In first there is presented current state that is destabilized slopes. Futhrer on, the project task was elaborated and the technical remedial solution, description of the interventions, and the sequence of the works were given including reconstruction of slopes and the drainage of leachate and surface water. There are also described all technical conditions of the performance in details, from preparation to the final work which includes planting and sowing grass. The solution for the reconstruction of claypit was given with stability analysis for different conditions of this landslide. Geodetic surveys and measurements were carried out with drone and all project was in harmonized with the provisions of special laws and regulations.

# 12. Prilozi

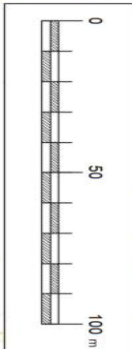




POČETAK	0+000.00	463874.58	510273.21
KRAJ	0+277.00	463884.70	510285.20

POČETAK	0+000.00	463874.58	510273.21
R1	0+121.44	463874.27	510284.58
R2	0+191.57	463881.20	510413.84
KRAJ	0+277.00	463884.70	510285.20

SADRINO OJNO	463906.67	510387.07	181.05	0+150.69
USPONO OJNO	463906.03	510377.95	154.35	0+277.00



OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Ispitivanje pripreme pripreme
- Ispitivanje pripreme pripreme pripreme
- Ispitivanje pripreme pripreme pripreme
- Ispitivanje pripreme pripreme pripreme

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

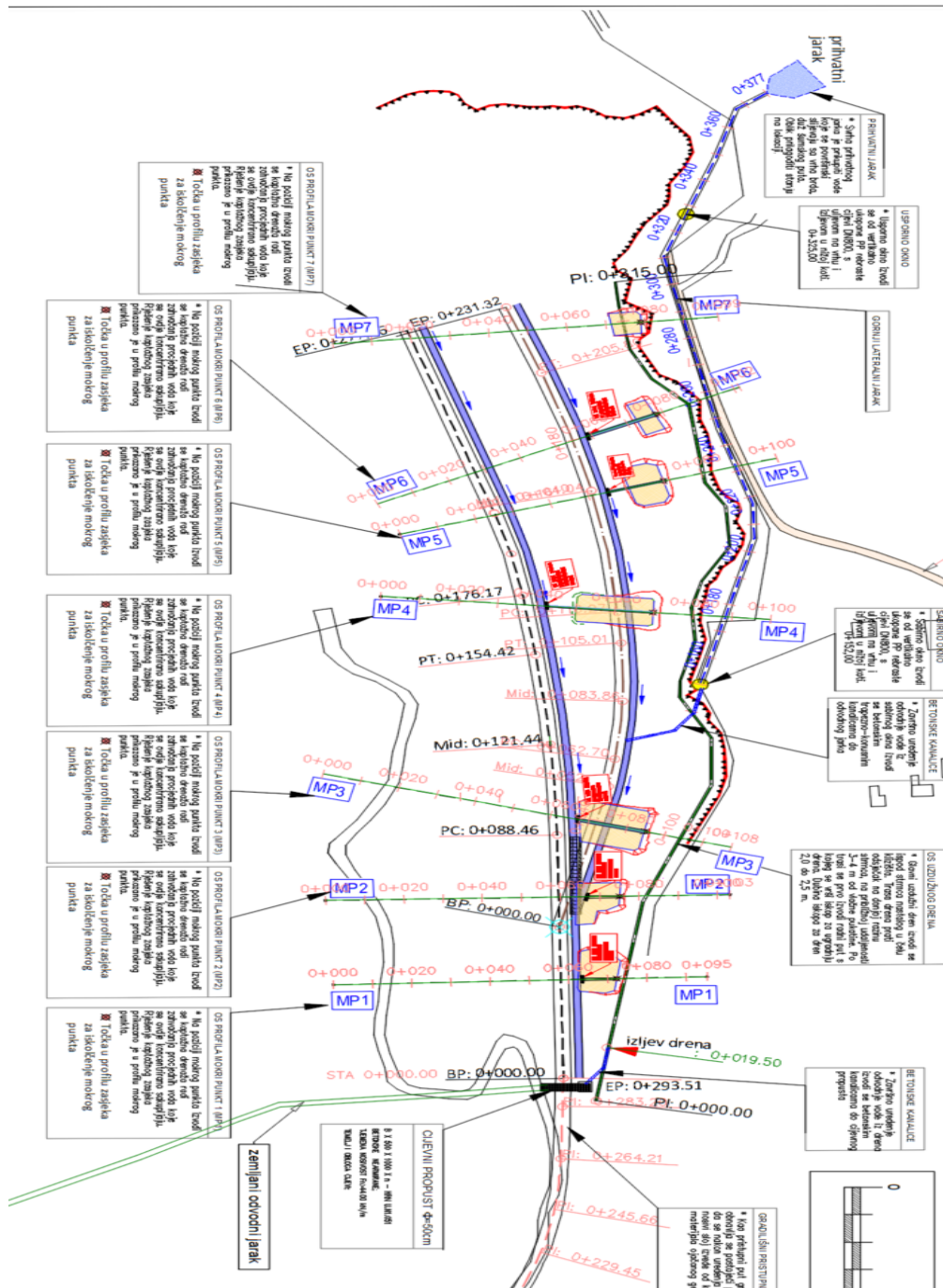
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje

OSI 02000 ODVODNI JARAK

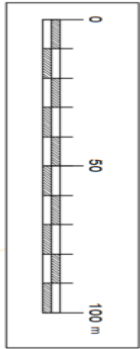
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje
- Za vrijeme izvedbe gradnje



# SITUACIJSKI PLAN (mokrni punktovi)



MP	Station	Y	X	Code
MP1	0+000.00	461815.913	510257.184	Koda dna ili spoza
	0+095.50m	461911.244	510250.705	
	11	461888.2	510259.47	+166.80
MP2	0+000.00	461813.8913	510287.804	Koda dna ili spoza
	0+103.70m	461917.008	510289.937	
	12	461888.98	510289.36	+169.30
MP3	0+000.00	461813.3623	510283.862	Koda dna ili spoza
	0+107.51m	461917.4166	510287.196	
	13	461895.25	510282.87	+169.30
MP4	0+000.00	461827.9704	510298.51	Koda dna ili spoza
	0+193.70m	461927.4095	510290.11	
	14	461891.47	510292.63	+172.30
MP5	0+000.00	461822.2822	510281.113	Koda dna ili spoza
	0+100.00m	461926.9437	510280.792	
	15	461900.03	510280.44	+179.14
MP6	0+000.00	461927.1188	510282.14	Koda dna ili spoza
	0+103.01m	461919.5183	510274.531	
	16	461897.97	510284.63	+180.25
MP7	0+000.00	461815.7098	510280.126	Koda dna ili spoza
	0+198.80m	461914.0595	510280.134	
	17	461884.36	510288.13	+184.13

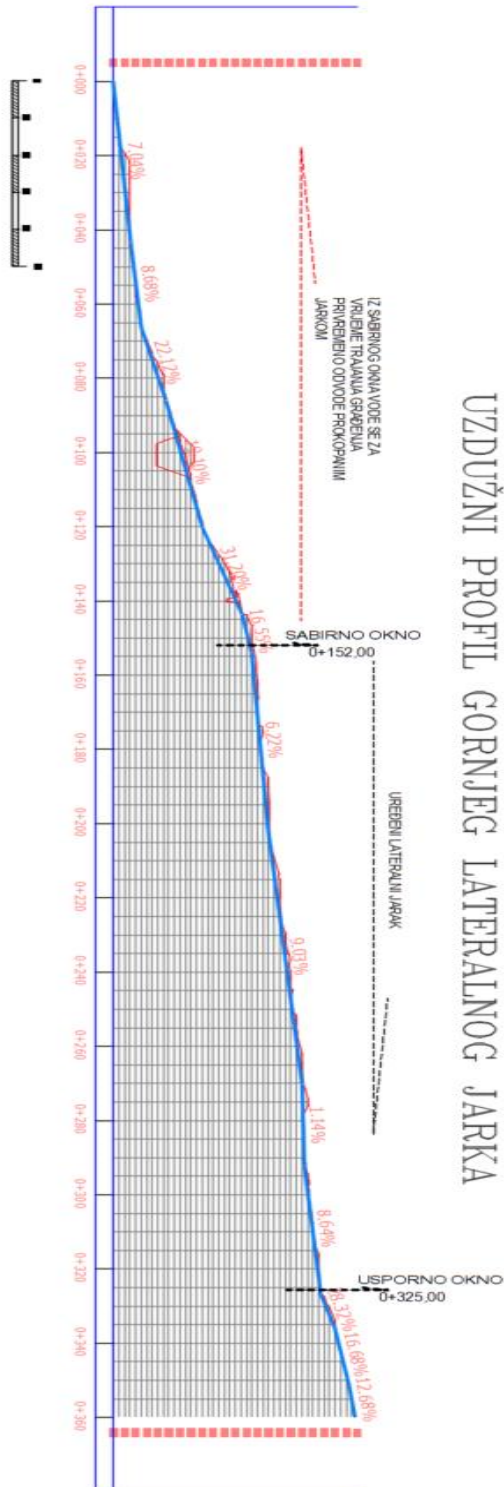


GRADILISNI PREDSTAVNI PUT  
\* Na predlozi put predlozi  
odgovarajućim predlozi put na mahn  
da se radovi izvedu u predlozi  
nivoju 0+000.00 i da se izvedu  
molekularni odvodni sistem.

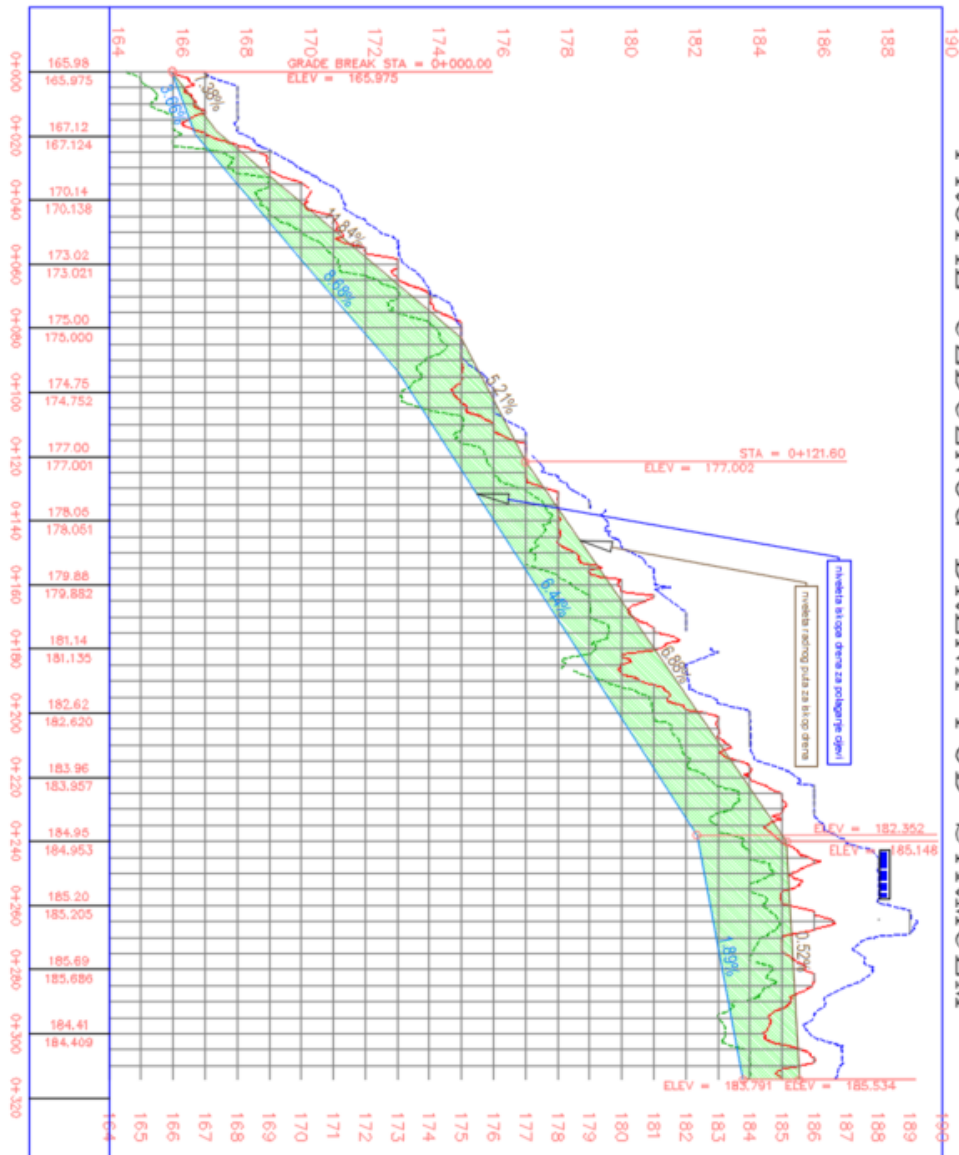
CHEMIJAI PRODUKT d=50cm  
1:100 1:100 1:1 - 100 LITER  
KODIRAN IZOBILASNA ZINJANA  
KODIRAN IZOBILASNA ZINJANA

zelenjani odvodni jarak

# UZDUŽNI PROFIL GORNJEG LATERALNOG JARKA



# PROFIL UZDUŽNOG DRENA POD STRMCEM



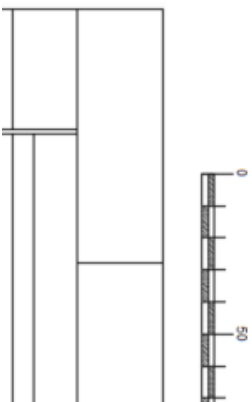
## TUMAČ OZNAKA

- - - - - teren 4.0 m desno od osi drena
- - - - - teren u profilu osi drena
- - - - - teren -4.0 m lijevo od osi drena
- - - - - nivoela radnog puta u osi drena
- - - - - nivoela dna rova za polaganje drenažne cijevi
- - - - - ostvareni nagib nivoelite

## NAPOMENE:

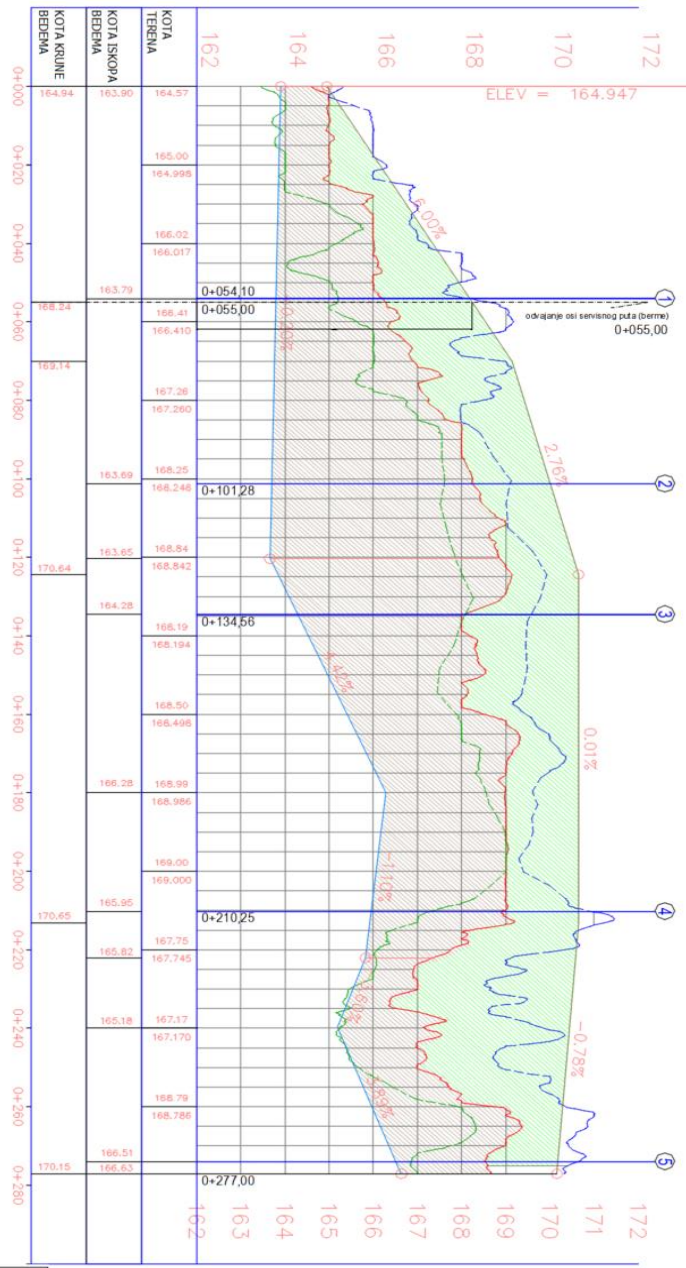
\* Iskop glavnog uzdužnog drena izvodi se s niže prema višim kotirano i to sa pripremljenog, prethodno pročišćenog radnog puta.

\* Dubina iskopa glavnog uzdužnog drena kreće se od 2,00 do 2,50 m. Potrebno je ostvariti traženu dubinu s napredovanjem uzduž osi, uz istovremenu održavanje minimalnog uzdužnog nagiba ne manjeg od 2‰.



REPUBLIKA HRVATSKA  
AGENCIJA ZA OBRANU ŽELJEZNIČARSTVA I PROMETA  
BEDEMOVA  
Odjel za Gradnju i Inženjering

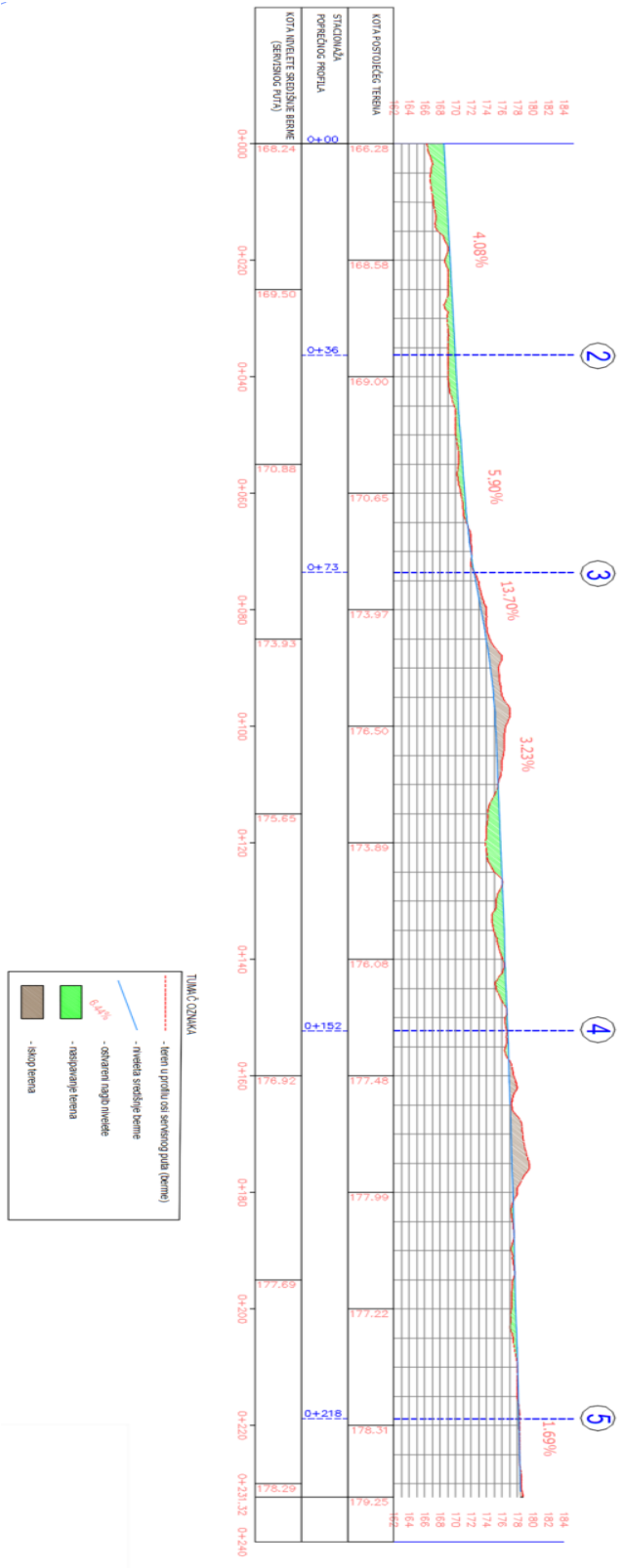
## UZDUŽNI PROFIL NOŽIČNOG POTPORNOG NASIPA (BEDEMA)



- TIJELA OZNAKA**
- - - - - levan 4.0 m desno od osi drena
  - - - - - levan u području osi potpornog nasipa
  - - - - - levan 4.0 m lijevo od osi drena
  - - - - - meketa kruna nožičnog nasipa
  - - - - - meketa dna ova nožičnog nasipa
  - - - - - odvojeni nagne mekete




## UZDUŽNI PROFIL SREDIŠNJE BERME







































































































# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
STUDIJ	diplomski sveu ilišni studij Graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Darko Siketić	MATIČNI BROJ	1192/336D
DATUM	15.07.2022.	KOLEGIJ	Suvremena geotehnologija i geotecnika
NASLOV RADA	Metode sanacije glinokopa Đurđevićev brijeg u Bedekovčina nakon prestanka eksploatacije		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Methods of rehabilitating clay pits Đurđevićev hill in Bedekovčina after closure of exploitation		
MENTOR	dr.sc. Matija OREŠKOVI	ZVANJE	Docent
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. prof.dr.sc. Božo SOLDO		
	2. doc.dr.sc. Matija OREŠKOVIĆ		
	3. doc.dr.sc. Aleksej ANISKIN		
	4. doc.dr.sc. Danko MARKOVINOVIĆ		
	5. _____		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ 72/GRD/2022

OPIS

Zbog potkapanja padinske nožice (tijekom eksploatacije glinokopa), a potpomognuto djelovanjem procjednih voda, zapadnu je padinu Đurđevićevog brijega zahvatio proces padinske nestabilnosti koja se najočitije manifestira duž čeonog dijela padine, tj. uz gornji rub padine. Ovim radom potrebno je odraditi sanaciju klizišta prikladnim metodama, izvesti ispitivanja na terenu, proračunski te grafički obraditi prijedlog sanacije te propisati kontrolne mjere tijekom sanacije.

Rad treba sadržavati:

1. Uvod
2. Općenito o klizištima
3. Projektiranje prema eurokodu 7
4. Geotehnički uvjeti na lokaciji
5. Opis tehničkog rješenja sanacije
6. Tehnički uvjeti izvedbe
7. Geostatički proračun
8. Plan kontrole i osigurnja kvalitete
9. Zaključak i prilozi

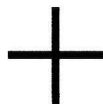
ZADATAK URUČEN

30.09.2022



*[Handwritten signature]*





**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, DARKO SIKETIĆ pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog rada pod naslovom Metode sanacije glinokopa Đurđevićev brijeg u Bedekovčini nakon prestanka eksploatacije te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Darko Siketić  
(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, DARKO SIKETIĆ neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog rada pod naslovom Metode sanacije glinokopa Đurđevićev brijeg u Bedekovčini nakon prestanka eksploatacije čiji sam autor/ica.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Darko Siketić  
(vlastoručni potpis)