Sanacija klizišta glinokopa Đurđevićev brijeg u Bedekovčini

Siketić, Darko

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:122:840607

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University North Digital Repository

Sveučilište
Sjever

Završni rad br. 370/GR/2019

GLINOKOP
DURĐEVIĆEV BRIJEG
BEDEKOVČINA

DARKO SIKETIĆ, 1058/336

Varaždin, rujan 2019. godine

Sveučilište
Sjever

Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. XX/GR/2019

GLINOKOP ĐURĐEVIĆEV BRIJEG BEDEKOVČINA

Student

Darko Siketić, 1058/336

Mentor

Doc.dr.sc. Matija Orešković

Varaždin, rujan 2019. godine

Predgovor

Za završni rad preddiplomskog studija, tema je„Glinokop Đurđevićev brijeg Bedekovčina“ ,prije svega kao literatura koristila se projektna dokumentacija kao primjer te geotehničko izvješće i elaborat.Prilikom izrade ovog rada potrebno je bilo upoznati općenito o kliziштima, projektnu dokumentaciju, vrsta pojedinih materijala te načinu gradnje istih,izrada i slično.

Ovom prilikom zahvaljujem se profesorima Odjela za graditeljstvo Sveučilišta Sjever na usvojenom znanju i iskustvu te posebno zahvaljujem svom mentoru doc.dr.sc. Matiji Oreškoviću, na strpljenju i pomoći kroz vodstvo pri izradi ovog rada.Najveće hvala mojoj obitelji koja mi je bila velika podrška tijekom cijelog mog obrazovanja.

Sažetak

U ovom završnom radu prikazani su izvedeni geotehnički istražni radovi na glinokopu Duređevićev brijeg kod Bedekovčine koji nužno prethode izradi sanacijskog projekta relevantnog dijela ugrožene padine. Osim geotehničkih istražnih radova, rad sadrži fotografije koje prikazuju stanje prije bilo kojih već izvedenih zahvata te neke fotografije tijekom izvođenja istražnih radova, odnosno prikazani su destabilizirani dijelovi padine na fotografijama. Rad sadrži posebne uvjete za građenje izdane od pojedinih tijela sa priloženim obavijestima istih. Prikazano je postojeće stanje predmetne lokacije na kojoj se planira zahvat u prostoru. U radu je prikazan projektni zadatak i tehničko rješenje, odnosno opis planiranog zahvata,sanacija padine. Detaljnije je opisan sanacijski koncept, odnosno formiranje pokosa s nekoliko bermi i prihvat i odvodnja površinskih i procjednih voda.Nadalje, obavljena su geodetska snimanja i mjerenja bespilotnom letjelicom. Projekt je usklađen s odredbama posebnih zakona i propisa te prostornog plana.

Ključne riječi: klizište, sanacija, geotehnički istražni radovi

Abstract

In this master thesis geotechnical exploration work on claypit are represented, in „Durđevićev brijeg“ near Bedekovčina, which necessarily precede the preparation of the rehabilitation project. Except geotechnical exploration, the work contains photographs which shows the situation before any of the operations already were performed, as well as some photographs during the performance exploratory works, that is, destabilized portions of the slope are shown in the photographs. This master thesis contains special conditions for construction issued by individual bodies with attached notices thereof. The current condition of subject location on which is planned operation. It's in the worksproject task and technical solution, ie description of planned intervention. The final paper presents the project assignment and technical solution, that is, the description of the planned intervention, the rehabilitation of the slope. The remediation concept is described in more details, apropos the formation of slopes with several berms and the reception and drainage of surface and leachate waters. Furthermore, surveying and measurements of the unmanned aerial vehicle were performed. The project is in compliance with the provisions of special laws and regulations and the spatial plan.

Popis korištenih kratica

mm oznaka za duljinu, milimetar

cm oznaka za duljinu, centimetar

m metar

sec sekunda

min minuta

CPT statički penetracijski pokus

CPTU statički penetracijski pokus s mjerenjem pornog tlaka

SPT standardni penetracijski test

SPP standardni penetracijski pokus

N registrirani broj udaraca kod SPP-a

HRN Hrvatska norma

m oznaka za duljinu, metar

m^2 oznaka za površinu, metar kvadratni

m^3 oznaka za obujam, metar kubni

kg kilogram

% postotak

° stupanj

γobujamska težina

PPV pojava podzemne vode

NPV nivo podzemne vode

ST samoniklo tlo

KP vjerojatna dubina klizne plohe

ND novonastalo tlo(zbog zarušavanja)

VPO najniži visinski plato

VPO^{++}najniži visinski plato

VP1 prvi povišeni plato

VP2 drugi povišeni plato

VP3 treći povišeni plato

VP4 četvrti povišeni plato(najviši)

W_0 aktualna vlaga

SJ-1 sondažna jama 1

SJ-2sondažna jama 2

W_{opt}optimalna vlaga

Sadržaj

1. UVOD....11
2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA....13
2.1. TIPOVI KLIZANJA....13
2.2. DIJELOVI KLIZIŠTA....15
2.3. AKTIVNOST KLIZIŠTA....17
2.4. BRZINA KRETANJA KLIZIŠTA....21
2.5. MATERIJAL KLIZANJA....22
2.6. UZROCI KLIZANJA....22
3. GEOTEHNIČKO PROJEKTIRANJE PREMA EUROKODU 7....24
3.1. OSNOVNI PRINCIPI....25
3.2. GRANIČNA STANJA....26
3.2.1. ZASIPANE POTPORNE KONSTRUKCIJE....26
3.2.2. UGRAĐENE POTPORNE KONSTRUKCIJE....26
3.3. METODE STABILIZACIJE KLIZIŠTA(SANACIJA)....27
3.3.1. SANACIJA PROMJENOM OBLIKA PADINE....27
3.3.2. SANACIJA DRENIRANJEM....28
3.3.3. DRENIRANJE KOPANIM DRENOVIMA....28
4. PROBLEMATIKA KLIZIŠTA GLINOKOPA ĐURĐEVIĆEV BRIJEG....30
4.1. PROBLEMATIKA....30
4.2. PRELIMINARNI PREGLED GLINOKOPA....30
4.3. PODACI SONDAŽNOG BUŠENJA IZ 2012. I 2013. GODINE....35
4.4. PLAN DALJNJIH AKTIVNOSTI....37
5. GEODETSKI RADOVI....38
5.1. OPIS OBAVLJENIH RADOVA....38
5.2. GEODETSKI PODACI I PODLOGE....41
6. ISTRAŽNA BUŠENJA....43
6.1. TERENSKA PROVEDBA I REZULTATI BUŠENJA, LABORATORIJSKA ISPITIVANJA....45
6.2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA....50
7. GEOTEHNIČKA OPAŽANJA I MJERENJA....52
7.1. REGNOSICIRANJE TERENA....52
7.2. OPAŽANJE VODNIH RAZINA....54
7.3. TERENSKO MJERENJE NAGIBA POKOSA....58
7.4. UZIMANJE UZORAKA ZA PROCTOROV POKUS....59
8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I OBLIKOVANJE SANACIJSKOG KONCEPTA....61
8.1. REZULTATI ISTRAŽIVANJA....61
8.2. OBLIKOVANJE SANACIJSKOG KONCEPTA....62

1. UVOD

Glinkop Đurđevićev brijeg se nalazi sjeveroistočno od Bedekovčine(slika 1.1.) On predstavlja nožični zasjek zapadne padine Đurđevićevog brijega.



Slika 1.1. Pogled s glinokopa prema Bedekovčini i Medvednici u pozadini [1]

Zasjecanje u nožićni zasjek prouzročilo je destabilizaciju padine. Korisnik/koncesionar glinokopa morao je poduzeti nešto u svezi sa sanacijom odnosno



Slika 1.2. Pogled duž glinokopa [1]

stabilizacijom klizišta. Prije više od 10 godina poduzete su neke mjere s ciljem stabilizacije klizišta pa je tom prilikom nastalo Tehničko izvješće s prijedlogom sanacijskog rješenja(Varaždin,2006.godine). Sanacijski radovi prema tom izvješću izvedeni su tek djelomično i bez očekivanog učinka.

Zbog toga je početkom 2016. godine ponovno donešena odluka da se obnove aktivnosti oko sanacije klizišta. U tu svrhu početkom proljeća te godine obavljen je preliminarni geotehnički pregled glinokopa na Đurđevićevom brijegu te je tako utvrđeno stanje u kojem se cjelokupno klizište nalazi. Približne dimenzije ugroženog glinokopa su: duljina= 700 metara, širina= 300 metara. Izvedena su i geodetska snimanja i mjerenja bespilotnom letjelicom te je tako dobiven digitalni model terena, ortofoto itd.

Ali najbitiniji je bio uvid u potpovršinsko stanje, zbog toga su izvedena istražna bušenja koja nam govore na kojoj dubini se nalazi čvrsto samoniklo tlo i na kojoj dubini se nalazi voda. Da bi se odredile pozicije istražnih bušotina, bilo je bitno prije toga izvidjeti teren, odrediti i zabilježiti sva zapažanja, odnosno rekognosicirati teren. Nakon istražnih bušenja, obavljena su naravno i laboratorijska ispitivanja.

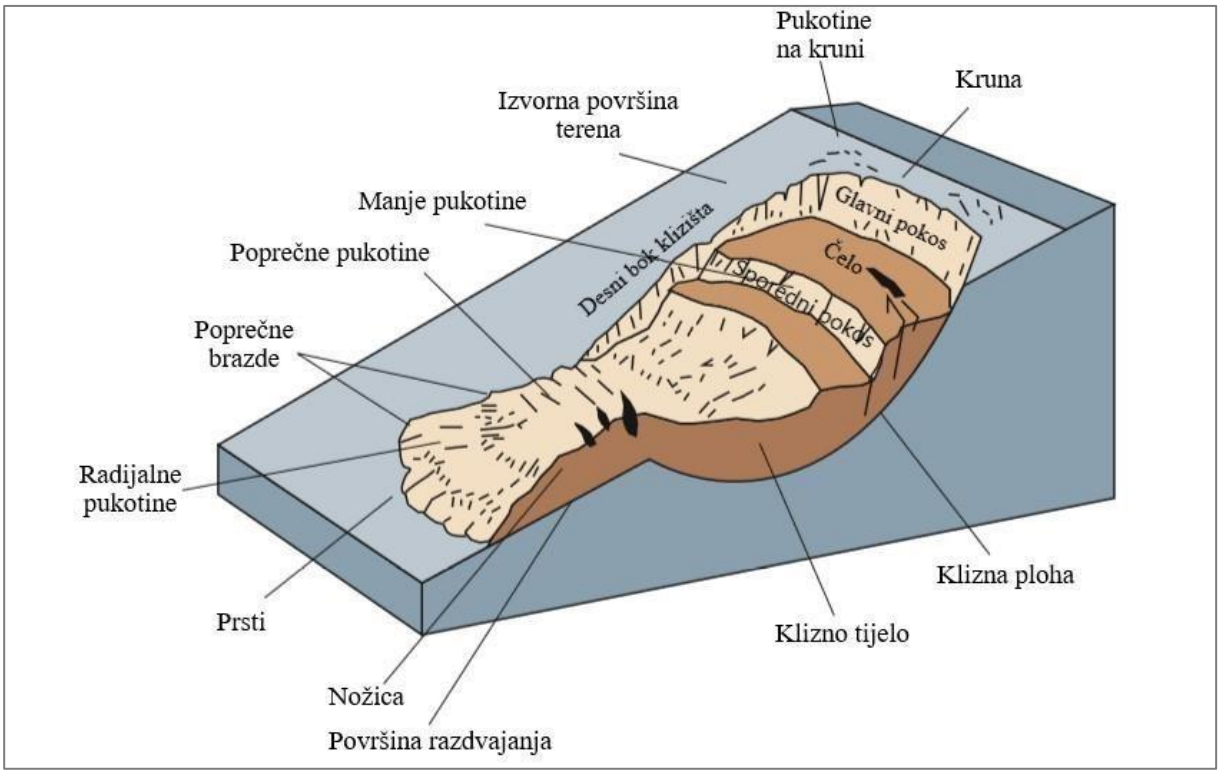
Proces sanacije glinokopa temeljit će se na promjeni oblika padine, odnosno na prelaganju masa. Svi podaci koji su prikupljeni snimanjem terena, prelaminarnim pregledom terena su vrlo bitni i imaju određenu ulogu u oblikovanju sanacijskog koncepta, ali najbitniji su podaci iz istražnih bušotina. Oni nam govore na kojoj dubini se nalazi samoniklo tlo, a to je ujedno i najbitina informacija. Srednji iznos dubine samoniklog tla iznosi 4 metra.

Oblikovanje sanacijskog koncepta sastoji se od više različitih zahvata koji će biti uklopljeni u jednu cjelinu. Najbitnije stavke sanacije su svakako prihvat i odvodnja površinskih i procjednih voda te izvedba pokosa.

U nastavku rada je detaljnije opisana sanacija te prikazan shematski prikaz sanacije pokosa sa samo 2 pokosne plohe, a cjeloviti pokos od gornjeg do donjeg ruba glinokopa biti će projektiran sa tri ili četiri pokosne plohe čiji će se nagibi postupno mjenjati, a sve to ovisi o geostatičkim analizama stabilnosti.

2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA

Klizanje je kretanja mase stijena ili tla niz padinu. Ono uključuje sve pokrete na padinama, neovisno o mehanizmu pokreta.Klizanje je ili prirodan proces oblikovanja reljefa ili se javlja kao posljedica ljudskih aktivnosti koje narušavaju stabilnost padina u brežuljkasto-brdovitim područjima. To su vrlo raznovrsne pojave po obliku, veličini pokrenute mase, načinu, brzini kretanja i drugim svojstvima.Klizanja predstavljaju ozbiljan problem gotovo u svim dijelovima svijeta, jer uzrokuju ekonomske ili socijalne gubitke. Izravne štete nastaju u trenutku aktiviranja klizišta, oštećivanjem objekata i ljudskim gubicima unutar granica prostiranja klizišta. Na slici 2.1. prikazani su osnovni dijelovi klizišta.



Slika 2.1. Dijelovi klizišta
(Izvor:Prema Highland i Bobrowsky, 2008)

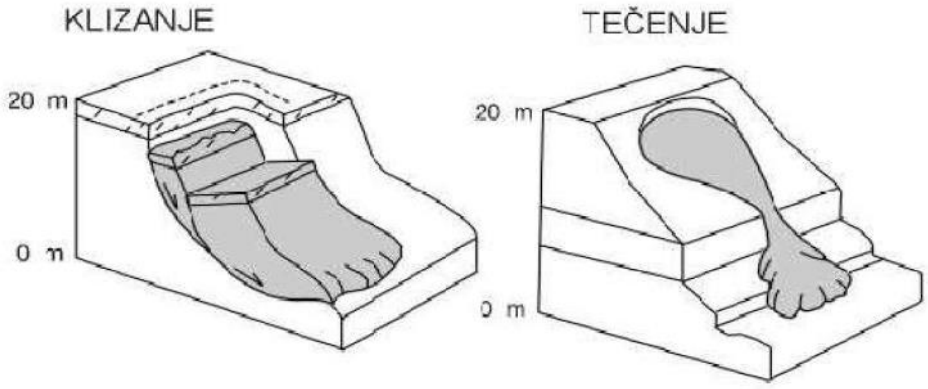
2.1. TIPOVI KLIZANJA

Načini kretanja pokrenute mase tla, jedan je od osnovnih kriterija za klasifikaciju klizišta. Prema mehanizmu kretanja razlikuje se pet tipova klizanjakoji su prikazani na slici 2.2.:

- klizanje,
- tečenje
- odronjavanje

- prevrtanje(u užem smislu riječi)
- bočno razmicanje(širenje)

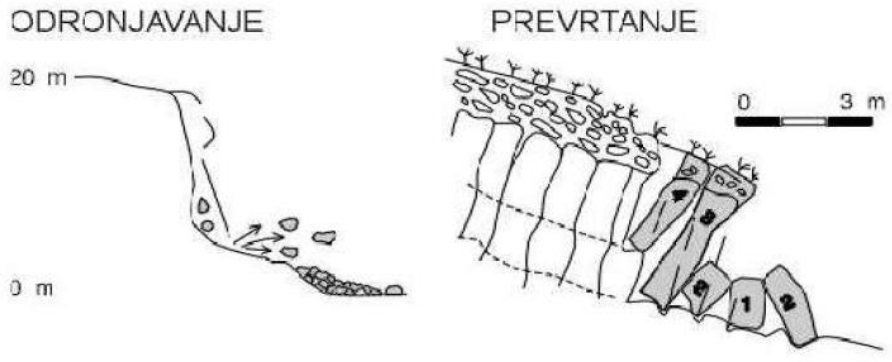
Pod pojmom klizanja podrazumijevaju se kretanje manje po jednoj ili više dobro definiranih kliznih ploha (ploha sloma), a tečenje je odvajanje mase sa strmih padina po kojoj ima ili uopće nema smicanja, već dolazi do slobodnog kretanja materijala, prevrtanja ili kotrljanja.



Slika 2.2. Prikaz klizanja i tečenja

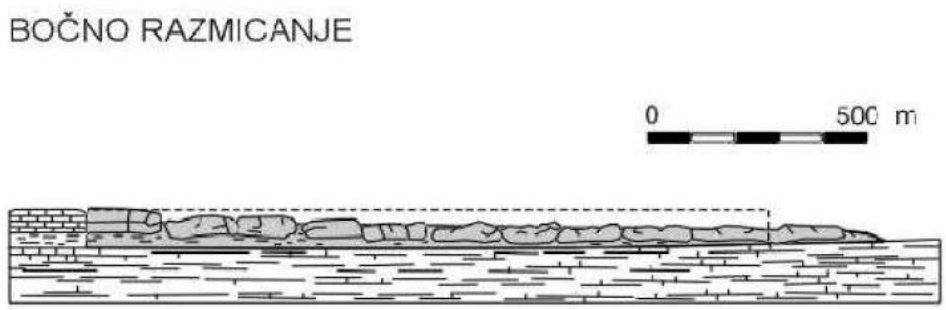
(*Izvor:*Mihalić.2008.)

Odronjavanje nastaje na vrlo strmim ili uspravnim kosinama u stjenovitom ili koherentnom materijalu kao posljedica potkopavanja stope, povećanja visine kosine umjetnim zahvatima ili prirodnom erozijom. Prevrtanje označava rotaciju (prema naprijed) odvojene mase oko osi koja se nalazi u njezinoj bazi ili u blizini baze, ponekad može biti izraženo kao još međusobno prislonjeni odvojeni blokovi. Prevrtanje može prethoditi ili slijediti nakon odronjavanja ili klizanja. Odronjavanje i prevrtanje detaljnije su prikazani u slici 2.3.



Slika 2.3. Prikaz odronjavanja i prevrtanja

(*Izvor:*Mihalić,2008.)



Slika 2.4. Bočno razmicanje

(*Izvor:*Mihalić,2008.)

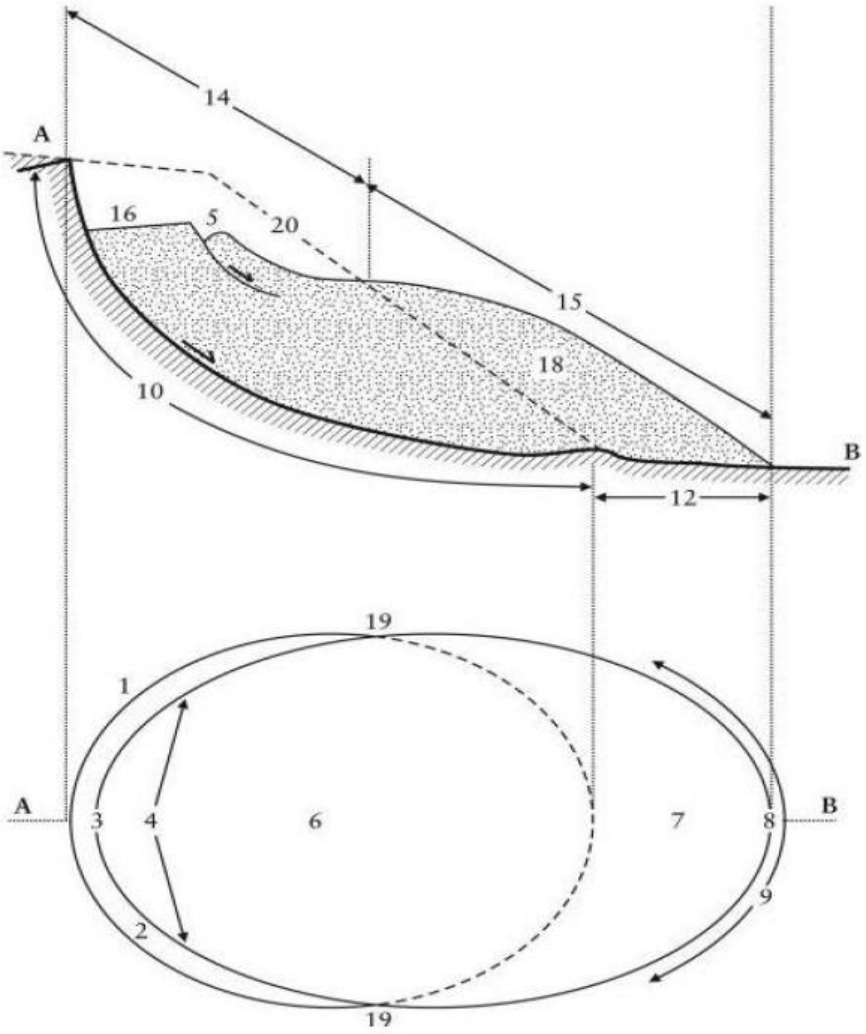
Bočno razmicanje ili širenje je kretanje tla kod kojeg je glavni način kretanja bočno razmicanje blokova uslijed kojega nastaju smičuće pukotine (Slika 2.4.).

2.2. DIJELOVI KLIZIŠTA

Osnovni dijelovi klizišta koje možemo zapaziti jesu:

- Kruna ili čelo
- Glavna pukotina ili škarpa
- Vrh
- Prednja strana
- Donja škarpa
- Glavno tijelo
- Stopa ili podnožje
- Dno
- Završetak klizišta
- Ploha sloma
- Završetak plohe sloma
- Ploha separacije
- Pokrenuti materijal
- Zona usjednutog materijala
- Zona akumulacije
- Usijedanje
- Usjednuta masa
- Akumulacija
- Bok

- Originalna površina tla



Slika 2.5.Dijelovi klizišta

(Izvor:Mihalić,2008.)

Kruna ili čelo (1) -nepokrenuti materijal uz najviši dio glavne pukotine na početku klizišta. Glavna pukotina ili škarpa (2)-strma ploha u neporemećenom tlu u gornjem dijelu klizišta otvorena kretanjem materijala niz padinu; to je vidljivi dio plohe sloma. Vrh (3) - najviša točka kontakta pokrenutog materijala i glavne pukotine. Prednja strana (4) - gornji dijelovi klizišta uz kontakt pokrenutog materijala i glavne pukotine. Donja škarpa (5) - strma ploha u pokrenutom materijalu klizišta nastala diferencijalnim kretanjem unutar pokrenute mase. Glavno tijelo (6) - dio pokrenutog materijala klizišta koji prekriva plohu sloma između glavne pukotine i završetka plohe sloma. Stopa ili podnožje (7) - dio klizišta koji je pokrenut dalje od završetka plohe sloma (11) i naliježe direktno na originalnu površinu tla. Dno (8) - najudaljenija točka na završetku klizišta gledano od vrha klizišta. Završetak klizišta (9) - donji rub pokrenutog materijala klizišta, obično zakrivljenog oblika, koji je najudaljeniji od glavne pukotine. Ploha sloma (10) - ploha

koja predstavlja donju granicu pokrenutog materijala, a koja se nalazi ispod originalne kosine; ploha sloma u mehaničkom smislu se idealizirano promatra kao klizna ploha. Završetak plohe sloma (11) - presječnica između donjeg dijela plohe sloma klizišta i originalne površine tla. Ploha separacije (12) - dio originalne površine tla prekriven stopom klizišta. Pokrenuti materijal (13) - materijal pomaknut klizanjem iz svog prvobitnog položaja; sastoji se od usjednute mase i akumulacije. Zona usjednutog materijala (14) -područje klizišta unutar pokrenutog materijala koje je niže od originalne površine tla. Zona akumulacije (15) - područje klizišta unutar pokrenutog materijala koje je više od originalne površine tla . Usijedanje (16)- volumen ograničen glavnom pukotinom, usjednutom masom i originalnom površinom tla. Usjednuta masa (17)- volumen pokrenutog materijala koji leži na plohi sloma, ali ispod originalne površine tla. Akumulacija (18)-volumen pokrenutog materijala koji leži iznad originalne površine tla. Bok (19)- nepokrenuti materijal uz bocni dio plohe sloma; određivanje lijevog i desnog boka izvodi se gledajući od gornjeg dijela klizišta (krune ili čela). Originalna površina tla (20) - površina kosine koja je postojala prije nego je došlo do klizanja.

2.3. AKTIVNOST KLIZIŠTA

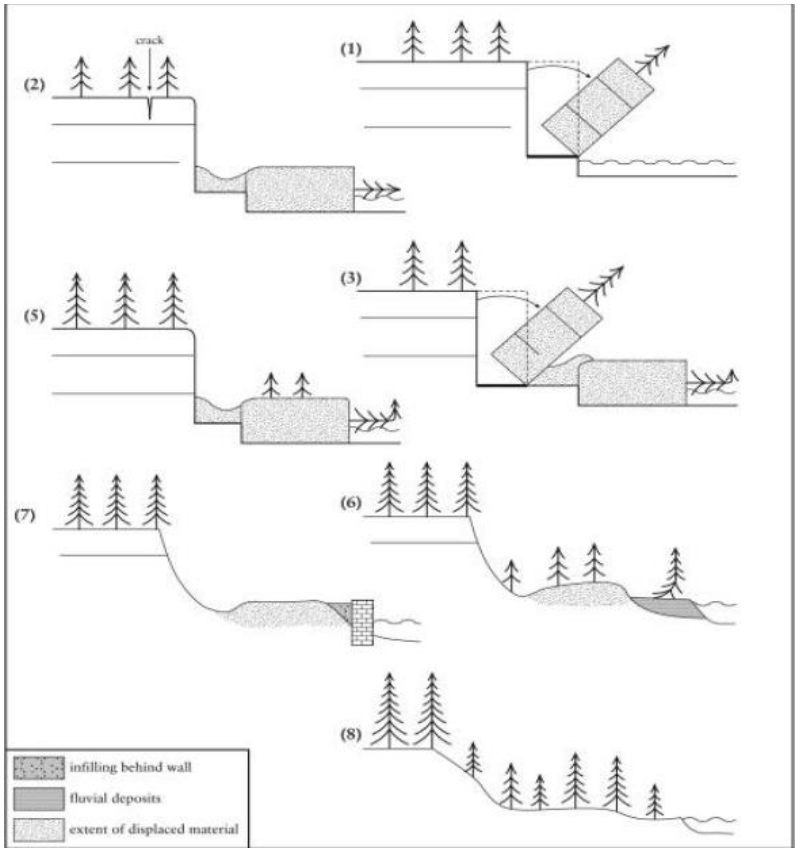
Aktivnost klizišta je širok pojam jer obuhvaća:

- stanje aktivnosti koje opisuje vrijeme kretanja
- distribuciju aktivnosti koja opisuje smjer kretanja klizišta
- stil aktivnosti koji ukazuje na tip ili kombinaciju tipova kretanja prema njihovom mehanizmu.

STANJA AKTIVNOSTI KLIZIŠTA:

- Aktivno - klizište u pokretu
- Trenutačno neaktivno - klizište koje se kretalo u posljednjih 12 mjeseci, ali se trenutačno ne kreće
- Reaktivirano - aktivno klizište koje je prije bilo neaktivno
- Neaktivno - klizište koje se nije pokretalo posljednjih 12 mjeseci. Neaktivna klizišta se dijele na: privremeno umirena , trajno umirena , stabilizirana i reliktna
- Privremeno umireno - neaktivno klizište koje se može reaktivirati zbog istih ili nekih drugih uzroka
- Trajno umireno - klizište koje više nije pod utjecajem uzroka klizanja
- Stabilizirano - neaktivno klizište zaštićeno mjerama sanacije

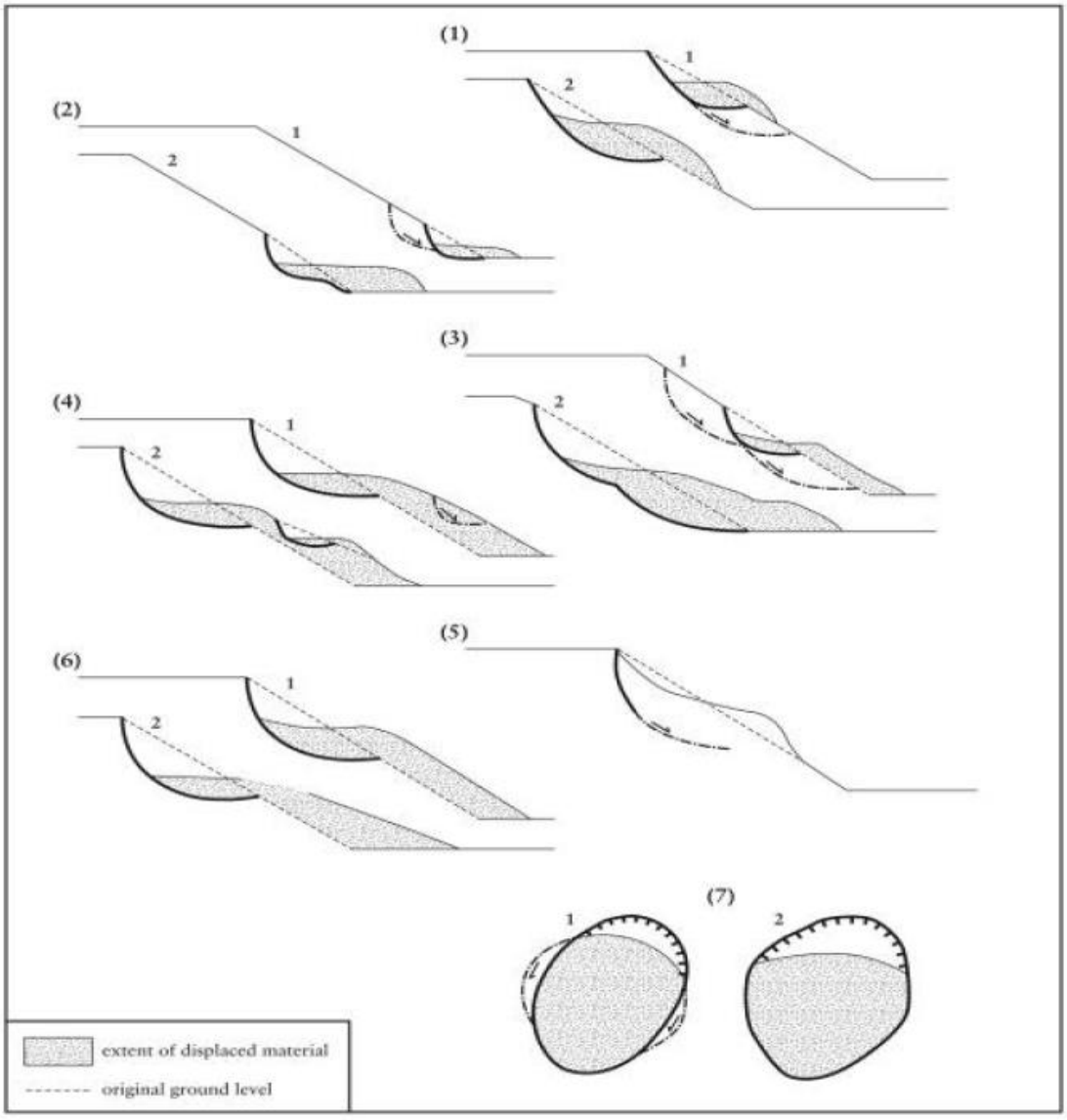
- Reliktno - neaktivno klizište koje je bilo aktivno u klimatskim i geomorfološkimuvjetima koji više ne vladaju



Slika 2.6. Aktivnost klizišta (*Izvor:https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:226349,Dostupno:16.8.2019*)

DISTRIBUCIJA AKTIVNOSTI:

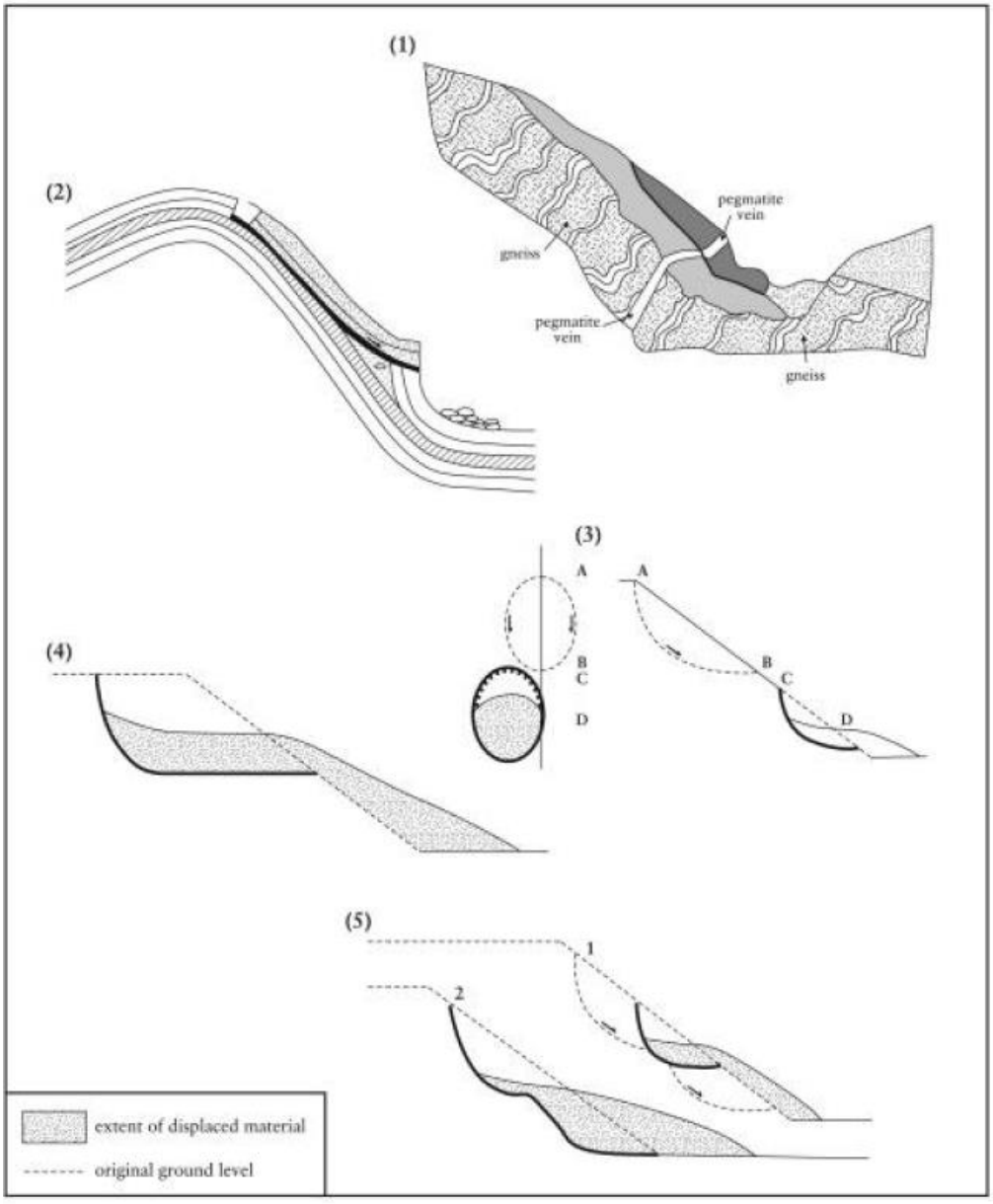
- Progresivno- ploha sloma se proširuje u smjeru kretanja
- Retrogresivno- ploha sloma se proširuje u smjeru obrnutom od kretanja pokrenutog materijala
- Povečavajuće- ploha sloma se proširuje u dva ili više smjerova
- Umanjujuće - volumen pokrenutog materijala se smanjuje
- Ograničeno - nema vidljivu plohu sloma, već samo ožiljak vidljiv u stopi mase
- Krečuće- pokrenuti materijal se kontinuirano kreće bez vidljive promjene plohe sloma i volumena pokrenutog materijala
- Proširujuće- ploha sloma se proširuje u zoni jednog ili oba boka klizišta



2.7. Distribucija aktivnosti
(Izvor:https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:226349,Dostupno: 16.8.2019.)

STILOVI AKTIVNOSTI KLIZANJA:

- Kompleksno- sastoji se od najmanje dva tipa kretanja (odron, prevrtanje, klizanje, širenje, tečenje) koja se nastavljaju jedno na drugo
- Mješovito - sastoji se od najmanje dva tipa kretanja koja se odvijaju simultano u različitim dijelovima pokrenute mase
- Sukcesivno - dva ili više susjednih klizišta, istog tipa kretanja, ali po odvojenim plohama sloma i sa zasebnim pokrenutim masama
- Pojedinačno- pojedinačno kretanje pokrenutog materijala
- Višestruko- opetovani razvoj istog tipa kretanja



2.8. Stilovi aktivnosti klizanja

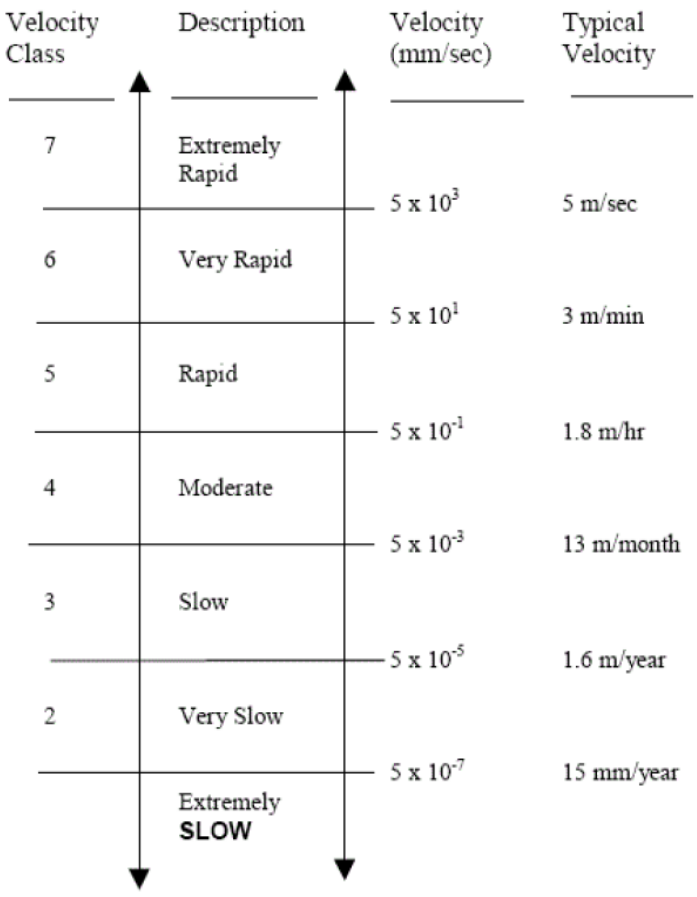
(Izvor:https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:226349,Dostupno:16.8.2019.)

2.4. BRZINA KRETANJA KLIZIŠTA

Brzina kojom se masa zahvaćena klizanjem kreće niz padinu ovisi o nekoliko čimbenika:

- stupanj prekonsolidacije materijala i karakter razvoja čvrstoće s pomakom
- odnos između mobiliziranog otpora i vršne i rezidualne čvrstoće
- homogenost materijala u padini
- varijacije razine podzemne vode
- morfološka obilježja padine doline u kojoj se ona nalazi i duljina moguće putanje
- nestabilne mase

Brzina kretanja klizišta, izražava se u mm/s, a obuhvaća sedam kategorija brzina. Brzina klizanja opisuje se terminima: ekstremno sporo, vrlo sporo, sporo, srednje brzo, brzo, vrlo brzo i ekstremno brzo.



Slika 2.9. Brzina kretanja klizišta

(*Izvor:https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:226349,: 16.8.2019.*)

2.5. MATERIJAL KLIZANJA

Materijal klizanja može se opisati kao stijena (tvrda ili čvrsta masa koja je bila intaktnaprije 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 (gornja granica pijeska). 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 teće voda ili se na njemu zadržava
- Vrlo mokar materijal- sadrži dovoljno vode da teče kao tekućina.

2.6. UZROCI KLIZANJA

Kada govorimo o procesima i glavnim uzrocima klizanja, Nonveiller navodi razliku između klizanja kao geološkog fenomena i klizanja prouzročenog ljudskom aktivnošću. Kada govorimo o geološkom fenomenu, razlikujemo dva uzroka kretanja masa. Prvi su uzrok tektonski procesi uvjetovani stalnim kretanjem kontinenata po plastičnom sloju Zemljine kore. Tijekom takvih procesa nastaju gnječenja, boranja, izdizanja, tangencijalna pomicanja velikih volumena materijala te lomovi na granicama između blokova. Tako nastaju spori, ali dugotrajni procesi u kojima se mijenja ravnoteža i čvrstoća masa, pa u kritičnim zonama nastupaju slomovi i pomaci pokrenute mase. Drugi, ali ne manje važan uzrok klizanja, su gravitacijske i hidrodinamičke sile koje izazivaju tangencijalne napone u masi ispod nagnutih površina terena. Deformacije pri dugotrajnom puzanju mogu izazvati smanjenje čvrstoće pa ono s vremenom može prijeći u klizanje. Nadalje, iskopima, nasipima, promjenom vegetacije te promjenom režima podzemne vode, sve se više mijenja površina terena. Sve te promijene mijenjaju prirodnu ravnotežu pa nastaju deformacije i u najgorem slučaju, slomovi tla i klizanja koja mogu zahvatiti nepredvidivo

veliki dio terena. Takva, ljudskim djelovanjem izazvana klizišta, su veoma česta, ali ne plijene pažnju stručnjaka iako je ukupna šteta koju uzrokuju svake godine velika.

Najčešći je slučaj da je klizanje inicirano samo jednim procesom, ali je ovisno o brojnim preduvjetima i procesima. S obzirom na vremensku varijabilnost, destabilizirajući procesi se mogu svrstati u one koji sporo djeluju (erozija) i one koji brzo djeluju (potresi). Prilikom istraživanja uzroka klizanja, pažnja se često posvećuje procesima koji izazivaju najveće promjene u padini. Iako spori procesi djeluju duže vrijeme na način da umanjuju odnos otpornost/posmična čvrstoća, klizanje najčešće iniciraju procesi s brzim djelovanjem.

3. GEOTEHNIČKO PROJEKTIRANJE PREMA EUROKODU 7

Projektiranje bilo koje građevinske konstrukcije(iznad tla) obvezno uključuje i primjenu eurokoda 7. HRN EN 1997 EUROKOD 7:Geotehničko projektiranje. Sadržaj Eurokoda 7-1 (Geotehničko projektiranje, 1. dio – Opća pravila) – HRN EN 1997-1:2004 obuhvaća:

- Planiranje terenskih i laboratorijskih geotehničkih istražnih radova
- Geotehničko projektiranje različitih geotehničkih konstrukcija:
- Osnove geotehničkog projektiranja
- Geotehnički podaci
- Nadzor, opažanje i održavanje
- Nasipavanje, odvodnja, poboljšanje tla i armiranje
- Plitki temelji
- Temelji na pilotima
- Sidra
- Potporne konstrukcije
- Hidraulički slom
- Opća stabilnost
- Nasipi
- Dodaci (parcijalni i korelacijski faktori, pozadina proračunskih pristupa 1, 2 i 3, granične vrijednosti pritiska tla na vertikalne zidove, analitička metoda proračuna nosivosti tla, primjer proračuna slijeganja, nosivost plitkih temelja na stijeni, granične vrijednosti deformacija konstrukcija i temelja, podsjetnik za provođenje nadzora i opažanja ponašanja)

Sadržaj Eurokoda 7-2 (Geotehničko projektiranje -- 2. dio: Istraživanje i ispitivanje temeljnoga tla) - HRN EN 1997-2:2007) obuhvaća:

- Planiranje istraživanja tla
- Uzorkovanje tla i stijena te mjerenja podzemne vode
- Terensko ispitivanje tla i stijena
- Laboratorijsko ispitivanje tla i stijena
- Izvještaj o istraživanju terena

- Dodaci (Popis rezultata geotehničkih standardnih ispitivanja, planiranje, primjer dugotrajnog ispitivanja tlaka podzemne vode, CPT i CPTU ispitivanje, presiometarsko ispitivanje, SPT, …)

3.1. OSNOVNI PRINCIPI

Eurokod 7 traži da se provjeri pouzdanost konstrukcije primjenom metode graničnih stanja uz primjenu odgovarajućih parcijalnih koeficijenta na opterećenja, odgovarajuće parametre materijala i geometrijske podatke. U praksi je za potporne konstrukcije najvažnije je da one budu pouzdane obzirom na moguća granična stanja nosivosti dok se granična stanja uporabivosti obično obuhvaćaju posredno bez posebne provjere, na primjer odgovarajućom redukcijom pasivnog otpora radi ograničavanja pomaka konstrukcije. Time se kroz provjeru pouzdanosti konstrukcije za mjerodavne proračunske situacije, koje se odnose na pojedina granična stanja nosivosti, posredno osigurava da će biti zadovoljena i granična stanja uporabivosti. Za provjeru pouzdanosti konstrukcije obzirom na granična stanja nosivosti STR i GEO Eurokod 7 daje mogućnost izbora jednog od tri proračunska pristupa. Razlike među proračunskim pristupima odnose se na mjesto primjene i veličinu parcijalnih koeficijenata u proračunima.Proračunski pristup 1 obuhvaća ostala dva pristupa i najsloženiji je u primjeni.

Provjera dovoljne pouzdanosti konstrukcije obzirom na neko granično stanje nosivosti provodi se tako da se karakteristične vrijednosti opterećenja uvećaju množenjem s odgovarajućim parcijalnim koeficijentima većim ili jednakim jedinici, a karakteristične vrijednosti čvrstoća materijala se umanjuju dijeljenjem s drugim parcijalnim koeficijentima većim ili jednakim jedinici. Veličine tako uvećanih opterećenja, odnosno umanjenih čvrstoće materijala nazivaju se proračunskim veličinama i dodaje im se u simbolu indeks „d“ prema engleskoj riječi design. Provjerom da je učinak proračunskih opterećenja (ili djelovanja rječnikom Eurokoda), E_d, u svakoj točci (ili presjeku) konstrukcije manji ili jednak od proračunske otpornosti, R_d, koju konstrukcija u toj točci (ili presjeku) pruža, dokazuje se dovoljna pouzdanost konstrukcije u toj točci za analiziranu proračunsku situaciju.

Temeljno polazište proračunskog pristupa 1 je primjena dviju kombinacija parcijalnih koeficijenata (a ne jedne kao u ostala dva pristupa.)

Osim graničnih stanja STR i GEO, Eurokod 7 traži provjeru ostalih relevantnih graničnih stanja nosivosti, posebno problem hidrauličkog sloma dna jame (granično stanje HYD) gdje je to relevantno zbog nepovoljnog procjeđivanja podzemne vode.

3.2. GRANIČNA STANJA POTPORNIH KONSTRUKCIJA

3.2.1. ZASIPANE POTPORNE KONSTRUKCIJE

Za zasipane potporne konstrukcije tipična granična stanja koja treba provjeriti su prevrtanje zida (granično stanje EQU), nosivost tla ispod temelja zida (GEO), klizanje temelja po tlu na temeljnoj plohi (GEO), globalna stabilnost (GEO), stabilnost samog tijela zida na svim kritičnim presjecima, što uključuje nosivost poprečnih presjeka zida i njegovog temelja (nosivost nearmiranog ili armiranog betonskog presjeka i slično) kao i stabilnost na sučeljima elemenata zida, kao što je klizanje i prevrtanje elemenata gabionskog zida na vodoravnim dodirnim plohama među gabionima ili među blokovima zidova izgrađenih iz nepovezanih pred gotovljenih blokova (STR). Provjera tih graničnih stanja treba uključiti sva povoljna i nepovoljna djelovanja koja se u odgovarajućoj proračunskoj situaciji mogu pojaviti.

3.2.2. UGRAĐENE POTPORNE KONSTRUKCIJE

Za ugrađene potporne konstrukcije tipična granična stanja nosivosti obzirom na koja treba provjeriti pouzdanost konstrukcije su rotacijski slom (rotacija stijene zbog popuštanja pasivnog otpora tla, GEO), vertikalna stabilnost stijene (GEO), slom elemenata stijene (lom stijene od savijanja, pucanje slobodne dionice sidra, izvijanje i prestanak nosivosti razupore, čupanje sidrišne dionice sidra, izbijanje plitkih sidrišnih blokova, STR/GEO), hidraulički slom dna građevne jame (HYD), izdizanje dna jame zbog prevelikih vertikalnih pritisaka iza zida (GEO) te izdizanje konsrukcije ili njenog dijela zbog djelovanja uzgona (UPL). Granična stanja uporabivosti mogu biti preveliki pomaci stijene koji izazivaju pomake okolnog tla te neuporabivost okolnih građevina, preveliki pomaci koji nastaju tijekom izgradnje stijene, pomaci od promjene slike strujanja podzemne vode (na primjer slijeganja nastala prekomjernim crpljenjem vode ili sniženjem razine podzemne vode), nepovoljna promjena režima procjeđivanja u tlu i slično. Potporna konstrukcija treba biti tako dimenzionirana da je dovoljno pouzdana obzirom na moguća granična stanja koja može doživjeti tijekom njene izgradnje ili uporabe. Ugrađene potporne konstrukcije su često privremen pa im je stoga u takvim slučajevima životni vijek kratak. Eurokod 7 dozvoljava da svaka zemlja definira nižu razinu pouzdanosti za takve konstrukcije ako to smatra primjerenim.

3.3. METODE STABILIZACIJE KLIZIŠTA(SANACIJA)

Za smirenje klizanja kosine primjenjuju se mjere koje djeluju tako da se:

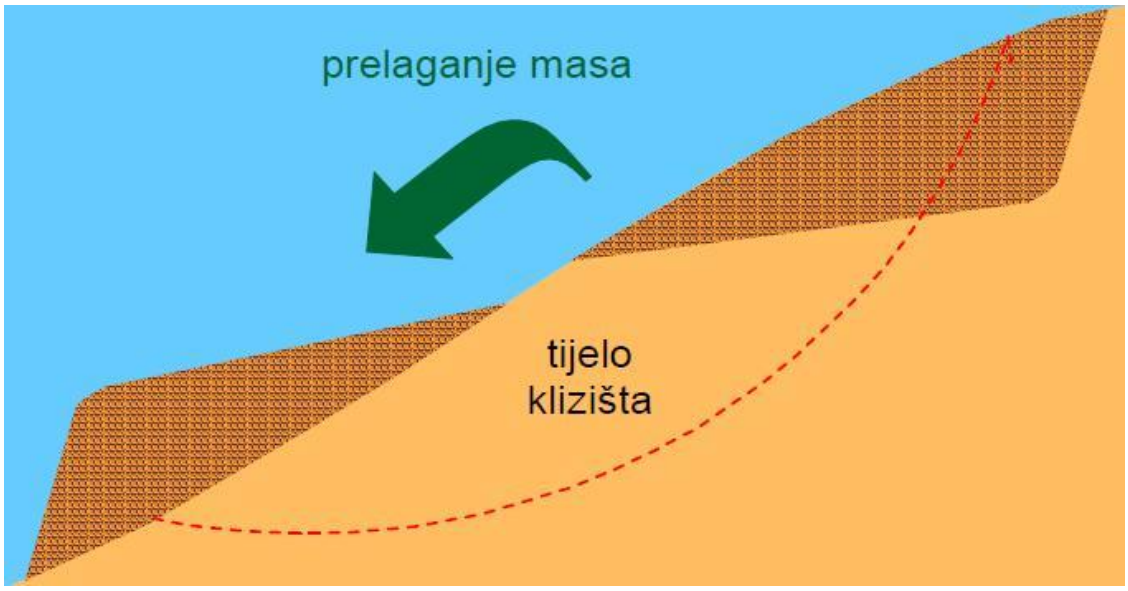
- Smanje naponi na smicanje u kosini na način da se kosina drenira, da se snizi razina podzemne vode, da se rastereti gornji aktivni dio klizišta i da se optereti donji, pasivni dio klizišta, izgradi potporni zid ili da se ugrade šipovi velikog promjera
- Poveća čvrstoća na smicanje u zoni sloma opterećujući donji dio klizišta, povećanjem efektivnih napona ili posebnim postupcima injektiranja i sl.

Izbor najpovoljnijeg tehničkog zahvata za sanaciju klizišta ovisi o morfologiji padine, obliku i dubini plohe klizanja te o uzroku nastajanja klizišta. Računom stabilnosti pokrenute padine u prirodnom stanju kontrolira se faktor sigurnosti kliznog segmenta s parametrima čvrstoće materijala uzduž plohe sloma koji su utvrđeni ispitivanjem uzoraka materijala u laboratoriju.

3.3.1. SANACIJA PROMJENOM OBLIKA PADINE

Ovaj način sanacije klizišta posebno je djelotvoran za rotacijska klizanja po kliznoj plohi približno cilindričnog oblika. To je, uz podupiranje stope klizišta građevine, jedina mjera koja dolazi u obzir kad klizanje nije posljedica djelovanja uzgona i strujnog tlaka.

Promjena oblika padine se najbolje ostvari tako da se iskopani materijal sa gornjeg dijela padine iskoristi za opterećenje stope klizišta. Ispod nasute mase treba izraditi drenažni sustav kako bi se strujni tlak, u slučaju dugotrajnih oborina ili otapanja snijega, usmjerio prema dolje.



Slika 3.1. Modifikacija geometrije padine (*Izvor:Minažek,2015b)*

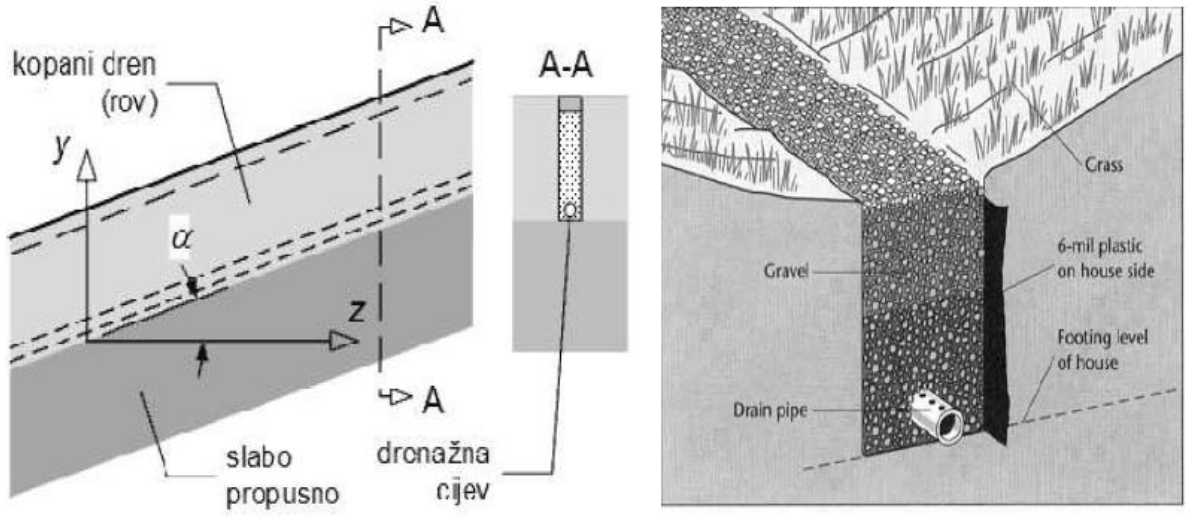
3.3.2. SANACIJA DRENIRANJEM

Uzgon, porni tlak i hidrodinamičko djelovanje podzemne vode najčešći su uzroci klizanja inestabilnosti padina, pa je stoga dreniranje mjera koja se u praksi najčešće koristi. Dreniranje je moguće ostvariti na 3 načina:

- kopanim drenovima
- bušenim cijevnim drenovima
- primjenom elektroosmoze (ubrzavanje dreniranja)

3.3.3. DRENIRANJE KOPANIM DRENOVIMA

Kopani drenovi (drenažni usjeci) se moraju opremiti tako da djeluju trajno te tijekom trajanja sanacije moraju ostati znatno propusniji od okolnog terena. To postižemo odabirom takvog drenažnog materijala koji sprječava eroziju okolnog terena povećanim hidrauličkim gradijentom podzemne vode prema drenu. Da bi se taj uvjet zadovoljio moramo postići zadovoljavajući odnos granulometrijskog sastava tla prema granulometriji ispune drena. U tom slučaju postoje filtracijska pravila te koeficijenti kojima se množi određeni promjer zaštićenog materijala da bi se ustanovio promjer zrna filtra.



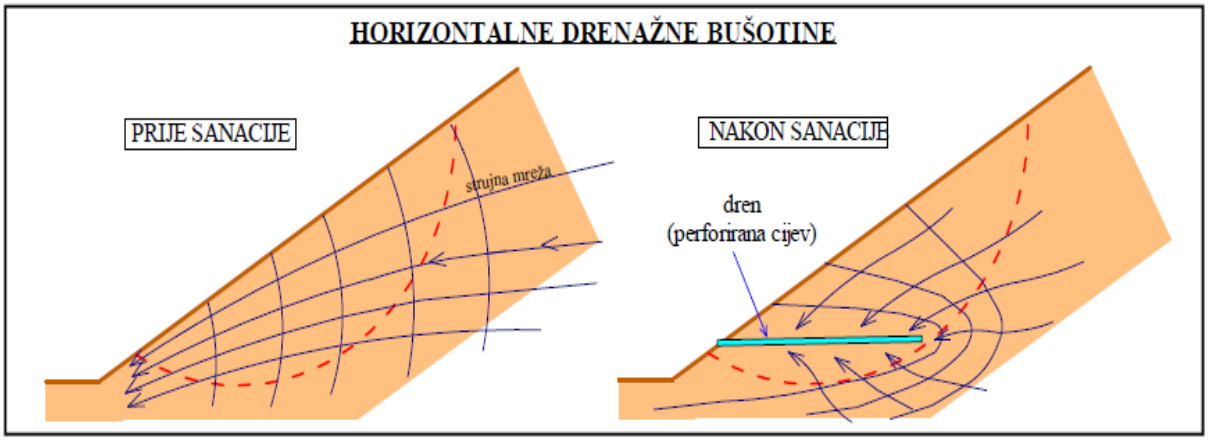
Slika 3.2. Kopani dren (Izvor: Szavits-Nossan, 2015.)

Ako u blizini gradilišta na kojem se izvode radovi nema prikladnog filtracijskog materijala, za zaštitu drenažnih usjeka možemo koristiti geotekstil koji je pogodan za korištenje zbog dobre propusnosti u poprečnom i u uzdužnom smjeru. Prosječni promjer oka geotekstila mora biti u nekim prihvatljivim granicama kako bi se spriječio prolazak čestica materijala iz okoline u dren.

Kada je dren zaštićen geotekstilom, širina usjeka može biti znatno manja nego kada je oko drenažne cijevi ugrađen graduirani filter. Izlaz iz drena valja osigurati od začepljenja betonskom građevinom kroz koju iz drena izlazi betonska cijev. Na površini će se dren zatvoriti slojem zbijene gline i preko kojeg dodajemo vegetacijski sloj. Drenažne usjeke valja postaviti u smjeru najvećeg pada,a poželjno je i da prolaze kroz pokrenuti dio terena do ispod klizne plohe

DRENIRANJE BUŠENIM DRENOVIMA

Kod primjera klizanja s dubokom kliznom plohom jednostavnije se postiže povećanje faktora sigurnosti postavljanjem dubokih drenova. Takve drenove izvodimo bušenjem vodoravnih ili blago nagnutih bušotina u podnožju padine gdje ugrađujemo perforirane cijevi koje usmjeravaju tok podzemne vode prema sebi i usmjeravaju je izvan padine. Kod nas se prvi takav dren koristi pri sanaciji klizišta u Valićima na padini Rječine 1967.g., a postignuta najveća dubina bušenog drena je 100m. Kod velikih klizišta, kada ne možemo izvesti dovoljno duge drenove, dreniranje ostvarujemo kopanjem galerija iz podnožja klizišta koje se oblažu betonom s odgovarajućim otvorima za prikupljanje vode. Kraći vodoravni drenovi se buše pomoću spiralnih svrdla koja izbacuju materijal pa nije potrebno izvlačenje pribora, a paralelnom s tom akcijom se može uvlačiti perforirana cijev ako se radi o materijalu iskopa koji se urušava. Ta cijev omogućava dreniranje kada se radi o privremenom zahvatu.



Slika 3.3. Bušeni dren (Izvor:Szavits-Nossan, 2015.)

Drenažna cijev koja se ugrađuje u bušotinu, promjera je oko 50mm, perforirana je po cijelom obodu i izvana je obložena propusnim filtrom radi zaštite od zamuljivanja cijevi. Zaštitu od zamuljivanja ostvarujemo oblaganjem cijevi slojem geotekstila prikladnih svojstava. Tako obloženu cijev nazivamo geodrenom. Nakon svega možemo zaključiti da drenovi mogu biti vrlo dugotrajni, samo ako su ispravno zaštićeni filtrom i ako je ta zaštita ispravno ostvarena.

4. PROBLEMATIKA KLIZIŠTA GLINOKOPA ĐURĐEVIĆEV BRIJEG

PROBLEMATIKA

Glinkop Đurđevićev brijeg se nalazi sjeveroistočno od Bedekovčine. Predstavlja izduženi nožični zasjek zapadne padine Đurđevićevog brijega.

Eksploatacija gline, odnosno zasjecanje u padinsku nožicu dovelo je do destabilizacije padine. Trebalo je nešto poduzeti u svezi sanacije jer se u blizini gornjeg ruba glinokopa nalaze kuće. Prije više od 10 godina poduzete su neke mjere s ciljem stabilizacije klizišta, ali su radovi izvedeni djelomično i bez učinka.Zbog toga su se opet obnovile aktivnosti oko sanacije klizišta. U tu svrhu početkom proljeća 2016.godine obavljen je preliminarni geotehnički pregled glinokopa na Đurđevićevom brijegu.

4.1. PRELIMINARNI PREGLED GLINOKOPA

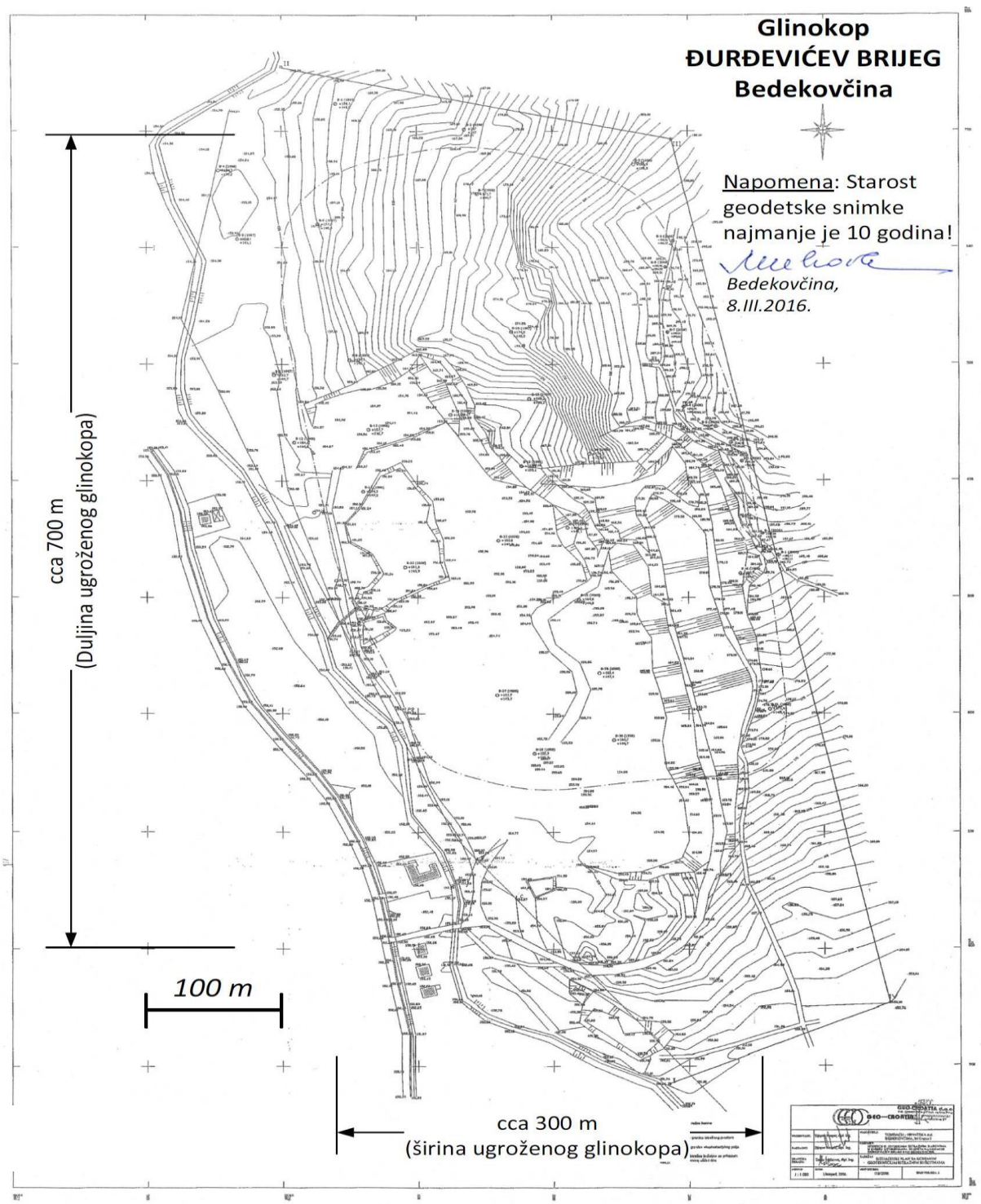
Preliminarni pregled glinokopa obavljen je 8.03.2016. Da bi čim bolje opisali stanje u kojem se nalazio glinokop i da bi sve skupa bilo smislenije poslužili smo se geodetskom snimkom koja je bila na raspolaganju u to vrijeme (slika 4.2.) preuzetom iz već spomeutog Tehničkog izvješća(Varaždin,2006.).

Za pristup glinokopu koristili smo lokalni cestovni odvojak koji se s juga uspinje prema Đurđevićevom te omogućuje da se vozilom dođe do istočnog ruba glinokopa, točnije do jugoistočne konture devastiranog glinokopa(4.1.)



Slika 4.1. Pogled s pristupne točke(jugoistočni rub glinokopa) u smjeru sjever-sjeverozapad [1]

S tog se mjesta može obuhvatiti veliki dio napuštenog glinokopa te se moglo zaključiti da se radi o devastiranom terenu velikih razmjera čija se površina može procijeniti cca 20-ak hektara (situacijski prikaz-slika4.2.2.) pri čemu su približne dimenzije ugroženog glinokopa sljedeće: duljina, L_g = cca 700 m i širina, B_g = cca 300 m.



Slika 4.2.. Situacijski prikaz glinokopa na geodetskoj snimci starosti minimalno 10 godina[1]

Ophodom podbriježnom (istočnom) obrubu glinokopa od početne točke(jug) prema sjeveru prikupljena su sljedeća zapažanja:

1) Najviša kota strmog čela glinokopa(slika 4.3) nalazi se otprilike na zadnjoj trećini duljine glinokopa (gledano od juga), točnije ispod najvišeg vrha Đurđevićevog brijega.



Slika 4.3. Pogled prema najvišoj koti čela glinokopa [1]

Na slici 4.3. mogu se vidjeti posljedice triju znakova padinske destabilizacije:

a) Odroni (uz gornji rub glinokopa)
b) Klizanja (manjih i većih segmenata)
c) Blatni tokovi (slika 4.4.), izazvani procjedni i površinskim vodama koje se sakupe i izbiju na većem broju „mokrih punktova“ tj. manje ili više prikrivenih blatnih izvora (površinski i potpovršinski)



Slika 4.4. Jedan od izrazitiji blatnih tokova [1]

2) Put koji se nalazi u zoni najviših kota glinokopa ukazuje na novu opasnost velikog odrona ili na skoro proklizavanje terena s budućim čelom van obilježenih granica koje se kasnije i dogodilo. Vlačna pukotina koja se nalazila paraleno sa čelom glinokopa



Slika 4.5. Vlačna pukotina uz čeoni rub glinokopa [1]

3) U sjevernom dijelu nastalo je prostrano bočno klizište (slika 4.6.) gdje možemo vidjeti široke vlačne pukotine (slika 4.6.) i bočne denivelacije (slika 4.7.)



4) Slika 4.6. Bočno klizište koje je pokrenulo velike mase tla [1]



Slika 4.7. Bočna denivelacija kliznog segmenta [1]

Destabilizacija padine glinokopa poglavito se događa zbog uklanjanja potporne nožice, a dodatno je potaknuta površinskim i procjednim vodama koje izbijaju u čelnom dijelu glinokopa. Tome bi mogli dodati i jedan geološki razlog, a to je tvrda i masna glina koja se nalazi u podlozi i možemo slobodno reči da je vodonepropusna.

Tijekom obilaska područje glinokopa ostavilo je dojam teško prohodnog terena zbog toga jer se na padini i u podnožju talože velike količine razmoćenog tla (žitke mase) kojeg ispiru procjedne i površinske vode. Zaravnjeno podnožje glinokopa prelazi u izduženi pojas potočnog priobalja zaraslog grmovitim raslinjem (slika 4.8.)



Slika 4.8. Podnožje glinokopa zapunjeno žitkom masom i zraslo raslinjem [1]

Pogledom s gornjeg ruba glinokopa možemo zapaziti neobična izdignuća u podnožju glinokopa.To se radi o depozitu koji se odlagao u duboke jame iz kojih se u početnoj fazi eksploatacije iskopavala glina. Iz toga možemo zaključiti da opisano stanje u podnožju glinokopa umanjuje uporišne kapacitete nožične zone gliništa što vodi daljnjoj destabilizaciji cijelog glinokopa.

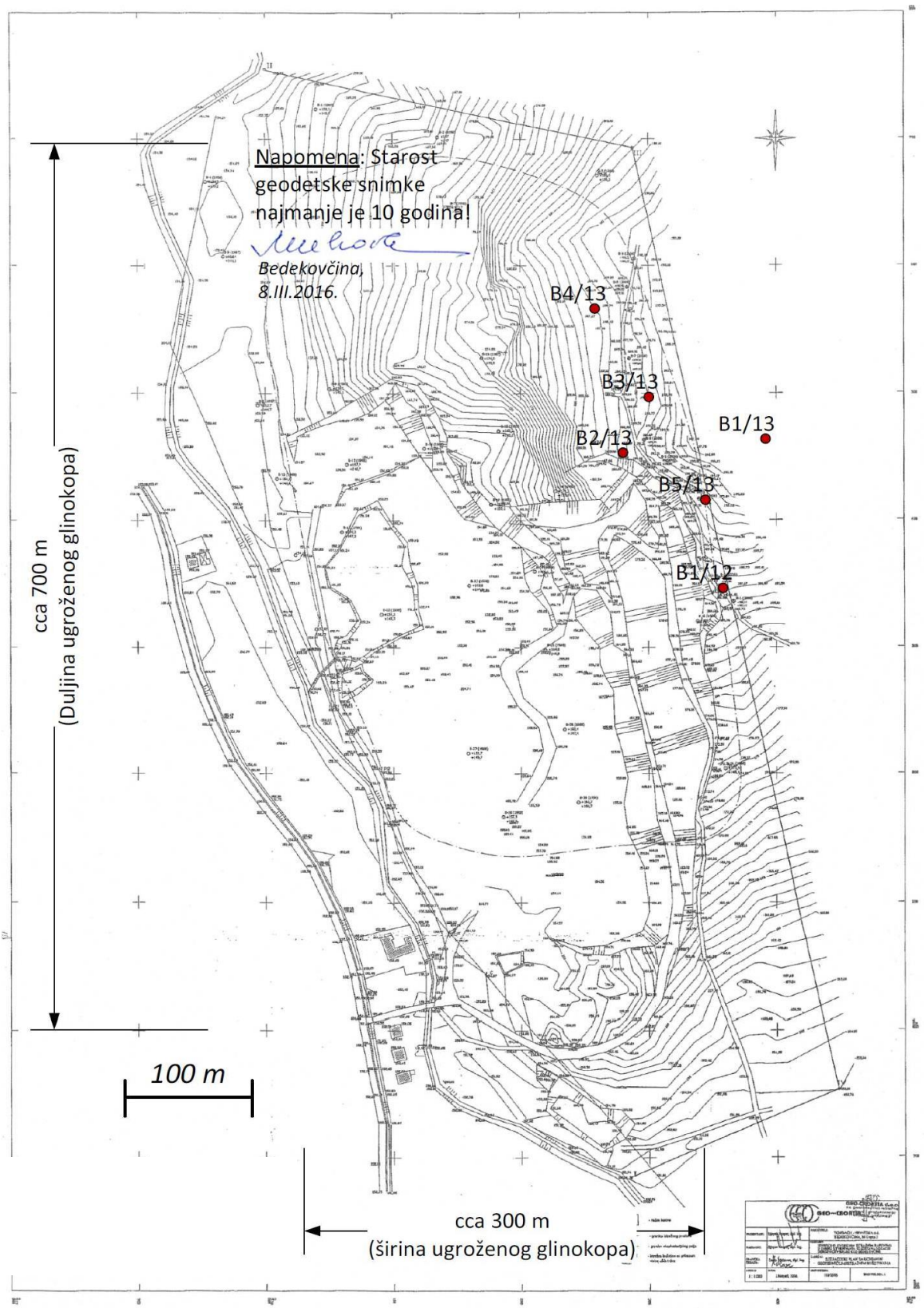
4.2. PODACI SONDAŽNOG BUŠENJA IZ 2012. I 2013. GODINE

Podaci koji su do sad bili izrečeni bili su bazirani na vanjskim zapažanjima koja su obilježavale uže ili šire područje glinokopa. Djelomičan uvid u potpovršinsko stanje omogućen je posredstvom podataka istražnog bušenja koje je provedeno po narudžbi Tondach d.d. tijekom 2012. i 2013. godine. Riječ je o 6 istražih bušotina u zoni brdskog ruba glinokopa ispod samog vrha brijega,što možemo vidjeti u tablici 4.1.Na geodetskoj snimci možemo točno vidjeti gdje se nalaze bušotine(Slika 4.9.)

Tablica 4.1. Rezultati istražnih bušotina [1]

Oznaka bušotine	Bušenje se provodilo	Dubina bušenja	Pojava podzemne vode
B1/12	22.i23.XI.2012.	11 m	4,5 m
B1/13	10.I.2013.	10 m	Bez PPV-a
B2/13	11.I.2013.	12 m	10,5 m
B3/13	9.IV.2013.	10 m	4,0 m
B4/13	10.IV.2013.	7,4 m	3,8 m
B5/13	11.IV.2013.	11,5 m	6,2 m

Možemo uočiti veliku varijabilnost dubine na kojoj se uočila pojava podzemne vode u bušotini (minimalna dubina 3,8 m, a maksimalna dubina 10,5 m). To nam govori o uslojenosti geotehničkog profila s izmjenom vodonosnih i vodonepropusnih slojeva.



Slika 4.9.Situacijski prikaz istražnih sondi približno naznačenih na geodetskoj snimci [1]

4.3. PLAN DALJNJIH AKTIVNOSTI

Naručitelji su inzistirali da se prvo dovede u red južni dio glinokopa dok onaj sjeverni dio još uvijek ostaje u fazi eksploatacijskog razmatranja. Plan daljnjih aktivnosti koje trebaju prethoditi sanacijskom projektu tako je bio onda baziran na južni dio.Fokus novih istražnih radova bio je stavljen na južni dio glinokopa premda su i neka pitanja vezana za sjevrni dio tražila barem okvirne odgovore. Da bi si mogla izdraditi projektna dokumentacija sanacije klizišta postoje nužne aktivnosti koje prehode tome,a tu se prije svega misli na sljedeće:

A. Izrada nove geodetske podloge (uz obaveznu mogućnost naknadnog računalnog iscrtavanja poprečnih i uzdužnih presjeka).
B. Detaljno geotehničko rekognosciranje užeg područja glinokopa te odnos tog područja sa širim okolišem
C. Registracija i detekcija svih „mokrih punktova“ (slika 4.4.) te ucrtavanje mjesta površinkih voda u situacijsku kartu.
D. Registracija i ucrtavanje bitnih nestabilnosti, prokliznih ploha, odrona, vlačnih pukotina, blatnih tokova i geološkoh specifičnosti u novu geodetsku podlogu.
E. Bušenje 10 do 15 bušotina na glinokopu kojima je cilj da prođu kroz meke i nestabilne dijelove tla te da ukažu na dubinu na kojoj se nalazi čvrsta i stabilna podloga. To je važno zbog pozicioniranja uporišita glinokopa te procjene dubine odvodnih jaraka i kopanih drenova.

5. GEODETSKI RADOVI

Geodetska snimanja i mjerenja obavljena su na zahtjev projektanta sanacije (Pragma d.o.o.) u svrhu predstojeće sanacije glinokopa. Kako bi se što bolje i preciznije obavio taj zadatak primjenjena je tehnologija snimanja bespilotnom letjelicom. Navedena metoda osigurava visoku gustoću usnimljenih točaka terena po kvadratnom metru (500 točaka/m^2) .

5.1. OPIS OBAVLJENIH RADOVA

Snimanje je obavljeno bespilotnom letjelicom DJI Phantom 4 s ugrađenom kamerom od 12 MP. Takva kamera omogućuje veliku razlučivost fotografija kod formiranja stereo parova, posredstvom kojih se računaju točke terena. Na kraju se izrađuje model terena, ortofoto, DMR, itd. Snimanje je obavljeno 25.08.2016. između 13-15 h po sunčanom vremenu. Približno je obuhvaćeno 50 ha površine i snimljeno ukupno 1033 fotografija.

U svrhu orjentacije snimka u državni koordinatni sustav (HTRS96 / TM) postavljeno je 9 orjentacijskih točaka koje ravnomjerno pokrivaju područje zahvata. Točke su postavljene pomoću GPS GNNS uređaja marke Topcon s vezom na CROPOS sustav koji omogućuje točnost pozicioniranja u realnom vremenu od 2-3 cm u sve tri dimenzije.

Učitavanjem snimljenih fotografija u programski paket (Photo Scan Pro) i smještanjem u državni koordinatni sustav pristupilo se izradi oblaka točaka. Izračunato je 250 milijuna točaka u području koje je bilo obuhvaćeno. Svakoj točci pridodana je i stvarna tekstura (boje).

Snimljeni podaci su se morali klasificirati kako bi se iz modela moglo isključiti visoke objekte koji je ne predstavljaju fizički teren koji nas zapravi najviše interesira. Kod klasifikacije konkretno mislimo na zgrade, visoko i nisko raslinje, automobile, mostove, itd. Zadržane su samo one točke oblaka točaka koje se odnose na fizičku površinu (teren).

Koristeći TIN strukturu uz pomoć koje teren modelira skupom trokuta (slika 5.1.), izradio se 3D model terena, ortofoto (DOF). Izrađen je i 3D model terena u kojem su prethodno obavljene klasifikacije, točnije isključeni objekti koji se ne odnose na teren.

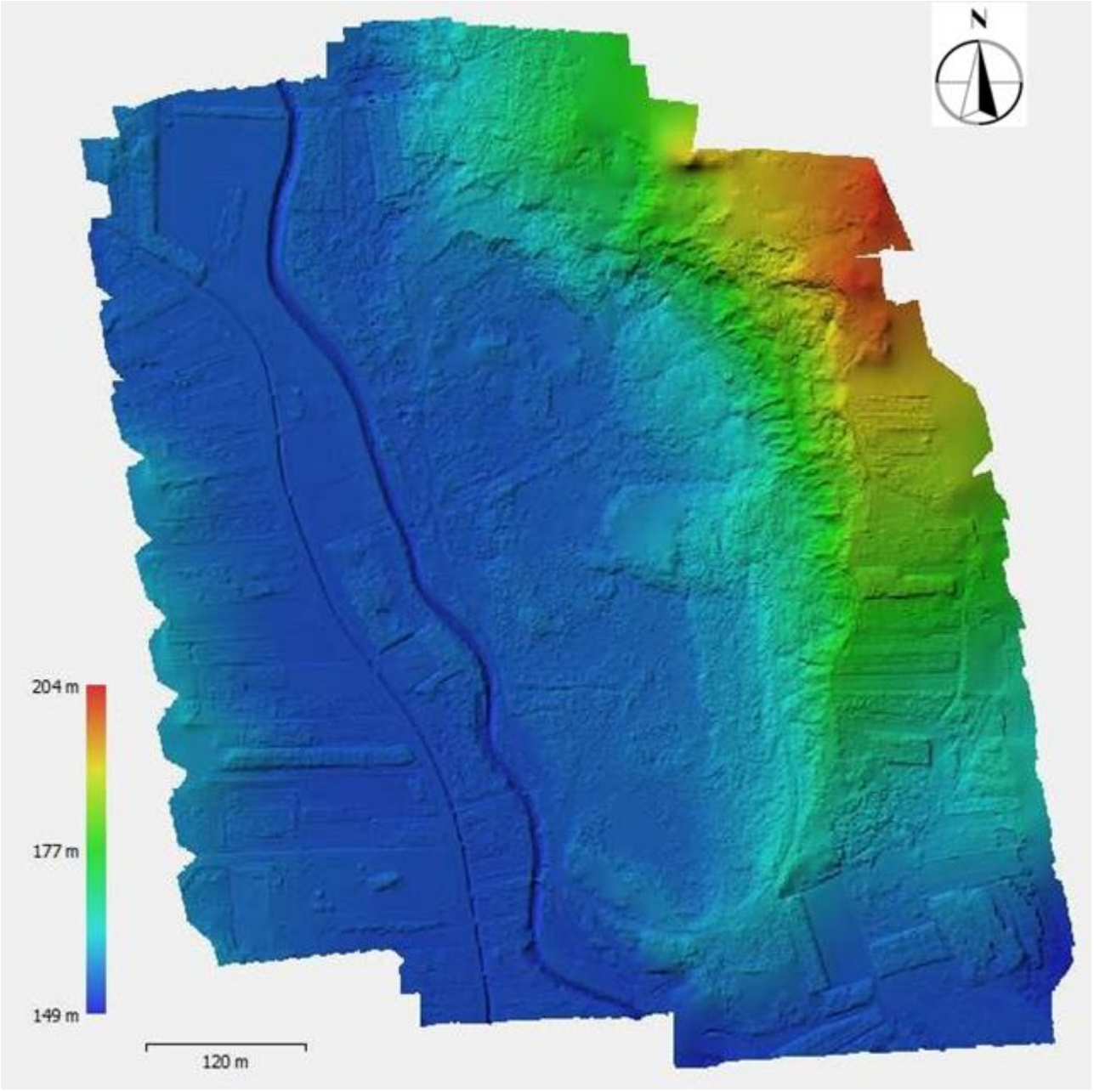


Slika 5.1. TIN struktura kod 3D modeliranja [1]



Slika 5.2. 3D model,uz cestu jasno se vidi vijuganje potoka Vojseka [1]

Temeljem 3D modela terena napravljen je DEM (Digitalni model terena) u svrhu vizualnog pregleda visinskih razlika te promjene u visinama,slika 5.3.



Slika 5.3. Digitalni model terena [1]

Napravljen je i 3D model terena s uključenim svim objektima koji se ne odnose na fizičku površinu terena u svrhu izrade ortofotoplana u funkciji 2D podloge za potrebe projektiranja slika 5.4. Za 2D podlogu bitno je da održava stvarni prikaz objekata i drugih značajka prostora u stvarnim dimenzijama te je važna što bolja razlučivost.



Slika 5.4. Digitalni ortofoto (DOF) [1]

GEODETSKI PODACI I PODLOGE

Geodetskim snimanjem, a potom i kroz odgovarajuću računalnu obradu osmišljen je širok izbor mogućnosti korištenja različitihgeodetskih podloga.

Najbitniji podaci koji su od relevantnog značenja za ovo izvješće su visinske kote ušća istražnih bušotina te kote terena uz tri seoska zdenca(ZD1,ZD2,ZD3) koji se nalaze uz gornji

rub glinokopa. Bušotine su izvedene tijekom ljeta 2016. godine i ukupno je izvedeno 14 bušotina na području glinokopa.

Na osnovi tih geodetskih podloga utvrđene su kote istražnih bušotina i kote terena seoskih zdenaca što možemo videjti u Tablici 5.1.

Tablica 5.1. Visinske kote istražnih bušotina i seoskih zdenaca [1]

OZNAKA	VISINA
B1	155,33
B2	153,78
B3	155,71
B4	162,71
B5	159,04
B6	162,02
B7	160,93
B8	183,18
B9	178,50
B10	181,90
B11	173,87
B12	167,78
B13	170,13
B14	173,84
ZD1	187,80 – teren 187,20
ZD2	178,30 -teren
ZD3	184,86 -teren

Navedeni prilozi geodetskih podloga bit će od velikog značaja pri razradi sanacijskog projekta. Uveliko će poslužit za osmišljavanje geometrijskog aspekta sanacije klizišta ,osobito onog najnižeg(visinski) potpornog nožićnog dijela.

6. ISTRAŽNA BUŠENJA

Osnovni cilj provedenih istražnih bušenja bio je utvrđivanje samoniklog tla, obzirom da je stanje cijelog glinokopa ukazivalo na prevlačenje krajnje poromećenog tla preko samoniklog tla. Do tog prevlačenja došlo je zbog dugogodišnje eksploatacije glinokopa.



Slika 6.1. Pogled na površinsku prevlaku poremećenog tlo u podnožju glinokopa[1]

Okvir sadašnje sanacije obuhvaća južni dio glinokopa pa su iz tog razloga istražne bušotine pozicionirane u tom dijelu glinokopa osim bušotine B7 koja je iznimka.

Tijekom ljeta 2016. točnije u srpnju te godine, na području glinokopa izvedeno je 14 istražnih bušotina ukupne duljine 70,5 m, tj. u prosjeku po bušotini oko 5 m/buš. Sve bušotine naznačene su u situaciji, a visinski raspored razvrstan je od najnižeg platoa (VPO i VPO^{+}) pa preko 3 međuplatoa do najvišeg (VP4) koji se nalazi pod istočnim rubom glinokopa.

Visinske kote bušotina i njihovo svrstavanje u pojedine visinske platoe možemo vidjeti u narednoj tablici

Tablica 6.1. Visinski platoi (VP) i pripadne istražne bušotine [1]

VISINSKI PLATO	OZNAKA BUŠOTINE	VISINSKA KOTAUŠĆA BUŠOTINE [m n.m.]
VP0	B2	153,78
VP0+	B1	155,33
	B3	155,71
VP1	B4	162,71
	B5	159,04
	B6	162,02
	B7	160,93
VP2	B12	167,78
	B13	170,13
VP3	B9	178,50
	B11	173,87
	B14	173,84
VP4	B8	183,18
	B10	181,90

Bušotine su se izvodile redosljedom njihovih oznaka, B1,B2,...B14 pa je i tim redosljedom dat prikaz rezultata bušenja.

6.1. TERENSKA PROVEDBA I REZULTATI BUŠENJA, LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Kao što smo već i prije rekli, terenska istražna bušenja s pripadnim mjerenjima i opažanjima provedena su tijekom mjeseca srpnja 2016. godine (slika 6.2.)



Slika 6.2.Provedba istražnih bušenja na platou VP1

(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)

Pored vizualnog izgleda tla, pozornost je posebno usmjerena na iskustevno zapažanje u vezi otpora tla rotacijskoj bušivosti s ciljem što boljeg određivanja samoniklog tla u odnosu na navučeni meki površinski materijal. S istom svrhom povremeno se provodio standardni penetracijski pokus (SPP).

Podzemna voda je registrirana u dvije faze:

- PPV = pojava podzemne vode tijekom bušenja, tj.dubina na kojoj se voda pojavila
- NPV = nivo podzemne vode u bušotini nakon određenog vremena koje je bilo potrebno da nivo ustali.

Naknadnim opažanjima nivo podzemne vode mogao se mjeriti ako je uopće bilo vode u bušotini s obzirom da je bilo sušno ljetno razdbolje. U nekim bušotinama moglo se jasno primjetiti na kojim dubinama dolazi do stiskanja. Taj podatak je često bio indikativan za nailazak na samoniklo tlo. Dubina samnoklog tla posebno i pažljivo je registrirana. Svi elementi sondažnog bušenja obuhvaćeni su u tablici 6.2.

Tablica 6.2. Osnovni elemeni sondažnog bušenja [1]

OZNAKA SONDE i VP	Datum bušenja	KARAKTERISTIČNA DUBINA [m]				SPP			DODATNA NAPOMENA
		Ukupna	ST	Podzemna voda		kom.	dub.	N n=nož š=šiljak	
				PPV	NPV				
				Nakon provedenog bušenja, za uspostavu stabilnog NPV-a bilo je potrebno više dana! NPV je izmjeren tek dne 12.VIII.2016.					
B1 VP0+	26.VII.2016.	6,00	4,9	4,90	1,80	3	2,00-2,30 4,00-4,30 6,00-6,30	5 n 7 n 31 n	
B2 VP0		6,00	4,8	4,70	0,80	3	2,00-2,30 4,00-4,30 6,00-6,30	5 n 8 n 16 n	Bušotina se stiska od 3,0 – 4,5 m.
B3 VP0+		7,50	6,4	—	2,40	4	2,00-2,30 4,00-4,30 6,00-6,30 7,50-7,80	3 n 3 n 8 n 14 n	Bušotina se stiska od 3,0 – 6,0 m.
B4 VP1	27.VII.2016.	3,00	0,5	—	—	1	2,00-2,30	13 n	
B5 VP1		8,00	7,4	4,30	1,00	4	2,00-2,30 4,00-4,30 6,00-6,30 8,00-8,30	6 n 5 n 7 n 13 n	
B6 VP1		10,50	10,1 (5,50)	—	Bez vode! ND, 4,20	5	2,00-2,30 4,00-4,30 6,00-6,30 8,00-8,30 10,00-10,30	4 n 7 n 10 n 10 n 14 n	Bušotina se stiska od 7,5 – 10,0 m.
B7 VP1	28.VII.2016.	7,00	6,5(?)	6,50	0,50	4	2,00-2,30 4,00-4,30 6,00-6,30 7,00-7,30	4 n 5 n 7 n 9 n	
B8 VP4	29.VII.2016.	2,50	1,30 (KP)	—	—	1	2,50-2,80	9 n	
B9 VP3		3,00	1,80 (KP)	—	1,00(??) i indikacija ND 1,00	1	2,00-2,30	8 n	

OZNAKA SONDE i VP	Datum bušenja	KARAKTERISTIČNA DUBINA [m]					SPP			DODATNA NAPOMENA
		Ukupna	ST	Podzemna voda			kom.	dub.	N n=nož š=šiljak	
				PPV	NPV					
B 10 VP4	29.VII.2016	1,50	0,50 (KP)	—	Nakon provedenog bušenja, za uspostavu stabilnog NPV-a bilo je potrebno više dana! NPV je izmjeren tek dne 12.VIII.2016.	—	**1**	1,50-1,80	9 n	Bušotina je pozicionirana u trščaku („bateci") tj. 20-ak metara zapadno od ruba klizišta na kojem još stoji bezvodni zdenac s crpkom.
B 11 VP3		2,00	0,70 (KP)	—		—	**1**	2,00-2,30	11 n	
B 12 VP2		5,00	4,2 (KP) („pekmez" od 3,9 do 4,2)	—		bez vode! ND, 2,20	**2**	2,00-2,30 4,20-4,50	4 n 16 n	Bušotina se stiska od 2,5 – 4,0 m. SPP na 4,0 m je propao jednim udarcem do 4,2 m, a nakon toga je zabušen materijal kruto plastičnog konzistentnog stanja.
B 13 VP2		5,00	3,8 (KP)	—		bez vode! ND, 3,40	**2**	2,00-2,30 4,00-4,30	3 n 14 n	
B 14 VP3		3,50	1,5 (KP)	—		bez vode! ND, 1,90	**2**	2,00-2,30 3,50-3,80	7 n 14 n	
SVEUKUPNO (list 1 i list 2)		**70,50 m**	**Srednji ST 3,81 m**	**Nakon 2 tjedna NPV je registriran u samo 5 bušotina**			**34 kom**			

Visinski raspored bušotina:
(visinski platoi, VP)

VP0 i VPO* = *najniži platoi (oko 154 do 156 m n.m.)*
VP1 = *prvi povišeni plato (oko 160 do 163 m n.m.)*
VP2 = *drugi povišeni plato (oko 170 m n.m.)*
VP3 = *treći povišeni plato (oko 174 do 179 m n.m.)*
VP4 = *najviši (četvrti) plato (oko 182 tj. 183 m n.m.)*

Kratice za podzemnu vodu:

PPV = *pojava podzemne vode prilikom bušenja*
NPV = *nivo podzemne vode*
ppc = *postupno pricjeđivanje PV u bušotinu*

Kratice za indikativno stanje u bušotini:

ST = *dubina nabušenog samoniklog tla (samorodno tlo)*
KP = *vjerojatna dubina klizne plohe*
ND = *novonastalo dno (vjerojatno zbog kontrakcije, zarušavanja ili naknadnog prokliznuća tla)*

Penetracijski pokus:

SPP = standardni penetracijski pokus
N = registrirani broj standardnih udaraca s kojima se postiže penetracija standardnog cilindra (tj. „noža") ***n***, ili standardnog šiljka ***š*** za dubinu jedne anglosaksonske stope (***30,48 cm***).
Podaci $N_š$ preračunavaju se na N_n prema izrazu:

$$N_n = 0{,}70 \text{ do } 0{,}75\ N_š$$

-PRIMJER SONDAŽNE BUŠOTINE

SONDAŽNA BUŠOTINA B5



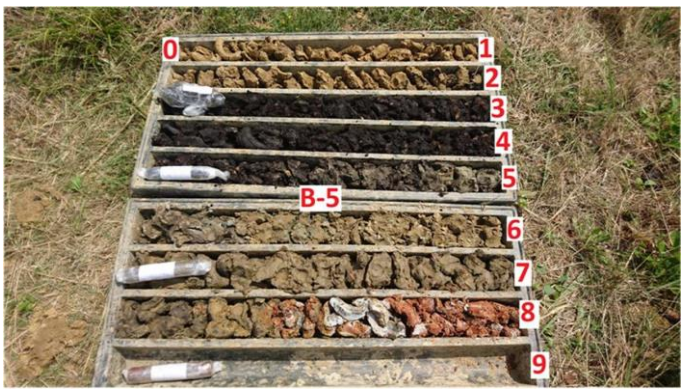
Slika 6.3.Istražno bušenje na poziciji B5 [1]

Datum:27.07.2016. Početak radova: 09:00
Završetak radova: 13:00

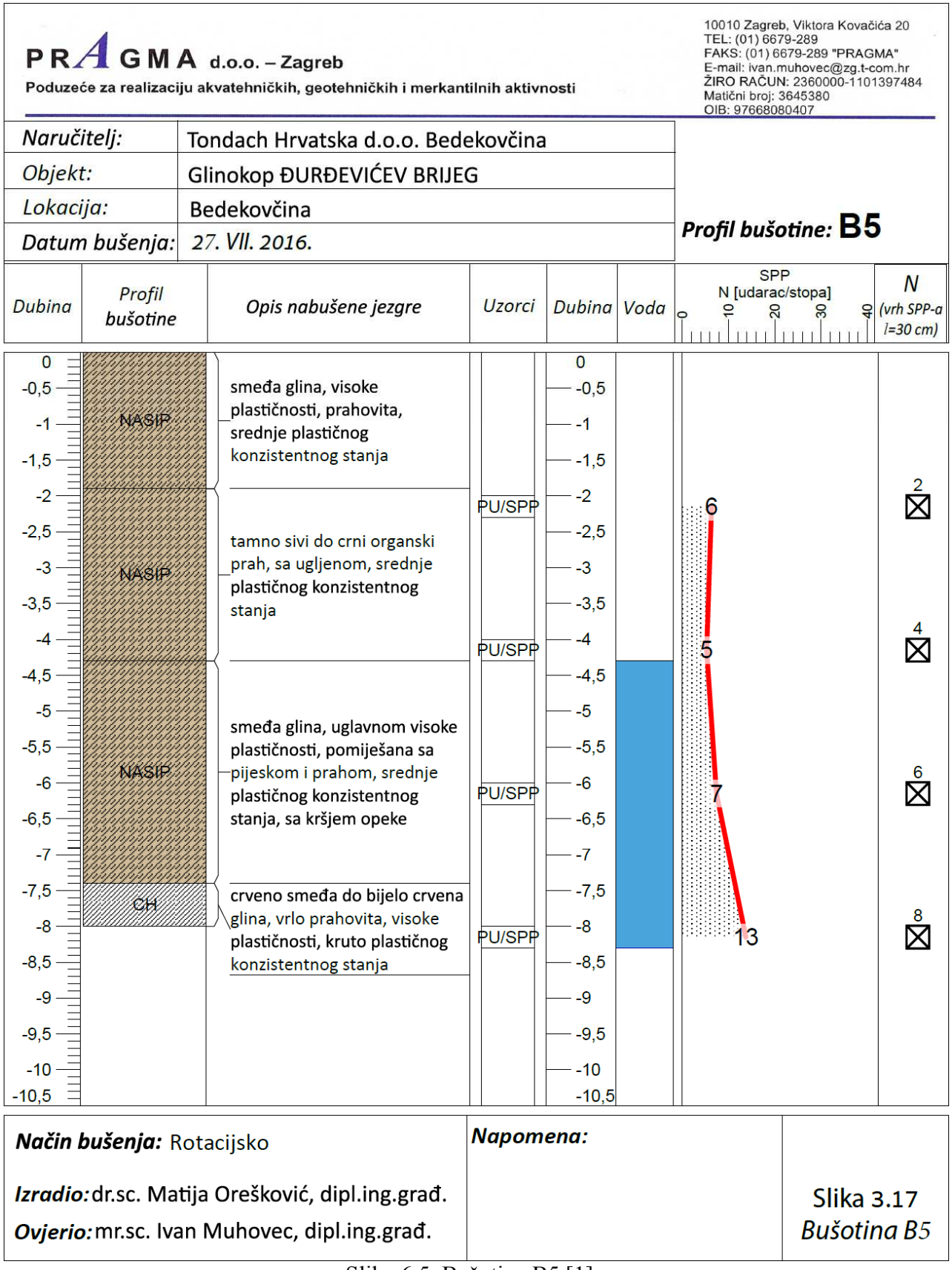
0,0 – 1,9	nasip	smeđaglina,visokeplastičnosti,prahovita,srednjeplastičnog konzistentnogstanja
1,9–4,3	nasip	tamnosividocrniorganskiprah,saugljenom,srednjeplastičnog konzistentnogstanja
4,3–7,4	nasip	smeđaglina,uglavnomvisokeplastičnosti,pomiješanasapijeskomiprahom,srednjeplastičnogkonzistentnogstanja,sakršjemopeke
7,4–8,0	CH	crvenosmeđadobijelocrvenaglina,vrloprahovita,visoke plastičnosti,krutoplastičnogkonzistentnogstanja

PPV: 4,3 m NPV:

PU:	2,0–2,3		SPP:	2,0–2,3	6n
	4,0–4,3			4,0–4,3	5n
	6,0–6,3			6,0–6,3	7n
	8,0–8,3			8,0–8,3	13n



Slika 6.4. Jezgra bušotine B5 [1]



Slika 6.5. Bušotina B5 [1]

6.2. LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

Laboratorijska ispitivanja provedena su u geotehničkom laboratoriju Geotehničkog fakulteta (Varaždin) u sklopu Sveučilišta u Zagrebu.

Tijekom istražnih bušenja povremeno se provodio SPP-pokus (34 SPP-pokusa) te su tako prikupljeni uzorci (PU_{SPT}) otpremljeni u geomehanički laboratorij. Ukupno 18 SPP-uzoraka koji su dopremljeni u laboratorij, ponovno su pregledani, a vizualna zapažanja i identifikacija sažeti su tabelarno. Gotovo svi uzorci (osim 2 uzorka) ispitani su na tlačnu čvrstoću, a jedan od uzoraka (B5/2,00-2,30) u kojem je po crnoj boji zapažena velika količina organskih tvari (slika 6.6.) podvrgnut je testu na sadržaj organskih tvari. Testom je utvrđeno da se u tom uzorku organske tvari nalaze u količini približno 50%.



Slika 6.6.Jezgra bušotine B5 [1]

Kod vizualnog pregleda uzoraka bilo je sasvim jasno da se radi o vrlo heterogenoj zemljanoj smjesi. To je bilo i očekivano s obzirom da je riječ o uzorcima koji u najvećem broju reprezentiraju navučene materijale preko samoniklog tla u podlozi. Za sve urozke (18 uzoraka) utvrđena je tako zvana aktualna vlaga ($15,6 \leq W_0 \leq 113,1\%$), a proširena istraživanja odrađena su na 6 uzoraka. Sve mu skupa možemo još dodati to da su u laboratorij dopremljena dva posebna uzorka uzeta iz sondažne jame SJ-1 i sondažne jame SJ-2 koje se nalaze unuar područja kojem pripadaju bušotine B9, B10, B11 sa svrhom da budu ispitana kroz Proctorov pokus. Na osnovu svega do sad rečenog u geomehaničkom laboratoriju vizualnom pregledu bilo je podvrgnuto 20 različitih uzoraka za koje je dano izvješće geomehaničkog laboratorija.

Ispitivanja su provedena prema važećim normama za geomehanička ispitivanja HRS, ASTM i BS, zahtjevima OTU za radove na cestama za zemljane materijale te preporuka za pojedina ispitivanja prema HRN EN 1997-2:2012. Ispitivane su sljedeće geomehaničke karakteristike: vlažnost u dostavnom stanju, laboratorijska klasifikacija tla prema Atterbergovim granicama i

granulometrijskom sastavu, obujamska gustoća, gustoća čvrstih čestica tla, nedrenirana kohezija, tlačna čvrstoća džepnim penetrometrom, sadržaj organskih tvari, optimalni sadržaj vode i najveća suha gustoća pri standardnoj energiji zbijanja po Proctoru te bubrenje zbijanih uzoraka.

7. GEOTEHNIČKA OPAŽANJA I MJERENJA

7.1. REKOGNOSICIRANJE TERENA

Pažljivo se provodilo rekognosiciranje, odnosno izviđanje terena. To je uveliko utjecalo na pozicioniranje istražnih bušotina grupiranih u pet grupa (tzv. Visinskih platoa, VP), označenih s VPO (iVPO^{+}) najbližih potoku Vojseku, sve do grupe VP4 koja se nalazi ispod gornjeg ruba klizišta. Radovi su se odvijali tijekom ljetnog sušnog razdoblja pa je bio omogućen pristup bilo kojem dijelu klizišta, ali zbog takvog sušnog vremena o mokrim punktovima moglo se je samo indirektno nagađati. Da bi se odredila točna pozicija i veličina punktova itd. treba pričekati kišno razdoblje godine. Sva zapažanja terenskog rekognosiciranja posebno su se bilježila, a važnije stvari i podaci su se unosili u orto-foto situacijsku kartu (1:1000).

U takvom sušnom razdoblju i razina potoka Vojseka bila je vrlo niska (slika 7.1.), o dotjecanju slivnih voda s područja glinokopa u taj potok moglo se zaključivati tek na osnovi erozijskih jaruga (slika 7.2.) kroz koje tijekom kišnih razdoblja prolaze velike količine vode i slijevaju se u potok.



Slika 7.1. Potok Vojsek-niska razina vode (30.7.2016) [1]



Slika 7.2. Erozijska jaruga s pogledom prema glinokopu u blizini istražne bušotine B7 [1]

Tijekom rekognosiciranja terena pozornost je posvećena i tipu raslinja zbog toga jer ovisno o vrsti raslinja, možemo zaključiti kakvo je stanje vlage u tlu. Očekivano je bilo da vrbici prekrivaju priobalni pojas uz potok koji se nalazi u podnožju klizišta, ali nalazimo ih i na prvom povišenom platou (VP1) (Slika 7.3), koji se nalazi približno desetak metar visinski gledano iznad priobalja potoka.



Slika 7.3.Vrbik,područje visinskog platoa VP1 [1]

Po tome možemo slobodno zaključiti da plato VP1 kroz veliki dio godine ne oskudijeva s procjednim vodama, odnosno ima veliki sadržaj vlage u tlu.

Ustrmljeni i viši pokosi glinokopa, viši visinski platoi sadrže raslinje u puno manjim količinama što je i razumljivo (slika 7.4.), ali opet na nekim višim platoima možemom zapaziti izrazito hidrofilno raslinje (slika 7.5.).



Slika 7.4.Oskudno raslinje u području tzv. viših platoa [1]

To raslinje u višim platoima jasno nam govori da se tu radi o dostatnim količinama procjednih vode čak i za vrijeme velikih ljetnih suša. No, taj problem ubrzo je objašnjen jer je iznad područja gdje se nalazi to raslinje uočen napušteni zdenac (ZD1). Zdenac izvana nije oštećen, ali u njima nema vode već približno 7 godina.



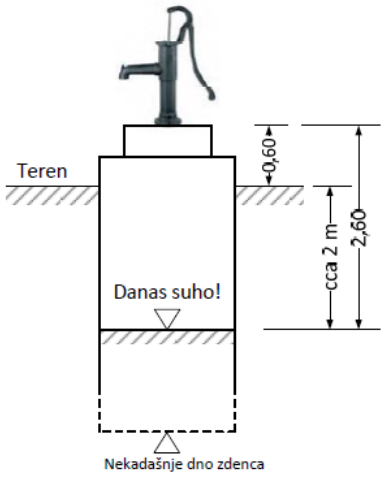
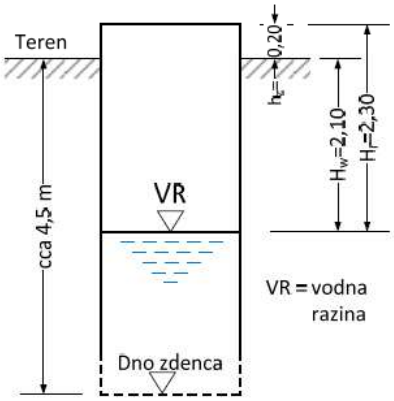
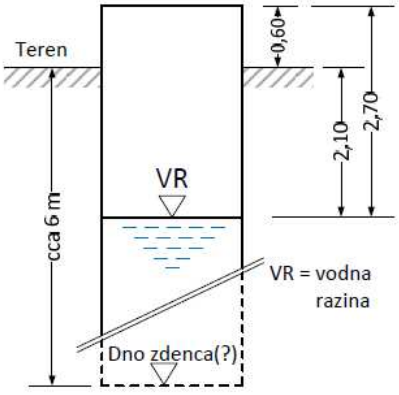
Slika 7.5.Hidrofilno bilje,visinski plato-VP4 [1]

7.2. OPAŽANJE VODNIH RAZINA

Tijekom bušenja istražnih bušotina registrirana je PPV (pojava podzemne vode) i NPV (nivo podzemne vode u svakoj bušotini. Kasnije se povremeno mjerila dubina nivoa podzemne vode, a paralelno uz to provodila su se i mjerenja razine podzemne vode u obližnja tri seoska zdenca koja su u međuvremenu bila detektirana. Zdencima su pridodane oznake ZD1, ZD2, ZD3, a prikazani su shematski (tablica 7.1.). Jedino u zdencu ZD1 danas nema vode, a dno mu se nalazi

odprilike na dubini 2 metra od površine terena, a po pričanjima mještana dno mu je nekada bilo na cca 3 metra. Iz toga možemo zaključiti da je razina vode bila približno 2,5 m ispod površine terena, što je u skladu s podacima o trenutnoj razini vode u preostala dva zdenca. Taj zdenac ZD1 se nalazi uz sami rub glinokopa, a nestanak vode u njemu može se jedino objasniti posljedicom radova na glinokopu. Odroni, odnosno otkliznuća velike mase gline tik uz zdenac otvorila su mogućnost podzemnim vodama da se iscjede u smjeru istoka, tj. po pokosima glinokopa te se stoga danas tamo nalazi hidrofilno raslinje kako je već i prije u tekstu rečeno. Uz sve to došlo je i do horizontalnog pomaka tla pa se dubina zdenca digla na 2 metra(prvobitno je bila na dubini od 3 metra).

Tablica 7.1. INICIJALNO MJERENJE VODNE RAZINE U TRI POSTOJEĆA SEOSKA ZDENCA (18.08.2016.) [1]

ZDENAC		SHEMATIZIRANI VERTIKALNI PRESJEK KROZ ZDENAC	DUBINA VODNE RAZINE (18.VIII.2016.)	
Br.	Naziv		Od ruba zdenca (H_r)	Od terena (H_w)
Z1	Mejarčev zdenac (nad rubom klizišta)		Nema vode u zdencu (suho već cca 7 god.?) Dno zdenca bilo je na cca 3 m (od terena) a danas je na cca 2 m	
Z2	Zdenac na zemljištu Željka Jakuša		2,30	$H_w = H_r - h_z$ 2,10
Z3	Zdenac uz ogradu okućnice obitelji Videk		2,70	$H_w = H_r - h_z$ 2,10

Tablica 7.2.KRONOLOŠKI PODACI O POVREMENIM IZMJERAMA RAZINE VODE U ISTRAŽNIM BUŠOTINAMA U TRI SEOSKA ZDENCA [1]

DATUM MJERENJA	*ISTRAŽNE BUŠOTINE*													*SEOSKI ZDENCI*		
	B1	**B2**	**B3**	**B4**	**B5**	**B6**	**B7**	**B8**	**B9**	**B10**	**B11**	**B12**	**B13**	**B14**	**Z1** h_k=0,6 m	**Z2** h_k=0,2 m	**Z3** h_k=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 detektirani!		
27.VII.2016. samo PPV	Sporo procjedivanje			— (PPV)	4,3 (PPV)	Bušotine još nisu bile izvedene											
28.VII.2016. samo PPV	Sporo procjedivanje					— (PPV)	6,5 (PPV)	Bušotine još nisu bile izvedene									
29.VII.2016. samo PPV	Sporo procjedivanje							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!									

7.3. TERENSKO MJERENJE NAGIBA POKOSA

Zatečeni nagibi samoformiranih pokosa koji se povremeno mjenjaju imaju veliko značnje u promišljanju trenutnog i budućeg stanja destabiliziranog klizišta odnosno glinokopa. 112.08.2016. pristupilo se nekim informativnim mjerenjima na terenu koja su pokazala:

- Erozijsko-klizna lepeza u području bušotine B11 (slika 7.3.1.)
  - Po osi lepeze:
    a) Strmac ($\Delta H = 1$ m)
    b) $\alpha = 40°$, ($\Delta H = 2$ m)
    c) $\alpha = 20°$
    d) $\alpha = 10°$
  - Bočni pokosi: sjeverni $\alpha = 35°$, južni $\alpha = 24°$



Slika 7.6.Mjerenje karakterističnih nagiba u zoni bušotine B11

(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)

- Rascijepljena erozijsko-klizna lepeza ispod bušotine B10, odnosno ispod suhog zdenca s pumpom Z1 :
  - Po osi južnog kraka lepeze :
    a) $\alpha = 30°$
    b) $\alpha = 12°$
    c) $\alpha = 4°$
  - U srednjem dijelu osi sjeverne lepeze: $\alpha = 25°$



Slika 7.7.Mjerenje karakterističnog nagiba ispod istražne bušotine B10[1]

Oba kraka lepeze spajaju se u svom donjem dijelu gdje je nagib $\alpha = 4°$. Erozijsko-klizna lepeza duž osi u pravcu E-W koja je sjeverno izmaknuta od bušotina B8 i B9 približno 20 m:

- U srednje dijelu osi, $\alpha = 24°$
- U donjem dijelu osi, $\alpha = 7°$.

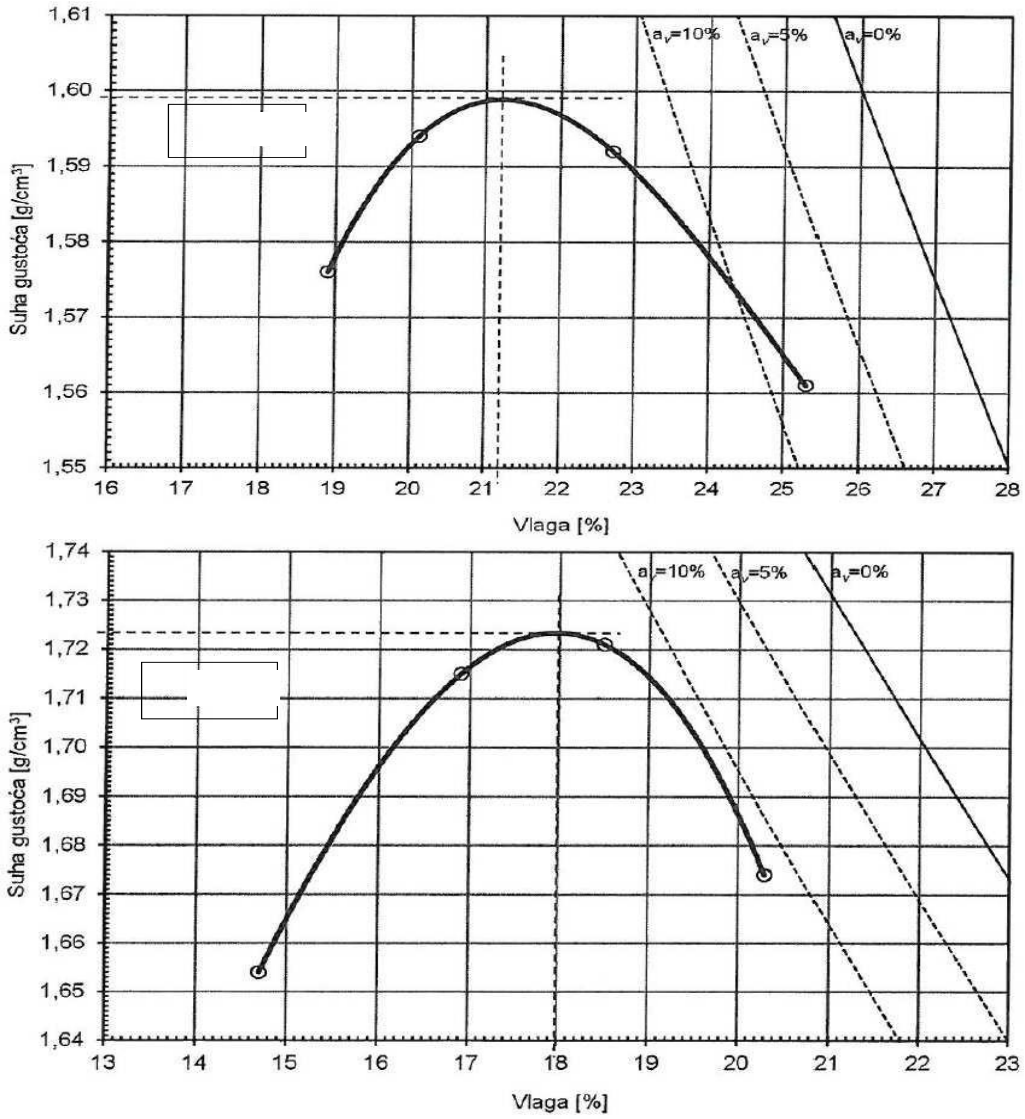
Tada su provedena mjerenja na još nekoliko mjesta i potvrdilo se je da se lepezasti tok u svom donjem dijelu, mogli bismo reći stabilizira pri nagibu 4° - 7°

Pored svega toga, za komparaciju su provedena mjerenja nagiba pokosa među parkirališnim terasama u Zaboku kod bolnice Bračak (nagib 24°) i izmjereni su nagibi kamenom obloženog cestovnog pokosa na odvojku za novu brzu cestu (nagib 47°). To su poprilično veliki nagibi, ali moramo biti svijesni toga da takvi nagibi mogu biti ostvareni samo uz vrlo skupe tehničke mjere stabilizacije kao što su to kod bolnice Bračak gabionski zidovi.

7.4. UZIMANJE UZORAKA ZA PROCTOROV POKUS

Koncept buduće sanacije glinokopa temeljit će se na promjeni oblika padine, odnosno na prelaganju zemljani masa. Glavni uvjet je da se ugradnja odvija na tehnički optimalan način, na terenu su uzeti veliki poremećeni uzorci tla koji su kasnije bili laboratorijski ispitani. Dva uzorka koja su tom prilikom uzeta iz dviju sondažnih jama (SJ-1, SJ-2) koje se nalaze u blizini bušotine B10 ispitana su u geomehaničkom laboratoriju po tzv. Proctorovom pokusu. Taj pokus nam pokazuje jeli ispitani materijal pogodan za ugrađivanje u tijelo nasipa i za planiranje pokosa ili nije. Uz to, pokazuje kolika je potrebna optimalna vlaga da bi mogli postići maksimalnu zbijenost ispitankog materijala pri pravilnoj ugradnji.

Rezultati ispitivanja oba uzoraka potvrdili su da je meterijal kvalitetan i pogodan za ugradnju u tijelo kontroliranog zbijenog nasipa, a optimalna vlaga matereijala kod ugradnje trebala bi biti između 18 i 21,2 %, odnosno u prosjeku W_{opt} = 20% (slika 7.8.) jer će se pri tome moći postići prosjećna gustoća tla u suhom stanju 1600 $\leq$ 1700 kg/m^3.



Slika 7.8. Rezultati Proctorovog pokusa (uzorci iz SJ-1 i SJ-2) [1]

8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I OBLIKOVANJE SANACIJSKOG KONCEPTA

8.1. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Svi podaci i rezultati koji su izrečeni do sada, imaju određenu ulogu u oblikovanju sanacijskog koncepta. Između svih tih podataka i mjerenja, najbitnija je morfologija terena iskazna kroz geodetske podloge te podaci o samoniklom tlu koji su dobiveni posredstvom istražnih bušotina. Srednji iznos dubine samoniklog tla je približno 4m, dok po visinskim platoima to izgleda ovako (Tablica 8.1.):

Tablica 8.1. Dubine samoniklog tla (ST) [1]

VISINSKI PLATO	OZNAKA BUŠOTINE	*ST* [m]	*ST* ZA VISINSKI PLATO		SREDNJA VISINSKA KOTA (samo u odnosu na bušotinu)
			Računski	Srednji	
VP0 i VPO+	B1	4,9	5,4	5,5	155 m n.m.
	B2	4,8			
	B3	6,4			
VP1	B4	0,5	5,0	5,0	160 m n.m.
	B5	7,4 (?)			
	B6	(10,1) 5,5			
	B7	6,5 (?)			
VP2	B12	4,2 (KP)	4,0	4,0	170 m n.m.
	B13	3,8 (KP)			
VP3	B9	1,8 (KP)	1,35	1,5	175 m n.m.
	B11	0,7 (KP)			
	B14	1,5 (KP)			
VP4	B8	1,3 (KP)	0,9	1,0	182,5 mn.m.
	B10	0,5 (KP)			

Napomena: Oznaka KP upućuje na dubinu moguće klizne plohe, dok ST označava dubinu samoniklog tla.

Zona VP0 i VP0^{+} slična je zoni VP1, a nije ni bitno veća razlika u zoni VP2. Tek u zoni VP3 i VP4 debljina razrahljenog pokrova naglo opada na 1,0-1,5 m. No te zone su suviše blizu gornjem rubu klizišta pa nam nisu ni tolko bitne za izbor trase potpornog nožićnog nasipa. Kada

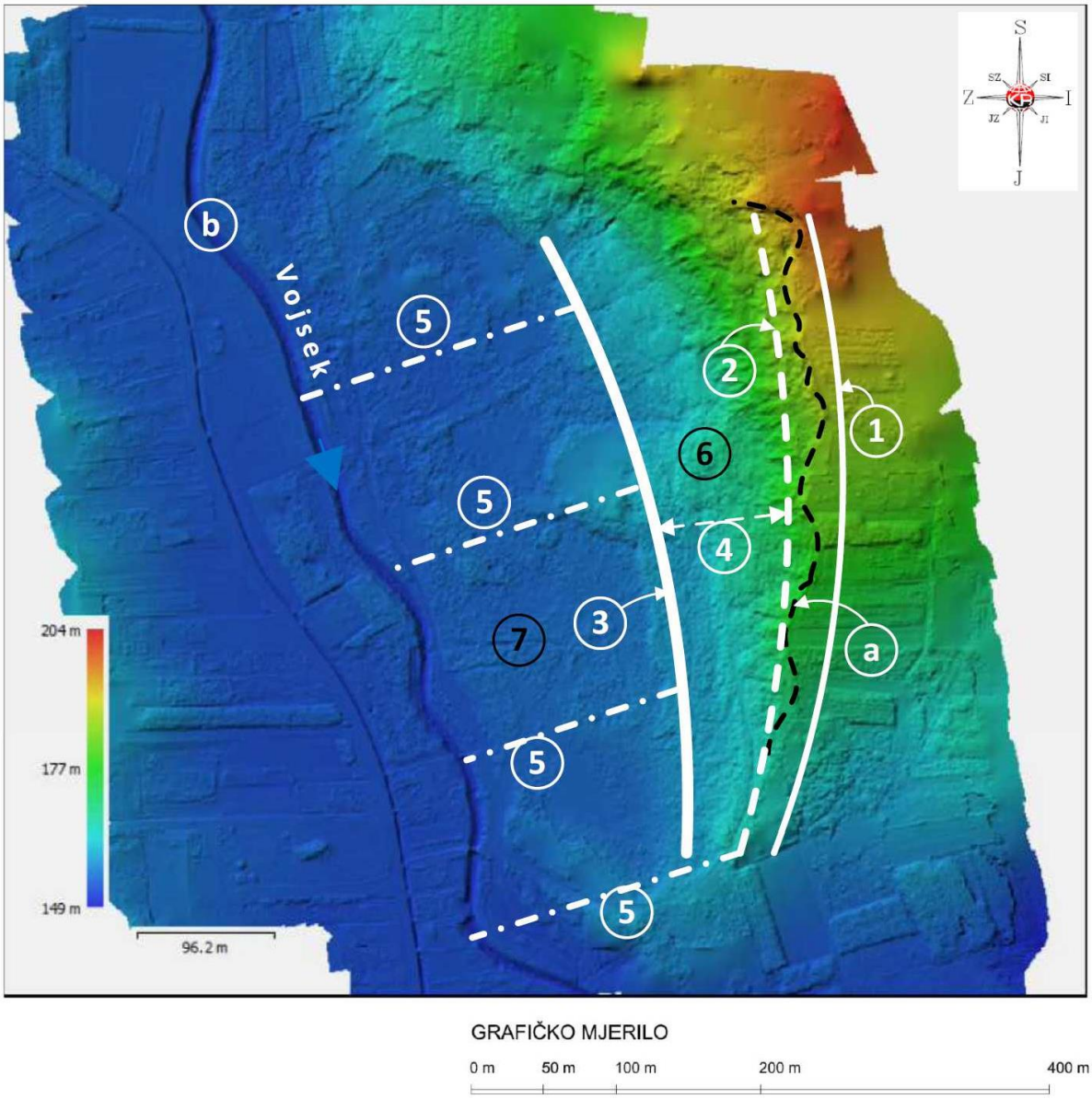
sve malo bolje sagledamo i uzmemo u obzir, dolazimo do zaključka da se trasa budućeg nožićnog nasipa kao vitalnog dijela sanacijskog riješenja treba položoti u zoni platoa VP1. U toj zoni srednja dubina samoniklog tla je približno 5 metara. U tom smislu bit će i oblikovan sanacijski koncept koji je ukratko opisan i izložen kroz sljedeću točku.

8.2. OBLIKOVANJE SANACIJSKOG KONCEPTA

Sanacija glinokopa, odnosno sanacijski koncept sastoji se od različitih zahvata koji će smisleno biti uklopljeni u jednu cijelinu koja bi kao takva trebala funkicionirati, a to su :

a) Prihvat i odvodnja površinskih i oborinski voda s velikim naglaskom na lateralni sabirni jarak duž gornjeg ruba glinokopa
b) Prihvat i odvodnja procjednih voda, odnosno izvođenje drenažnog sustava kod kojeg bi ključnu ulogu imao uzdužni dren paralelan s prethodno spomenutim lateralnim jarkom, ali izvedenim neposredno ispod ruba glinokopa
c) Strogo kontrolirana izvedba nožićnog uporišnog nasipa s visinskog platoa VP1. Temeljna stopa mora biti ukopana najmanje 5-6 m ispod razine postojećeg terena s visinskog platoa VP1
d) Formiranje urednog pokosa s nekoliko bermi između uporišnog nasipa i gornjeg ruba klizišta odnosno glinokopa. Nagibi pokosa obavezno moraju biti manji od 30°, uglavnom u rasponu 1 : 5 do 1 : 2
e) Izvedba sustava odvodnje površinskih voda s osobitim naglaskom na novoformirane pokose te prihvat i odvodnja procjednih voda sve do potoka Vojseka.
f) Navoženje humusa na prethodno sanirane pokose te sijanje prikladnog biljnog pokrova po cijelom saniranom području
g) Krajnje uređenje cijelog saniranog područja uz omogućen naknadni pristup

Pojednostavljeni shematski prikaz glavnih elemenata sanacije klizišta (slika 8.1.). Prikaz je iscrtan na podlozi s hipsometrijskim razlučenim prostorom i u ovoj fazi sanacije se odnosi samo na južni dio glinokopa, odnosno klizišta).



Slika 8.1. shematski prikaz sanacijskog koncepta južnog dijela glinokopa [1]

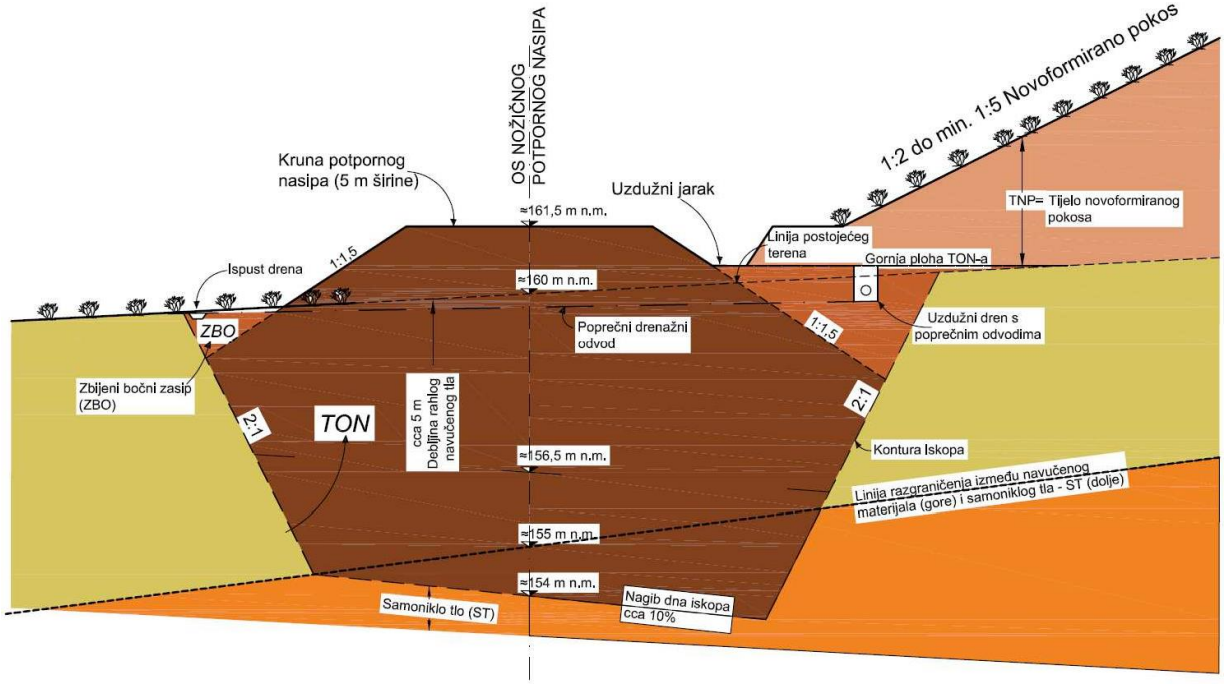
Tumači oznaka na slici (8.1.):

a) Istočni rub odrona, gornji rub klizišta (padine)
b) Potok Vojsek na zapadnom rubu područja

1) Laterani jarak nad gornjim rubom klizišta za odvodnju površinskih voda
2) Lateralni dren pod samim gornjim rubom klizišta prosječne dubine 2 m.
3) Uporišni nasip koji se temelji na samoniklom tlu, ključno uporište saniranog klizišta
4) Novoformirani pokos s kombiniranim nagibima i uzdužnim bermama. Drenažni sustav (poprečni drenovi) će se izvodit ispod površine pokosa dok će na samoj površini biti izvden sustav za prihvat i odvodnju površinskih voda
5) Poprečni odvodni kanali za sve prikupljene vode na području sanirane padine

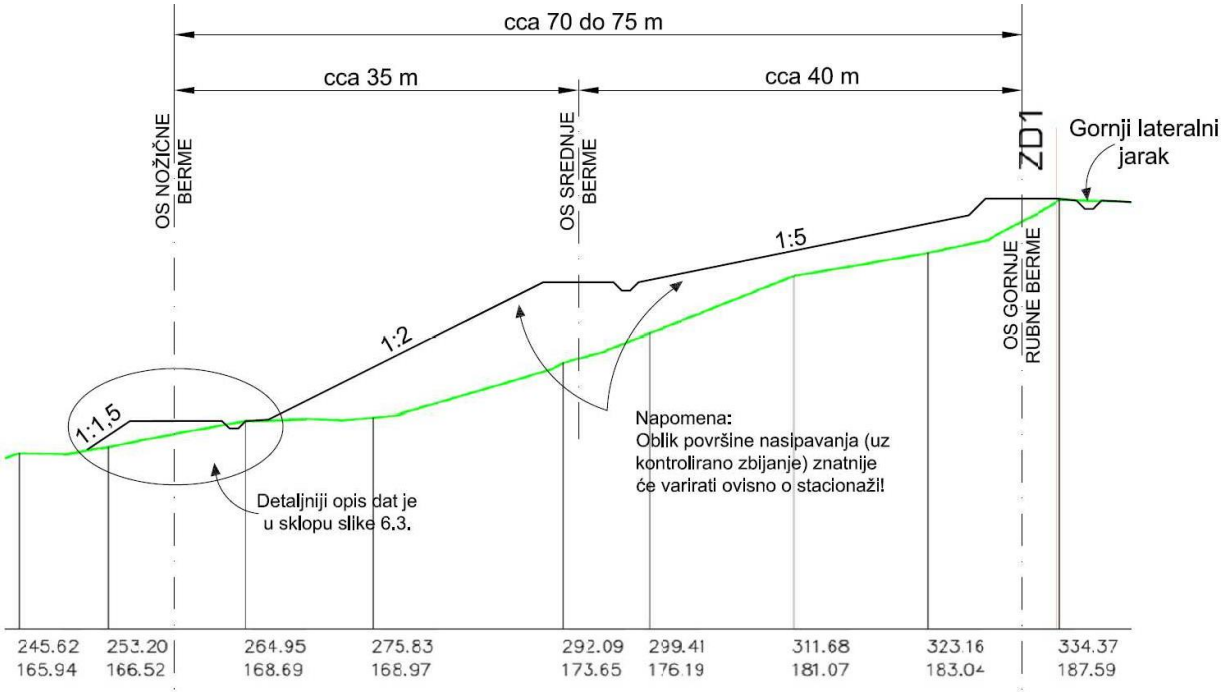
6) Površina saniranog pokosa s humusnim pokrovom uz sijanje prikladnog biljnog pokrova
7) Površina pod samoniklim raslinjem

Ključno statičko uporište saniranog pokosa klizišta bit će nožićni uporišni nasip. Taj nasip mora biti strogo kontrolirano izveden i mogli bismo reći temeljen(usađen) u samoniklo tlo. Nasip mora biti ukopan prbližno do dubine 6 m jer se na toj dubini nalazi stabilno i čvsto tlo. Geometrijsko pojašnjeno rješenje možemo vidjeti na slici 8.2.
uz napomenu da su pri projektnoj razradi moguće promjene usklađene s cijelinom rješenja.



Slika 8.2.Shematski prikaz rješenja potpornog nasipa u uporištu glinokopa [1]

Na slici 8.2. možemo vidjeti shemu sanacije pokosa klizišta (glinokop). Na shemi je prikazano rješenje sa samo 2 pokosne plohe, a bitno je naglasiti da će cjeloviti pokos od gornjeg ruba pa do donjeg ruba nožićnog nasipa biti projektno tretiran s tri, a možda čak i sa četiri pokosne plohe. Nagibi tih pokosnih ploha će se postupno mjenjati od odnosa 1: 5 (α = 11,3°) do odnosa 1 : 2 (α = 26,7°). Sve to će ovisiti o geostatičkim analizama stabilnosti te o optimalizaciji prelaganja zemljanih masa.



Slika 8.3.Shematski prikaz sanacije pokosa[1]

9. ZAKLJUČAK

Napušteni glinokop na padinama Đurđevićevog brijega kod Bedekovčine predstavlja veliki padinski zasjek. Visina zasjeka je približno 30 metara, a proteže se od juga prema sjeveru u duljini većoj od 600 metara, uz prosječnu širinu približno 300 metara. U klizištu je zahvaćeno oko 20 ha površine. U prvu fazu sanacije klizišta ušla je samo južna polovina tog područja.

Tijekom ljetnih mjeseci 2016. Godine na području glinokopa provedena su geodetska snimanja i mjerenja iz kojih su proizašle geodetske snimke i podloge. Tijekom sušnih razdbolja provedena su i istražna bušenja (14 istražnih bušotina) uz istovremeno rekognosiciranje terena.

Obzirom na to da su se svi opisani radovi odvijali tijekom sušnog razdoblja, bio je moguć pristup bilo kojoj točki na klizištu, no zbog sušnog vremena o mokrim punktovima i blatnim tokovima moglo se samo nagađati i indirektno zaključivati. Zbog toga su bila potrebna dodatna opažanja tijekom kišne sezone.

Obzirom na to da posebno značenje u promišljanju sadašnjeg i budućeg stanja destabiliziranog terena imaju zatečeni nagibi samoformiranih pokosa, napravljena su neka informativna mjerenja na terenu koja su objašnjena već prethodno u radu.

Pored toga, napravljena su i neka komparativna mjerenja nagiba pokosa izvedenih među parkirališnim terasama ispod bolnice u Bračku (ti pokosi na dnu su poduprti gabionskim zidovima) i nagibi kamenom obloženog cestovnog pokosa u zasjeku sjeverozapadno od bolnice u Bračku. Sve to zajedno imalo je važno mjesto u formuliranju koncepta sanacije glinokopa.

Vezano za probleme procjednih voda, sušno razdoblje nije omogućavalo dati odgovore na određena pitanja, no bušotinska opažanja dala su korisne podatke o nivou podzemne vode. Tijekom rekognosiciranja terena otkrivena su i tri seoska zdenca koji su nam isto vrlo bitna. Zdenac uz sami gornji rub klizišta je već dulje vrijeme potpuno suh, dok druga dva zdenca pokazuju da je u njima vodna razina na dubini cca 2,10 m (mjereno od površine terena). To nas upućuje na zaključak da se vodonosni sloj u zaleđu glinokopa nalazi na dubini između 2 i 3 metra.

Glede površinskih voda, evidentno je da se uz gornji rub glinokopa treba izvesti lateralni kanal na udaljenosti 10-ak metara od ruba klizišta. U taj kanal bi se sljevale sve one površinske vode koje inače nadiru preko ruba klizišta i ubrzano destabiliziraju pokos glinokopa. Taj kanal trebao bi se napraviti na samom početku sanacijskih radova.

U geostatičkom smislu, ključno značenje ima nožićni potporni nasip čija bi trasa trebala biti položena duž visinskog platoa VP1 na kojem su izvede istražne bušotine B4, B5, B6 i B7. Taj nasip mora ležati na stabilnoj podlozi pa će stoga biti ukopan u samoniklo tlo do dubine od cca 5

do 6 metara. Što se tiče izvedbe pokosa između gornjeg ruba glinokopa i nožićnog potpornog nasipa, isti će se sastojati od nekoliko zakošenih ploha čiji nagibi će se kretati od 1 : 5 pa do makismalno 1 : 2. Ispod tih ploha uspostavit će se padinski drenažni sustav zbog procjednih voda, a na površinama novoformiranih pokosa uspostavit će se mreža sabirnih jaraka i kanala uz osiguranu odvodnju do potoka Vojseka. Sve te površine bit će prekrivene tankim humusnim slojem te zasijane odgovarajućim biljnim raslinjem.

U Varaždinu, Vlastoručni potpis:

10. LITERATURA

[1] Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa [Glinokop ĐURĐEVIĆEV BRIJEG Bedekovčina]

[2] Mihalić. S. (2008) Geodinamički procesi i pojave – predavanje, Zagreb:

Sveučilište u Zagrebu – Rudarsko-geološko-naftni fakultet Zagreb

[3] Szavits-Nossan, V.(2015) Stabilnost kosina, Mehanika tla i stijena – predavanje, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu – Građevinski fakultet Zagreb

[4] Minažek, K. (2015b) Klizišta, predavanje, Građevinski fakultet Osijek

[5] Nonveiller, E., (1982): Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga, Zagreb.

[6]Ivšić, T., 2012: Prezentacija: Stabilnost kosina 1, Građevinski fakultet Zagreb, Zagreb, https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/Predavanja_2/Ivsic-GEO-INZ-stabilnost-4.pdf(1.2.2019.)

[7] Highland, L.M., Bobrowsky, P., 2008:The landslide handbook—A guide to understanding landslides, U.S.Geological Survey Circular1325, Reston, Virginia

[8] Kerisel, J., Absi, E (1990). Active and passive earth pressure tables. A.A. Balkema, Rotterdam.

[9] Jaky, J.(1944). The coefficinet od earth pressure a rest. J. Soc. Hungarian Architects and Engineers 78(22), 355-358 (na mađarskom)

[10] Terzaghi, K, (1936). The shearing resistance of saturated soils. Proc. First Int. Conf. Soil Mech. & Fdn. Engng. Cambridge, Massachusetts, Harvard Universitx, 1, 54-56

POPIS SLIKA

Slika 1.1. Pogled s glinokopa prema Bedekovčini i Medvednici u pozadini(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....11
Slika 1.2. Pogled duž glinokopa(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....11
Slika 2.1. Dijelovi klizišta(Izvor: Prema Highland i Bobrowsky, 2008).....13
Slika 2.2. Prikaz klizanja i tečenja (*Izvor:* Mihalić.2008.).....14
Slika 2.3. Prikaz odronjavanja i prevrtanja (*Izvor:*Mihalić,2008.).....14
Slika 2.4. Bočno razmicanje(*Izvor:* Mihalić,2008.).....15
Slika 2.5. Dijelovi klizišta(Izvor:Mihalić,2008.).....16
Slika 2.6. Aktivnost klizišta (Izvor:https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:226349 ,Dostupno:16.8.2019).....18
2.7. Distribucija aktivnosti (Izvor:https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:226349,Dostupno: 16.8.2019.).....19
Slika 2.8. Stilovi aktivnosti klizanja (Izvor:https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:226349,Dostupno:16.8.2019.).....20
Slika 2.9. Brzina kretanja klizišta(Izvor: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:133:226349,:16.8.2019.).....21
Slika 3.1. Modifikacija geometrije padine (Izvor:Minažek,2015b).....27
Slika 3.2. Kopani dren (Izvor: Szavits-Nossan, 2015.).....28
Slika 3.3. Bušeni dren (Izvor:Szavits-Nossan, 2015.).....29
Slika 4.1. Pogled s pristupne točke(jugoistočni rub glinokopa) u smjeru sjever-sjeverozapad (Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....30
Slika 4.2. Situacijski prikaz glinokopa na geodetskoj snimci starosti minimalno 10 godina.(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....31
Slika 4.3. Pogled prema najvišoj koti čela glinokopa.(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....32
Slika 4.4. Jedan od izrazitiji blatnih tokova(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....32
Slika 4.5. Vlačna pukotina uz čeoni rub glinokopa.(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....33
Slika 4.6. Bočno klizište koje je pokrenulo velike mase tla.(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....33

Slika 4.7. Bočna denivelacija kliznog segmenta.(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....34
Slika 4.8. Podnožje glinokopa zapunjeno žitkom masom i zraslo raslinjem(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....34
Slika 4.9.Situacijski prikaz istražnih sondi približno naznačenih na geodetskoj snimci.(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....36
Slika 5.1. TIN struktura kod 3D modeliranja(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....39
Slika 5.2. 3D model,uz cestu jasno se vidi vijuganje potoka Vojseka(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....39
Slika 5.3. Digitalni model terena(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....40
Slika 5.4. Digitalni ortofoto (DOF)(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....41
Slika 6.1. Pogled na površinsku prevlaku poremećenog tlo u podnožju glinokopa(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....43
Slika 6.2.Provedba istražnih bušenja na platou VP1(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....45
Slika 6.3. Istražno bušenje na poziciji B5(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....48
Slika 6.4.Jezgra bušotine B5(Izvor:Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....48
Slika 6.5.Bušotina B5(Izvor:Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....49
Slika 6.6.Jezgra bušotine B5(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....50
Slika 7.1. Potok Vojsek-niska razina vode (30.7.2016)(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....52
Slika 7.2. Erozijska jaruga s pogledom prema glinokopu u blizini istražne bušotine B7(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....53
Slika 7.3.Vrbik,područje visinskog platoa VP1(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....53
Slika 7.4.Oskudno raslinje u području tzv. viših platoa(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....54

Slika 7.5.Hidrofilno bilje, visinski plato-VP4(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....54
Slika 7.6.Mjerenje karakterističnih nagiba u zoni bušotine B11(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....58
Slika 7.7.Mjerenje karakterističnog nagiba ispod istražne bušotine B10(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....59
Slika 7.8. Rezultati Proctorovog pokusa (uzorci iz SJ-1 i SJ-2)(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....60
Slika 8.1. shematski prikaz sanacijskog koncepta južnog dijela glinokopa(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....63
Slika 8.2.Shematski prikaz rješenja potpornog nasipa u uporištu glinokopa(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....64
Slika 8.3.Shematski prikaz sanacije pokosa(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa).....65

POPIS TABLICA

Tablica 4.1. Rezultati istražnih bušotina
(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)…….35
Tablica 5.1. Visinske kote istražnih bušotina i seoskih zdenaca
(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)…….42
Tablica 6.1. Visinski platoi (VP) i pripadne istražne bušotine
(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)…….44
Tablica 6.2.Osnovni elemeni sondažnog bušenja
(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)…….46
Tablica 7.1. INICIJALNO MJERENJE VODNE RAZINE U TRI POSTOJEĆA SEOSKA ZDENCA (18.08.2016.)(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)……..56
Tablica 7.2.KRONOLOŠKI PODACI O POVREMENIM IZMJERAMA RAZINE VODE U ISTRAŽNIM BUŠOTINAMA U TRI SEOSKA ZDENCA(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)……..57
Tablica 8.1. Dubine samoniklog tla (ST)
(Izvor: Izvješće o geotehničkim istražnim radovima na području glinokopa)……..61

Sveučilište Sjever
Sveučilišni centar Varaždin
104. brigade 3, HR–42000 Varaždin

Prijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL: Odjel za graditeljstvo

PRISTUPNIK: Darko Siketić | MATIČNI BROJ: 1058/336

DATUM: 01. 08. 2019. | KOLEGIJ: Geotehnika

NASLOV RADA: SANACIJA KLIZIŠTA GLINOKOPA ĐURĐEVIĆEV BRIJEG U BEDEKOVČINI

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU: Landslide mitigation of clay pit "Đurđevićev brijeg" in Bedekovčina

MENTOR: dr.sc. Matija Orešković | ZVANJE: docent

ČLANOVI POVJERENSTVA:

1. doc. dr. sc. Aleksej Aniskin
2. doc. dr. sc. Matija Orešković
3. prof. dr. sc. Božo Soldo
4. Mirna Amadori, predavač
5.

Zadatak završnog rada

BROJ: 370/GR/2019

OPIS

U Završnom radu potrebno prikazati postojeće stanje predmetne lokacije na kojoj se planira zahvat u prostoru. nakon toga, prikazati projektni zadatak i tehničko rješenje, odnosno opis planiranog zahvata, sanacija padine. Detaljnijo opisati sanacijski koncept, odnosno opisati koji se sve zahvati planiraju na predmetnoj lokaciji kako bi se klizište rehabilitiralo.

Rad se sastoji od:

1. UVOD
2. OPĆENITO O KLIZIŠTIMA
3. GEOTEHNIČKO PROJEKTIRANJE PREMA EUROKODU 7
4. PROBLEMATIKA KLIZIŠTA GLINOKOPA ĐURĐEVIĆEV BRIJEG
5. GEODETSKI RADOVI
6. ISTRAŽNA BUŠENJA
7. GEOTEHNIČKA OPAŽANJA I MJERENJA
8. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I OBLIKOVANJE SANACIJSKOG KONCEPTA
9. ZAKLJUČAK

Literatura

ZADATAK URUČEN: 17.09.2019 | POTPIS MENTORA:

REPUBLIKA HRVATSKA SVEUČILIŠTE SJEVER

SVEUČILIŠTE SJEVER

UNIVERSITY NORTH

Sveučilište Sjever

SVEUČILIŠTE SJEVER

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 *(ime i prezime)* pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom GLINOKOP ĐURĐEVIČEV BRIJEG BEDEKOVČINA *(upisati naslov)* te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

DARKO SIKETIĆ
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnost 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 *(ime i prezime)* neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom GLINOKOP ĐURĐEVIČEV BRIJEG BEDEKOVČINA *(upisati naslov)* čiji sam autor/ica.

Student/ica:
(upisati ime i prezime)

DARKO SIKETIĆ
(vlastoručni potpis)