

*Stručni rad  
Professional paper  
UDC: 624.131.537(497.6 RS)*

## NEKOLIKO PRIMJERA ISTRAŽIVANJA I SANACIJE KARAKTERISTIČNIH KLIZIŠTA U REPUBLICI SRPSKOJ

Neđo Đurić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Tehnički institut, Bijeljina, E. mail. tehnicki@tehnicki-institut.com*

### REZIME

Složenost geološke građe terena, često nepovoljni klimatski faktori, kao i tehnički zahvati, stvaraju uslove za aktiviranje zemljanih masa na površini terena, koje se uglavnom manifestuju u vidu klizišta. Na teritoriji Republike Srpske, odnosno cijele Bosne i Hercegovine, kao i zemalja u okruženju, prisutna su česta klizišta. Njihov značaj je različit u zavisnosti od ugroženosti objekata, odnosno terena na kome se nalaze.

Posljednjih godina evidentiran je veći broj klizišta, uglavnom duž trase saobraćajnica (puteva i pruga), duž riječnih tokova bilo da oštećuju obalu ili nasipe, zatim na padinama gdje se nalaze objekti, najčešće stambeno-poslovni. Klizišta nastala u područjima gdje izostaje interesovanje čovjeka za teren, uglavnom nisu istraživana.

U radu će se dati nekoliko primjera klizišta koja su istraživana i sanirana, kao i istraživanje i saniranje nestabilnih padina u fazi prije gradnje objekata, kako bi se teren stabilizovao pa tek onda gradili objekti.

Ključne riječi: *klizišta, istraživanje klizišta, sanacija klizišta, objekti, drenažni sistem, potporni zidovi, šipovi*

## SOME EXAMPLES OF RESEARCH AND REHABILITATION CHARACTERISTIC LANDSLIDE IN THE REPUBLIC OF SRPSKA

### ABSTRACT

The complexity of geological settings, often adverse climatic factors, as well as technical operations, creating conditions for activation of earth masses on the surface, which is mainly manifested in the form of landslides. On the territory of the Republic of Srpska, and the whole of Bosnia and Herzegovina and neighboring countries, there are frequent landslides. Their importance varies depending on the vulnerability of buildings and grounds on which they are located.

In recent years recorded a large number of landslides, mostly along the roads (roads and railways), along the rivers was to damage the coast or dams, then on the slopes where there are buildings, mostly residential and business. Landslides occurred in areas lacking human interest for ground, are generally not investigated.

The paper will give a few examples of landslides that were examined and repaired, as well as research and remediation of unstable slopes in the phase prior to construction of facilities, to stabilize the ground and then build facilities.

Key words: *landslide, landslide investigation, remediation of landslides, buildings, drainage systems, retaining walls, piles*

## UVOD

U preteklim godinama klizišta su predstavljala značajne probleme tokom izgradnje i eksploatacije građevinskih objekata. Najčešći nastanak klizišta vezan je izvođenje građevinskih radova na terenima gdje nisu izvršena njegova prethodna istraživanja i proučavanja. Znatno broj klizišta nastaje tokom rekonstrukcije saobraćajnica, gdje također nisu provedena istraživanja u cilju proučavanja terena za nove uslove koji će nastati. Loše održavanje riječnih obala, obala raznih vodenih akumulacija, nasipa za odbranu od poplava, kao i drugih hidrotehničkih ili infrastrukturnih objekata, prethodi stvaranju klizišta. Ona su najčešće takve razmjere da ne mogu ostati zanemarena, već ih treba sanirati.

Nepovoljni klimatski uslovi i veće prisustvo padavina, karakterišu pojavu klizišta na padinama koje su godinama bile uslovno stabilne. Neka od tih klizišta ugrožavaju građevinske objekte, te zahtijevaju njihovu sanaciju. Klizišta nastala na terenima koji nisu predmet interesovanja čovjeka ostaju neprimijećena ili ne postoji interes za njihova istraživanja i sanaciju.

U toku izrade projektne dokumentacije predviđena su istraživanja terena, čiji su rezultati podloga za dalje projektovanje. U kojoj mjeri se poštuju zakonski propisi i pravila struke, može se sagledati kroz prikaz nekoliko primjera iz prakse vezanih za istraživanje i sanaciju klizišta, odnosno nestabilnih terena.

## KLIZIŠTE NA PRUZI TUZLA – ZVORNIK

Nalazi se na stacionaži km 41+150 do km 41+200 sa lijeve strane usjeka, oko 50 m prije ulaska u tunel. Godinama je vršena djelimična sanacija, ali bez prethodnih detaljnih istraživanja, tako da se nisu ni mogla naći odgovarajuća rješenja. Česte sanacije poput izgradnje plitkih potpornih zidova, nisu dale adekvatne rezultate, te se stvorio mit o ogromnom klizištu. Položaj klizišta je takav da je veoma nepristupačno za izvođenje određenih istražnih radova, a za sanacione radove neophodno je promijeniti režim željezničkog saobraćaja.

Prevedenim geotehničkim istraživanjima konstatovano je da se klizište formira na glinenim škriljcima koji predstavljaju supstrat terena. Veoma su podložni uticaju atmosferilija. Dosta su trošni, lako se drobe, odlamaju, raspadaju, jednostavno nepovoljni u inženjerskogeološkom smislu. U krovinskom dijelu nalaze se šljunkoviti-pjeskovito-glinoviti sedimenti, preko koji se nalazi humusni pokrivač. U prirodnim uslovima su uslovno stabilni, ali pri podsijecanju padine, posebno u prisustvu atmosferskih padavina, dolazi do narušavanja prirodne ravnoteže i aktiviranja procesa klizanja.

Teren na kome se nalazi klizište morfološki je jako razvijen, gdje su padine strme sa nagibom 15 – 30°, što je odraz geološke građe u podlozi, slika 1.

U prirodnim uslovima teren je predstavljao pregib, koji se prostirao istok – zapad. Izgradnjom pruge, pregib je presječen upravno na pružanje, te je formiran strmi usjek sa nagibom kosine 1:1. Klizište je širine oko 30,0 m sa visinskom razlikom od nožičnog dijela do vrha čeonog ožiljka oko 18,0 m.

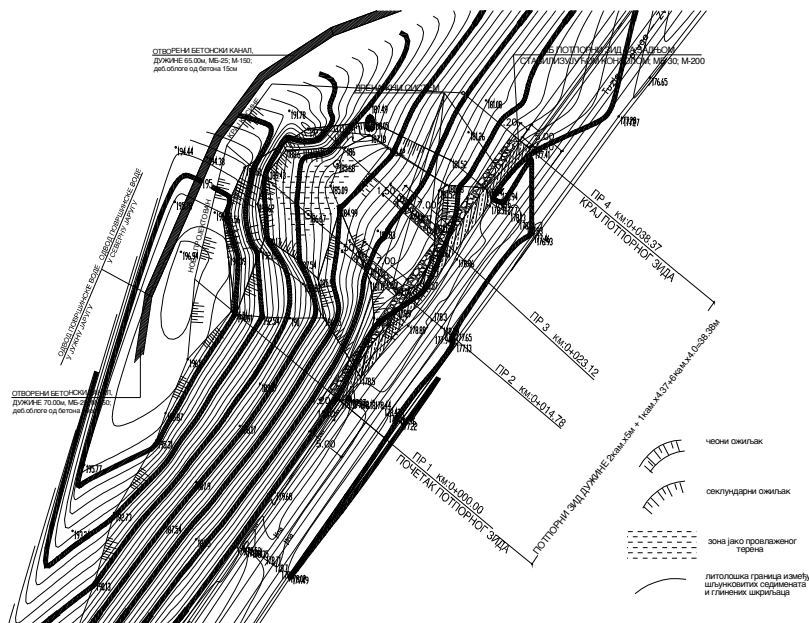
Inženjerskogeološke karakteristike terena su odraz osnovne građe koju čine stijene miocenske i trijaskne starosti. Glineni škriljci trijaskne starosti predstavljaju podlogu na kojoj je aktivirano klizište. Veoma su podložni atmosferilijama, dosta su trošni i degradirani, lako se drobe, odlamaju i raspadaju, naročito u pripovršinskom dijelu. U hidrogeološkom smislu predstavljaju vodonepropusne stijene.

Mogućnost kretanja atmosferskih voda u dublje dijelove terena postoji jedino po pukotinskim pravcima, te je dubina do podzemne vode zavisna o ispuhalosti stijene.



Slika. 1. Pozicija klizišta  
Figure. 1. Position landslides

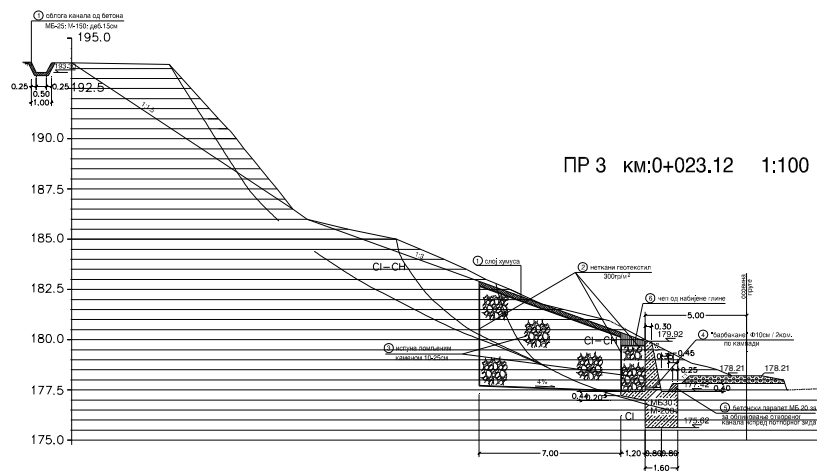
U prirodnim uslovima, teren je uslovno stabilan. Narušavanjem njegove prirodne ravnoteže usljed zasijecanja postao je nestabilan, prvenstveno što je nagib padine istovjetan nagibu slojeva. Pored toga uticajem atmosferilija vrši se hemijska i fizička izmjena stijena, naročito duž pukotinskih sistema. Degradirani dio stijene je kora trošenja koja je izuzetno podložna daljnjem raspadanju i otkidanjem većih i manjih blokova, veličine do 0,2 m. Na slici 2, prikazana je konturna granica klizišta sa čeonim i sekundarnim ožiljcima.



Slika 2. Konturna granica klizišta, sa prijedlogom sanacije  
Figure 2 Contour borders landslides, with proposed remediation

Pretpostavljena granica u gornjem dijelu klizišta je na prosječnoj dubini oko 3,0 m, a u donjem dijelu oko 4,0 m. Klizni sloj nalazi se u sloju pokrivača od prašinsto-peskovitih mekih glina niske plastičnosti. Uzrok nastanka klizišta je strm nagib leve kosine useka, predisponiran litološki sastav pokrivača terena ka nestabilnosti, poroznost površinskog sloja, odnosno njegovo svojstvo za prijem površinskih voda, kao i destruktivno dejstvo podzemnih voda u terenu.

Za sanaciju klizišta predložen je potporni AB zid sa zadnjom stabilizirajućom konzolom sa pratećim elementima, slika 3. Njegova funkcija je da spriječi dalje deformisanje kosine usjeka, prima pritiske tla i prenese ih u dubinu u neketane dijelove terena.



Slika 3. Potporni AB zid  
Figure 3. Supporting AB wall

Klizište je uspješno sanirano prije pet (5) godina i dovoljno j da se željeznički saobraćaj redovno odvija.

#### KLIZIŠTE „POLOM – II“ NA PUTU DRINJAČA – BRATUNAC

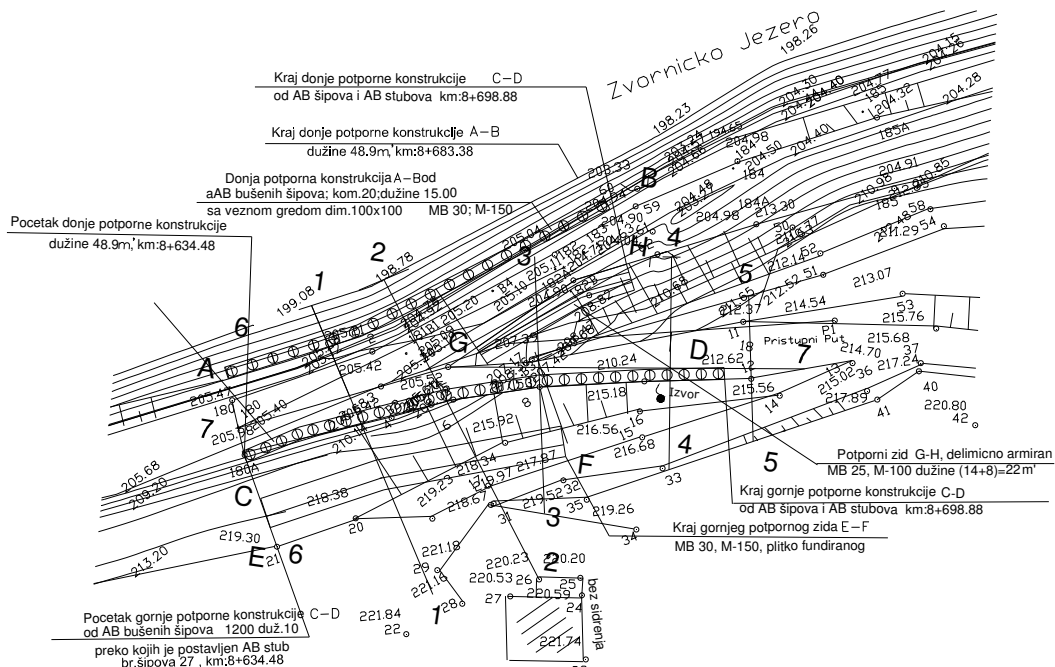
Na putu Drinjača – Bratunac, pored rijeke Drine u naselju Polom II, aktivirano je klizište tokom rekonstrukcije saobraćajnice za njeno asfaltiranje. Put je izgrađen početkom dvadesetog vijeka duž lijeve obale rijeke Drine, koja je dosta strma. Izvođenjem radove bez prethodnih istraživanja i izrade projektne dokumentacije, došlo je do narušavanja stabilnosti padine, pri čemu se javio veći broj klizišta, a jedno od najznačajnijih je Polom II.

Za sanaciju klizišta neophodno je bilo prethodno uraditu geotehnička istraživanja. Njihova svrha je da se definišu geotehnički uslovi terena, odnosno uzroci i uslovi nastanka klizišta sa aspekta prirodne konstrukcije terena i inženjerskih radova na izgradnji puta. Veličina klizišta je oko 0,6 ha, sa dužom stranom pored puta oko 50,0 m, gdje pokrenuta stijenska masa oko 1.000 m<sup>3</sup>. Sa donje strane klizište je svojom dužinom dospjelo do korita rijeke Drine, odnosno do vodenog ogledala Zvorničkog jezera. Sa gornje strane zahvaćena je trasa puta, na pojedinim mjestima u cjelosti.

Stanje klizišta je bilo takvo da se stalno širilo, što je zahtijevalo hitne mjere, obzirom na intenzitet saobraćaja i prisustva objekata na kosini sa desne strane puta. Visina kosine je oko 15,0 m i veoma je strma, slika 4, što je ostavljalo mogućnost proširenja klizišta, a time potpunog ugrožavanja saobraćaja i susjednih objekata.

U geološkoj građi teren je predstavljen sedimentima karbona (C) i kvartara (Q). Najstariji sedimenti pripadaju Drinskom paleozoiku, a izgrađeni su glinenih škriljaca, metapješčara, kvarčnih breča i

podređeno pjeskoviti prekrystalisani karbonata. U zoni lokacije klizišta konstatovani su kao supstrat terena.



Slika 4. Lokacija klizišta, sa prijedlogom sanacije  
Figure 4 Location landslides, with proposed remediation

Neposredno preko sedimenata paleozoika, nalaze se sedimenti donje terase ( $t_3$ ) rijeke Drine, koji se ne pojavljuju na površini terena. Predstavljani su zaglinjenim šljunkom i pijeskom sa učešćem većih i manjih blokova stijena supstrata. Najmlađi sedimenti predstavljani su proluvijalnim nanosom (pr), koji su istaloženi u obliku konusa, preko sedimenata supstrata i terasnih sedimenata. Izgrađeni su od slabo zaobljenih odlomaka i blokova krečnjaka, dolomita, kvarcita, pješčara i škriljaca, koji su slabo vezani sa glinovito pjeskovitim materijalom.

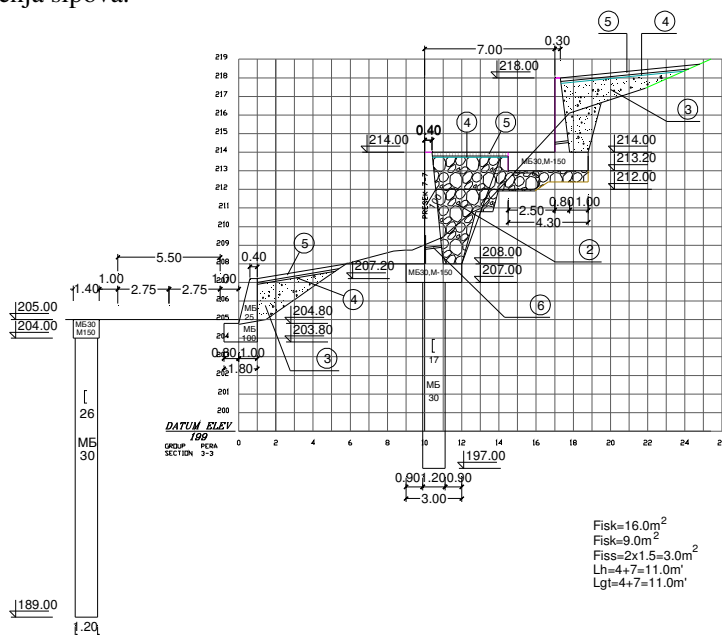
Klizište se razvilo u proluvijalnim sedimentima koji su veoma heterogenog sastava, gdje klizna ravan formirana u sloju jako zaglinjene drobine. Pripada tipu delapsionih klizišta, a kontakti prostor istraživane lokacije ocijenjen je kao fosilno klizište.

Sanacija klizišta imala je dva zadatka. Prvi da sanira teren koji je pokrenut lijevo od puta ka rijeci Drini, kao i sam put koji je jako deformisan. Drugi zadatak sanacije je da se zaštiti vrlo visoka i strma kosina sa desne strane puta, koja u fazi istraživanja nije bila pokrenuta. Potencijalno je mogla da bude pokrenuta i ugrozi kako regionalni put, tako i objekte koji se nalaze u gornjem dijelu padine.

Sanacija klizišta za oba zadatka, vezana je za AB potpurnu konstrukciju od bušenih šipova, slika 5. Prva potporna konstrukcija sa lijeve strane puta postavljena je tako da sanira pokrenute stijenske mase i predstavlja donju potpurnu konstrukciju, čija je dužina oko 50,0 m. Sastavljena je od 20 AB bušenih šipova, dužine 15 m, prečnika 1,2 m, raspoređenih na međusobnom rastojanju od 2,5 m. Šipovi su urađeni od betona MB 30 sa rebrastom armaturom (RA 400/500-2), povezani gredom koja im daje monolitnost, dimenzija 140/100 cm. Greda kao i šipovi urađeni su od iste armature i marke betona koja je otporna na dejstvo mraza M-150. Šipovi su uklješteni u nekretani dio terena na dubini ispod 7,0 – 8,0 m od površine terena, odnosno kolovoza.

Druga potporna konstrukcija nalazi se sa desne strane puta i štiti strmu kosinu, koja još nije pokrenuta. Obezbjedenjem njene stabilnosti, zaštićena je stabilnost puta, kao i objekti iznad kosine. Potporna konstrukcija sastavljena je od 29 AB bušenih šipova, dužine 10,0 m, prečnika 1,2 m, raspoređenih na međusobnom rastojanju 2,0 m. Šipovi su armirani istom rebrastom armaturom, gdje vezna greda dimenzija 300/100 cm, a marka betona MB 30, otpornog na dejstvo mraza M-150. Vezna greda je

nešto šira i na nju je postavljen AB stub visine 9,0 m. U statičkom smislu proširena vezna greda stabilizuje cijelu potpornu konstrukciju proširenjem pritiska na tlo sa spoljne strane, a sa unutrašnje prima dio vertikalne sile od kamene ispune i izaziva suprotan momenat od momenta pritiska tla. Površina terena na kojoj je postavljena potporna konstrukcija je u stabilnom stanju, te se smatra mjestom uklještenja šipova.



Slika 5. Ugrađene potporne konstrukcije, profil 3 – 3'  
Figure 5 Built-supporting structures, the profile 3-3'

Obzirom da je kosina sa lijeve strane brda vema visoka od 15,0 – 19,0 m, te da bi ona ostala u ravnoteži, pored izrade AB stuba potporne konstrukcije sa veznom gredom, urađen je i gornji potporni zid, dužine 46,0 m. Sačinjen je od deset kampada dužine 4,0 m i dvije kampade dužine 3,0 m. Potporni zid je ugaonog tipa, fundiran plitko u ispuni od kamena, koja je postavljena iza AB stuba. Zid je urađen od materijala istih karakteristika kao prethodne konstrukcije.

Za novo rekonstruisani put koji obezbjeđuje prilaz grupi kuća iznad puta, urađen je donji potporni zid, dužine 22,0 m, od kampada dužine 4,0 m i 3,0 m. Potporni zid ima zadnju stabilizirajuću konzolu, koja je potrebna radi stabilnosti potpornog zida. Zid je temeljen plitko, na dubini 1,3 m od površine kolovoza puta u samoniklom tlu od glinovite drobine.

## KLIZIŠTE NA REGIONALNOM PUTU BANJA LUKA – ALEKSIĆI

Na regionalnom putu Banja Luka – Aleksići, tokom izvođenja odeređenih građevinskih radova na privatnom posjedu, došlo je do narušavanja ravnoteže prirodnog stanja terena i formiranja klizišta. Pokrenuta zemljana masa ugrozila je regionalni put, što je zahtijevalo brzo saniranje nastalog klizišta.

Prethodno je vlasnik parcele na blago nagnutoj padini želeći da joj promijeni nagib i privede svojoj namjeni nasuo velike količine zemljanog materijala. Gornji dio padine je izravnao i izgradio teniski teren. Ispod terena u cilju njegove stabilnosti urađen je potporni zid, a ispod zida teren je imao blagi nagib prema regionalnom putu koji je udaljen cca 50,0 m.

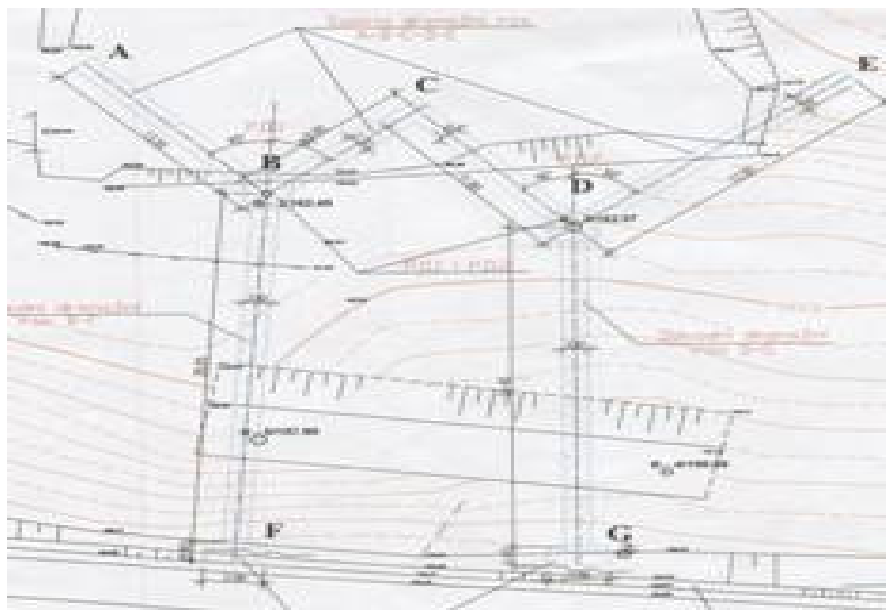
Nakon prvih jesenjih kiša, a posebno u proljetnom periodu, došlo je do pokretanja padine u dijelu gdje nasut materijal. Sa kretanjem zemljanog materijala došlo i do oštećenja izgrađenih sportskih objekata. Pokrenuta masa je oštetila i pomjerila potporni zid i sve to potisnula do regionalnog puta, pri čemu je jedan dio zemljane mase navučen na put.

Teren izgrađuju sedimenti dijabaz-rožne formacije i padinski sedimenti. Dijabaz-rožna formacija predstavlja supstrat i čine je pješčari, glinci, laporci, rožnaci, serpentiniti, dijabazi i ostali članovi ofiolitskog melanža. Javljaju se na dubini oko 6,0 m. To su stabilne i dobro nosive stijene. Padinski sedimenti, odnosno glinovito-pjeskoviti materijali su stabilni u prirodnim uslovima. Prilikom podsijecanja ili dodatnog opterećenja, najčešće se narušava njihova stabilnost. U prirodnim uslovima navedena padina godinama je bila stabilna, pa čak i u uslovima manjih podsijecanja do 1,0 m, slika 6. Narušavanjem njene prirodne ravnoteže, aktivirano je klizište, gdje dubina klizanja dosta duboko i kreće se 3,0 do 6,0 m od površine terena. Pri tome je zahvaćen nasuti dio i dio sloja glinovito-pjeskovite drobine. Zajedno se kreću preko laporovitih glina i lapora, kao i dijabaz-rožne formacije, koji čine stabilnu podlogu.



Slika 6. Prirodni nagib padine i njeno oštećenje  
Figure 6 The natural inclination of the slope and its damage

Sanacija klizišta urađena je izradom drenažnog sistema koji se sastoji od sabirnog drenažnog rova i dva odvodno sabirno drenažna rova, slika 7. Sabirni rov se spaja sa odvodnim rovovima, a skupljena podzemna voda u sabirnim rovovima prepušta se odvodnim rovovima koji je odvođe na površinu terena. Spoj sabirnih i odvodnih rovova je preko revizionih okana, koja su od armiranog betona marke 30.



Slika 7. Sanacioni drenažni sistem  
Figure 7 Restoration drainage system

Reviziona okna su temeljena ispod kliznog sloja u nekretanim dijelovima terena u laporovitoj glini i laporu ili dijabaz-rožnoj formaciji, dok su odvodni drenažni rovovi temeljeni djelimično ispod a djelimično iznad kliznog sloja.

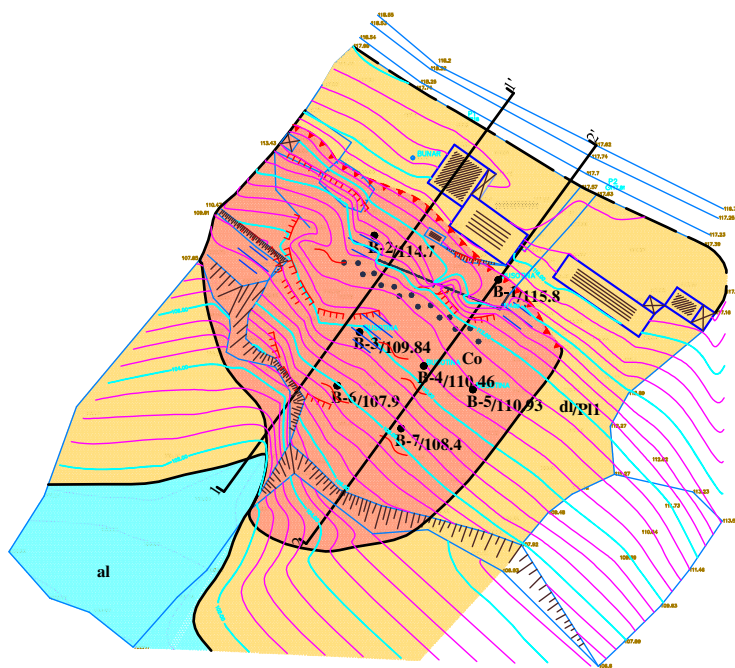
Drenažni sistem je projektovan tako da ima dvojaku funkciju. Prvo, da vrši dreniranje terena, čime se smanjuje nivo podzemne vode u terenu, a time anuliraju hidrostatički i hidrodinamički pritisci. Druga uloga drenažnog sistema je potporna funkcija, gdje sabirni rov temeljen u nekretanim dijelovima terena, a ispunjen je sa lomljenim kamenom veličine komada od 10 – 25 cm.

## KLIZIŠTE U NASELJU ČENGIĆ - BIJELJINA

U sulu Čengić neposredno uz lokalni put, aktivirano je klizište na ranije “uslovno stabilnoj padini”. Povremeno je dolazilo do laganog klizanja u pojedinim dijelovima padine, ali nisu bila značajnijeg karaktera. Naglo aktivirano klizište, pomjerilo je čeonu ožiljak blizu stambenih i pomoćnih objekata. Da bi se spriječilo širenje klizišta u zaleđe, odnosno ugrožavanje stambenih i ostalih objekata, pristupilo se primjeni brzih mjera zaštite od naglog širenja klizišta, te provedena određena geotehnička istraživanja, koja su služila kao podloga za izradu projekta sanacije terena.

Brze sanacione mjere zasnivale su se na izradi manjih odvodnih kanala, koji su prikupljali površinsku vodu i odvodili u potok, koji se nalazi neposredno uz nožicu klizišta. Neravne površine terena su poravnate, pri čemu su otvorene pukotine na klizištu djelimično zatvorene. Tako se omogućio brži odlazak površinskih voda niz padinu i smanjila njihova infiltracija u podzemlje.

Klizište se nalazi na padini nagiba  $10^{\circ}$ , koji se postepeno povećava i u nižim dijelovima se kreće oko  $20^{\circ}$ . U građi terena učestvuju donje pliocenski sedimenti ( $Pl_1$ ), predstavljeni pješčarima, pjeskovitim glinama i glinama. Na aktivnom dijelu klizišta registrovani su koluvijalni sedimenti (Co), predstavljeni glinama, slika 8. Širi prostor istraživanja lokacije predstavlja takođe uslovno stabilnu padinu, gdje su prisutna povremena aktivna klizišta.



Slika 8. Situacioni plan terena sa poprečnim profilima

Legenda: Co – gline, al – šljunci, pijesci, gline, dl/ $Pl_1$  – padinske gline, pjeskovite gline i pješčari

Figure 8 Situational plan of the field with cross-sections

Legend: Co - clay, al - gravel, sand, clay, dl/ $Pl_1$  hillside hillside clay, sandy clay and sandstone



Terenskim istraživanjima i laboratorijskim ispitivanjima konstatovano je da je pretpostavljena klizna ravan na dubini 4,5 m, formirana u prašinstim glinama, masnim, visokoplastičnim. Klizanje je nastalo kao rezultat različitih faktora, geološke građe, morfologije terena, prisutva podzemnih voda, stepena ispučnosti pripovršinskog dijela terena koji omogućava prodiranje vode u dublje dijelove.

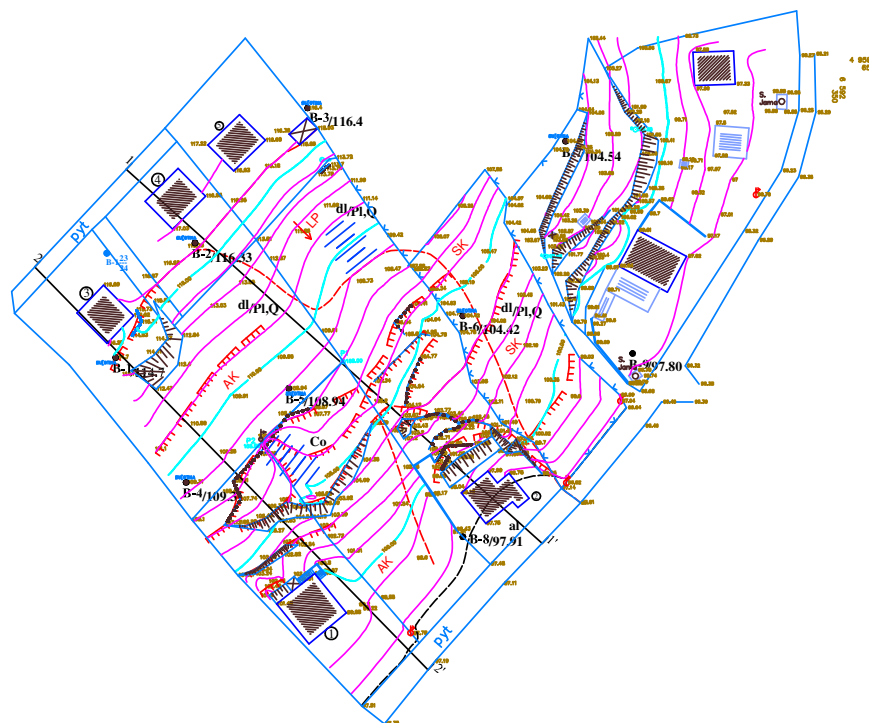
Geotehnički proračun stabilnosti terena urađen je na dva profila. Za svaki profil prvo je sračunat uslovni ugao unutrašnje otpornosti  $\Phi_{uslovno}$ , za stanje granične ravnoteže  $F_s = 1,00$  i za nivo podzemne vode koji je utvrđen na terenu, kao i za uslove kada je podzemna voda odstranjena.

Prijedlog sanacije vezan je za izradu potporne konstrukcije od šipova, sa urađenom drenažom za odvodnju podzemnih voda. Analizirana stabilnost terena na profilima 1 i 2, daje faktore sigurnosti  $F_s = 2,35 - 2,56$ , odnosno sigurnu stabilnost terena.

### KLIZIŠTE U NASELJU ŠUMICE – BIJELJINA

Na desnoj strani magistralnog puta Bijeljina – Brčko, oko 6 km od grada Bijeljine u naselju Šumice, aktivirano je klizište u vrijeme velikih kiša tokom marta mjeseca. Zahvaćena je padina na čijem su krajnjem hipsometrijski najvišem i najnižem dijelu stambeni objekti. Na objektima nisu nastale deformacije, ali je teren kod njih degradiran, i predstavlja potencijalnu opasnost njihove ugroženosti ukoliko padina ne bude sanirana.

Padina na kojoj je formirano klizište prosječnog je nagiba oko  $10^0$ , izuzev dijelova devastiranih tokom klizanja. Padinu izgrađuju pliokvartarni sedimenti (Pl, Q), predstavljeni glinama koje su u pripovršinskom dijelu pokrivene deluvijalnom raspadinom sedimenata okolnog terena i sedimenata podloge. Koluvijski sedimenti (Co) prisutni su na aktivnom dijelu klizišta, koji su predstavljeni glinama veoma različitim po svojim fizičko-mehaničkim karakteristikama. Na krajnjem hipsometrijski najnižem dijelu padine su aluvijalni sedimenti (al) predstavljeni glinama, šljuncima i pijeskovima, slika 9.



Slika 9. Situacioni plan terena klizište Obarska – Šumice  
Legenda: Co – gline, dl/Pl,Q – padinske gline, pjeskovite gline i pješčari  
Figure 9 Situational plan terrain landslide Obarska – Sumice  
Legend: Co - Clay, dl/Pl,Q – sloping clay, sandy clay and sandstone

Provedena istraživanja i laboratorijskih ispitivanja dala su dovoljno podataka da se konstatuje klizna ravan na dubini oko 5,3 m, formirana u prašinstim glinama, koje su malo do veoma stišljive, visokoplastične. Uzroci klizanja vezani su za geološku građu, gdje su prisutni glinovito-prašinasti sedimenti, koji u prisustvu podzemnih voda mijenjaju svoje karakteristike. Ostali faktori kao što su morfologija padine, tehnogeni uticaji ili neadekvatna odvodnja fekalnih voda, samo su ranije stvorili predulove da nastane proces klizanja sa pojavom značajnijeg faktora.

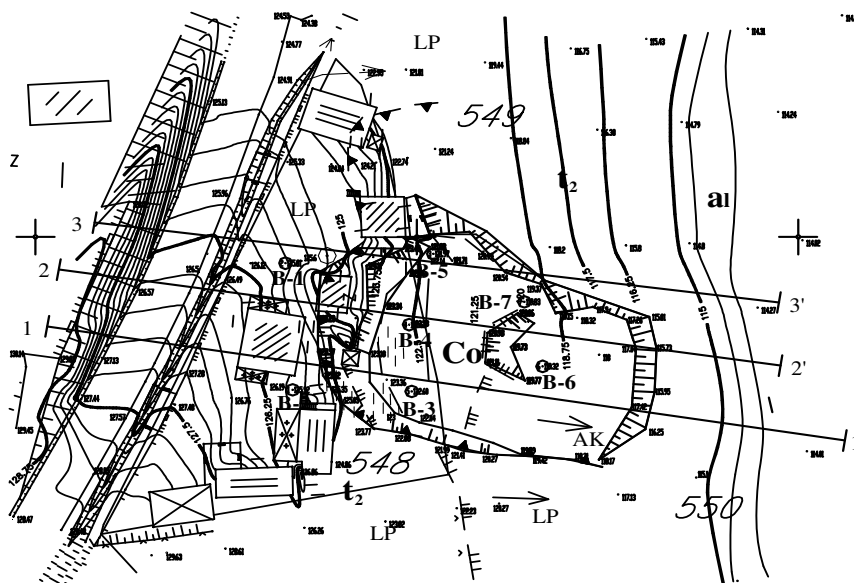
Proračuni stabilnosti terena na klizištu, urađeni su na dva profila, gdje za svaki profil prvo sračunat uslovni ugao unutrašnje otpornosti  $\Phi_{uslovno}$ , za stanje granične ravnoteže  $F_s = 1,00$  i za nivo vode utvrđen na terenu. Takođe  $F_s$  određen je i za uslove kada je podzemna voda odstranjena.

Predložene sanacione mjere obuhvataju izradu drenažnog sistema na prostoru ispod objekata u obliku slova "Y", odnosno "YY". Sistem će se sastojati od sabirnih drenažnih rovova u krovnom dijelu i sabirno-odvodnih drenažnih rovova ispod krovnog dijela. Spojevi između sabirnih i sabirno-odvodnih rovova drenažnog sistema povezat će se AB (armirano-betonskim) oknima. Pored drenažnog sistema, neophodno je uraditi i sistem otvorenih betonskih kanala za odvođenje površinskih voda i njihovo sprečavanje da dođu u tijelo klizišta.

### KLIZIŠTA U NASELJU RUHOTINA – BIJELJINA

Klizište se nalazi na lijevoj strani magistralnog puta Bijeljina – Zvornik u selu Ruhotina. Klizanje je zahvatilo nekoliko manjih stambenih i pomoćnih objekata. Svi su oštećeni u mjeri da su postali opasni za korištenje. Istraživanje terena provedeno je na površini oko 8.000 m<sup>2</sup>, što je nešto šire u odnosu na prostor na kome se nalaze objekti.

Padina je blagog nagiba od 5 – 10°, pri čemu je nagib veći u njenim nižim dijelovima. Teren do dubine istraživanja karakteriziraju kvartarni sedimenti stare riječne terase i riječni sedimenti savremene akumulacije. Predstavljani su uglavnom glinama do dubine 12,0 m, a u dubljim dijelovima su jako zaglinjeni šljunak i pijesci. Dio terena na kojem su aktivirani procesi klizanja pokriven je koluvijalnim tvorevinama (Co), koje predstavljaju gline izmijenjene u pogledu fizičko-mehaničkih svojstava u odnosu na samoniklo tlo, slika 10.



Slika 10. Situaacioni plan terena

al – riječni sedimenti, t<sub>2</sub> – sedimenti riječne terase (gline, zaglinjeni šljunak), Co – koluvijalni sedimenti

Figure 10 Situational plan of the field

al - river sediments, t<sub>2</sub> - river terrace sediments (clay, gravel clayey), Co – colluvio sediments

Prisustvo podzemnih voda vezano je direktno za infiltraciju sa površine terena kroz pukotine i oštećene dijelove padine zahvaćene klizanjem. Obzirom da padina predstavlja aktivno klizište još od sedamdesetih godina, to su povremeno vršeni određeni sanacioni zahvati, uglavnom drvenim šipovima dubine oko 4,0 m. Ipak, tokom 2005. godine došlo je do loma šipova i ponovnog aktiviranja procesa klizanja. Vremenom proces je bio sve intenzivniji, da bi početkom 2007. godine za vrijeme intenzivnih kiša imao takav karakter, da su stambeni objekti ugroženi u mjeri da nisu više za stanovanje.

Rezultati geomehničkih istraživanja pokazali su da se klizna ravan nalazi na dubini oko 6,5 m, formirana u prašinasto-pjeskovitim glinama, uglavnom neravnomjernog sastava, koje su zasićene vodom, srednje do vrlo stišljive.

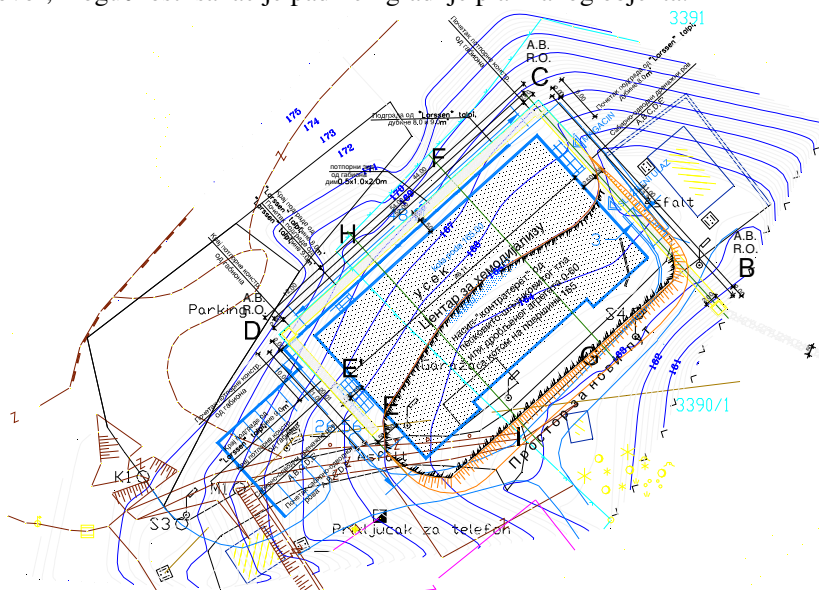
Analize stabilnosti vršene su za uslove prisustva podzemne vode i drenirane uslove. Dobiveni rezultati pokazuju da je u uslovima prisustva podzemnih voda faktor sigurnosti  $F_s = 1$ , dok se za drenirane uslove postiže  $F_s = 1,25 - 1,45$ , što nije dovoljno, obzirom na opterećenje objekata. U prisustvu objekata koji dodatno opterećuju padinu, neophodno je postići  $F_s > 1,50$ .

Obzirom da analize stabilnosti padine pokazuju da se dreniranjem vode ne postižu zadovoljavajući rezultati u pogledu stabilnosti, to je neophodno primijeniti dodatne mjere sanacije. Predložena je izrada šipova koji će se postaviti u hipsometrijski nižem dijelu klizišta, kako bi štitili objekte od daljeg pomjeranja.

#### ANALIZA STABILNOSTI I PRIJEDLOG SANACIJE TERENA ZA POTREBE IZGRADNJE CENTRA ZA HEMODIJALIZU U DOBOJU

Nedostatak prostora za gradnju određenih objekata, najčešće zahtijeva gradnju i na nestabilnim dijelovima terena, što zahtijeva dodatna istraživanja terena, sanacije, a time i poskupljenje investicije. Ipak potreba nekih objekata da se nađu u određenom kompleksu, stavlja u drugi plan investiciona ulaganja. Takav slučaj je sa Centrom za hemodijalizu u Doboju, koji je neophodno smjestiti u bolničkom krugu.

Sama lokacija u morfološkom smislu godinama je nestabilna padina, gdje su prisutna povremeno manja klizanja terena, slika 11. Graditi objekat na takvom terenu zahtijevalo je prethodna istraživanja, koja će dati odgovor, mogućnosti sanacije padine i gradnje planiranog objekta.



Slika 11. Situacioni plan terena i sanacionih mjera  
Figure 11 Opportunistic map terrain and sanacionih measure

Provedenim istraživanjima do dubine 15,0 m konstatovani su tehnogeni i prirodni materijali. Pri tome se nasip prostire na cijeloj lokaciji istraživanja različite dubine, maksimalno do 3,2 m. Različito je konsolidovan i pokazuje bolje geomehaničke karakteristike nego što se to može konstatovati na terenu. Od prirodnih materijala prisutna je glinovito prašinsto – pjeskovita raspadina dijabaz rožne formacije, sa odlomcima dijabaz rožnaca, žute, zelene i crveno smeđe boje. Registrovana je na cijeloj zoni istraživanja. Podinu, odnosno supstrat terena čine jurski sedimenti dijabaz rožne formacije, koji predstavljaju čvrstu stijenu, veoma trošnu i ispućalu.

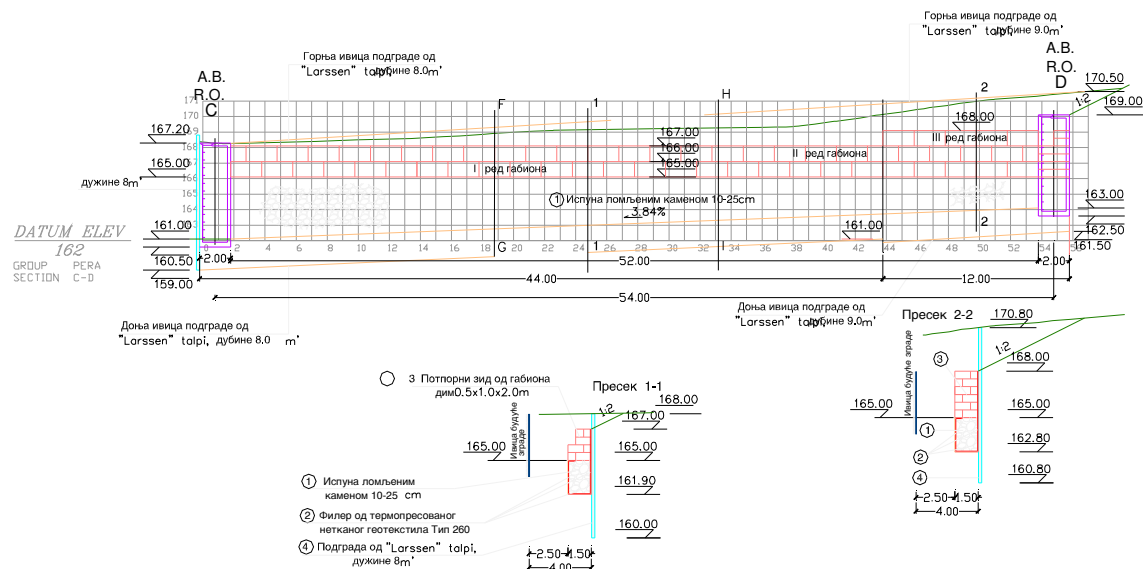
Provedenim geotehničkim istraživanjima definisana je geološka konstrukcija terena, nivo podzemnih voda i fizičko-mehanička svojstva izdvojenih sredina. Za utvrđeni model terena a u cilju ocjene prirodne stabilnosti padine i davanje preporuka za temeljenje budućeg objekta, izvršene su odgovarajuće geostatičke analize stabilnosti padine, za prirodni i sniženi nivo podzemne vode. Dobijeni rezultati ukazuju da će se prirodna stabilnost padine povećati preko 80% ako se izvrši sniženje nivoa podzemnih voda dreniranjem terena. Predložene sanacione mjere zasnovane su na četiri faze.

Prva sanaciona mjera, predstavlja mjeru predostrožnosti i odnosi se na zaštitu temeljne jame budućeg objekta tokom građenja. Za normalno odvijanje gradnje objekta, neophodno je temeljnu jamu osigurati i zaštititi od klizanja kosina i ugrožavanja drugih okolnih objekata, izradom podgrade od čeličnih talpi, tipa “Larsen talpe”.

Druga sanaciona mjera, je preraspodjela zemljanih masa na lokaciji budućeg objekta. Tako će doći do preraspodjele opterećenja na lokaciji, odnosno nasip se radi na mjestu gdje potreban kontra teret, da bi se klizanje smanjilo, a iskop se vrši na mjestu gdje teret na lokaciji treba biti manji.

Treća sanaciona mjera, je izrada drenažnog rova sa revizionim oknima čija je funkcija da dreniraju vodu iz terena i tako daju veću stabilnost terenu i budućem objektu.

Četvrta sanaciona mjera, je da se iznad drenažnog rova izgradi potporni zid od gabiona, visine 2,0 i 3,0 m, dužine 56,0 + 10,0 m, slika 12. Funkcija gabionskog zida je da primi pritiske brdske mase i preko drenažne ispune prenese ih u dubinu van opasnosti za stabilnost terena i objekta. Stabilnost potpornog zida od gabiona provjerena je na translaciono i rotaciono pokretanje, te naponsko stanje na kontaktu stope zida i ispune drenažnog rova, pri čemu su dobiveni pozitivni rezultati.



Slika 12. Presjek drenažnog rova i potpornog zida od gabiona  
Figure 12 Cross draining ditching and security wall of the gabion

Dobiveni rezultati provedenih geotehničkih analiza stabilnosti pokazuju da sa primjenom predloženih sanacionih mjera, teren postaje stabilniji i sigurniji, te može da prihvati predviđena opterećenja od objekta, a da pri tome ne dođe do narušavanja njegove stabilnosti.

#### LITERATURA

1. Bowles J.: Foundation analysis and desing. Exploration, sampling, and in situ soil, measurements. Fifth edition. Publisher: McGraw Hill Higher Education, 1997.
2. Maksimović M.: "Mehanika tla" treće izdanje. Građevinska knjiga, Beograd, 2005.
3. Mitrović P.: Primjena plastičnih materijala pri građenju puteva. "Institut za puteve, Beograd, 2004.
4. Najdanović N.: Mehanika tla u inženjerskoj praksi. Rudarski institut Brograd, Zemun, 1979.
5. Elaborati i izvođački projekati vezani za navedena klizišta. Fond stručnih dokumenata Tehničkog instituta, Bijeljina, 2006 - 2009.