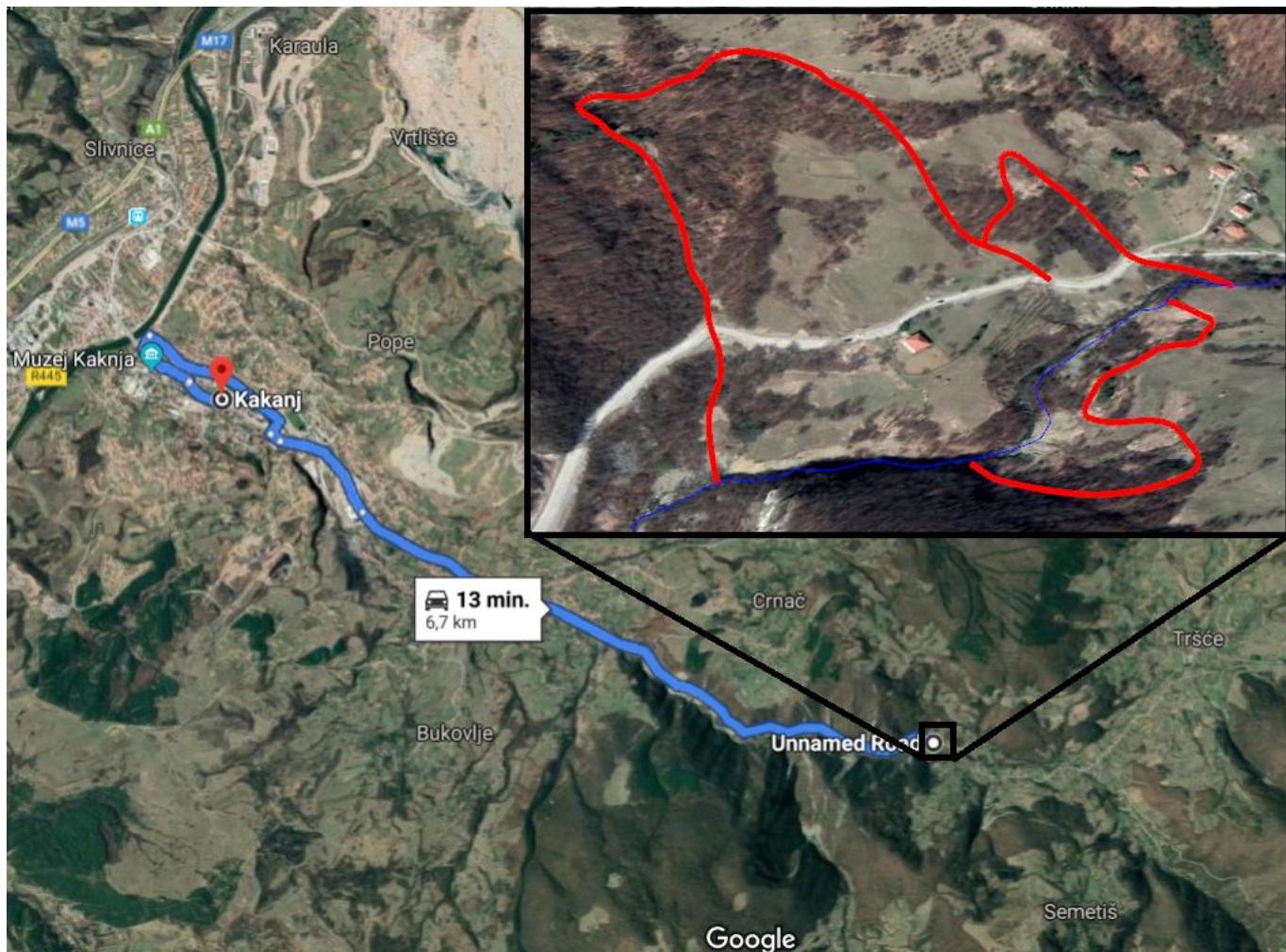


## **2. GEOGRAFSKE KARAKTERISTIKE**

Istražno područje nalazi se u Općini Kakanj, MZ Tršće. Udaljeno je oko 10 km tj. 20 minuta vožnje od Centra Kaknja. Klizište zahvata i dio regionalnog puta R 456 (stara oznaka puta R 466), Zavidovići – Ponijeri – Tršće – Kakanj na lokaciji Vrtača (izlaz iz sela Skenderovići prema Kaknju).



**Slika 1. - Geografski položaj (Google Earth)**

## **3. PREGLED I ANALIZA IZVEDENIH ISTRAŽNIH RADOVA**

### **3.1. ANALIZA RANIJE PROVEDENIH ISTRAŽIVANJA**

Najznačajnija prikupljena dokumentacija od ranije provedenih istraživanja je osnovna geološka karta 1:100 000 list Vareš. Kod analize je korišten istoimeni tumač navedene osnovne karte. Na širem području Kaknja za potrebe izgradnje provedena su značajna istraživanja, koja su bila dostupna autorima ovog projekta i svi ti podaci su detaljno pregledani i korišteni za izradu Elaborata.

### **3.2. ANALIZA I PREGLED REZULTATA ISTRAŽNIH RADOVA**

U sklopu istraživanja predmetnog klizišta prema projektnom zadatku u cilju definisanja inženjerskogeoloških i geotehničkih karakteristika terena zahvaćenog geomorfološkim kliznim procesima, te sagledavanja mehanizma kretanja i genetskih uzroka aktiviranja klizišta izvedene su sljedeće aktivnosti:

- Detaljno inženjerskogeološko kartiranje terena
- Bušenje istražnih bušotina
- Istražni raskopi
- Osmatranje pojave podzemne vode u buštinama ( nije bilo pojave vode )
- Determinacija i fotografisanje materijala jezgre bušotina i raskopa
- Uzimanje uzorka za laboratorijska ispitivanja
- Laboratorijsko ispitivanje uzorka
- Inklinometarska mjerena
- Analiza i obrada rezultata istražnih radova.

### **Inženjerskogeološko kartiranje terena**

Inženjerskogeološko kartiranje terena izvedeno je u razmjeri 1:1000. Kartiranjem su prvenstveno određene deformacije nastale kliznim procesima, sagledani genetski uzroci u kombinaciji sa drugim istražnim radovima.



**Slika 2.** – Detalji IG kartiranja terena

Tokom izvođenja istražnih radova, na terenu je zapaženo više lokacija sa pojavom površinske vode, kao i nekoliko izvorišta u okviru istražnog područja, iako pojava podzemne vode nije zabilježena u istražnim buštinama kao ni u raskopima, ipak možemo konstatovati da je prisutna na terenu. Pojava PV-a u istražnim radovima nije zabilježena zbog spore vodopropusnosti glina.

### **Bušenje istražnih bušotina**

Istražno bušenje je izvedeno sa bušačom garniturom BA-150, standardnom rotacionom metodom bušenja sa jezgrovanjem. Ukupno je izbušeno 9 bušotina. Bušotine su prikazane u geološko-geotehnički profili bušotina prilog 2.

Tabela 1. – Pregled i obim izvedenih istražnih bušotina sa pratećim radovima

Redni Broj	Oznaka bušotine	Dubina bušotine	Broj uzetih i tretiranih uzoraka
1.	B-1	19,00 m'	-
2.	B-2	15,00 m'	2
3.	B-3	12,00 m'	-
4.	B-4	15,00 m'	-
5.	B-5	13,00 m'	2
6.	B-6	11,00 m'	1
7.	B-7	15,00 m'	1
8.	B-8	15,00 m'	1
9.	B-9	15,00 m'	1
<b>Ukupno:</b>	<b>9 bušotina</b>	<b>130,00 m'</b>	<b>8 uzoraka</b>



Slika 3. – Bušenje bušotine B2

### Istražni raskopi

U cilju sagledavanja inženjerskogeološke građe i prostornih odnosa urađeno je 7 istražnih raskopa, najveće dubine do 3,70 m. Stub-profilii ovih raskopa prikazani su u prilozima 2. Istražnim raskopima se nastojala postići dubina substrata, definisati sastav pokrivača i substrata, registrovati zavodnjenos pojedinih horizonata, izmjeriti prostornu orijentaciju planarnih elemenata.

**Tabela 2.** – Pregled i obim izvedenih istražnih raskopa sa pratećim radovima

Redni Broj	Oznaka raskopa	Dubina raskopa	Broj uzetih i tretiranih uzoraka
1.	R-1	0,50m	-
2.	R-2	2,00 m	-
3.	R-3	2,00 m	-
4.	R-4	3,00 m	1
5.	R-5	2,00 m	-
6.	R-6	3,70 m	1
7.	R-7	2,90 m	-
<b>Ukupno:</b>	<b>7 raskopa</b>	<b>15,60 m</b>	<b>2</b>



**Slika 4.** - Izvođenje istražnog raskopa R3

### INKLINOMETARSKA MJERENJA

Na osnovu projektnog zadatka, za praćenje pomaka tla na klizištu izvedene su tri inklinometarske instalacije u bušotine B-7, B-8 i B-9. Mjerenje pomaka teren je bilo u svrhu utvrđivanja brzine klizanja i radi utvrđivanja dubine klizne plohe, obzirom da se radi o složenom klizištu sa neutvrđenom kliznom plohom.

Ugradnja instalacija je izvršena neposredno nakon završetka bušotina. Dubine instalacija odgovaraju dubinama bušotina, a sa svakom instalacijom je postignut ulazak u substrat. Mjerenja su obavljena mjerom opremom firme Geosense. Ukupno su izvršena po 3 mjerenja na svim bušotinama u periodu u

od 2 mjeseca, mjerena su pokazala da nikakvih pomjerenja nije bilo, takođe da su se dešavala pomjerenja na većoj dubini od izbušene instrument bi pokazao određene promjene kojih nije bilo. U prilogu elaborata je dat detaljan izvještaj o mjerjenjima.

## **DETERMINACIJA I FOTOGRAFISANJE MATERIJALA IZ BUŠOTINA I RASKOPA**

Paralelno sa izvođenjem istražnih radova vršena je inženjerskogeološka kategorizacija izbušenog i iskopanog materijala, snimanje geoloških struktura i tekstura, definisanje zone klizanja. Geološku determinaciju materijala je uradio odgovorni geolog. Nakon izvršenog bušenja, jezgra je propisno odlagana u sanduke, u intervalima od po jedan dužni metar, nakon čega je ista fotografisana.

## **UZIMANJE UZORAKA ZA LABORATORIJSKA ISPITIVANJA**

Uzorkovanje materijala tla i stijene je urađeno od strane ovlaštenog geologa. Uzorci su propisno pakovani u najlonsku foliju i odvezeni u laboratoriju u što kraćem periodu da bi sačuvali prirodnu vlažnost i svježinu. Uzorci su transportovani u ovlaštenu laboratoriju RGGF-a u Tuzli. Izvještaj o izvršenim laboratorijskim istraživanjima dat je u prilogu 4.

## **LABORATORIJSKA ISPITIVANJA**

Laboratorijska ispitivanja materijala tla i stijene uradila je ovlaštena laboratorija RGGF u Tuzli. Ispitivanja su urađena po važećim bosanskohercegovačkim standardima BAS EN ISO. Na uzorcima su vršena ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika; prirodna vлага, zapreminska masa, granice konzistencije, granulometrija, monoaksijalna čvrstoća, direktno smicanje, modul stišljivosti i USC klasifikacija. Rezultati provedenih laboratorijskih ispitivanja sa grafičkim i tabelarnim prilozima dati su u prilogu ovog elaborata (prilog 4).

## **ANALIZA I OBRADA REZULTATA ISTRAŽNIH RADOVA**

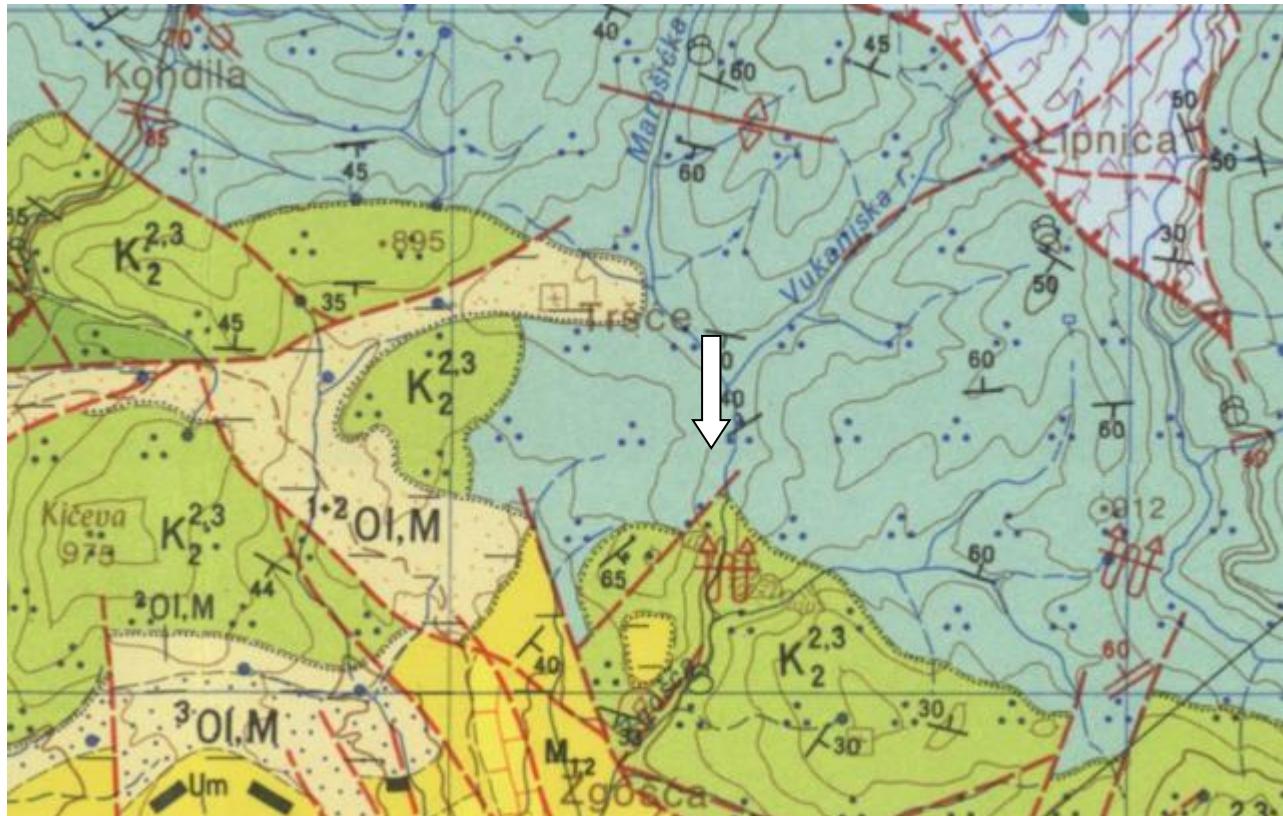
Nakon završetka terenskih i laboratorijskih istraživanja i ispitivanja, pristupilo se analizi i elaboraciji dobijenih podataka. U elaboratu su opisani izvedeni istražni radovi, prikazani rezultati provedenih terenskih i laboratorijskih ispitivanja, urađena i prikazana IG karta terena, stub profili bušotina i raskopa, Ig profili terena, inklinometrijski i laboratorijski izvještaji.

## **4. KARAKTERISTIKE PADINE NA KOJOJ JE AKTIVIRANO KLIZIŠTE**

### **4.1 GEOLOŠKA GRAĐA**

U geološkom pogledu klizište je formirano u formaciji Bosanskog fliša, subgrupa Vranduk, a desni bok klizišta približno prati tektonski kontakt sa subgrupom Ugar. Dakle, to je jursko-kredni litofacialni kompleks koga u osnovi grade laporoviti krečnjaci i laporci sa čestim međusobnim prelazima, zatim pješčari sa prelazima u kalkarenite, rjeđe su breče, tankoslojeviti, listasti alevrolitski glinci i rožnaci. U mikrolokacijskom smislu (supstrat u bazi kliznog tijela) dominiraju pješčari kao litološki članovi jursko-krednog fliša. Pokrivač na klizištu i padini preko geološkog supstrata ima raznovrsno genetsko porijeklo počevši od eluvijalno-deluvijalnog, koluvijalnog, delapsionog do tehnogenog. U njegovom sastavu

preovladava pjeskoviti zaglinjena prašina i zaglinjena drobina (naročito po desnom boku). Procjenjena prosječna dubina pokrivača iznosi 2 m, a maksimalna 12 m (u nožičnom dijelu klizišta uz rijeku Zgošću).



Slika 5. – Prikaz geološke građe šireg terena; Isječak OGK Vareš

#### 4.2. GEOMORFOLOŠKA GRAĐA

Značajan geomorfološki faktor pri analizi globalne stabilnosti terena, hidrografske, pedološke, klimatske, biogeografske i dr. karakteristike terena predstavlja i nagib terena. Pod nagibom terena podrazumjevamo vertikalni ugao kojeg zatvara padina zajedno sa horizontalnom ravni.

Sa profila terena se vidi da se nagib istražnog terena kreće od 7 - 27°, a ugao samog klizišta prije klizanja je imao sličan nagib.

Značajnu sliku terena pokazuje analiza terena prema ekspoziciji ili kardinalnoj orijentaciji. Pod ekspozicijom se podrazumijeva položaj površine strane reljefnog oblika čiji je pravac izohipsi upravan na određenu stranu svijeta. To je ustvari izloženost padina raščlanjenog reljefa prema direktnom sunčevom zračenju. Reljef ima značajan uticaj na sunčevu zračenje, tako u nizijskom i u raščlanjenom reljefu uvjeti za prijem sunčeve insolacije su različiti. Ako su padine nagnute prema jugu, one su prisojne ili južnih ekspozicija, pa na njih radijacija pada pod većim uglom nego na nizije. Najnepovoljnije uvjete za prijem sunčeve insolacije imaju padine koje su okrenute u pravcu sjevera i nazivaju se osojnim padinama ili padinama sjevernih ekspozicija. Njih sunce obasjava najintenzivnije u toplijem periodu godine, i to nakon izlaska i neposredno pred zalazak sunca.<sup>1</sup>

Prema ekspoziciji terena generalna orijentacija padine i klizišta je istok-jugoistok.

<sup>1</sup> Muriz I. Spahić: Opća Klimatologija, Geografsko društvo Federacije Bosne i Hercegovine, Sarajevo 2002. godine.

#### 4.3 GEODINAMIČKI PROCESI

Glavni egzogeni geodinamički procesi koji oblikuju predmetnu padinu su svakako procesi erozije i akumulacije i procesi klizanja, a u izvjesnoj mjeri i sufozija (ispiranja čestica pijeska u eluvijalnom pokrivaču). Denudaciono-akumulacioni reljef izgrađen od glinovito-pjeskovitih naslaga niskog stepena dijageneze, podložan je na erozione procese pa se često mogu vidjeti morfološke mikro forme nastale linearnom dubinskom erozijom i klizanjem.

#### 4.4 SEIZMIČNOST TERENA

Razmatrana lokacija se nalazi na seismološkim kartama u zonama različitog intenziteta. Važeća seismološka karta koja se koristi za određivanje osnovnog referentnog stepena seizmičnosti sastoji se od više oleata, koje su sačinjene za različite vremenske periode i na njima se, za isto područje, nalaze različiti intenziteti zemljotresa.

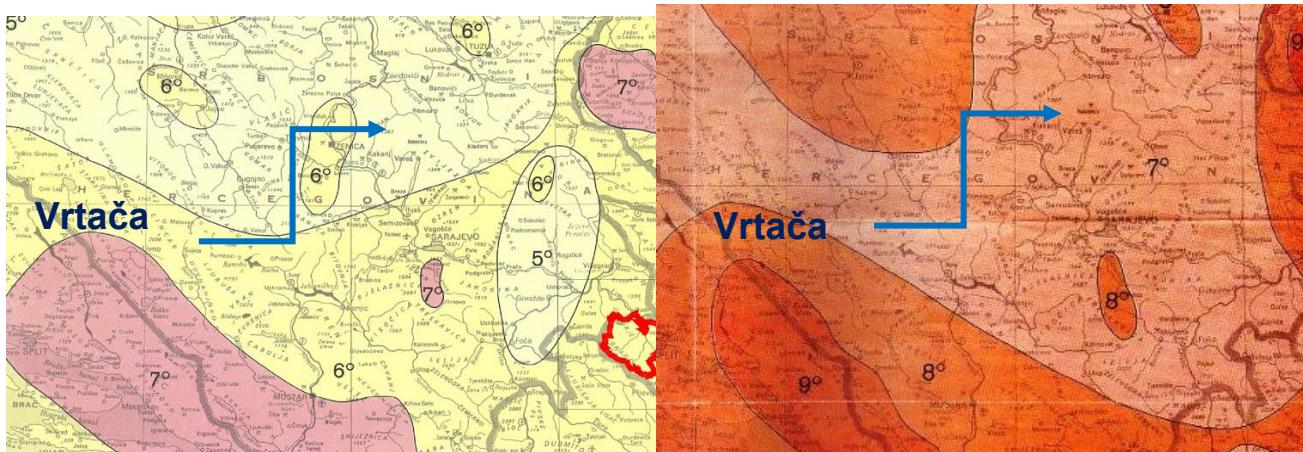
Inovacijom Pravilnika za građenje objekata visokogradnje u seizmičkim područjima, po pitanju izbora odgovarajuće seismološke karte, bila je težnja, da se u racionalnom projektovanju integrišu elementi metoda seizmičkog rizika. Povod ovakvom pristupa bio je, da su pojave jakih zemljotresa u toku vijeka eksploatacije objekta rijetka pojava, a sam način njihovih uticaja ima veliki stepen neodređenosti. Otuda je analiza oštećenja konstrukcija bazirana na nivou određenog prihvatljivog rizika, odnosno nivou pouzdanosti pojave zemljotresa. Iz ovih razloga, u praksi su uvedena dva pojma i to:

**Projektni zemljotres** za koji se očekuje da se može javiti u toku vijeka eksploatacije objekta, jednom ili pak više puta. Za ovaj zemljotres stepen oštećenja kontroliše se u fazi projektovanja i obezbjeđuje se osnovna seizmička stabilnost osnovnog konstruktivnog sistema objekata, uzimajući u obzir i nelinearno ponašanje objekata i dopuštajući njihova neznatna konstruktivna i nekonstruktivna oštećenja.

**Maksimalni zemljotres** predstavlja onaj zemljotres za koji se očekuje da se može dogoditi, sa veoma malom vjerovatnoćom, tokom vijeka eksploatacije objekta. Maksimalnim zemljotresom definisani su seizmički uticaji za provjeru seizmičke stabilnosti osnovnog konstruktivnog sistema objekta, uzimajući u obzir nelinearno ponašanje objekta i dopuštajući veća oštećenja konstruktivnih i nekonstruktivnih elemenata, ali pri tome ne smije biti ugrožena opšta stabilnost objekta.

Ocjena **seizmičkog hazarda**, odnosno osnovnog stepena seizmičkog intenziteta izvršena je na osnovu važećih Seismoloških karata i Seismotektonske karte Bosne i Hercegovine iz 1987 god. Za ocjenu referentnog zemljotresa za određena područja, u upotrebi je nova Seismološka karta SFRJ, koja se sastoji iz više oleata. Istraživano područje u širem okruženju oko puta nalazi se u različitim seizmičkim zonama za različite povratne periode. Tako na osnovi raspoloživih seismotektonskih podataka i podataka sa Seismološke karte, razmatrani prostor pripada zonama različitog seizmičkog intenziteta, tabela 1. Na kartama, za različite vremenske periode, prikazan je intenzitet zemljotresa, čija vjerovatnoća događanja bar jedanput, u tom vremenskom periodu, iznosi 63%, što znači da je zadani period jednak povratnom periodu zemljotresa.

---



**Slika 6 i 7.** - Seizmološka karta za povratni period od 50 i od 500 godina

U našoj važećoj zakonskoj regulativi, pojedini građevinski objekti su različito kategorisani, pa se postavlja pitanje načina korištenja navedenih karata i načina određivanja seizmičkog hazarda za datu sredinu u funkciji definisanog vijeka eksploatacije objekata.

Formula na osnovu koje možemo odrediti povrtni period zemljotresa "T" tj. koju seizmološku kartu i njene olate treba koristiti za zadati vijek eksploatacije objekata "t" (izražen u godinama) i zadani rizik "R<sub>i</sub>" (izražen u procentima) glasi:

$$T = - t / \ln (1 - R_i)$$

Tako naprimjer, korištenjem ove formule dobijamo, da je za vijek eksploatacije objekata od  $t = 50$  godina i veličinu rizika  $R_i = 10\%$ , za pojedina područja **potrebno koristiti seizmološku kartu, za povrtni period od 500 godina**. Na ovim kartama osnovni stepen seizmičnosti za šire područje Kaknja iznosi 7°MCS skale.

#### **Usvojeni projektni seizmički parametri:**

Kategorija tla	EC8	D
Proračunska akceleracija tla	ag	0,10
Koeficijent seizmičkog intenziteta	Ks	0,025
Maksimalni očekivani intenzitet 500god	I <sub>max</sub> °	7

#### 4.5 ANTROPOGENE KARAKTERISTIKE

Pod antropogenim karakteristikama padine podrazumjevamo rezultate ljudske aktivnosti koje direktno ili posredno mijenjaju morfologiju padine i utiču na promjenu prirodnih uslova, sastava, stanja i kvalitativno-kvantitativnih svojstava materijala koja određuju stabilnost padine.



**Slika 8 i 9.** – Infrastrukturni objekti u tijelu klizišta

U određenoj mjeri na aktivnost klizišta utiču i tehnogeni faktori kao što su zasjecanje padine pri izgradnji saobraćajnice, opterećenje padine nasipom za izgradnju iste, te na koncu i njeno dinamičko opterećenje. Teren nije u velikoj mjeri opterećen izgradnjom i antropogenim uticajem, pored pomenute saobraćajnice u tijelu se nalazi jedan individualni stambeni objekat, koji nije uzrok klizanja ali je ugrožen istim.

Kao što je pomenuto u manjoj mjeri zasjecanje i terena i deponovanje nasipnog materijala nepovoljno utiče na stabilnost.

Vegetacioni pokrivač ima izuzetan značaj kada su u pitanju procesi površinskog raspadanja. Stalna vegetacija povoljno utiče na strukturu zemljišta, povećava sposobnost tla da infiltrira padavine, povećava otpor pluvijalnoj eroziji i generalno degradirajućem djelovanju atmosferilija. Poznato je da je intezitet površinskog raspadanja utoliko manji ukoliko je teren obrastao stalnim vegetacionim, šumskim ili travnatim pokrivačem. Teren je već duži niz godina obrastao travnatim rastinjem, radi se o površini koja se godinama koristila u poljoprivredne svrhe.

### **5. KARAKTERISTIKE KLIZIŠTA**

#### 5.1 OPIS POSTOJEĆEG STANJA

Klizištem je znatno oštećen i ugrožen regionalni put R 456 te jedna kuća sa pripadajućom vodovodnom, telefonskom, električnom i fekalnom infrastrukturom. Potencijalno je ugrožen vodovod za selo Crnač koji prolazi neposredno iznad čela klizišta. Prema morfološkim karakteristikama terena na klizištu i u njegovoj neposrednijoj blizini klizište je formirano na brdovitom terenu, visine 500-1000 metara na dugačkoj konkavno-konveksnoj srednje strmoj padini istočne ekspozicije. Površina čitavog klizišta iznosi oko 7,5 ha. Površina primarnog kliznog tijela zauzima cca 6 ha, a dio sa najintenzivnijim kliznim i deformacijskim procesima zahvata oko 3 ha.



**Slika 10.** – Čelo klizišta

U geološkom pogledu klizište je formirano u formaciji Bosanskog fliša, subgrupa Vranduk, a desni bok klizišta približno prati tektonski kontakt sa subgrupom Ugar. Dakle, to je jursko-kredni litofacialni kompleks koga u osnovi grade laporoviti krečnjaci i laporci sa čestim međusobnim prelazima, zatim pješčari sa prelazima u kalkarenite, rjeđe su breče, tankoslojeviti, listasti alevrolitski glinci i rožnaci. U mikrolokacijskom smislu (supstrat u bazi kliznog tijela) dominiraju pješčari kao litološki članovi jursko-krednog fliša. Pokrivač na klizištu i padini preko geološkog supstrata ima raznovrsno genetsko porijeklo počevši od eluvijalno-deluvijalnog, koluvijalnog, delapsionog do tehnogenog. U njegovom sastavu preovladava pjeskovita zaglinjena prašina i zaglinjena drobina (naročito po desnom boku).

Na klizištu su registrovane različite hidrološke i hidrogeološke pojave. U erozionom bazisu nalazi se stalni riječni tok (rijeka Zgošća) koji nekada ima bujični karakter. Na tijelu klizišta postoje 2 povremena toka, više zabarenih područja ili pojava difuznog procjeđivanja voda kao i pojava izvora, kao rezultat procjeđivanja podzemnih voda iz kliznog tijela. Desni dio klizišta vjerovatno se dijelom prihranjuje iz gornjokrednog karbonatnog fliša (brdo Vis) jer se u podnožju njega (gdje je ujedno i kontakt sa jursko-krednim flišom) nalazi više izvora od kojih su neki bili kaptirani. Generalno se može zaključiti da je u kliznom tijelu visok nivo podzemnih voda (podzemna voda u pokrivaču). Prije nekoliko godina rađena je neadekvatna drenaža u čeonom dijelu klizišta kojom se nije ništa (korisno) postiglo. Pored neodgovarajuće dubine, promjera drenažnih cijevi i zasipa, podzemna voda umjesto do odgovarajućeg recipijenta odvedena je u desni čeoni dio primarnog klizišta što dodatno pogoršava stvari.

Vjerovatno postoji više uzroka nastanka klizišta. Faktori slabljenja otpornosti materijala na smicanje zbog naglih promjena meteoroloških uslova te dugotrajnog puzanja materijala na padini i promjena čvrstoće na smicanje sa vršnih vrijednosti na rezidualne. Zatim, promjena hidrauličkog potencijalnog polja zbog

podizanje nivoa podzemnih voda uslijed intenzivnih padavina i otapanja sniježnog pokrivača. S obzirom da klizište zahvata veliku površinu, doprinos njegovom nastanku dali su i različiti geomorfološki uzroci kao što su riječna erozija u koritu u podnožju padine, ujedno i nožici klizišta, erozioni procesi na padini, sufozionalno ispiranje čestica tla uslijed rada podzemnih voda zatim opterećenje padina zemljanim masama pokrenutih ranijim klizanjem. U određenoj mjeri na aktivnost klizišta utiču i tehnogeni faktori kao što su zasjecanje padine pri izgradnji saobraćajnice, opterećenje padine nasipom za izgradnju iste, te na koncu i njeno dinamičko opterećenje. Ipak, pored svih nabrojanih uzroka koji su zajednički za većinu klizišta, ovo klizište je karakteristično po tome što je primarni uzrok njegove geneze tektonsko-litološke prirode. Naime, stariji jursko-kredni fliš (subgrupa Vranduk) je u tektonskom kontaktu sa mlađim gornjokrednim karbonatnim flišom (subgrupa Ugar) pri čemu je duktilni jursko-kredni fliš djelimično navučen na kompetentni karbonatni gornjokredni fliš. Stoga je ovdje (u zoni klizišta) jursko kredni fliš u inversnom položaju, odnosno nalazi se u krilu prevrnute sinklinale u čijem jezgru je karbonatni gornjokredni fliš. Postoji značajna razlika u geomehaničkim karakteristikama litoloških članova ove dvije litostratigrafske jedinice. Naime, stariji jursko-kredni fliš je dosta trošniji, plastičniji, deformabilniji i kao takav obiluje geološkim strukturama, dok je mlađi karbonatni fliš gornje krede jako rezistentan. Tektonski kontakt ove dvije litostratigrafske jedinice približno se poklapa sa desnim bokom (granicom) klizišta pri čemu klizno tijelo kompletno leži na jursko-krednom flišu. Uslijed kompresionih naprezanja u kontaktnoj zoni duktilni supstrat jursko-krednog fliša je jako deformisan, izrasjedan, ubran i alterisan. Flišna tekstura, učestalo smjenjivanje pojedinih litoloških članova, pogoduje njihovom trošenju pri čemu se svi slojevi ne troše istom brzinom. Tako se mogu sresti sekvene laporovitih krečnjaka koje leže na proslojcima potpuno raspadnutih glinaca. Ovo je razlog zašto je teško jasno razdvojiti pokrivač od osnovne stijene, time i klizno tijelo od nepokretnog supstrata. Zbog toga klizište u pojedinim dijelovima ima insekvantan karakter, odnosno kliznim procesima su zahvaćeni i dijelovi supstrata. S druge strane gornjokredni karbonatni fliš iako rezistentan i stabilan predstavlja dobar akvifer zbog čega vjerovatno prihranjuje klizno tijelo u desnom boku kao što je ranije navedeno. Dokaz tome su niz izvora i zona sa difuznim procjeđivanjem voda po desnom boku klizišta koja se približno poklapa sa tektonskim kontaktom opisanih jedinica.



Slika 11. – Zatezne pukotine u tijelu klizišta

Obzirom da su manifestacije klizanja vidljive na relativno velikoj površini, gdje su velike deformacije, pomaci i otvorene pukotine može se pretpostaviti da se radi o kombinaciji konsekventnog i insekventnog klizišta jer je na mnogim ožiljcima i sekundarnim pukotinama može primjetiti da je klizanjem zahvaćen i sam supstrat, odnosno litološki članovi jursko-krednog fliša. Prema stanju aktivnosti kliznog procesa ovo je reaktivirano klizište. Distribucija aktivnosti klizišta nije posve jasna, ali se može pretpostaviti progresivni karakter klizišta s tim da kontinuirana fluvijalna erozija nožice u gravitacionom bazisu pospješuje-ubrzava klizanje. Postoji tendencija da se klizna površina poveća na lijevom boku klizišta ugrožavajući tako još tri stambena objekta.

Prema stilu klizne aktivnosti, radi se o složenom i kompozitnom klizištu jer ispoljava više tipova kretanja u različitim dijelovima kliznog tijela. Primarni dio klizišta je približno potkovičastog oblika sa izraženim čeonim kliznim odsjekom i više sekundarnih otsjeka, a nožica nije jasno izražena. Vidljive su nožice samo manjih pripovršinskih klizanja, dok se nožica najdublje klizne plohe vjerovatno nalazi u gravitacionom i erozionom bazisu (koritu rijeke Zgošća).



**Slika 12.** – Nožica klizišta i korito rijeke Zgošće

Obzirom da su manifestacije klizanja vidljive na relativno velikoj površini, gdje su velike deformacije, postoji tendencija da se klizna površina poveća na lijevom boku klizišta. Prema stilu klizne aktivnosti, radi se o složenom i kompozitnom klizištu jer ispoljava više tipova kretanja u različitim dijelovima kliznog tijela. Primarni dio klizišta je približno potkovičastog oblika sa izraženim čeonim kliznim otsjekom i više sekundarnih otsjeka, a nožica nije jasno izražena. Vidljive su nožice samo manjih pripovršinskih klizanja, dok se nožica najdublje klizne plohe vjerovatno nalazi u gravitacionom i erozionom bazisu (koritu rijeke Zgošća).

## 5.2 MORFOLOŠKI I MORFOMETRIJSKI ELEMENTI KLIZIŠTA

Padina na kojoj su aktivirani klizni procesi pripada viskom pobrđu-brdovitom terenu sa visinama preko 540 - 670 m.n.v.

Aktivirano je na vrlo visokoj (relativna visina preko 120 metara), i dugačkoj padini, dužine oko 420 m. Padina je istočne-jugoistočne ekspozicije, konkavno-konveksnog do stepenastog oblika sa terasnim zaravnima i strmijim odsjecima i sa neravnomjerno zatalasanom morfologijom. Klizište i padina imaju prosječni nagib od  $20^{\circ}$  što spada u srednje strme padine.

Tijelo klizišta po svom obliku ne može se svrstati u neki od klasičnih tipova klizišta, obzirom na kompleksnost klizišta i oblika ovo klizište je sa nepravilnim poligonalnim konturama.

Bokovi i nožica klizišta su dobro maskirani, dok se ostali elementi mogu jasnije utvrditi.

Maksimalna širina klizišta iznosi oko 334 m, a dužina oko 690 metara.

## 5.3 UZROCI NASTANKA KLIZIŠTA

Klizište je aktivirano sa dejstvom geoloških, hidrogeoloških, geomorfoloških faktora. Ipak, dominantni uzročnici su svakako geološki i hidrogeološki uslovi.

Procesom eluvijalnog i deluvijalnog raspadanja matične stijene, nastao je pokrivač koji ima jasna obilježja genetskog porijekla. Na taj način stvaranjem debelog pokrivača rezidualnog tla, stvarano je klizno tijelo. U suhom stanju ovi materijali imaju povoljne karakteristike, ali pod uticajem negativnih hidrogeoloških faktora, odnosno vodozasićenjem, mijenjaju svojstva. Do slabljenja otpornosti materijala na smicanje dolazilo je zbog naglih promjena meteoroloških uslova te dugotrajnog puzanja materijala na padini i promjene čvrstoće na smicanje sa vršnih vrijednosti na rezidualne. Na ovom terenu zabilježen je niz površinskih vlaženja, izvora i zabarenih dijelova, teren se odlikuje značajnim količinama površinske vode. Doprinos nastanku klizišta dali su i različiti geomorfološki uzroci kao što su erozioni procesi na padini, sufozionalno ispiranje čestica tla uslijed rada površinskih voda. Također bitno je spomenuti i saobraćajnicu koja zasjeca padinu, ova saobraćajnica je jedni put koji povezuje okolna mjesta Skenderović, Ivnica, Vukanovići, Semetiš, i Tršće sa gradom Kakanj.

## 5.4 INŽINJERSKOGEOLOŠKA KATEGORIZACIJA TERENA

Na osnovu provedenih istraživanja izdvojene su sljedeće inženjerskogeološke kategorije terena:

- Vještačke tvorevine; Nasip
- Eluvijalno-deluvijalni pokrivač; pjeskovite gline sa drobinom
- Supstrat; J,K fliš

**Nasip (1)** predstavlja vještačku tvorevinu koju gradi drobina i prašina, doseže do 5,50 m dubine, nasip je uglavnom zastupljen u zoni saobraćajnice. Formiran je u više faza, tokom sanacija puta nakon oštećenja od klizanja, nasipanjem i zasjecanjem puta dodatno je padina opterećena. Zastupljenost ovih materijala u cijelom klizištu je zanemariva, uticaj je minimalan a može imati negativne posljedice na lokalnu stabilnost.

Prema podjeli tla u građevno-tehničkom smislu težine ili načina iskopa (norma GN 200), u suhom stanju ovi materijali spadaju u kategoriju 4/III, srednje teška tla, a prema smjernicama za građenje puteva u bh ovi materijali spadaju u 3. kategoriju nekoherentnih materijala.

**Pokrivač (2)** pripada eluvijalno-deluvijalnom tipu tla, koji grade pjeskovita glina sa drobinom. Pokrivač je izdvojen skoro na svim istražnim područima, on direktno leži preko geološkog supstrata. Debljina ovog horizonta je promjenljiva, kreće se između 0,5 i 4,90 m, prosječna debljina je 2,5 m.

Kompletan prirodni pokrivač je okarakterisan kao eluvijalno-deluvijalni iako se radi o klizištu koje je staro i aktivno više godina, jer se smatra da je na ovom klizištu kretanje uglavnom bilo translatorno, bez rotacionog kretanja, gdje nije došlo do značajne promjene u litološkom sastavu pokrivača. Iz tog razloga nije izdvajan delapsacioni ili koluvijalni pokrivač

Prema podjeli tla u građevno-tehničkom smislu težine ili načina iskopa (norma gn 200), u suhom stanju ovi materijali spadaju u kategoriju 4/III, srednje teška tla, a prema smjernicama za građenje puteva u bh ovi materijali spadaju u 3. kategoriju koherentnih materijala.

## GEOLOŠKI SUBSTRAT

Na predmetnom području geološki substrat predstavljen je pješčarima, laporima, glinom, glincima i laporovitim krečnjacima jursko-kredne starosti.

Bitno je spomenuti da između pokrivača i substrata, obično nije oštra granica nego, postoji prelazni horizont degradiranog substrata (kora trošenja). U ovom horizontu se uslijed djelovanja mnogobrojnih egzogenih faktora trošenja odvijaju procesi dezintegracije i detritacije, time postepeno slabe geomehaničke karakteristike matične stijene dugoročno se pretvarajući u rezidualno tlo. Kontinuiranim uticajem faktora trošenja kao što su ciklični procesi: kvašenja-sušenja, zagrijavanja-hlađenja, zamrzavanja-odleđivanja pospješuju se procesi fizičkog i hemijskog trošenja ovih stijena (generisanje gipsa, dezintegracija, bubreženje, kalanje itd). Debljina ovog horizonta najviše zavisi od litogenetskih osobina substrata.

Potrebno je napomenuti da se granica između ove dvije kategorije, degradiranog i nedegradiranog substrata ne može jasno povući, zbog toga što je jursko-kredni fliš sastavljen iz različitih litoloških članova, a među kojima je i glina i glinci.

Kompleks ima tanko slojevitu do slojevitu teksturu i pelitsku i alevritsku strukturu.

Opšta odlika geološkog substrata je materijalna heterogenost i promjenljivost litološkog sastava, kako u horizontalnom smislu tako i po dubini, promjenljiva geomehanička svojstva pojedinih litoloških članova, sa naglašenom anizotropnošću, nizak stepen prirodne dijageneze i izrazita podložnost procesima površinskog raspadanja. Fizičko-mehanička svojstava substrata su ona generalno dosta promjenljiva, što prvenstveno zavisi od dostignutog stepena prirodne dijageneze pojedinih litoloških članova.

U nabušenom jezgru bušotine, najveću zastupljenost imaju latori, glina i pješčari. Na izvađenim uzorcima slojne ravni su manje više jasno izražene po čestim litološkim promjenama ili po jasno preparisanim slojnim diskontinuitetima. Pod uticajem klimatskih faktora, temperaturnih promjena i dejstva mraza, naročito u

---

vještački formiranim zasjecima, dolazi do postepenog razaranja površinskih dijelova stijenske mase i njenog krunjenja, osipanja i blokovskog raspadanja.

Laporac i glinci su vrlo osjetljivi na prisustvo vode i klimatske promjene, zbog čega se kod izvođenja zemljanih radova posebno mora voditi računa da iskopi ne budu duže vrijeme otvoreni i nezaštićeni, već je potrebno da se postizanjem projektne dubine odmah pristupi ugrađivanju materijala, a višak iskopa zatrpa, kako ne bi došlo do destrukcije temeljnog tla. Materijali substrata "in situ" imaju povoljna svojstva kao sredina za temeljenje građevinskih objekata.

Kako je već prethodno navedeno teško je povući granicu između raslabljenog supstrata i supstrata zbog kompleksne litološke građe, međutim istražnim bušenjem više dubljih bušotina mogla se odrediti zakonomjernost prema kojoj su ova dva horizonta odvojena, **raslabljeni supstrat, horizont 3** je više raslabljen i glinovit, zaliježe na različitim dubinama, 2,30 – 5,00 m, a prosječno na 3,80 m, prosječna debljina sloja je 4,00 m.

Prema podjeli tla u građevno-tehničkom smislu težine ili načina iskopa (norma GN 200), raslabljeni supstrat spada u kategoriju 6/V, mehke stijene, a prema Smjernicama za građenje puteva u BiH ovi materijali spadaju u 4. kategoriju mehke stijene.

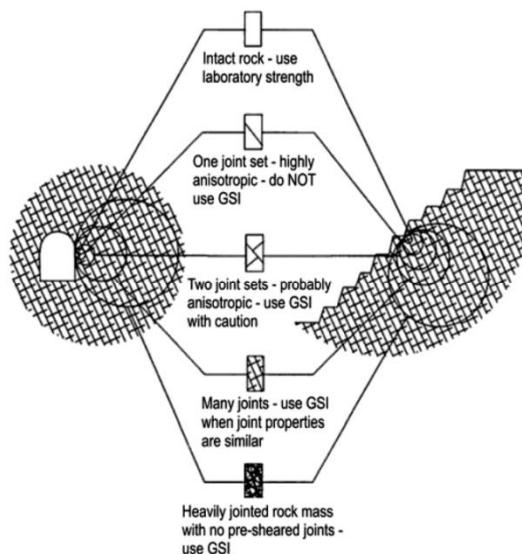
Supstrat je izdvojen ispod raslabljenog supstrata, odlikuje se svježijim izgledom u presjeku, sa manjom degradacijom materijala i manjim sadržajem gline. Ovaj sloj je stabilan i svi klizni procesi se odvijaju iznad dubine zalijaganja. Dubina zalijaganja se kreće između 5,10 do 10,70 m, prosječno na 8,10 m, debljina normalno nije određena.

Prema podjeli tla u građevno-tehničkom smislu težine ili načina iskopa (norma GN 200), supstrat spada u kategoriju 7/VI, teške stijene, a prema Smjernicama za građenje puteva u BiH ovi materijali spadaju u 5. kategoriju tvrde stijene.

Parametri za horizont substrata usvojeni su na bazi Hoek-Brown kriterija korištenjem softverskog paketa *roclab v1.033*.

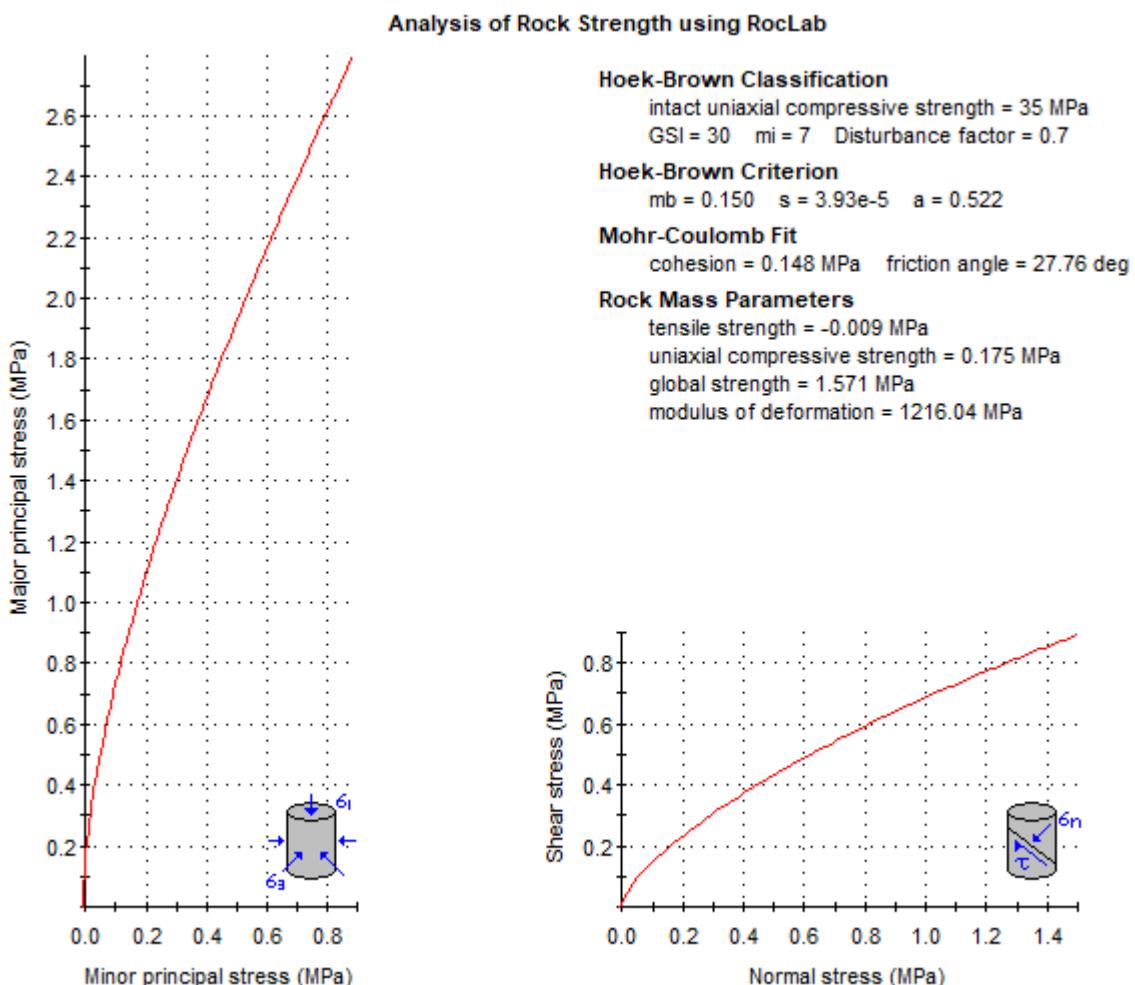
U *roclab-u* su uvršteni parametri dobijeni laboratorijskim ispitivanjem ( $\sigma_{ci}$ ), tipske vrijednosti za određene litološke članove (relacijski modul *MR*, petrografska konstanta  $m_i$  koja ne utiče na modul deformacije) te geološki indeks čvrstoće stijenske mase *GSI*. Ovaj indeks bazira se na procjeni litoloških karakteristika, geoloških struktura i diskontinualnosti stijenske mase. Modul deformacija (indirektno i modul elastičnosti) dobijen na osnovu Roclab-a (Hoek-Brown Failure Criterion) odnosi se na razmatranu stijensku masu dok se modul dobijen presiometarskim opitom odnosi samo na litološki član u kome je izvršen opit. U slučaju homogenog litološkog sastava i odsustva ili anizotropne diskontinualnosti ne koristi se *GSI* nego Hoek-Brown za intaktnu stijenu tj. rezultati dobijeni presiometarskim opitom odnose se na čitavu razmatranu stijensku masu. Domen upotrebe Hoek-Brown-a za intaktnu stijenu, odnosno *GSI-a* diktiran je litološkom homogenošću i diskontinualnošću stijenske mase. U mjerilo u kojem se stijenska masa može smatrati izotropnom koristi se *GSI* (slika 13).

---



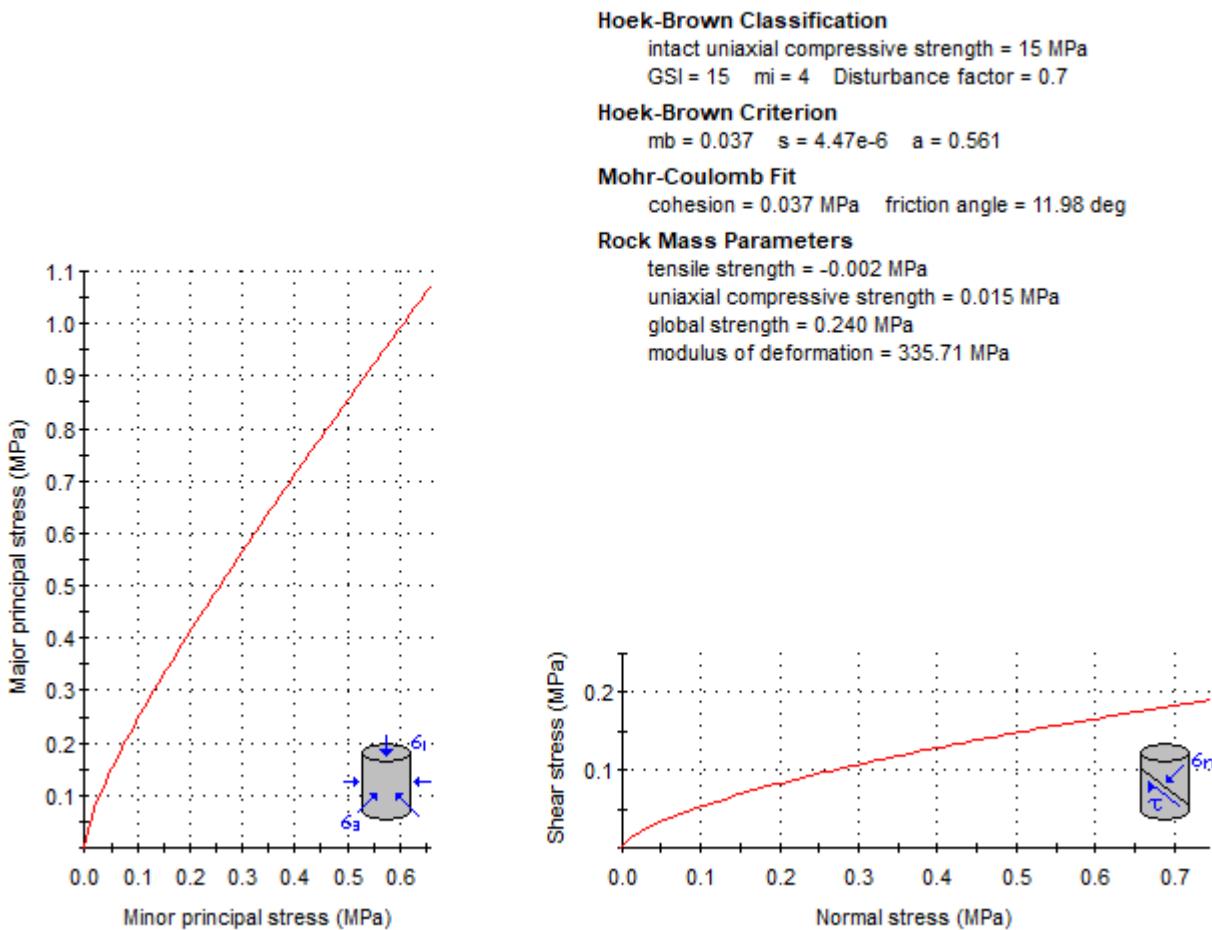
Slika 13. - Ograničenost upotrebe GSI u zavisnosti od razmjere.

S obzirom da se u konkretnom slučaju radi o uslojenom kompleksu substrata prožetim diskontinuitetima korišten je GSI za određbu parametara što je i ekonomski znatno racionalnije.



Slika 14. - Rezultati iz roclaba za substrat.

Analysis of Rock Strength using RocLab



Slika 15. - Rezultati iz roclaba za raslabljeni substrat.

## 5.5 HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA

Hidrogeološke karakteristike istražnog područja određene su geološkom građom. Osnovna hidrogeološka rejonizacija je izvršena prvenstveno na osnovu zastupljenosti akvifera u terenu i prema strukturi i poroznosti akvifera koji izgrađuju teren. O okviru ovih akvifera izdvajaju se sljedeće hidrogeološke kategorije: tereni sa akviferima međuzrnske (intergranularne) poroznosti i tereni sa akviferima pukotinske poroznosti.

Prema tome na predmetnom terenu su izdvojene tri hidrogeološke kategorije terena:

- Umjereno do slabo vodopropusni materijali intergranularne poroznosti
- Slabovodopropusni materijali intergranularne i pukotinske poroznosti
- Pretežno vodonepropusni kompleks stijena pukotinske poroznosti

**Umjereno vodopropusnim materijalima** intergranularne poroznosti pripadaju materijali pokrivača tj. eluvijalno-deluvijalni pokrivač i nasip. To je generalna ocjena vodopropusnosti ovih materijala. U

zavisnosti od varijacija učešća pojedinih frakcija (drobina, pjesak, prašina i glina) u materijalima pokrivača mijenjaju se hidrogeološke funkcije materijala u datom horizontu.

Podzemne vode u njima su sporoocjednog tipa, male izdašnosti i javljaju se u vidu vlaženja i curaka na različitim nivoima po dubini. One nemaju kontinuirano rasprostranjenje, već se sporadično javljaju najčešće na kontaktu pokrivača i substrata. Njihovo prisustvo nepovoljno utiče na fizičko–mehanička svojstva pokrivača i direktno utiče na procese klizanja tla. Ove materijale karakteriše i kapilarna poroznost što je uzrok spore vodoocjednosti i slabih mehaničkih karakteristika jednom kada se vodozasite pore ovih materijala.

Mora se uzeti u obzir činjenica da se radi o materijalima slabe propusnosti kod kojih propusnost može da varira u zavisnosti od sadržaja nepropusne gline i bolje propusnih materijala, pjeska i prašine, što se lokalno mijenja, kako u vertikalnom tako i u horizontalnom smislu.

U izvedenim istražnim radovima nije zabilježena pojava podzemne vode, treba uzeti u obzir da se bušenje izvodilo u sušnom periodu.

**Slabovodopropusni materijali intergranularne i pukotinske poroznosti** se odnose na materijale rasabljenog supstrata, ovi materijali su izgrađeni od degradirane stijene sa povišenim učešćem gline. Zbog kompleksne litološke građe bez ikakvog pravila u zaliđegaju, može se konstatovati da se radi o slabopropusnim materijalima male izdašnosti, PV su sporoocjednog tipa i javljaju se u vidu vlaženja i curaka na različitim nivoima po dubini.

**Pretežno vodopropusni kompleks stijena** pukotinske poroznosti obuhvata sedimente jure i krede litološkog kompleksa predstavljene pješčarima, laporima, glinama i laporovitim krečnjacima. Posmatrajući odvojeno litološke članove kompleksa, pješčar i krečnjak se svrstavaju u propusne sediment pukotinske poroznosti, dok je lapor i glina vodonepropustan materijal. Iz tog razloga ovaj kompleks stijena čini vodonepropustnom podlogom (supstrat) preko koje se prirodno dreniraju nakupljene i procjedne vode sa ovog područja.

U gravitacionom bazisu istražnog područja je rijeka Zgošća, protiče cijelom dužinom klizišta i predstavlja glavni vodosabirnik površinskih i podzemnih voda iz tijela klizišta. Međutim obzirom na zadržavanje vode na površini dreniranje terena je otežano, a upravo iz razloga geološke odnosno litološke građe pokrivača.

## **6. MODEL TERENA I PARAMETRI ZA PRORĀČUNE**

Mjerodavni geomehanički parametri za proračune su dati na osnovu podataka terenskih "in situ" opita, laboratorijskih ispitivanja, dosadašnjeg iskustva, korelacija i preporuka pojedinih autora, komparacije drugih rezultata iz istih i sličnih materijala.

Parametri za nasip nisu usvajani zbog heterogenog sastava gdje se ne mogu usvojiti mjerodavne vrijednosti, takođe masa nasipa neće uticati na proračune stabilnosti, ako bi se nasip objedinio sa el-dl pokrivačem.

<b>Geotehnički horizont 2</b>	<b>Eluvijalno-deluvijalni pokrivač</b>
<b>0-2,50 m</b>	
Zapreminska težina [ $\gamma$ ]	20,5 kN/m <sup>3</sup>
Ugao unutrašnjeg trenja [ $\phi$ ]	20 °
Kohezija [c]	24 kPa
Modul stišljivosti [E]	6 MPa
<b>Geotehnički horizont 3</b>	<b>Raslabljeni supstrat</b>
<b>2,50-5,10 m</b>	
Zapreminska težina [ $\gamma$ ]	21 kN/m <sup>3</sup>
Ugao unutrašnjeg trenja [ $\phi$ ]	12°
Kohezija [c]	37kPa
Modul stišljivosti [E]	20 MPa
<b>Geotehnički horizont 4</b>	<b>Supstrat</b>
<b>5,10 m -</b>	
Zapreminska težina [ $\gamma$ ]	24 kN/m <sup>3</sup>
Ugao unutrašnjeg trenja [ $\phi$ ]	28°
Kohezija [c]	148 kPa
Modul stišljivosti [E]	100 MPa

## **7. PREPORUKE ZA PROJEKAT SANACIJE**

Uvažavajući opisane inženjerskogeološke i geomehaničke karakteristike, rezultate provedenih istraživanja i mjerena daju se sljedeće konstatacije i preporuke:

- Mjerena inklinacija nisu pokazala nikakva pomjeranja terena, međutim treba uzeti u obzir da su mjerena vršena u sušnom periodu sa minimalnim količinama vode i vodozasićenjem. Da bi podaci o mjerenu inklinacije bili pouzdani mjerena je potrebno nastaviti u narednom periodu (zima-proljeće) kada se očekuju veće količine padavina, topljenje snijega što dovodi i do većeg priliva podzemnih voda. Preporuka je da se rade 2 mjerena mjesечно. Takođe potrebno je vršiti monitoring sanacije klizišta, što znači da se mjerena nastave i nakon sanacije, kako bi se pratili efekti iste.
- U Elaboratu je navedeno da postoji više uzroka nestabilnosti terena, nepovoljna geološka građa i geneza terena, nepovoljan morfološki položaj, riječna erozija u koritu, a ujedno i nožici klizišta, i na kraju vodozasićenost terena.

Obzirom da se radi o velikom klizištu, velike površine i zapremine, smatramo da potporne konstrukcije ne mogu biti osnovno sanaciono rješenje.

Prije svega potrebno je drenirati vodu iz kliznog tijela, smanjiti vodozasićenje koje slabih mehaničkih karakteristika tla, s tim u vezi dreniranje terena je osnovna mjeru koja se mora poduzeti. Doticaj PV-a u tijelo klizišta je iz više pravaca sa hipsometrijski viših dijelova terena, prihranjivanje se vrši sa sjeverozapada, zapada i jugozapada.

U ovom elaboratu ćemo dati preporuke načina dreniranja. Drenažni sistem bi trebalo iskobinovati u vidu „Y“ drenaža i „riblje kosti“. Na IG karti u prilogu su date aproksimativne pozicije drenaža i grafički prikaz onog što će ovdje biti objašnjeno.

Drenažne kanale projektovati u skladu sa morfologijom terena i pravcima prihranjivanja i tečenja povremenih tokova, za projektovanje je potrebno geodetski snimiti šiti prostor kako bi se uzeli u obzir svi morfološki oblici od važnosti za hidrološku mrežu.

Na lijevom i desnom boku klizišta (sjever i jug) prateći morfologiju terena, niže dijelove terena i nastale jaruge, potrebno je sprovesti glavne drenažne cijevi u koje bi se upajale sporedne drenaže na način da se prikupe sve PV i svi izvori. Na karti su drenaže približno pozicionirane na opisani način obzirom da se nije posjedovala geodezija za cijeli teren i obzirom da se radi samo o preporukama. Suština ovog prijedloga je da se prate prirodni tokovi vode koji su erozionim procesima oblikovali morfologiju terena.

Drenaže se ne preporučuju kroz centralni dio klizišta zbog debljina pokrivača, nepovoljne morfologije i prirodnog pravca dreniranja vode. Da bi se prikupile vode koje dotiču u središnji dio sa zapada, postavljena je Y drenaža i sprovedena u glavni južni drenažni kanal. Još je bitno naglasiti da se krakovi drenaža trebaju što je više preklapati kako bi se prikupile sve lutajuće PV. Na ovom terenu je bitno da se dreniraju PV u što većem procentu jer je nagib terena veliki i pogodan za aktiviranje klizišta, odnosno nepogodan za izgradnju objekata.

Sve jaruge i povremene tokove treba uključiti u drenaže ili odvojeno kanalizati i sprovesti do rijeke. Drenažne kanale i cijevi spustiti na supstrat.

Ovdje date pozicije drenaža i način dreniranja nije preciziran jer se radi o elaboratu, u projektu ukoliko se usvoji ovaj prijedlog, izmjene se mogu i trebaju napraviti i definisati precizne pozicije i način izvođenja, a sve to je potrebno potvrditi proračunima.

- Jedan od uzroka pojave nestabilnosti je i erozija korita rijeke koje je i nožica klizišta. Fluvijalna erozija rijeke dovodi do slabljenja oslonca škarpe što izaziva kretanje cijelog terena. Tematski teren, a posebno dio ispod saobraćajnice se nikad neće moći trajno ustabiliti dok se ne riješi ovaj problem, jedino trajno rješenje je regulacija korita rijeke Zgošće čime bi se korito zaštitilo do erozije.
- Sanaciju i dreniranje terena treba izvoditi neovisno o sanaciji trupa ceste. Sanacija i izgradnja ceste se može izvesti naknadno i uklopiti u sanaciono rješenje, kod sanacije saobraćajnice potrebno je posvetiti pažnju kod zasjecanja terena na nagibe i uređenje škarpe. Stabilizacija škarpe se može izvesti slaganim kamenom i ublažavanjem nagiba terena, kao ekonomičnije

rješenje, a u slučaju da je na određenim dijelovima potrebno uraditi armirano betonski zid isti je potrebno temeljiti u supstratu.

- Procesima klizanja teren je u značajnoj mjeri deformisan kako je to opisano u odgovarajućim poglavljima ovog elaborata. Deformacije se ogledaju u stvaranju pukotina, ogoljavanju terena, navlačenja i nepravilne akumulacije pokrenutog materijala preko stabilne podloge i sl. Potrebno je izravnati teren, nivelišati neprirodne nagibe akumuliranog materijala, razbiti ili ukloniti prijeteće blokove, zapuniti zjapeće pukotine.

Nagib padine je potrebno dovesti na ujednačeni prirodni ugao. „Peglanje“ terena se može izvesti nakon izvođenja drenaža, a ovime je najvažnije da se akumulacije materijala vrate u prvobitno stanje kako bi se smanjilo opterećenje na teren ispod.