

PRIMJER INŽENJERSKO-GEOLOŠKIH I GEOTEHNI KIH PARAMETARA NA PROFILU PREGRADNOG MJESTA HE „BABINO SELO“

prof dr sc **enari erimagi**

Gra evinski fakultet u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu

prof dr sc **Nijaz Škripi**

Gra evinski fakultet u Sarajevu, Institut za geotehniku i geologiju

M.A. **Mladen Kapor**, dipl. inž.gra .

Gra evinski fakultet u Sarajevu, Institut za geotehniku i geologiju

V. ass. M.A. **Adis Skeji** , dipl. inž.gra .

Gra evinski fakultet u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu

Emir Hadži , gra . inž.,

Gra evinski fakultet u Sarajevu, Institut za geotehniku i geologiju

V. ass. M.A. **Senad Medi** , dipl. inž.gra

Gra evinski fakultet u Sarajevu, Univerzitet u Sarajevu

Sažetak:

U radu su predstavljene rezultati kompleksnih inženjersko-geoloških i geotehni kih istraživanja pregradnog mjesta HE „Babino Selo“. Prema dobivenim parametrima, lijeva obala Vrbasa je u tufovima, a desna u spililitima i keratofirima. Stijenske mase imaju visoke vrijednosti monoaksijalnih vrsto a. Ispitivanjem VDP-a utvr eno je da se vodopropusnost smanjuje sa pove anjem dubine. Provedena istraživanja ukazuju da odabrani mikrolokalitet zadovoljava uslove izgradnje brane HE „Babino Selo“

Ključne riječi:

tufovi, spiliti i keratofiri, monoaksijalna vrsto a, vodopropusnost, HE Babino Selo

SAMPLE OF ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOTEHNI CAL PARAMETERS OF DAM LOCATION PROFILE OF THE HE „BABINO SELO“

Summary:

Complex engineering-geological and geotechnical investigation program at the dam site of HPP “Babino Selo” is presented in the article. According to the obtained parameters, the left Vrbas river bank is mainly composed of tuffs, and the right is made of spilites and keratophyres. The rock mass has high uniaxial strength values. A decrease of water permeability with depth is determined. The conducted exploration indicates that the considered microlocation meets the requirements for erection of HPP „Babino Selo“ dam.

Key words:

tuffs, spilites and keratophyres, uniaxial strength, water permeability, HPP Babino Selo

1. UVOD

Sliv rijeke Vrbas obuhvata centralne dijelove terena Dinarskog planinskog sistema. Srednja nadmorska visina sliva iznosi 1030 m.n.m., najniža (uš e rijeke Vrbas u Savu), 83m.n.m., a najviša predstavlja vrh planine Vranice (Tikva- 1978 m.n.m.).

Vrbas je desna pritoka rijeke Save u zapadnom dijelu BiH duga ka oko 250km, sa površinom sliva oko 62703 km². Vrbas nastaje od dva vrela na Zec-Planini (ogranak Vranice), 1715m.n.m. Rijeka Vrbas usijeca kompozitnu dolinu, prolaze i kroz Skopljansku kotlinu, kotlinu budu e akumulacije HE Babino Selo, Vina ku klisuru, Jaja ku kotlinu, kanjonsku dolinu Tijesno, Banjalu ku kotlinu, a donjim tokom preko svoje makroplavine Lijev e polje [1; 2].

2. GEOMORFOLOŠKE KARAKTERISTIKE

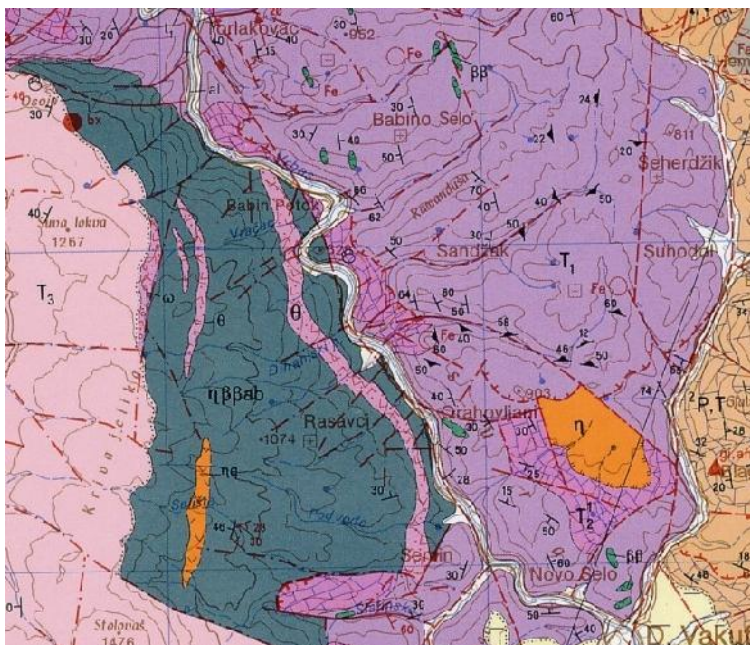
U okviru fluvijalno-akumulacijskog tipa reljefa izdvojen je samo savremeni akumulacijski reljef. Savremeni reljef duž korita Vrbasa i pritoka karakterizira dinami no, sezonsko mjenjanje koli ina donosa i odlaganja vu enog i suspendiranog aluvijalnog i proluvijalnog nanosa. To su uglavnom aluvijalni odsijeci, buji ni nanosi i drugi morfološki oblici vezani za fluvijalni režim [1; 2].

Erozijsko-denudacijski reljef vezan je za "pozitivne" morfoskulpture, odnosno za dijelove terena iznad akumulacije. Ovaj tip reljefa ima najve u površinsku zastupljenost u podru ju istraživanja. U tim dijelovima, teren uglavnom izgra uje polifacijalni kompleks donjeg trijasa sa intruzijama dijabaza i dolerita te magmatske stijene vakufsko-torlova ke efuzivne mase. Izrazita tektonska predispozicija uslovljena velikom u estaloš u makro i mikro elemenaata sklopa omogu uje nagle kvalitativno-kvantitativne promjene u površinskoj zoni a time i ubrzaniji razvoj fizi ko-geoloških procesa pra enih stvaranjem mezo- i makromorfoloških formi reljefa. Ovaj reljef odlikuje razu enost, raš lanjenost i razbijenost mezo- i mikrooblika, sa visinskim razlikama nad okolnim terenom koje dostižu 130 - 600 m. Kao posljedica fizi kogeoloških procesa i stvaranja površinskog pokriva a deluvijalnog tipa, a u nižim dijelovima padina i koluvijalno - proluvijalnog porijekla, pri dnima padina su nagomilane tvorevine glinovito - drobinskog sastava ili su zbog denudacijskog djelovanja voda, padine mjestimice ogoljene. Na predispozicijama ovog tipa reljefa, usjecala se rijeka Vrbas koja izrazito mijenja pravac toka od Babinog do ihanjskog potoka. Duž rije ne doline, bo ne su padine sa pravolinijskim padom, konveksnog ili izlomljeno stupnjevitog nagiba. Korito je na lokaciji brane dubine oko 6 m i širine 73 m. Meandriranje korita u ovom dijelu toka je izraženo. Prema orijentacionim hidrološkim podacima, na pregradnom profilu se mogu o ekivati srednji godišnji proticaji $Q = 21,88 \text{ m}^3/\text{sec}$ [1; 2].

Karstno-erozioni tip reljefa obuhvata dijelove terena, kako na desnoj tako i lijevoj obalnoj strani, izgra ene od karbonatnih stijena – mermerastih kre njaka. Reljef ove kategorije odlikuje se specifi nom morfologijom, uslovljenom hemijskim razlaganjem tektonski jako polomljenih mermerastih kre njaka. Naj eš i morfološki oblici su karstni kanali razli itih dimenzija. Sa inženjerskogeološkog aspekta ovaj tip reljefa ima poseban zna aj jer se u okviru ovog tipa reljefa mogu o ekivati gubici vode iz akumulacije [1; 2].

3. GEOLOŠKA GRA A ŠIREG PODRU JA

Geološka gra a šireg podru ja, kao što se vidi na slici 1, je izuzetno složena.



Slika 1: Geološka gra a šireg prostora, [4]

Legenda kartiranih jedinica:

- s - sipar
- al - aluvij
- T_2^1 - mermerasti kre njaci
- T_1 - karbonatni škriljci, alevroliti i pješ ari
- yssab - spiliti i keratofiri
- yq - kvarckeratofiri
- " - tufovi
- Š - tufovi i vulkanske bre e
- SS - dijabazi i doleriti

Prema [4] u gra i šireg prostora u estvuju sedimentne i magmatske stijene stvarane u toku donjeg trijasa (T_1), srednjeg trijasa – anizika (T_2^1) i ladinika (T_2^2) kao i suvremene kvartarne naslage (Q) u vidu površinskih pokrija a razli ite geneze i materijalnog sastava.

Donji trijas – verfen (T_1) gradi dio prostora na desnoj obalnoj strani Vrbasa te dio terena na lijevoj obali kod Semina odnosno uš a rijeke Semišnice u Vrbas. Tvorevine donjeg trijasa u apsolutnoj dominaciji izgra uju sivi i sivozeleni karbonatni škriljci, kre njaci i alevroliti, koji su u širem podru ju ozna eni kao “travni ka serija”. Sedimentološkim ispitivanjima u šrem podru ju odre eni su kvarcno-liskunovito-karbonatni škriljci, karbonatni škriljci, listasti i bobi asti mikriti, tankoplo asti mikriti u alternaciji s alevrolitima, rje e sericitski škriljci, pjeskoviti metaalevroliti, te subgrauvakni i alevrolitski pješ ari. Karakteristi no je da se navedeni klastiti alterniraju sa listastim do tankoplo astim mikritskim kre njacima. U superpoziciono nižim dijelovima terena dominira finozrna klasti na komponenta, dok se listasti kre njaci sasvim rijetko pojavljuju. Unutar navedenih sedimentata postoji itav niz silova i dajkova dijabaza i dolerita, koji se pojavljuju u vidu malih izdanaka paralelnih slojevitosti ili duž pukotina. Debljina “travni ke serije “ odre ena je prema [4] u vrijednosti od 500-800 m.

Anizik (T_2^1) odnosno sedimenti ovog litostratigrafskog lana gotovo redovno prate donjotrijaske tvorevine, to jest zastupljeni su u svim dijelovima terena koje izgra uju i donjetrijaski sedimenti. Na dijelu terena predvi enog za istraživanje anizik je predstavljen slojevitim i masivnim, svijetlosivim mermerastim kre njacima, a sporedno se pojavljuju i dolomiti. Sedimentološkim ispitivanjima determinisani su kao: mikrospariti, pseudospariti, pjeskoviti mikro i pseudospariti, intra pelmikriti i mikriti, esto prekristalisali. Odnos prema starijim - donjetrijaskim sedimentima je kontinuiran, osim u intenzivno poreme enim dijelovima terena. Debljina mermerastih kre njaka na širem podru ju procjenjuje se na vrijednost od 400 m.

Magmatske formacije u okviru srednjotrijaskog magmatizma izgra uju najve i dio istraživanog terena na lijevoj obalnoj strani Vrbasa. Prema nivou o vrš avanja mogu se razlikovati tri osnovne grupe magmatita.

Spiliti i keratofiri (ab) su naj eš e vulkanske stijene koje se esto ne mogu me usobno razdvojiti. Spomenuta vulkanska masa Donji Vakuf – Torlakovac izgra ena je najve im dijelom od spilita i keratofira.

U mineralni sastav ovih stijena ulze albit, te augit i amfibol, zatim hlorit, epidot, kalcit, ankerit, seladonit i razli iti akcesorni minerali. Karakteristi no je da je feldspat skoro uvijek ispunjen navedenim sekundarnim mineralima. U rijetkim primjercima vulkanita je konstatovan i kalijski feldspat, izgleda sanidin. Karakteristi no je da spiliti keratofiri sadrže redovno ve e koli ine mandula u ijem sastavu dominiraju kalcit, hlorit i kvarc. Spiliti i keratofiri se me usobno nisu mogli odvojiti, jer bi za to trebao veliki broj hemijskih analiza.

Kvarcni keratofiri (q) su utvr eni samo na desnoj obalnoj strani Vrbasa ispod Krive jelike u velikoj vakufsko – torlova koj izlivnoj masi, u vidu zone dužine oko 2 km i širine oko 500 m. Te stijene imaju izrazito porfirsku strukturu, s manjom koli inom utruska i dosta mikrogranitske osnove.

Tufovi () su tako er zapaženi u velikoj vakufsko – torlova koj efuzivnoj masi na lijevoj obalnoj strani gdje su i izdvojeni, u njenim podinskim i krovinskim dijelovima. Makroskopski li e na okolne vulkanite i odre eni su samo mikroskopski. Tufovi imaju psamitsku strukturu s odre enom koli inom detriti nih sastojaka. Jasno se odvajaju kristalovitofirni tufovi, koji po sastavu odgovaraju spilitima i keratofirima, te litokristalasti tufovi, koji su eš i, i u ijem sastavu, pored odlomaka zamu enog albita, dolaze još i odlomci spilita i keratofira. Matriks tufa je, u prvom slu aju rekristalizirano staklo, a u drugom slu aju je matriks, ili sericit – kvarcni, ili kvarc- hlorit – kalcitski.

U tektonskom pogledu teren pripada središnjim Dinaridima i predstavlja granicu izme u strukturno-facijalne jedinice Gorica-Ljuša-Bugojno i strukturno-facijalne jedinice Otomalj-Oborci-Komar, iji je odnos tektonski, odnosno me usobno su odvojene neotektonski aktivnim Vrbasko-Voljeva kim rasjedom.

Seizmi kom rejonizacijom utvr eno je da se lokacija brane nalazi u zoni VIII stepena MCS skale za povratni period od 500 godina [5].

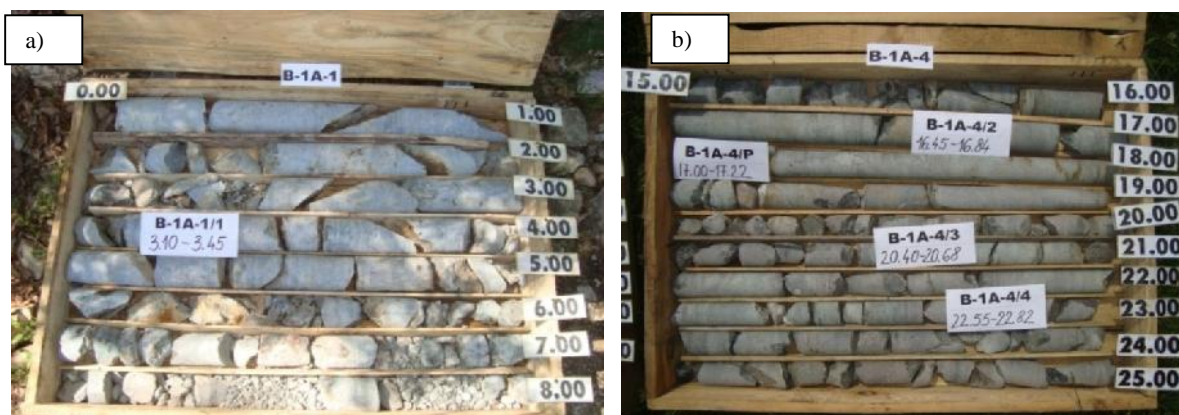
4. VRSTE I OBIM IZVEDENIH ISTRAŽNIH RADOVA

4.1. Istražno bušenje, ispitivanje VDP-a i mjerenje oscilacija NPV-a

U donjoj tabeli navedeni su izvedeni istražni radovi, koji se odnose na istražno bušenje, ispitivanje VDP-a i uzimanje uzoraka stijenske mase za laboratorijska ispitivanja.

Tabela 1: Pregled izvedenih istražnih bušotina, pijezometara, opita VDP-a i broja uzetih uzoraka [1; 2]

VARIJANTA	NAZIV BUŠOTINE	DUBINA BUŠOTINE	PIJEZOMETAR	Broj VDP opita (etaža 5m)	BROJ UZORAKA
VARIJANTA 1A (visina brane 10.0 m)	B-1A-1	25.00	DA	4	5
	B-1A-2	20.00	NE	3	5
	B-1A-3	20.00	NE	3	4
	B-1A-4	25.00	DA	2	4



Slika 2. Fotografije izbušene jezgre a) lijeva obala; b) desna obala [1]

4.2. Geofizi ka ispitivanja

Geofizi ka ispitivanja primjenom seizmi kih ispitivanja izvršio je Centar za nedestruktivna testiranja i geofiziku d.o.o. Beograd. Na lokaciji brane primjenjena je metoda prozra ivanja (tomografija) izme u bušotina. Ispitivanja su izvedena prozra ivanjem izme u bušotina B-1A-1 i B-1A-2, izme u bušotina B-1A-2 i B-1A-3 te bušotina B-1A-4 i B-1A-3 [1].

4.3. Laboratorijska ispitivanja uzoraka stijena i tla

Iz jezgra istražnih bušotina izvršeno je uzimanje 30 uzoraka a iz raskopa 4 uzorka za fizi ko-mehani ka ispitivanja svojstava stijena i tla. Laboratorijska ispitivanja obavljena su u laboratoriji "GEOlab" Sarajevo, a rezultati ispitivanja sa pregradnog mjesta prikazani su u tabeli 2:

Tabela 2: Pregled fizi ko-mehani kih osobina uzetih uzoraka [1]

	oznaka	jedinica	1	2	3	4	5	6
Sonda:			B-1A-1/1	B-1A-1/2	B-1A-1/3	B-1A-1/4	B-1A-1/5	B-1A-2/1
Dubina:		m	3,10-3,45	9,53-9,88	15,0-15,4	17,3-17,6	20,0-20,3	11,6-11,9
Upijanje vode:	n _s	%	0,1	0,1	0	0	0	0,2
Zapreminska masa vodozasi enog uzorka	n	kg/m ³	2730	2748	2775	2805	2821	2758
Zapreminska masa isušenog uzorka		kg/m ³	2727	0745	2775	2805	2821	2752
Gusto a vrstih estica	s	kg/m ³	2739	2758	2781	2815	2829	2771
Monoaksijalna vrsto a na pritisak (cilindar) – vodozas.	c	MPa	84,30	114,10	122,00	145,40	168,20	-
vrsto a na zatezanje - vodozasi en	t	MPa	12,75	13,52	14,71	15,84	19,84	10,77
	oznaka	jedinica	7	8	9	10	11	12
Sonda:			B-1A-2/2	B-1A-2/3	B-1A-2/4	B-1A-2/5	B-1A-3/1	B-1A-3/2
Dubina:		m	9,0-9,35	12,5-12,8	16,5-16,7	18,0-18,3	2,54-2,71	13,0-13,3
Upijanje vode:	n _s	%	0	0	0	0	0,2	0,1
Zapreminska masa vodozasi enog uzorka	n	kg/m ³	2752	2791	2810	2821	2761	2782
Zapreminska masa isušenog uzorka		kg/m ³	2752	2791	2810	2821	2755	2779
Gusto a vrstih estica	s	kg/m ³	2769	2802	2821	2834	2772	2794
Monoaksijalna vrsto a na pritisak (cilindar) - vodozas.	c	MPa	132,30	-	-	-	-	143,40
vrsto a na zatezanje - vodozasi en	t	MPa	14,73	15,79	16,51	17,77	9,15	16,20
	oznaka	jedinica	13	14	15	16	17	18
Sonda:			B-1A-3/3	B-1A-3/4	B-1A-4/1	B-1A-4/2	B-1A-4/3	B-1A-4/4
Dubina:		m	16,3-16,7	18,8-19,0	14,7-14,9	16,4-16,8	20,4-20,7	22,5-22,8
Upijanje vode:	n _s	%	0	0	0,1	0	0	0
Zapreminska masa vodozasi enog uzorka	n	kg/m ³	2812	2825	2792	2807	2767	2816
Zapreminska masa isušenog uzorka		kg/m ³	2812	2825	2789	2807	2767	2816
Gusto a vrstih estica:	s	kg/m ³	2824	2837	2800	2819	2798	2829
Monoaksijalna vrsto a na pritisak (cilindar) - vodozas.	c	MPa	127,20	-	-	165,60	144,50	-
vrsto a na zatezanje - vodozasi en	t	MPa	18,97	19,67	14,70	17,79	20,39	21,28

5. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽNIH RADOVA

5.1. Analiza rezultata geološkog kartiranja užeg prostora razmatranog objekta

Kvartarni pokriva i zauzimaju najveći dio površine razmatranog područja. To su materijali nastali procesima raspadanja geološkog supstrata ili antropogenom djelatnošću u pri izgradnji pruge, puteva i objekata.

Antropogeni pokriva konstatiran je u konstrukciji stare pruge odnosno lokalnog puta na lijevoj obalnoj strani te magistralnog puta M5 na desnoj obali u vidu nasipa. Ima malu zastupljenost, odnosno, lokalnog su rasprostranjenja, sastavljeni od asfalta, betona, drobinica, tucanika, rizle i pijeska.

Aluvijalni pokriva konstatovan je u dijelu terena neposredno uz rijeke i tok rijeke Vrbas. Predstavlja inženjerskogeološki odnosno litološki kompleks nevezanog tla. Izgrađen je od sitnozrnog do krupnozrnog šljunka, drobinica i pijeska, a u pripovršinskim dijelovima od prašinih i pjeskovitih glina. U okviru materijala aluvijalnog pokriva konstatovani su i uklopici blokova osnovnih stijena najvjerojatnije koluvijalnog porijekla.

Proluvijalni pokriva konstatovan je u dijelu terena u blizini strojare odnosno pri dnu padine i kontaktu povremenog potoka sa aluvijalnom ravni. Predstavlja inženjerskogeološki kompleks nevezanog i slabovezanog tla izgrađen od humizirane gline, prašine i sitnozrne do krupnozrne drobine osnovnih stijena.

Koluvijalni pokriva je konstatovan na strmim padinskim stranama lijeve obale, predstavljen je sitnozrnim i krupnozrnim drobinama, pijeskom i prašinom stijena koje u estvuju u gora i padine.

Eluvijalno-deluvijalni pokriva zauzima značajnu površinu istraživanog terena. Eluvijalno-deluvijalni pokriva predstavlja litološki kompleks sastavljen od humusa, prašinih i pjeskovitih glina smeđe boje i sitnozrne drobine osnovnih stijena.

Geološki supstrat leži u dubljim dijelovima terena ispod površinskih pokrivača ili se nalazi u vidu ogoljenih površinskih izdanaka.

Kora raspadanja geološkog supstrata leži preko stijenskih masa geološkog supstrata. Kora raspadanja predstavlja produkt „in situ“ raspadanja osnovnih stijena pod dejstvom atmosferičke i infiltracione vode. Zbog značajne razlike u litološkom sastavu, stanju i svojstvima pojedinih litoloških tipova, posebno su izdvojene kore raspadanja tufova, spilita i keratofira te mermerastih kretnjaka.

Geološki supstrat tj. geološku osnovu terena u području HE Babino Selo izgrađuju dva litološka tipa magmatskih stijena srednjeg trijasa – ladinika (T_2^2), predstavljena tufovima te spilitima i keratofirima i karbonatne naslage srednjeg trijasa – anizika (T_2^1) predstavljene mermerastim kretnjacima. Klasične naslage donjeg trijasa – verfena predstavljene karbonatnim škriljcima, alevrolitima i pjeskima izgrađuju širi dio istraživanog terena.

Objekti brane smješteni su u magmatskim stijenskim masama koje su predstavljene spilitima i keratofirima te tufovima koji su pokriveni eluvijalno-deluvijalnim ili koluvijalnim materijalima sipara [1].

5.2. Analiza rezultata ispitivanja vodopropusnosti

Analizirajući rezultate ispitivanja VDP-a na profilu po osi brane može se doći do općih konstatacija i zaključaka:

- vodopropusnost generalno opada sa dubinom u odnosu na gornje etaže;
- na znatnom broju etaža se uočava turbulentni režim tečenja;
- zapunjavanje ili ispiranje pukotina vidljivo je na pojedinim dijagramima;
- na pojedinim dijagramima vidljivi su i lomovi koji su posljedica ili hidrauličkog loma ili probijanja vode oko pakera;
- obzirom na naprijed navedeno potrebno je u fazi rada za glavni projekat izvršiti dopunska istraživanja VDP-a jer su dodatni podaci neophodni i bitni za dimenzioniranje protufiltracione zavjese.

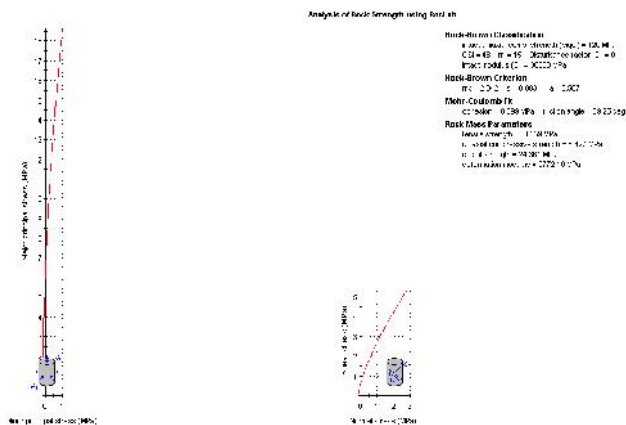
5.3. Preliminarni geotehni ki model terena sa mjerodavnim geotehni kim parametrima tla/stijene

Mjerodavni geomehani ki parametri za prora une stabilnosti postoje ih kosina, iskopa i temeljenja objekata, su dati na osnovu podataka terenskih “in situ” opita, laboratorijskih ispitivanja, dosadašnjeg iskustva, korelacija i preporuka pojedinih autora, komparacije drugih rezultata iz istih i sli nih materijala.

Sloj prirodnog pokriva a (1e) Parametri korišteni u analizi :	Vješta ki nasip za izradu trupa postoje e ceste (1a) Parametri korišteni u analizi :
Prirodna zapreminska težina = 19 kN/m ³	= 20 kN/m ³
Referentni modul def. E _{ref} = 20 MPa	E _{ref} = 25 MPa
Poisson-ov koeficijent = 0,3	= 0,3
Ugao unutrašnjeg trenja = 26 °	= 30 °
Kohezija c = 10 kPa	c = 10 kPa

5.3.1. Karakteristike stijenske mase –SPILITI, TUFOVI

Parametri usvojeni za ovaj prora un dobijeni su primjenom programskog paketa Rock Lab, primjenom Hoek-Brown-ovog kriterija vrsto e, koji se smatra primjenjivim za konkretan problem [3]. Ovakav na in utvr ivanja mjerodavnih parametara vrsto e i deformabilnosti adekvatan je u prakti nim slu ajevima kada se stijenska masa može tretirati kao kvazihomogena sa aspekta odnosa dimenzija konstrukcije i kosine na jednoj strani, te stepen degradacije stijene, na drugoj strani. U nastavku se daje komentar o ulaznim parametrima korištenih pri izboru parametara vrsto e i deformabilnosti Mohr-Coulombovog modela. Disturbance factor (D) za vrstu i raslabljenu stijensku masu je 1,0. Korištena je konzervativna pretpostavka da je stepen ošte enje pri iskopu i/ili miniranju maksimalan. Na osnovu rezultata laboratorijskih ispitivanja indeksa ta kaste vrsto e kao i monoaksijalnih vrsto a uzoraka stijenske mase, usvojene su sljede e vrijednosti monoaksijalnih vrsto a: tufovi - 120 MPa i spiliti - 120 Mpa. Ostale veli ine koje su u funkciji vrste stijene (mi, MR), usvojene su prema procjeni procentualnog udjela pojedinih stijena u vrstoj i raslabljenoj stijenskoj masi. Usvojene vrijednosti su navedene u sklopu izlaznog rezultata programskog paketa RocLab priloženog na kraju ovog poglavlja. Tako er su korištena i komparativna iskustva sa sli nim materijalima. U nastavku je prikazan izlaz iz programskog paketa RocLab.

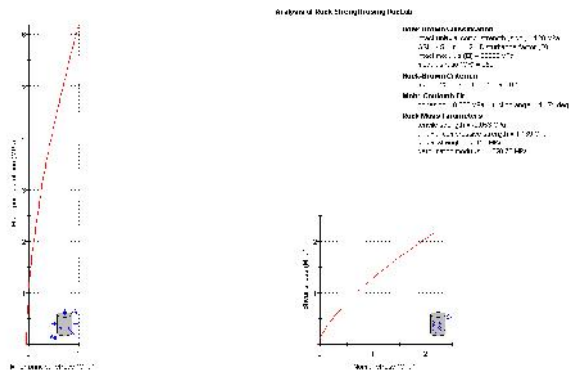


Slika3.Spiliti[1]

SPILITI - kompaktni

Parametri korišteni u analizi:

- Prirodna zapreminska težina = 26 kN/m³
- Referentni modul deformabilnosti E_{ref} = 9,0 GPa
- Poisson-ov koeficijent = 0,25
- Ugao unutrašnjeg trenja = 45 °
- Kohezija c = 450 kPa
- Koef. hor. pritiska u stanju mirovanja ... K₀ = 0,5

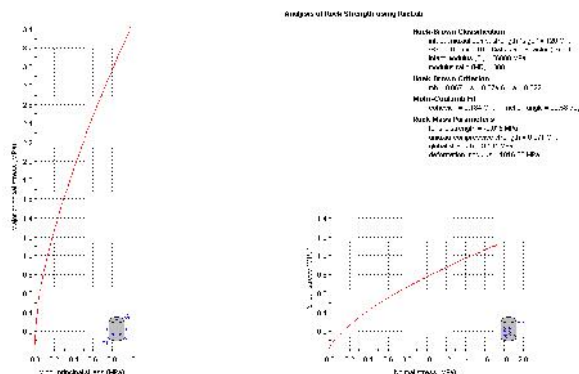


Slika 4. Spiliti degradirani [1]

SPILITI - degradirani

Parametri korišteni u analizi:

- Prirodna zapreminska težina = 26 kN/m³
- Referentni modul deformabilnosti.....E_{ref} = 2,5 GPa
- Poisson-ov koeficijent = 0,25
- Ugao unutrašnjeg trenja = 40 °
- Kohezija c = 180 kPa
- Koef. hor. pritiska u stanju mirovanja ...K₀ = 0,5



Slika 5. Tufovi [1]

TUFOVI - kompaktni

Parametri korišteni u analizi:

Prirodna zapreminska težina = 27 kN/m³

Referentni modul deformabilnosti $E_{ref} = 6,0 \text{ GPa}$

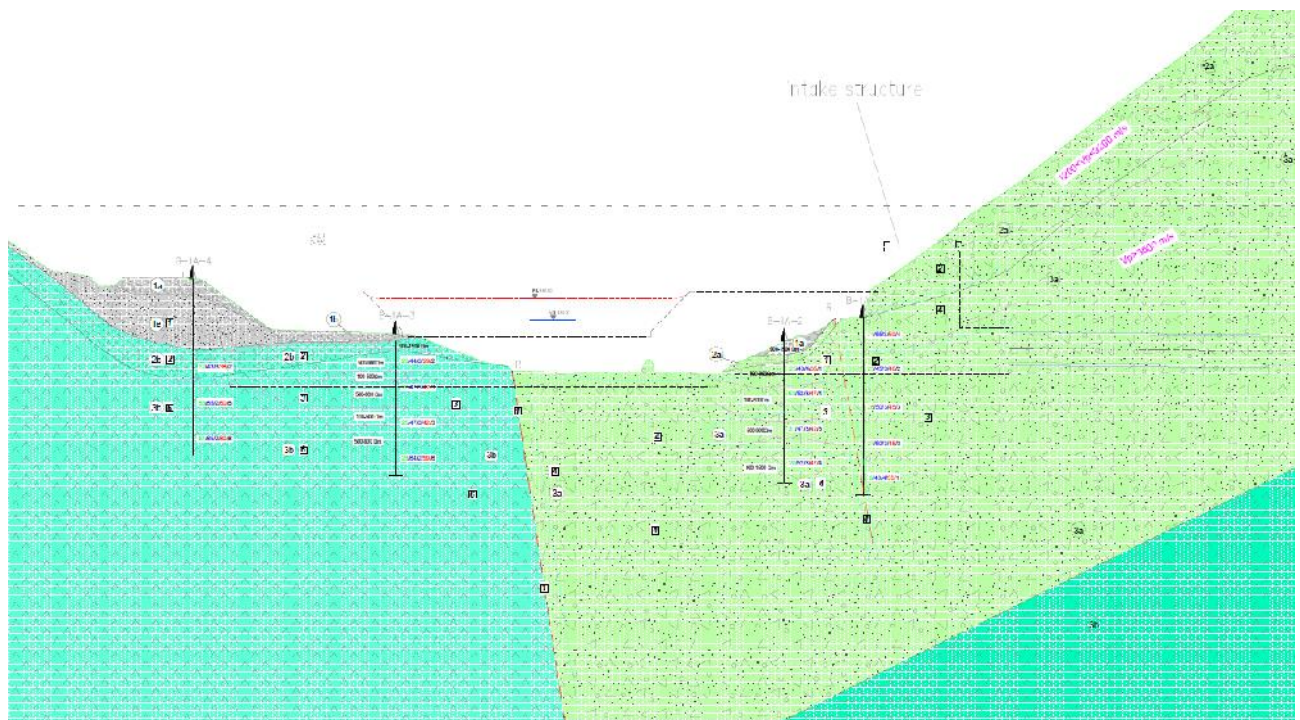
Poisson-ov koeficijent..... = 0,25

Ugao unutrašnjeg trenja = 45 °

Kohezija $c = 400 \text{ kPa}$

Koef. hor. pritiska u stanu mirovanja ... $K_0 = 0,5$

vrste stijenske mase su stabilne i pogodne za izgradnju predvi enih objekata. Preko stijenskih masa supstrata nalaze se genetski razli iti pokriva i predstavljeni materijalima vezanog i nevezanog tla. Debljina površinskog pokriva a na lijevoj obali i koritu rijeke je zanemariva dok je na desnoj obali zna ajna i iznosi 10,0 m. Naprijed navedeno ukazuje na zna ajnu debljinu materijala pokriva a u desnom boku brane što e se nepovoljno odraziti na uslove stabilnosti magistralnog puta, fundiranje i vodopropusnost u boku i ispod brane što se vidi na slici 6.



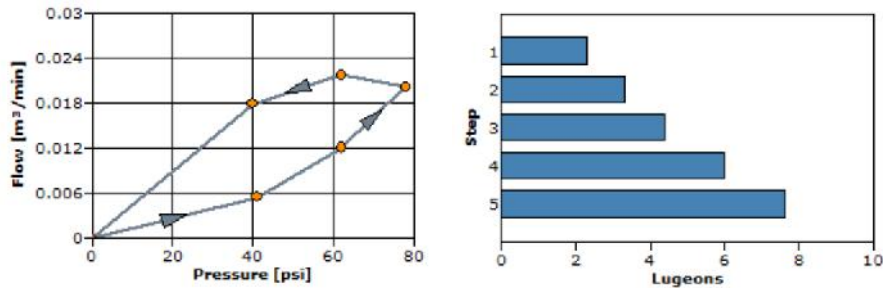
Slika 6. Integralni IG profil pregradnog mjesta [1].

5.4. Analiza rezultata ispitivanja vodopropusnosti

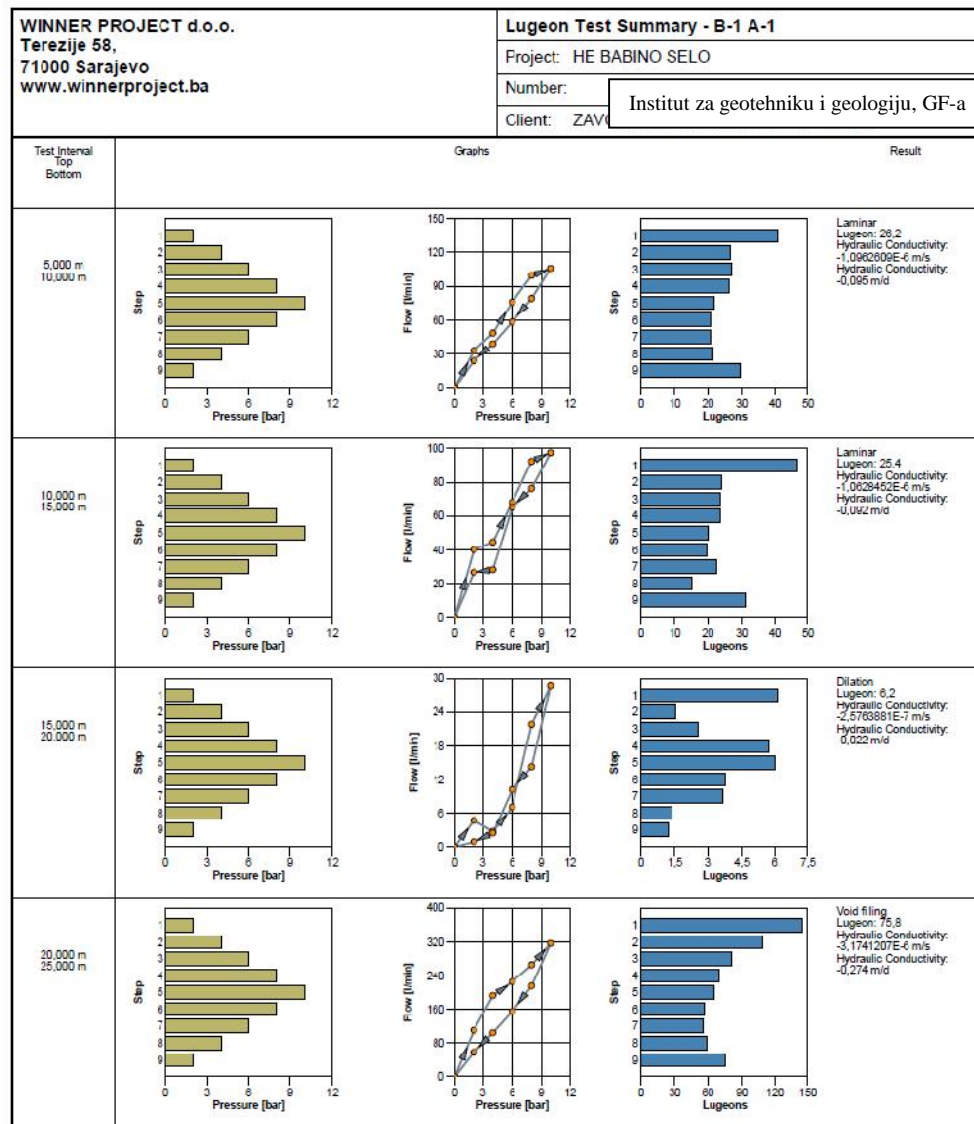
Vodopropusnost je ispitana u osovini brane u bušotinama B-1A-1, B-1A-2, B-1A-3 i B-1A-4 kao i bušotini A-1A-1 koja se nalazi u nivou magistralnog puta M5 u uzvodnom dijelu akumulacije. Ispitivanje je izvršeno na uobi ajeni na in koji se primjenjuje na vrste stijenske mase, upumpavanjem vode pod pritiskom od 2, 4, 6, 8 i 10 bara i obrnuto u trajanju od 3x po 5 minuta za svaki od spomenutih pritisaka.

5.4.1. Obrade izmjerenih podataka

Na osnovu izra unatih vrijednosti za sve ispitivane pritiske na jednoj etaži formiraju se dijagrami protok-pritisk i korak (pritisk)-Lugeon:



Slika 7: Dijagrami protok-pritisk i korak(pritisk)-Lugeon [1]



Slika 8: Prikaz obradenih rezultata testa vodopropusnosti [1]

Dobivena vrijednost za ližon je u jedinicama l/min., m pri 1 bar. Me utim, prema ustaljenoj praksi u BiH, Lugeon se izražava u jedinicama l/min/m / pri 10 bara, tako da su vrijednosti ližona dobivene u programu podijeljene sa 10. Na osnovu tako dobivenih vrijednosti ližona, izvršena je klasifikacija stijenske mase prema vodopropusnosti. a na osnovu slijede e tablice:

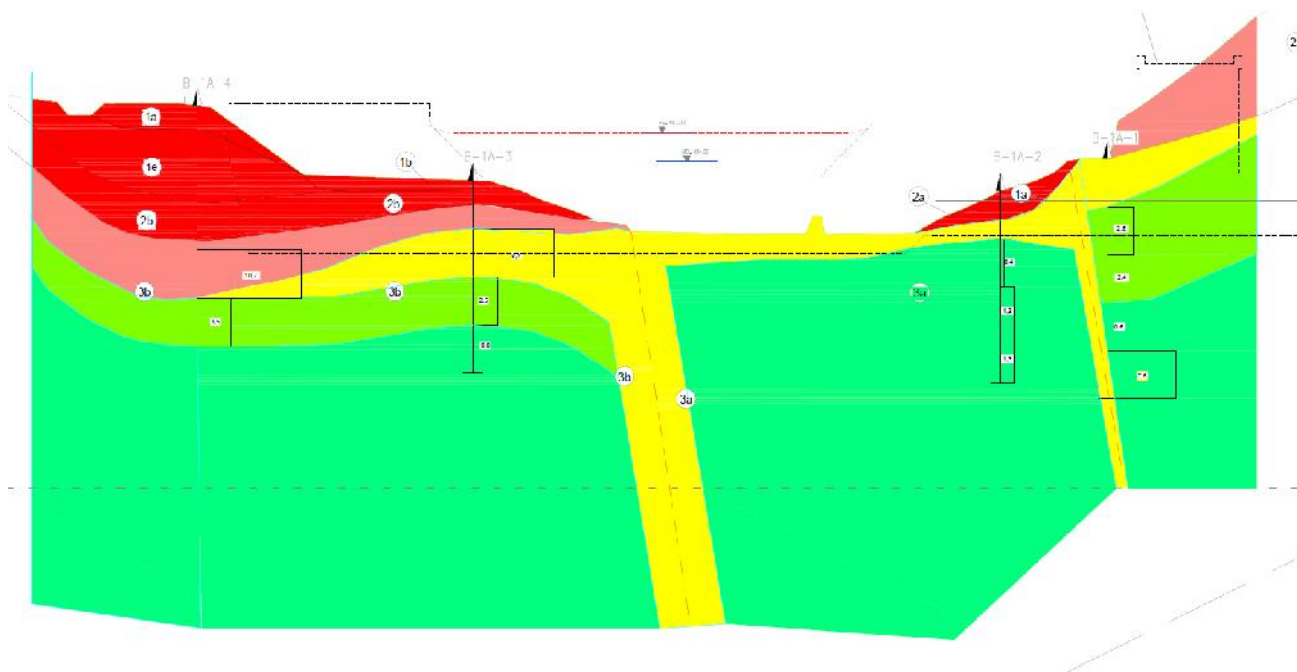
Tabela 3: Ocjena vodopropusnosti stijenskih masa [6]

Grupa	Ocjena VDP-a	VDP (Lu) (l/min/m' /pri 10 bara
1	Vrlo mala	1 – 2
2	Mala	2 – 5
3	Srednja	5 – 10
4	Velika	10 – 20
5	Vrlo velika	> 20

5.4.2. Interpretacija rezultata po pojedinim bušotinama

Tabela 4: Prikaz dobijenih rezultata po pojedinim bušotinama [1]

Bušotina	Etaža	VDP (Lu) (l/min/m' /pri 10	Ocjena vodopropusnosti
B-1A-1	5 m – 10 m	2,6	mala
	10 m – 15 m	2,5	mala
	15 m – 20 m	0,6	vrlo mala
	20 m – 25 m	7,6	srednja
B-1A-2	5 m – 10 m	0,4	vrlo mala
	10 m – 15 m	1,3	vrlo mala
	15 m – 20 m	1,3	vrlo mala
B-1A-3	5 m – 10 m	8,4	srednja
	10 m – 15 m	2,5	mala
	15 m – 20 m	-0,1	vrlo mala
B-1A-4	15 m – 20 m	10,7	velika
	20 m – 25 m	3,5	mala



Slika 9. IG profil pregradnog mjesta prema parametru vodopropusnosti [1]

U hidrogeološkom pogledu u stijenskim masama supstrata na profilu brane smjenjuju se etaže sa vrlo malom, malom i srednjom vodopropusnoš u. Na najve em broju etaža (9 etaža) utvr ena je vrlo mala i mala

vodopropusnost od 1 – 5 Lu. Srednja vodopropusnost konstatovana je samo na dvije etaže i to jedna na lijevoj obali u bušotini B-1A-1 na etaži 20 – 25 m i jedna na desnoj obali, bušotina B-1A-3 na etaži 5 – 10 m. Na profilu bušotine B-1A-4 na etaži od 15 – 20 m konstatovana je vrlo velika vodopropusnost (10,7 Lu), što se može objasniti ispucaloš u pripovršinskog dijela stijenskih masa supstrata.

6. ZAKLJUČAK

U radu su predstavljene rezultati kompleksnih inženjersko-geoloških i geotehničkih istraživanja pregradnog mjesta HE „Babino Selo“. Prema dobivenim parametrima, lijeva obala Vrbasa je u tufovima, a desna u splitima i keratofirima.

vrste stijenske mase su stabilne i pogodne za izgradnju predviđenih objekata. Preko stijenskih masa supstrata nalaze se genetski različiti pokrivači i predstavljeni materijalima vezanog i nevezanog tla. Debljina površinskog pokrivača na lijevoj obali i koritu rijeke je zanemariva dok je na desnoj obali značajna i iznosi 10,0 m. Naprijed navedeno ukazuje na značajnu debljinu materijala pokrivača u desnom boku brane što se nepovoljno odraziti na uslove stabilnosti magistralnog puta, fundiranje i vodopropusnost u boku i ispod brane.

U hidrogeološkom pogledu u stijenskim masama supstrata na profilu brane smjenjuju se etaže sa vrlo malom, malom i srednjom vodopropusnošću. Na najvećem broju etaža (9 etaža) utvrđena je vrlo mala i mala vodopropusnost od 1 – 5 Lu. Srednja vodopropusnost konstatovana je samo na dvije etaže i to jedna na lijevoj obali u bušotini B-1A-1 na etaži 20 – 25 m i jedna na desnoj obali, bušotina B-1A-3 na etaži 5 – 10 m. Na profilu bušotine B-1A-4 na etaži od 15 – 20 m konstatovana je vrlo velika vodopropusnost (10,7 Lu), što se može objasniti ispucaloš u pripovršinskog dijela stijenskih masa supstrata.

7. REFERENCE

- [1] HE Babino Selo – Feasibility Study – Geološko-geotehnički izvještaj, Pöyry Energy GmbH i Građevinski fakultet u Sarajevu, Institut za geotehniku i geologiju, Sarajevo, 2016.
- [2] HE Babino Selo – Feasibility Study – Program geoloških istraživanja, Pöyry Energy GmbH i Građevinski fakultet u Sarajevu, Institut za geotehniku i geologiju, Sarajevo, 2016.
- [3] Hoek E.; 1990; Estimating Mohr-Coulomb Friction and Cohesion Values from the Hoek-Brown Failure Criterion; Int. J. Rock Mech. Min. Sci.&Geomech. Abstr. Vol. 27, No. 3.
- [4] Osnovna geološka karta SFRJ, list Bugojno 1:100000 sa tumačenjem. SGZ Beograd, 1981.
- [5] Osnovna seizmološka karta SFRJ, Zajednica za seizmologiju SFRJ-Beograd, 1987.
- [6] Selimović M: Mehanika stijena, drugi dio, Mostar, 2004., strana 93.