

Geološko vještačenje na utvrđivanju uticaja izgradnje tunela na auto-putu Banja Luka – Gradiška na stabilnost i ugroženost objekta – porodične kuće

Boško Vuković

Doc. dr prof. na Rudarskom fakultetu u Prijedoru, član odbora za Geonauku pri Akademiji nauka i umjetnosti Republike Srpske

Sažetak: Rješavajući ovo interdisciplinarno vještačenje po definisanim zadacima iz rješenja suda u vezi sa utvrđivanjem uticaja izgradnje tunela na auto-putu Banja Luka – Gradiška u odnosu na stambeni objekat, vlasništvo tužitelja: Đudurović Dragana, daje se sljedeći opis:

Stambeni objekat nalazi se u ul. Jovana Jovanovića Zmaja b.b. naselje Jelića brdo, na parceli k. č. br. 492, upisana u Z. K. uložak br. 324, k. o. Laktaši (stari premjer) što odgovara k. č. br. 834, upisana u posjedovni list broj: 123/1, k. o. Laktaši – Riječani, Z. K. uložak br. 120, k. o. Laktaši – Riječani (novi premjer).

Dana 23. 5. 2020. godine i 5. 6. 2020. godine članovi ekspertnog tima vještaka izlazili su na lice mjesta, odnosno lokaciju stambenog objekta tužitelja tj. šire područje Jelića brda, te izvršili detaljne vizuelne preglede, identifikaciju objekta i širu lokaciju, analizirali raspoloživu dokumentaciju, prikupili dodatne informacije i podatke u pogledu geologije terena i promjena geoloških uslova sredine kao i stanja oštećenja na stambenom objektu izazvanih izgradnjom tunela na auto-putu Banja Luka – Gradiška u vezi sa predmetnim vještačenjem.

Glavne riječi: geologija, geotehnika, hidrogeologija, podzemne vode, klizište.

Primljen / Received: 14. decembar 2021. / December 14, 2021

Prihvaćen / Accepted: 28. mart 2022. / March 28, 2022

ZAKONSKA REGULATIVA

U toku vještačenja i donošenja konačnog nalaza korištena je sljedeća zakonska regulativa:

- **Zakon o parničnom postupku RS**
(„Službeni glasnik RS“ broj: 58/03...61/13)
- **Zakon o vještacima RS**
(„Službeni glasnik RS“ broj: 74/17)
- **Zakon o javnim putevima RS**
(„Službeni glasnik RS“ broj: 89/13)
- **Zakon o rudarstvu RS**
(„Službeni glasnik RS“ broj: 10/95...86/03)
- **Zakon o geološkim istraživanjima RS**
(„Službeni glasnik RS“ broj: 110/13)
- **Zakon o premjeru i katastru RS**
(„Službeni glasnik RS“ broj: 06/12)
- **Zakon o vodama RS**
(„Službeni glasnik RS“ broj: 50/06)
- **Zakon o zaštiti životne sredine**
(„Službeni glasnik RS“ broj: 24/06)

ZADACI VJEŠTAČENJA

Zadaci ekspertnom timu vještaka, u ovom interdisciplinarnom vještačenju, definisani su odredbama Rješenja suda – na okolnosti:

1. da utvrdi da li je prije gradnje tunela na auto-putu Banja Luka – Gradiška, na predmetnoj lokaciji bilo pojava klizišta, podzemnih voda i sličnih promjena na tlu;
2. da utvrdi geomorfološke karakteristike terena na predmetnom lokalitetu gdje se nalazi nekretnina tužioca;
3. da utvrdi vrstu tla ispod stambenog objekta tužioca;
4. da utvrdi i opiše geološke karakteristike terena područja Jelića brdo, odnosno, opiše uži položaj predmetne nekretnine na ovom lokalitetu;
5. da utvrdi i opiše seizmološke karakteristike terena predmetne lokacije,
6. da utvrdi da li je izgradnja tunela na auto-putu Banja Luka – Gradiška uticala na objekte u neposrednoj blizini, i ako jeste na koji način, sa posebnim akcentom na nekretninu tužioca;

7. da utvrdi i opiše kakav je uticaj na objekte u neposrednoj blizini bio u vrijeme izgradnje auto-puta, kao i koji uticaj je na okolne objekte u periodu nakon eksploatacije auto-puta na predmetnom lokalitetu,
8. da utvrdi i opiše uticaj buke i zagađenja na okolne objekte u periodu od izgradnje auto-puta, te za vrijeme same eksploatacije;
9. da izradi i opiše geotehničku analizu lokaliteta na kojem se nalazi predmetna nekretnina,
10. da utvrdi geotehničke uslove za izgradnju tunela sa tehnologijom izvođenja radova na predmetnom lokalitetu, te opiše njihov uticaj na okolne objekte,
11. da odredi seizmičku stabilnost tla u području stambenog objekta tužioca, te u području naselja Jelića brdo,
12. da utvrdi stabilnost tla – padine na lokalitetu koji se pruža od predmetne nekretnine do tunela na auto-putu Banja Luka – Gradiška;
13. da obrazloži uticaj miniranja prilikom gradnje tunela (količina eksploziva, udaljenost objekata, seizmičke karakteristike zemljišta) na objekte koji se nalaze u neposrednoj blizini sa posebnim osvrtom na objekte tužioca;
14. da utvrdi i obrazloži postojanje klizišta na predmetnom lokalitetu, kao i postojanje podzemnih voda, a ukoliko utvrdi njihovo postojanje da utvrdi uzroke nastanka klizišta i podzemnih voda;
15. da utvrdi uzrok nastanka podzemnih voda na parceli tužioca, te da li se podzemne vode pojavljuju konstantno, kao i da opiše njihov uticaj na objekte tužioca u budućem periodu;
16. kako se odražava postojanje klizišta i podzemnih voda na objekte čvrste gradnje, te da li je iste moguće trajno sanirati ukoliko se radi o aktivnom klizištu;
17. da utvrde da li je neophodno trajno izmjestiti objekat tužioca s obzirom na sve utvrđeno;

GEOLOŠKA PROSPEKCIJA TERENA

Geološka prospekcija terena zasnivala se na sljedećim aktivnostima:

1. Rekognosciranje geologije terena neposredne okoline tunela „Laktaši“
2. Analiza pravca kretanja privremenih vodenih tokova prije izgradnje tunela „Laktaši“
3. Analiza geologije terena neposredne okoline objekta porodične kuće i njena oštećenja izazvana usljed povećanog nivoa podzemnih voda.
4. Promjena strukturnih elemenata sklopa pojedinih litoloških jedinica kroz koje je izgrađena trasa tunela „Laktaši“
5. Zavodnjenostranost terena na pojedinim lokalitetima koji u određenoj mjeri utiču na konačno stručno mišljenje i ocjenu opravdanosti zahtjeva vlasnika Đudurović Dragana.

GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE PREDMETNOG LOKALITETA

Širi istražni prostor u kome je projektovan tunel „Laktaši“ pripada sjeverozapadnim dijelovima centralne ofiolitske zone, odnosno, strukturno facijalnoj jedinici „Uzlogmac–Kozara“.

Ovu geotektonsku jedinicu karakteriše izuzetno složena geološka građa koja je prevashodno uslovljena složenim sedimentacionim uslovima, vulkanskim aktivnostima i brojnim tektonskim naprezanjima kojima je stjenska masa bila izložena. Na ovom relativno malom prostoru, u zoni uticaja tunela, zastupljene su sedimentne i vulkanske stijene koje pripadaju dijabaz-rožnoj formaciji:

- jurske starosti
- neogeni sedimenti
- kvartarne naslage.

Osnovu terena čini dijabaz-rožna formacija. U litološkom smislu to je veoma heterogen kompleks stijenskih masa u kome dominiraju glinci, pješčari, silifikovani laporci i rožnaci. Unutar njih, u vidu olistolita, konstatovane su bazične i ultra bazične stijene.

Glinci su smeđe ili sive boje. Često prelaze u alevrolite kada su i silifikovani. Pješčari su sitnozrni sa glinovitim vezivom. Rožnaci su promjenjive boje i javljaju se u glinovitim, gvoždevitim i kalcitisanim varijantama.

Ovi sedimenti su intenzivno tektonski oštećeni i fizički degradirani. Površinske slojevitosti su izvijane, raskidane i uglačane na međusobno kratkim rastojanjima. Čvrsti litološki članovi (dijabazi, serpentiniti) su nepravilni, najčešće u vidu manjih olistolita metarskih dimenzija, uronjeni u osnovnu stijensku masu.

a) Neogen

Preko sedimenata dijabaz-rožne formacije, kao alohtoni pokrivač osnovne stijene, nataloženi su mlađi klastični sedimenti pliocenske starosti. Sačinjavaju ih laporovite gline, proslojci pijeskova, trošni grubozrni pješčari i bankoviti konglomerati. Ove stijene različitog su sastava i svojstva, a njihovu debljinu i prostorne odnose teško je utvrditi, jer leže preko neravne paleosnove. Po svemu sudeći, ovi sedimenti predstavljaju erozioni ostatak deblje serije, pretežno bazaltnih sedimenata neogena.

b) Kvartarne naslage

Od kvartarnih naslaga najveću zastupljenost imaju deluvijalno eluvijalne i proluvijalne naslage, koje u zoni tunela gotovo u potpunosti prekrivaju teren.

To su prašinasto-glinovite do prašinasto-pjeskovite naslage sa promjenjivim učešćem i veličinom fragmenata od stijena zastupljenih u osnovi. Samim tim, svojstva deluvijalno-eluvijalnih naslaga, prije svega, zavise od svojstava osnovne stijene preko koje leže. Debljine su od 2 do 4 m, a sa aspekta izgradnje tunela nemaju bitnijeg značaja ali sa aspekta klizenja masa usljed velike zavodnjenostranosti mogu imati uticaj na ugrožavanje objekta koji je predmet vještačenja.

Geomorfološke karakteristike terena

U morfološkom pogledu trasa novoprojektovanog tunela „Laktaši” prati dolinu rijeke Vrbas (lijevu dolinsku stranu). Teren je u osnovi izgrađen od sedimenata dijabaz-rožne formacije i sedimenata pliocenske starosti. Povlatu pomenutim sedimentima čine deluvijalne naslage, maksimalne debljine 5 m.

Na oblikovanje savremenog reljefa pored tektonskih i neotektonskih pokreta bitno su uticali procesi fizičko-hemijskog raspadanja, denudacije i akumulacije. Izrazito različite mehaničke otpornosti stjenjskih masa, a samim tim i otpornost na procese raspadanja i denudacije, uslovili su selektivnu eroziju čiji je rezultat formiranje različitih morfoloških oblika i promjenljivih nagiba površine terena. Na predmetnom području najznačajnije je brdo Laktaši, koje je potočnim dolinama sa stalnim vodotokom odvojeno na dva brda.

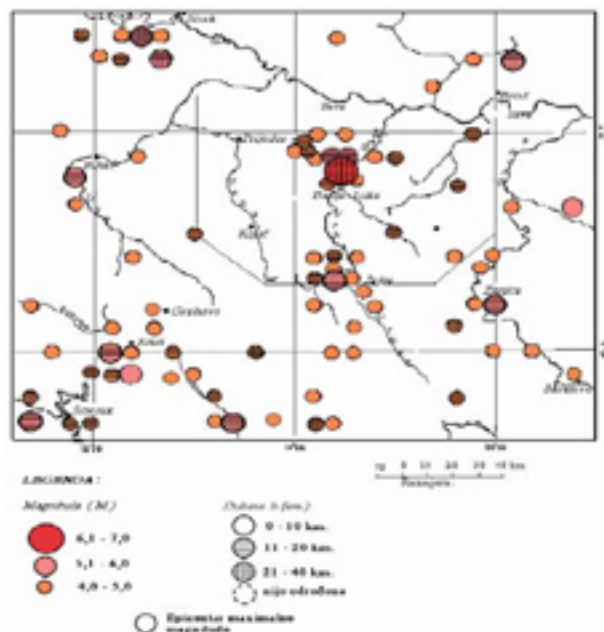
Seizmološke karakteristike terena

Osnovne karakteristike seizmičnosti definisane su na osnovu podataka o zemljotresima koji su se dogodili u prošlosti na banjalučkom području, kao i podataka udaljenijih žarišta koja okružuju ovo područje, a na njemu ostvaruju značajne seizmičke efekte.

Za analizu opštih seizmoloških karakteristika šireg područja urađeni su katalog i karta epicentara zemljotresa ($M \geq 4,0$). Na karti (slika br. 1) zemljotresi su grupisani po magnitudama i hipocentralnim dubinama. Pored podataka o zemljotresima od 1900. godine, na karti su prikazani i nedovoljno sigurni podaci o zemljotresima iz perioda 1800–1900. godine.

Urađene karte epicentara zemljotresa (slika br. 1) na pregledan način daju prostorni raspored zemljotresa iz užeg i šireg banjalučkog područja, sa maksimalnim veličinama magnituda. Seizmogena područja predstavljaju sintezu seizmoloških podataka, a linija koja ograničava grupisana žarišta zemljotresa odgovarajuće magnitude maksimalna je za to područje. Kod definisanja parametara pojedinih zemljotresa korišteni su, pored instrumentalnih podataka, podaci makroseizmičkih istraživanja. Za pojedine jače zemljotrese urađene su karte izoseista koje su korištene kod određivanja lokacija epicentra i efekta ukupne seizmičnosti. Transformacija glavnih parametara zemljotresa (I_0 - intenzitet u epicentru, h (km) - dubina hipocentra, M - magnituda) vršena je pomoću formule:

$$I_0 = 1,5M - 4,2 \log h + 3,3$$



Slika 1: Karta epicentara zemljotresa šireg banjalučkog područja, dogođenih u vremenu od 1800. god. Trkulja D. 1988.)

Hidrogeološki uslovi terena

Teren u užoj zoni tunela, kao i porodične kuće Đudurović Dragana izgrađuju stijenske mase različitih hidrogeoloških svojstava, od vodonepropusnih do vodopropusnih. Ofiolitski kompleks dijabaz-rožne formacije predstavlja izrazit hidrogeološki padinski izolator. Generalno, u granulometrijskom smislu, ove stijenske mase su glinovito prašinastog sastava, pa imaju subkapilarnu do kapilarnu poroznost. Stijene pukotinske poroznosti unutar ovog kompleksa, serpentiniti i dijabazi, ograničenog su prostiranja i uronjeni su u vodonepropusnu sredinu. Takođe, proslojci pješčara i rožnaca, koji se nalaze u kompleksu sa glincima, pokidani su pri ubiranju. Nemaju mogućnosti prihranjivanja i, izolovano posmatrano, predstavljaju relativne hidrogeološke kolektore male izdašnosti. Takođe, glinovita frakcija prisutna je i u međuzrnastom prostoru kod grubozrnih tvorevina. **Ipak, zbog prisutva glina kao izolatora moguća su kliženja, jer predstavljaju kliznu ravan po kojoj može da kliže zavodnjeni materijal koji se prihranjuje podzemnim vodenim tokovima.**

U eluvijalnim – deluvijalnim naslagama i zoni površinske degradacije dijabaz-rožne formacije, preovladavajući tip poroznosti je intergranularni, mada je od velikog značaja i sitno prslinski. Efektivna poroznost je velika, pa je samim tim i količina podzemne vode velika. Kretanje podzemne vode je neujednačeno i relativno sporo. Pražnjenje izdani vrši se difuznim gravitacionim ocjeđivanjem prema najbližim erozionim bazama. Jedinostvena i kontinualna izdan u ovim “naslagama” ne postoji, već je podijeljena na manje cjeline, koje egzistiraju u nožičnim dijelovima padi-

na ili u dubljim jarugama, gdje je debljina raspadine najveća.

Takav slučaj je u nožici padine na kojoj se nalazi osmatrani objekat. Zavodnjenost nožice padine, u neposrednoj blizini kuće Dragana Đudurovića, može se vidjeti na osnovu rastinja koje je karakteristično za barske zavodnjene terene. Podzemne vode u prirodnoj geološkoj sredini, imaju predisponirane pravce kretanja, i najčešće gravitacionim putem imaju tokove od viših prema nižim kotama terena. Na taj način geološka sredina, koja nije narušena izgradnjom bilo kakvog objekta (podzemna prostorija) u fazi je ravnomjerne raspodjele naponskih stanja, čime se održava i njena stabilnost. Podzemne vode kao i strukturno-tektonski oblici, tj. rasjedne zone i pukotinsko-prslinski sistemi čine jedinstven sklop geološke građe terena.

Izradom podzemnih prostorija, u konkretnom slučaju – tunela, geološki sklop terena je iz faze stabilnog prešao u fazu promjena geoloških uslova ravnomjerne raspodjele unutrašnjih naponskih stanja, a time i uslovio promjenu režima i bilansa podzemnih voda. Strukturno-tektonski odnosi kao i pravci kretanja podzemnih voda su promijenjeni u odnosu na sredinu sa prirodnim uslovima formiranja geoloških, litostratigrafskih, hidrogeoloških i geomehaničkih odnosa unutar geološkog stuba predmetnog područja.

Geotehnički uslovi terena

U svrhu analize geotehničkih (inženjersko-geoloških) uslova sredine korištena je Osnovna geološka karta u dijelu istraživanog područja na kojoj se tretira „tektonizirani ofiolitski melanž“ (Č. Jovanović i dr., 1986. i 1986a) ili „melanž ofiolitske zone“ (M. Mojićević i dr., 1977).

Dijabaz-rožnjačka formacija sastoji se od od matriksa i olistolitskih blokova različitog sastava i dimenzija. U užoj zoni porodične kuće Đudurović zastupljen je sedimentni matriks bez olistolitskih blokova. Dijabaz-rožnjačka formacija je jurske starosti. Prema geološkom stubu preuzetog iz Osnovne geološke karte matriks dijabaz-rožnjačke formacije predstavljen je pjeskovitim glincima, crnim glincima, silicioznim glincima, zelenkastim subgrauvakama i u manjoj mjeri pločastim rožnacima sive, crne i crvenomrke boje. Stijene su tektonski poremećene, dok su glinci uškriljeni. Glinci su uškriljeni, a pješčari su deformisani rupturnim oblicima, dok su pojedini slojevi blokovski „iskidani“, a zone po kojima je vršeno kidanje zapunjeni su glincima djelimično uškriljenim. Rožnaci su takođe iskidani i u vidu slojeva uklopljeni u okolne stijene. I u ovoj zoni preovlađuju glinci, a rijetko se javljaju breče.

Na osnovu prethodno navedene geologije terena, može se vidjeti da su stijenske mase na koje naliježe neogen dosta izrasjedane i tektonski poremećene, sa učestćem glina, koje su sa jedne strane izolatori, a sa druge strane potencijalne klizne ravni. U toku izvođenja minerskih radova, prilikom izgradnje tunela, sigurno je došlo do daljih lomova koji su predmetni teren iz prirodne ekonomičnosti (sa rupturnim oblicima) stijenskih masa

preusmjerili na povećanu nestabilnost i uslovili promjenu režima i pravca kretanja podzemnih voda.

U odnosu na genezu istraživanog područja, litoški sastav i strukturni sklop, inženjersko-geološke karakteristike terena izuzetno su nepovoljne, jer je navedena formacija stvarana u intenzivnim tektonskim deformacijama.

Fizički posmatrano, u jednoj „plastičnoj“ sredini izgrađenoj od glinaca i alevritskih glinaca sa pješčarima tj. sredini deformabilnih svojstava, javljaju se krute stijenske mase bez strukturne veze, što navodi na zaključak da je u pitanju sedimentaciono-tektonizovan odnos.

Hidrogeološka svojstva sedimenata, fizičke karakteristike stijenske mase u funkciji geneze (stvaranja) lito-facijalnih i tektonskih odnosa, doprinijeli su složenim klizištima velikih razmjera, tj. povećanoj dinamici ovih sredina koja se karakteriše gravitacionim kretanjima i klizanjem masa. Pojave pukotina, te karakteristična poroznost u karstu, hektometarskih razmjera smještenih u plastičnu vodozasićenu masu, prihranjuju glince vodom iz neposrednog okruženja mijenjajući svojstva u najnepovoljnijem kontekstu.

Olistolitske mase, zbog povećane zapremine mase, predstavljaju akcelerator procesa klizanja. Ovim se navodi zaključak da su ovi tereni izuzetno nepovoljni inženjersko-geoloških karakteristika koji utiču na buduću gradnju kao i stabilnost i zavodnjenost temelja već izgrađenih objekata.

Klizanje tla: Neogeni kompleks istraživanog lokaliteta tj. neposredne okoline objekta Đudurović, koji čine litoški članovi pješčara i lapora, u inženjersko-geološkom pogledu ispresijecan je brojnim pukotinama koje su zapunjene glinovim sedimentima. Ispucalost je registrovana u površinskim dijelovima sa kapilarnom poroznošću. Kroz pukotine cirkuliše voda, stvarajući povećane „zjapove“, sa mogućnošću formiranja podzemnih izdani. S obzirom na to da se objekat Đudurović Dragana nalazi u nožici padine, sama padina predstavlja nestabilno područje, a deformacije terena („ožiljak“) uočene su tokom obilaska istraživanog lokaliteta.

Prema tome, izradom tunela mogu biti izazvana klizanja terena većih razmjera jer su stijenski kompleksi terena koji izgrađuju ovi sedimenti prema kategorizaciji stijena svrstani u grupu „uslovno stabilnih terena“. Znači, ovi sedimenti su prije izgradnje tunela svrstani u „uslovno stabilne terene“, a izgradnjom tunela i primjenom minerskih radova u potpunosti je narušena stabilnost šire okoline tunela „Laktaši“.

Na osnovu raspoložive istražne bušotine L-3, mikrolokaciju predmetnog objekta izgrađuju proluvijalno-deluvijalni sedimenti, koji su u litoškom pogledu predstavljeni glinama svjetlosive do tamnosive boje. Prema podacima iz istražne bušotine, debljina deluvijalno-proluvijalnog pokrivača iznosi 8 metara, a prema predmetnom objektu oko 5 metara. Deluvijalno-proluvijalni nanos koji nije prekriven rastinjem, a registrovan je iznad predmetnog objekta.

Deluvijalno-proluvijalni sedimenti se posmatraju kao litološki član, koji su nastali spiranjem, naglim akumulacijama bujičnog karaktera, a predstavljaju produkt raspada nja matičnih stijenskih masa. Nanosi deluvijalno-proluvijalnih sedimenata, koji se nalaze u blizini kuće, ukazuju na kontinuirano spiranje materijala zajedno sa vodom i taloženje nakon oticanja bujičnog toka.

Na padini koja se nalazi iznad objekta vještačenja, registrovan je „ožiljak“ koji ukazuje na povremeno kretanje masa po glinovitim sedimentima neogena.

Degradacijom dijela terena neposredne blizine objekta usljed stalne zavodnjenosti rastresitog deluvijalno-proluvijalnog pokrivača, može doći do daljeg kliženja masa i ugrožavanja bezbjednosti objekta za stanovanje porodice Đudurović.

Kretanje površinskog sloja zemljišta

Sve nagnute prirodne površine terena stalno se, brže ili polaganije, pomiču i kreću. Prirodni uzroci, kao što su sezonske promjene vlažnosti, temperature i razne podzemne i površinske vode, oborine, vjetrovi, promjene fizičkih svojstava tla zbog različitih sporih geoloških i hemijskih procesa (kao npr. izluživanje, raspadanje), tektonski poremećaji i potresi, nepažljivi zahvati u promjeni vegetacijskog pokrivača i režima podzemnih voda stvaranjem vještačkih jezera ili nepravilnim natapanjem kosina te promjena oblika prirodnih padina ili opterećenja, uzrokuju promjenu strukture i karakteristika slojeva tla.

Posljedice toga mogu biti stalno, makar i veoma polagano kretanje površinskog sloja niz kosinu, tzv. puzanje ili povremeni brzi i veliki pokreti većih dijelova kosine, tzv. kličnje tla. U principu, slojevi na kosini biće u ravnoteži kada u svakoj tački čvrstoća na smicanje bude veća od naprezanja na smicanje. U toku dugih geoloških promjena, nagibi prirodnih kosina prilagođeni su stalnoj čvrstoći na smicanje, pa su kosine u osnovi stabilne. Ako se zbog bilo kog prirodnog djelovanja ili vještačkog zahvata poremeti ravnoteža na kosini te ako naprezanja na smicanje dostignu stvarnu čvrstoću na smicanje materijala, tlo će početi kliziti. Ono će se nastaviti i proširivati sve dok se promjenom oblika kosine ponovo ne uspostavi ravnoteža novim rasporedom masa, odnosno dok ne prestanu djelovati uticaji koji su poremetili ravnotežu.

Razvoj brzine kličjenja u vremenu važan je faktor za razvrstavanje i prognozu kličjenja. Pri puzanju, brzina je veoma mala i približno konstantna, do 30 mm godišnje. Pri kličnju ta brzina zavisi od deformacijskih karakteristika materijala, morfologije i nagiba područja kličjenja, te iznosi 30 cm/dan do 400 m/min.

Uzroci kličjenja tla – Analizom uzroka kličjenja tla, ako se isključe dugotrajni geološki i hemijski procesi u tlu, ustanovljeno je da su **voda (površinska ili podzemna)** i **vještački zahvati** najčešći uzroci poremećaja ravnoteže na kosini.

VODA – Površinski vodeni tokovi sa većim brzinama eroduju nožice što, kada su padine strme, može poreme-

titi ravnotežu i pokrenuti kličjenje tla. Slične pojave su na obalama jezera i mora gdje abrazijsko djelovanje talasa ruši nožicu i uzrokuje odrone.

Takve pojave na riječnim tokovima, često su veoma izražene i uzrokuju pokret velikih masa tla koje pregrade rijeku i stvaraju prirodnu akumulaciju. Tako akumulirana voda donosi dodatnu opasnost. Usporavanjem toka, plave se uzvodna mjesta uz obalu rijeke i stvara se potencijalna energija vode koja, kada se prelije preko takve pregrade, potpuno je ruši i plavi nizvodne površine uz intenzivnu eroziju u nizvodnom toku.

Akumulirana voda potapanjem obala podiže nivo podzemnih voda i olakšava donje dijelove nožice pokosa zbog uzgona – nakon naglih pražnjenja takvih akumulacija, intenzivno teku podzemne vode pa djeluju znatne dodatne sile pritiska struje koje na kosini mogu izazvati kličjenje, inače stabilnih kosina.

Kada je nivo vode u tlu približno horizontalan, smanjuje se jedinična težina tla radi uzgona, a ako je nivo nagnut, osim uzgona djeluje i sila otpora tečenju između čestica tla i vode. Takvi prirodni procesi odvijali su se češće kroz geološka razdoblja, a danas se pojavljuju rijetko i manje su izraženi, jer su se u takvim procesima u prošlosti smanjile kosine, stvarajući stabilna stanja.

Djelovanje podzemnih voda znatno je sporije od djelovanja površinskih, jer uticaj podzemnih voda zavisi od propusnosti tla koja je često vrlo mala, pa kličjenje nastaje kad za to nema naizgled nikakvog razloga. Zbog toga je rašireno pogrešno mišljenje da voda u tlu djeluje kao mazivo koje smanjuje otporom trenja ili razmiče tlo, pa ono bubri čime se smanjuje njegova otpornost. Ta mišljenja su davno demantovana mjerenjem otpora trenja kada se glatko polirane plohe različitih minerala pomiču po suvom ili vlažnom sloju istog ili drugog minerala. Hidrofilni minerali (koji upijaju vodu) imaju znatno veći otpor trenja u prisustvu vode, dok hidrofobni minerali (koji ne upijaju vodu), imaju nešto manji otpor trenja.

Kombinacija hidrofilnih i hidrofobnih minerala ima otpor trenja približno jednak u vlažnom i suvom stanju. U tlu je više hidrofilnih minerala pa voda većinom ima suprotno djelovanje od maziva ili je pak uticaj vode na promjenu djelovanja među česticama neznatan.

Takođe, raširena je teorija o uticaju vode na stabilnost, prema kojoj bi fizičko ili hemijsko rastvaranje zbog prisutnosti vode moglo izmijeniti svojstva tla tako da nastane kličjenje. Pritom, zaboravlja se da je voda u područjima umjerene i vlažne klime stalno prisutna u tlu, pa su takvi procesi rastvaranja djelovali kroz duga geološka razdoblja. Voda može uticati na hemijske osobine minerala od kojih se sastoji tlo. Takvi procesi su svuda i trajno prisutni, vrlo su spori i potrebno je veoma dugo vremena da bi došli do izražaja. Zbog toga se uticaj voda u hemijskim procesima i njima pobuđenim promjenama osobina tla, gotovo uvijek mogu zanemariti kada se proučavaju sadašnje pojave kličjenja.

Izgradnjom tunela „Laktaši“, kroz geološku sredinu, u neposrednoj blizini istraživanih objekata, manifestovalo se kroz potpunu promjenu naponskih stanja i predisponiranih pravaca kretanja površinskih i podzemnih voda koji su vladali u prirodnim geološkim uslovima sredine. Bujični površinski vodotokovi prolazili su kroz usjek i oticali dalje prema padini tako da nisu imali značajan uticaj na zavodnjenost terena neposredne okoline istraživanih objekata. Takođe, podzemne vode oticale su podzemnim tokovima, prema padini, gravitacionim kretanjem od najvećih prema najnižim kotama terena. Izgradnjom tunela, podzemne i površinske vode su preusmjerile svoje tokove, po obodnoj strani tunela prema predmetnom objektu, što se može zaključiti na osnovu rastinja u kamenom oblozi ulaza tunela koje se nalazi sa iste strane na kojoj je predmetni objekat.

Analiza rezultata geotehničke analize - Za potrebe istraživanja terena u kojem je izgrađen predmetni tunel kao i cijela trasa auto-puta „Gradiška – Banja Luka“, korišćene su uglavnom sljedeće metode geotehničkih istraživanja :

- postojeće geološke karte, te terensko kartiranje hidroloških, hidrogeoloških i inženjersko-geoloških karata, topografske karte i satelitski snimci;
- analiza iskustava stečenih građenjem susjednih građevina;
- uzorkovanje tla u bušotinama i istražnim raskopima;
- geofizička ispitivanja sa površine terena;
- laboratorijska ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava tla;

Za pouzdanu procjenu rezultata istraživanja, potrebno je detaljno opisati primijenjenu tehniku ispitivanja. To je naročito važno u slučajevima:

- kada ispitivanja nisu provedena po normiranim standardima;
- kada su primijenjene nove tehnike ispitivanja.

Ako su parametri izvedeni iz korelativnih proračuna relevantni za metodu građenja, uticaj na životnu sredinu ili projekat stalne podgrade, primijenjena metoda trebala je biti opravdana i objašnjena. Tako su u preuzetoj dokumentaciji, pored prikaza geološke građe masiva, date i prognozne vrijednosti fizičko-mehaničkih i deformacionih karakteristika tla i stijena u području tunela.

Geotehnički model tla koji je kreiran na bazi geotehničkih istraživanja, između ostalog sadrži:

- prognozni geološki profil sa ucrtanim kvazihomogenim zonama;
- diskontinuitete;
- karakteristične vrijednosti parametara tla i stijena;
- podzemnu vodu;

Na osnovu pregleda raspoložive dokumentacije iz spisa suda, prikupljenih informacija i podataka sa **lica mjesta (lokacije)**, uvažavajući specifičnosti uz korišćenje pripadajuće metodologije iz **rudarske i geološko – hidrotehničke struke** u nalazu i primjenjujući **pravila struke, standarda vještačenja sa propisanim procedurama**, daje se s l j e d e ć e:

MIŠLJENJE

A/ - U dane **23. 5. 2020. godine i 5. 6. 2020. godine**, članovi **EKSPERTNOG TIMA** (rudarske i geološko-hidrotehničke struke) izvršili su **obilazak terena (lokacije)** na kome se nalazi porodično domaćinstvo **vlasnika – Dragana Đudurovića** iz Laktaša.

Cilj obilaska terena sa aspekta **rudarske i geološko-hidrološke struke** bila je **ANALIZA STANJA predmetnog objekta i stručno mišljenje – UTICAJA IZGRADNJE TUNELA na bezbjednost daljeg stanovanja u porodičnoj kući Đudurović** izazvanog promjenom **GEOLOŠKOG SKLOPA OKOLNE GEOLOGIJE TERENA I UTICAJI IZGRADNJE I EKSPLOATACIJE AUTO-PUTA na objekte u neposrednoj blizini**.

B/ - Na opisanoj lokaciji, predmetni teren u geološkom pogledu izgrađuju – **JURSKI SEDIMENTI DIJABAZ-ROŽNJAČKE FORMACIJE, NEOGENE TVOREVINE i DEVIJALNO-PROLUVIJALNI SEDIMENTI**.

C/ - Za analizu inženjersko-geoloških (geotehničkih) i hidrogeoloških karakteristika terena, prije izgradnje **tunela „Laktaši“** korištena je **Osnovna geološka karta** u dijelu istraživanih područja, na kojoj se tretira „tektonizirani ofiolitski melanž“ (Č.Jovanović i dr., 1986. i 1986a) ili „melanž ofiolitske zone“ (M.Mojićević i dr., 1977).

D/ - Stjenske mase dijabaz-rožnjačke formacije na koje naliježe neogen, izrasjedane su i tektonski poremećene sa učešćem glina koji su s jedne strane izolatori, a sa druge strane potencijalne klizne ravni. S obzirom na strukturni sklop terena sa tektonski poremećenim zonama, (u prirodnom stanju) u toku iskopa trase tunela i izvođenja minerskih radova, u masivu je povećana nestabilnost praćena širenjem rasjednih zona.

Sagledavajući genezu istraživanih područja, litološki sastav i strukturni sklop, inženjersko-geološke karakteristike terena su izuzetno nepovoljne, jer je navedena formacija stvarana u intenzivnim tektonskim deformacijama.

E/ - Hidrogeološka svojstva sedimenata, geotehničke karakteristike terena u funkciji geneze (stvaranja) litofacijalnih i tektonskih odnosa, doprinijeli su složenim klizištima velikih razmjera, tj. gravitacionim kretanjima i klizenjem masa. Osim nepovoljnih hidrogeoloških karakteristika terena, ovi tereni izuzetno su nepovoljnih inženjersko-geoloških karakteristika koji utiču na buduću gradnju kao i stabilnost i zavodnjenost temelja već izgrađenih objekata. Neogeni kompleks, neposredne okoline objekta Đudurović, koji čine litološki članovi pješčara i lapora, u inženjersko-geološkom pogledu ispresijecan je brojnim pukotinama koje su zapunjene glinovim sedimentima. Ispucalost je registrovana u površinskim dijelovima sa kapilarnom poroznošću. Kroz pukotine cirkuliše voda, stvarajući povećane „zjapove“, sa mogućnošću formiranja podzemnih izdani.

F/ - **Minerski radovi** izvođeni tokom izgradnje tunela, prema nalazu na licu mjesta, nisu ostavili vidljivije tragove na stambenom objektu. Uočena **fizička oštećenja** u vidu

pukotina malog su intenziteta, a nedostatak seizmičkih mjerenja koja su vršena, odnosno koja je trebalo da budu vršena, nisu bila dostupna za uvid. Ti izvještaji o izvršenim mjerenjima jedini su relevantan pokazatelj seizmičkog uticaja miniranja na predmetni objekat.

G/ - Uočena su manja pomjeranja tla, a njihov pokazatelj su pukotine na betonu kod šahta, kao i manji nabori na dijelu terena iznad kuće. Sa druge strane, veoma dobro stanje novoizgrađenog puta ispod kuće (bez vidljivih pukotina), kao i izostanak nagnutosti visokog rastinja oko i iznad kuće, ukazuje da su ti pokreti slabog intenziteta. Sa druge strane, teško je predvidjeti dalji intenzitet tih pokreta.

H/ - Fizička oštećenja stambenog objekta – porodične kuće vidljiva su i izražena. Međutim, ne može se tvrditi da sadašnja oštećenja neće biti veća u budućnosti, naročito zbog jakog djelovanja podzemnih voda.

I/ - Tokom obilaska lokacije, tj. terena, **EKSPERTNI TIM VJEŠTAKA**, uočio je **anomalije** koje ukazuju na promjenu hidrogeoloških i geotehničkih uslova sredine nakon izgradnje **tunela „Laktaši“** a one se ogledaju u sljedećem:

1. s obzirom na to da se objekat Đudurovića nalazi u nožici padine, sama padina predstavlja nestabilno područje, a deformacije terena („ožiljak“) uočene su tokom obilaska istraživanog lokaliteta;
2. vidljiva oštećenja na porodičnoj kući i okućnici vlasnika Đudurović;
3. promjena pravca kretanja površinskih i podzemnih voda nakon izgradnje tunela „Laktaši“;
4. taloženje deluvijalno-proluvijalnog pokrivača u neposrednoj blizini kuće, donesenog vodenim tokovima;
5. zavodnjenost neposredne okoline predmetnog objekta, i u periodu smanjene količine padavina;
6. rastinje koje egzistira u kamenoj oblozi sa strane ulaska u tunel na kojoj se nalazi i predmetni objekat.

J/ - Prema iznesenim konstatacijama koje su utvrđene prilikom obilaska terena i raspoložive vjerodostojne dokumentacije koja je u vezi sa ovim predmetnim vještačenjem (geomehanička ispitivanja trase auto-puta, projekta izvedenog stanja, tumača osnovne geološke karte – *List Banja Luka* i ostale stručne literature) konstatovano je da je stambeni objekat u vlasništvu – Đudurović Dragana **NEUSLOVAN ZA ŽIVOT**, zbog **IZRAŽENE VLAŽE unutar prostorija**, kao i zbog **izraženog djelovanja – PODZEMNIH VODA** koje su se pojavile nakon izgradnje tunela i koje predstavljaju

OPASNOST u budućnosti za stabilnost objekta, jer svojim djelovanjem i proširivanjem vodnih puteva mogu dovesti do **EROZIJE TERENA** oko temelja porodične kuće.

K/ - Na kraju ovog izvršenog predmetnog vještačenja, rukovodeći se pravilima struke (rudarske i geološko-hidro-tehničke) **mišljenja smo da predmetni stambeni objekat – vlasništvo: Đudurović Dragana iz Laktaša, NIJE SIGURAN ZA STANOVANJE, te ga je neophodno izmjestiti kako ne bi došlo do urušavanja objekta pod uticajem DEGRADACIJE TERENA, izazvane VODENIM TOKOVIMA, po PREDISPO-NIRANIM KLIZNIM RAVNIMA.**

DOKUMENTACIJA KOJA JE KORIŠTENA U POSTUPKU VJEŠTAČENJA, PRI IZRADI NALAZA I MIŠLJENJA IZ SPISA SUDA

Pri izradi ELABORATA odnosno nalaza sa mišljenjima u ovom predmetu vještačenja, ekspertni tim vještaka u skladu sa definisanim zadacima, koristio je dokumentaciju koja se nalazi u spisu suda, a odnosi se na:

- a. geomorfološke karakteristike terena,
- b. geološku građu terena,
- c. istražna bušenja terena,
- d. hidrološke uslove terena,
- e. fizičko-mehanička svojstva stijenskih masa,
- f. geotehničku klasifikaciju stijenskih masa
 - (geotehničke uslove izgradnje izlaznog predusjeka)
 - (uslove građenja u geotehničkoj sredini - B)
 - (iskop tunela i osiguranje kosina)
- g. klizanje tla (voda i promjena opterećenja),
- h. oblici klizanja tla
 - (sile na kosini)
 - (naprezanje na kosini i uslovi sloma)
 - (metode proračuna)
- i. način i vrste izvođenja radova na izradi tunela na auto-putu Banja Luka – Gradiška,
- j. nivo ukopa predmetnog stambenog objekta u tlo,
- k. razna projektnih dokumentacija za predmetnu lokaciju (geotehnički elaborat tunela, inženjersko – geološka karta, poprečni presjek bušotine tla, uzorci dobijeni bušenjem tla, poprečni profili tunela, konture iskopa tunela, kopija katastarskog plana, list nepokretnosti (prepis), situaciona karta lokacije kod tunela, podužni profili tunela i slično).

Geological Expertise on Determining the Influence of Tunnel Construction on the Banja Luka - Gradiška Highway on the Stability and Endangerment of the Facility - Family Houses

Boško Vuković

Doc. dr prof. at the Faculty of Mining in Prijedor, member of the Board for Geosciences at the Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska

Abstract: Resolving this interdisciplinary expertise on defined tasks from the court decision regarding determining the impact of construction - tunnel on the highway Banja Luka - Gradiška in relation to a residential building, owned by the plaintiff: Đudurović Dragana, the following description is given:

The residential building is located in ul. Jovana Jovanović Zmaja bb settlement Jelića Brdo, on the plot of cp no. no. 492, registered in Z.K. cartridge no. 324, k.o. Laktaši (old survey) corresponding to cp no. no. 834, registered in the title deed number: 123/1, k.o. Laktaši - Rijeka, Z.K. cartridge no. 120. k.o. Laktaši - Rijeka (new survey).

On 23.05.2020. year and 05.06.2020. year, members of the expert team of experts went to the site, or location - residential building - the prosecutor, ie. wider area - Jelića brda, and performed detailed visual inspections, identification of the facility and wider location, analyzed available documentation, collected additional information and data regarding terrain geology and changes in geological environmental conditions and the state of damage to housing caused by tunnel construction on the Banja Luka highway - Gradiška regarding the subject expertise.

Key words: geology, geotechnics, hydrogeology, groundwater, landslide.