



GEOTEHNIČKA ISTRAŽIVANJA STIJENSKE MASE ZA POTREBE PROJEKTIRANJA KRUŽNOG RASKRIŽJA NA ULAZU U PROZOR

Vinko Bilopavlović, dipl. inž. geol.
Integra-konzalting u građevinarstvu Mostar
Danijela Ljubić, dipl. inž. građ.
Integra-konzalting u građevinarstvu Mostar

Sažetak: U okviru projekta rekonstrukcije magistralne ceste M16.2, dionica Prozor - Jablanica, potez od km 39+900 do km 40+800, izdvojen je dio inženjerskogeoloških i geomehaničkih istraživanja, koji se odnose samo na kružno raskrižje na ulazu u grad Prozor. Ovaj rad sadrži kratak prikaz geološke građe, hidrogeološke odnose litoloških članova i inženjerskogeološke i geomehaničke karakteristike stijena i tla. Na terenu je izvršeno je inženjersko-geološko kartiranje, koje je prikazano na karti mjerila 1:1.000. Sukladno Programu istraživanja kartiranje je izvedeno u pojasu od 200 m na terenu gdje je to bilo moguće, obzirom da su se pojavile prateće poteškoće na pojedinim lokacijama zbog vrlo teških terenskih uvjeta, pa su pojedina mjesta jednostavno nepristupačna. Inženjerskogeološka slika terena upotpunjena je sa nekoliko karakterističnih fotografija. Kod izvođenja geotehničkog istražnog bušenja i laboratorijskih ispitivanja primijenjeni su odgovarajući propisi i standardi, a inženjerskogeološki radovi i obrada rezultata istraživanja rađeni su prema preporukama Međunarodnog društva za mehaniku stijena.

Ključne riječi: geotehnička istraživanja, stijenska masa

GEOTECHNICAL INVESTIGATIONS OF ROCK MASS REQUIRED FOR THE DESIGN OF ROUNDABOUT AT THE ENTRANCE TO PROZOR

Abstract: The part of engineering geological and geomechanical investigations relevant only to the roundabout at the entrance to the town of Prozor was singled out within the main road M16.2 reconstruction project, section Prozor - Jablanica, stretch from km 39+900 to km 40+800. This paper contains a brief overview of geological structure, hydrogeological relations of lithological members and engineering geological and geomechanical characteristics of rock and soil. Engineering geological mapping, shown on the map in the scale 1: 1000, was carried out in the field. In accordance with the investigation program, the mapping was carried out in a 200 m zone in the field where possible, considering that there were difficulties associated with some locations due to very difficult terrain conditions and some of the places were simply inaccessible. The engineering geological map of the terrain was complemented with several typical photos. Relevant regulations and standards were applied when carrying out geotechnical exploratory boring and laboratory tests, while engineering geological work and analysis of investigation results were conducted according to recommendations of the International Society for Rock Mechanics.

Key words: geotechnical investigation, rock mass

1. MORFOLOŠKE ZNAČAJKE

Općina Prozor – Rama se nalazi na području sa razvijenim brdsko – planinskim reljefom i usječenim dubokim dolinama rijeke Rame i njenih pritoka. Reljef središnjeg i istočnog dijela Općine karakteriziraju dosta strme padine i izražena površinska erozija.

Strme padine i izražene visoke stijenske litice (kota 773), posebno se ističu sa istočne strane ceste na ulazu u Prozor iz pravca Mostara. Na tom nepogodnom terenu planira se izgradnja kružnog raskrižja. Projektiranje kružnog raskrižja usložnjava i pojava kaverni sa ponorom.

Zapadni dio Općine pripada tzv. zoni visokog krša sa izrazitim nedostatkom površinskih tokova i mnogobrojnim krškim pojavama na površini terena.



Slika 1. Kružno raskrižje zahvata veći dio vapnenačkog masiva i područje stambenih objekata

2. GEOLOŠKE ZNAČAJKE TERENA

Predviđena rekonstrukcija ceste prolazi kroz teren, koji u najvećem dijelu izgrađuju starije mezozojske i kenozojske naslage.

Kao najstarije naslage izdvojene su sedimenti gornjeg trijasa (T_3) koji su zastupljeni sa bankovitim i masivnim vapnencima, rjeđi dolomitični vapnenci. Slojevitost ovih naslaga nije izražena. U području kružnog raskrižja vapnenci trijasa zastupljeni su samo sa lijeve (istočne strane) i ističu se kao posebno morfološko obilježje u vidu strmog brdskog uzvišenja.

Na početnoj dionici ceste zastupljeni su sedimenti sa nazivom „laporci i laporoviti vapnenci sa ugljenom,, ($M_{2,3}$). Uz laporovitu komponentu u miocenskim naslagama zastupljena je u manjoj mjeri i glinovita komponenta.

Teren na kome se nalazi predmetna cesta nalazi se na istočnom rubu tektonske prozorske depresije koja je nastala u miocenu. U širem području oko depresije pretežno su karbonatne naslage (vapnenci i dolomiti) u kojima je vidljiv veći broj rasjeda pravac SZ-JI i koji su najčešće grupirani u zone. Neki od rasjeda nisu evidentirani na OGK.



3. HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA TERENA

Temeljem osnovnih hidrogeoloških obilježja, izdvojene su dvije hidrogeološke jedinice po svojstvu vodopropusnosti, litološkom sastavu, odgovarajućom poroznošću, zatim po položaju stratigrafsko-litoloških jedinica u širem strukturnom sklopu. To su slijedeće skupine stijena: nepropusne naslage miocenskog lapora dobro propusne karbonatne naslage

Miocenski lapor ($^2M_{2,3}$), koji je u direktnom kontaktu sa vapnencima trijasa na početku trase na sjevernoj strani. U njemu neće biti većih građevinskih zahvata

U grupi dobro propusnih karbonatnih naslaga nalaze se vapnenci gornjeg trijasa (T_3). To su bankoviti i masivni vapnenci, rjeđe dolomitični vapnenci. Zauzimaju veću površinu oko projektiranog kružnog raskrižja i imaju velike debljine. Ispresijecani su sa mnogobrojnim sustavima pukotina, i sa ponekim većim rasjedom. Kao takovi predstavljaju vodopropusnu sredinu.

Vapnenci su inače podložni okršavanju i kemijskom rastvaranju, pa je česta krška pojava stvaranje ponora u karbonatnim masivima. Takav Jedan veći ponor formiran je i na pravcu ceste predviđene za rekonstrukciju.

To je područje između profila P15 i P16 u zoni napuštenih starih objekata, koji se nalaze na lijevoj (istočnoj) strani ceste. Ovaj dio trase opterećen je osim postojećih objekata i problemom kanala oborinskih voda, koji sakuplja vode iz područja grada i provodi ih ispod ceste na suprotnu stranu. Kanal prolazi ispod raskrižja i završava u ponoru, iznad kojeg su izgrađeni objekti (slika 1). Zbog konfiguracije terena i postojećih objekata, trasa ceste prolazi iznad ponora, što predstavlja zahtjevan građevinski zahvat, koji će se najbolje riješiti nakon rušenja predmetnih objekata.

Ponor kao geološki fenomen vrlo često mijenja svoj kapacitet uslijed zatvaranja njegovog grotla različitim otpadom. U svrhu sprječavanja zapunjavanja ponora otpadom svakako predlaže se njegova zaštita (izrada rešetki i taložnica) i ostavljanje mogućnosti prilaza ponoru radi čišćenja rešetke i taložnice.

4. GEOMEHANIČKA ISPITIVANJA I ISTRAŽIVANJA

Radi utvrđivanja kvalitete i posebno, mehaničke heterogenosti tla u osnovi predviđenih građevina, a u sklopu geotehničke misije G21 (za izradu glavnog projekta), izvršen je minimalan opseg geotehničkih ispitivanja i istraživanja „in situ“ za linijske objekte.

U blizini ponora, kod profila P15 izbušena je bušotina Bo1 u kojoj se do 7,0 m nalazi nasip od zaglinjenog drobinskog materijala, fragmenata vapnenačke stijene i glinovitog praha. Ispod ovog sloja je bankoviti trijaski vapnenac, koji je u površinskom dijelu tektonski dosta degradiran.

Geomehaničke karakteristike terena utvrđene su na osnovu laboratorijskih ispitivanja uzoraka dobivenim bušenjem i na osnovu standardnog penetracijskog pokusa, koji je izveden je prema tehničkim uvjetima izvođenja propisanim planom rada geotehničkih ispitivanja i istraživanja u misiji G21.

Jedan od zadataka istražnog bušenja bio je i utvrđivanje postojanja kaverni u blizini postojećeg ponora. Rezultat istražnog bušenja u ovom segmentu bio je negativan.



5. INŽENJERSKOGEOLOŠKE ZNAČAJKE TERENA

U području ceste i kružnog raskrižja na ulazu u grad izdvojeno je nekoliko litoloških cjelina, koje se međusobno značajno razlikuju po inženjersko-geološkim svojstvima. To su:

- Gornjotrijaski bankoviti i masivni vapnenci sa megalodonima (T_3) - kao geološki supstrat
- Miocenski laporoviti vapnenci, laporci i gline ($M_{2,3}$) – također geološki supstrat, ali je marginalan za ovaj objekt
- Nasip (stari i novi) sa asfaltom - kao geološki pokrivač

Gornjotrijaski bankoviti i masivni vapnenac je najviše zastupljen uz navedenu cestu i tijekom inženjersko-geološkog kartiranja posvećena mu je posebna pozornost.

U globalu ovaj vapnenac ima dobra inženjersko-geološka svojstva jer je bankovit i nema izraženu slojevitost, ali je zato ispresijecan sa jakim vertikalnim, subvertikalnim i kosim pukotinama. Podložan je fizičko-kemijskoj degradaciji i rastvaranju, pa se u području trase formirao veći ponor.

Bankoviti vapnenac zastupljen je uglavnom sa istočne strane ceste predviđene za rekonstrukciju. Vapnenac je značajno tektonski degradiran. Snimljen je veći broj pukotina sa zijevom od 5,0 – 30,0 cm, najčešće bez ispune ili sa malo glinovitog materijala.

Osim pukotina, utvrđen je jedan veći rasjed, koji se nalazi na početku karbonatnog masiva, između profila P12 i P13 i on odvaja miocenske laporovite naslage od vapnenačkih naslaga trijasa (slika 2).



Slika 2. Između profila P12 i P13 je rasjed na kontaktu miocenskih i trijaskih naslaga

Između profila P12+7.5 m do P15 koji obuhvaća područje kružnog toka snimljene su pukotine na zapadnoj i dijelom na istočnoj strani. Neke od njih na istočnoj strani biti će



nepovoljne na budućoj škarpi. Drugi dio terena na istočnoj strani između profila P13 i P14 je nepristupačan, pa nisu snimljeni tektonski elementi.



Slika 3. Pukotine u vapnenačkom masivu



Slika 4. Karakteristična pukotina u području kružnog raskrižja

Između profila P15 i P16 nalazi se ponor i objekt iznad njega. Tektonske elemente bilo je nemoguće snimiti, ali se mogu iznijeti neke inženjerskogeološke pretpostavke, koje se mogu kasnije provjeriti nakon rušenja objekata. Vjerojatno je nastanak ponora predisponiran jačom pukotinom ili rasjedom.

Prema prof. M.M. Protođakonu, bankoviti vapnenac iz trijasa može se svrstati u III.–a kategoriju čvrstih stijena, koja ima slijedeće karakteristike:

- čvrstoća na pritisak – 800 kg/cm^2
- koeficijent čvrstoće $f_k = 8$
- kut unutrašnjeg trenja - 80°

Prema GN 200 vapnenci gornjeg trijasa spadaju V i VI kategoriju.

Procjena nagiba škarpi u zoni projektiranog kružnog raskrižja izvršen je na temelju inženjersko-geološkog kartiranja terena tijekom čega su korišteni slijedeći kriteriji:

- litološki sastav terena (vrsta stijene i tla)
- padni kutovi slojeva
- teksturne značajke – (slojevitost i bankovitost) i
- površinska degradiranost stijenske mase.



Projektirano kružno raskrižje se usijeca u vapnenački masiv između profila P12 i P13, a iz njega izlazi u blizini profila P15, istočno od napuštenih objekata (bivša mesara) i postojećeg raskrižja (vidi kartu).

Vapnenački masiv izgrađuju okomite litice bankovitog i masivnog vapnenca, koji nije slojevit, pa kriterij slojevitosti sa padnim kutovima nije primjenjivan. U području litica teren je dobrim dijelom nepristupačan.

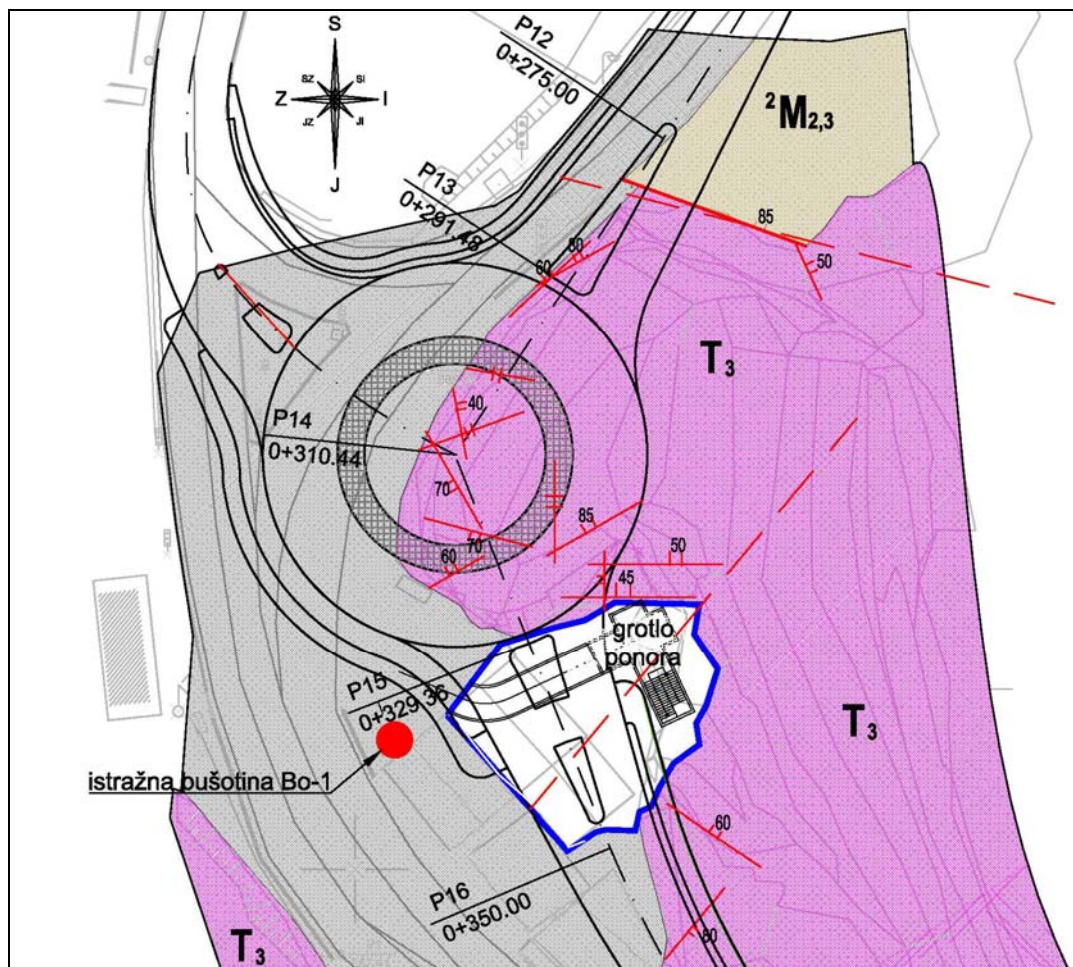
Za ovu dionicu predlažu se škarpe sa nagibom od 5:1 do visine od 7-8 m, sa jednom ili dvije sigurnosne berme (zavisno od visine terena), a zadnja etaža škarpe sa nagibom od 3:1. Širina bermi predlaže se 3,5 m.

Nakon izrade škarpi, zbog nepovoljnog položaja pukotina potrebno je obavezno kavanje labilnih blokova na škarpi.

Dio terena je jako nepristupačan (visoke litice i objekti) pa je snimljeno nekoliko jačih pukotina gdje je to bilo moguće. Neke od njih će možda imati nepovoljan položaj na budućoj škarpi. Konačni prijedlog za nagib škarpe može se dati poslije rušenja napuštenih objekata.

Nakon izrade škarpi, zbog nepovoljnog položaja pukotina potrebno je obavezno kavanje labilnih blokova na škarpi.

Inženjerskogeološka karta područja kružnog raskrižja





LEGENDA INŽENJERSKOGEOLOŠKE KARTE			
GEOLOŠKA STAROST	GRAFIČKA OZNAKA	LITOLOŠKI OPIS	INŽENJERSKOGEOLOŠKI OPIS / SVOJSTVA
—		Nasip sa asfaltom	Nasip - Nevezano tlo Stari nasip-dobro zbijano tlo
Miocen ² M _{2,3}		Kompleks laporaca, glina vapnenaca i ugljena	Meke stijene - čvrsto tlo Prekonsolidirane polutvrde do krute stijene i tla
Trijas T ₃		Bankoviti i masivni vapnenci sa megalodomima	Čvrste karbonatne stijene Povoljne do dobre stijenske mase

LEGENDA STANDARDNIH OZNAKA	
	- Geološka granica
	- Elementi pada i pružanja slojeva
	- Elementi pada i pružanja pukotina
	- Rasjed

6. ZAKLJUČAK

Projekt izgradnje kružnog raskrižja na ulazu u grad Prozor je vrlo zahtjevan iz dva razloga:

1. Raskrižje se usijeca veoma strmim, visokim pokosom u degradirani stijenski masiv. Za osiguranje pokosa, predložena je izrada škarpe sa nagibom od 5:1 do visine od 7-8 m, sa jednom ili dvije sigurnosne berme (zavisno od visine terena), a zadnja etaža škarpe sa nagibom od 3:1. Širina bermi predlaže se 3,5 m.
2. Izradu kružnog raskrižja dodatno komplicira pojava ponora, kojega je potrebno dodatno istražiti u fazi izvođenja radova.

Uzimajući u obzir navedene razloge, tijekom izvođenja radova potrebno je osigurati kontinuiran geotehnički nadzor kako bi se radovi na iskopu i zaštiti pokosa usjeka/zasjeka izveli u skladu sa projektom, tehničkim standardima i pravilima struke.

LITERATURA

Sofilj J., Živanović M. (1965-1971): Osnovna geološka karta, list Prozor, Institut za geološka istraživanja Sarajevo

Sofilj J., Živanović M. (1965-1971): Tumač za Osnovnu geološku kartu, list Prozor, Institut za geološka istraživanja Sarajevo

Panjukov P. (1965): Inženjerska geologija, Građevinska knjiga, Beograd