

## ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ИЗГРАДЊЕ САОБРАЋАЈНИЦЕ АУТО ПУТА КОРИДОР Vc НА ПОДДИОНИЦИ КАРУШЕ - УСОРА

Неђо Ђурић<sup>1</sup>

УДК: 625.7/.8:624.13

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.124

**Резиме:** Коридор Vc као најзначајнији коридор у склопу мреже ауто путева у Републици Српској и Босни и Херцеговини, пролази кроз терене различите геолошке грађе. Траса на поддионици Каруше – Усора је доста сложена у геолошком смислу, али неповољна са аспекта продсторног распореда постојећих стамбених објеката. Због тога је траса неколико пута мијењана, након чега је прихваћено рјешење које је и једино могуће. Изабарна траса ауто пута се налази дјелимично на падинском дијелу, а већим дијелом у насипу. На траси се налазе једна чворна петља и неколико мостива, што је захтијевало детаљније истраживање терена, које је највећим дијелом и урађено. За трасу аутопута и мостове дати су приједлози услова изградње, као и санационе мјере, неопходне за њихову сигурнију изградњу и експлоатацију.

**Кључне ријечи:** Ауто пут, истраживање терена, карактеристике терена, траса, објекти на траси

### 1. UVOD

Trasa auto puta koridor Vc na poddionici Karuše Usora se nalazi na dionici Johovac – Doboј Jug. Kao najsloženija podionica, njena trasa je utvrđena nakon nekoliko predloženih varijanti.

Složenost geološke građe terena, kao i naseljenost prostora, otežavali su izbor trase. Nakon utvrđene trase i položaja objekata na trasi urađena su istraživanja terena u cilju definisanja geoloških i ostalih karakteristika terena, neophodnih za projektovanje.

Ranija istraživanja terena, prvenstveno za izradu osnovne geološke i inženjersko geološke karte, dala su dovoljno podataka, da bi se istražni radovi odredili na optimalnim mjestima, odnosno mjestime gdje potrebno detaljnije definisati građu terena po dubini.

Obim istražnih radova je zadovoljavajući u dijelu poznavanja geološke građe, ali nedovoljan i za geostatičke proračune posebno za mostove, obzirom da se nije poznao tačan položaj svih mostova i njihovih stubnih mjesta.

<sup>1</sup> Проф. др Неђо Ђурић, Универзитет у Новом Саду, Грађевински факултет Суботица, Козарачка 2а, Србија. Е-mail. [nedjo@tehnicki-institut.com](mailto:nedjo@tehnicki-institut.com)

## 2. PROVEDENA ISTRAŽIVANJA I ISPITIVANJA TERENA

Provedena terenska istraživanja pored kartiranja terena, obuhvatila su istražno bušenje, raskope, i terenske opite penetracije [1,2]. Na istražnim bušotinama urađeni su opiti SPT-a, presiometarska ispitivanja, uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja, te na pojedinim bušotinama ugrađeni piezometri za osmatranje režima podzemnih voda. Pregled izvedenih istraživanja i ispitivanja dat je u tabeli 1.

Tabela br. 1. Pregled planiranih i izvedenih terenskih istraživanja

Terenski istražni radovi						
N <sup>o</sup>	Opis radova	Objekti oznake	Plan.	Urađ.	Dubina (m)	Ukupno (m)
1.1.	Inženjersko-geol. i hidrogeol. kartiranje terena, M 1: 5.000	Poddionica Karuše - Usora	0,65	1,004		
1.2.	Istražne bušotine	most BB trasa BR	8 6	8 4	135,4 34,5	169,9
1.3.	SPT	opit	75	80		
1.4.	Uzimanje uzoraka	poremećeni neporemećeni	34 11	5 35		
1.5.	Determ. i fotogr. jezgre i raskopa	bušotine raskopi	14	12		
1.6.	Ugradnja piezometara	bušot. BB bušot. BR	5	4		34,5
1.7.	Br. merenja NPV	BR	6	4		
1.8.	Raskopi	TP	9	6	17,6	17,6
1.9.	Dinamička penetracija DPM	bušot. BR raskop TR	10 6	4 6	91	91
2.0.	Presiometar	BB	8	8		
Laboratorijska ispitivanja						
N <sup>o</sup>	Vrste	Pl.	Ur.	Uk.	Standard	
2.1.	<b>Klasifikacioni opiti</b>	14	27	27	Eurocode 7 ASTM, BS, JUS	
	Prirodna vlažnost W, Specifična težina $\gamma_s$ , Zapreminska težina $\gamma_w$ , Suva zapreminska težina $\gamma_d$ , Poroznost n, Koefficijent poroznosti e, Granica tečenja $W_l$ , Granica plastičnosti $W_p$ , Index konzistencije $I_c$ , Index konzistencije $I_e$ , AC klasifikacija, Stepen neravnomjernosti U		27 x 12	324		
	<b>Otpornost na smicanje</b>	6	11	11		
2.2.	Kohezija, c		11			
2.3.	Ugao unutrašnjeg trenja, $\varphi^\circ$		11			
	<b>Edometarska ispitivanja</b>	8	27	27		
2.4.	Modul stišljivosti, $M_s$		27			
	<b>Masa uzorka i pritisna čvrstoća</b>	45	41			
2.5.	Monoaksijalna čvrstoća, $\sigma_p$		41			
2.6.	Čvrstoća PLT		2			
2.7.	<b>Proctor test (CBR)</b>	8	8	8		

### 3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE TERENA

Na osnovu izvedenih istražnih radova i laboratorijskih ispitivanja, uspostavljen je model građe terena, što je ključno za izbor mjerodavnih karakteristika, odnosno metoda temeljenja mostova i rješavanja geotehničkih problema na trasi.

Posmatrano od površine terena, izdvojeni su sljedeće geološke sredine, odnosno horizonti:

- Horizont 1:
  - Nasip (n), koji se sastoji od zaglinjene drobine, tucanika, šljunka i pijeska, mjestimično zastupljen duž rijeke Usore i na postojećim putevima, bez većeg značaja za uslove izgradnje autoputa
- Horizonti 2 i 3:
  - Površinski pokrivači, koji su u riječnoj dolini predstavljeni aluvijalnim materijalima u faciji povodnja, a sastoje se od:
    - horizont 2, od aluvijalno plavnih sedimenata (al, p) koje čine prašinate gline, prašine i muljevito-glinoviti pijesak
    - horizont 3, od aluvijalnih sedimenata šljunka i pijeska koji je mjestimično zaglinjen (al)
- Horizont 4:
  - Padinski pokrivač, nalazi se sa lijeve strane Usore, predstavljen eluvijalno-deluvijalnom prašinato-pjeskovitom glinom i sitnozrnim glinovitom drobinom (el-dl)
- Horizonti 5 i 6:
  - Geološki supstrat, razvijen u faciji pelitoalevrolita, alevrolita, pješčara, glinaca i laporaca (J), te ograničeno krečnjaka ( $T_2^1$ ). U serijama supstrata smjenjuju se slabiji i čvršći materijali, gdje stijenska masa osnove terena duž trase pripada kategoriji "slabih" stijena, odnosno, to su materijali koji su na preelazu između koherentnih materijala i čvrstih stijena. Zbog takvih odnosa unutar geološkog supstrata izdvojena su tri horizonta i to:
    - horizont 5, raslabljeni supstrat koji po litološkim karakteristikama predstavlja prelaz ka supstratu, a prema geomehaničkim svojstvima približno odgovara "slabim" stijenama
    - horizont 6, čini supstrat sastavljen od "slabih" i "čvrstih" stijena, različitih po litološkom sastavu i geotehničkim svojstvima unutar kojega su kao subhorizont 6a izdvojeni klastični, a kao subhorizont 6b karbonatni krečnjački sedimenti, slika 1.

Detaljnijim rasčlanjivanjem izdvojenih horizonata prema veličini i čvrtoći veze mineralnih zrna, isti su razvrstani na glinovito prašinate slabovezane sedimente, šljunkovito pjeskovite nevezane sedimente i sedimente sa jače vezanim mineralnim zrnima koji čine supstrat terena. Za sve izdvojene horizonte i varijetete različitih materijala pokrivača i supstrata, pri geotehničkim proračunima usvojeni su parametri sa sljedećim mjerodavnim vrijednostima.

**Horizont 2, glinovito-pjeskovito-prašinsti sedimenti**

- tekstura: bezredna
- veličina zrna: 0,002 do 2,0 mm
- ugao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 23^{\circ}$
- kohezija  $c = 5 \text{ KN/m}^2$ ,
- zapreminska težina  $\gamma = 20 \text{ KN/m}^3$
- broj udaraca SPT  $N = 10$
- modul stišljivosti  $M_V = 8 \text{ MPa}$
- CBR  $\approx 5 \%$
- vodopropusni materijali  $k_f = 1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
- GN 200 I - II kategorija

0.00 m		Površina terena	
		Horizont 1, nasip	n
		Horizont 2, glinovito-pjeskovito-prašinsti sedimenti $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , $c = 5 \text{ KN/m}^2$ , $\varphi = 23^{\circ}$ , $M_V = 8 \text{ MPa}$	al, p
		Horizont 3, šljunakoviti i pjesakoviti sedimenti $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , $c = 0 \text{ KN/m}^2$ , $\varphi = 35^{\circ}$ , $M_V = 40 \text{ MPa}$	al
		Horizonta 4, glinovita drobina, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , $c = 13 \text{ KN/m}^2$ , $\varphi = 14^{\circ}$ , $M_V = 8 \text{ MPa}$	el-dl
		Horizont 5, raslabljeni supstrat, $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , $c = 10 \text{ KN/m}^2$ , $\varphi = 20^{\circ}$ , $M_V = 25-40 \text{ MPa}$ , $\beta = 0,2-0,3 \text{ MPa}$	J
		Horizont 6a, supstrat slabih stijena $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ , $c = 20 \text{ KN/m}^2$ , $\varphi = 28^{\circ}$ , $M_V = 80-100 \text{ MPa}$ , $\beta = 0,3-0,4 \text{ MPa}$	$T_2^1$
		Horizont 6b, krečnjački supstrat, $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$ , $c = 100 \text{ MPa}$ , $\varphi = 40^{\circ}$ , $M_V = 1000 \text{ MPa}$ , $\beta = 200 \text{ MPa}$	$T_2^1$
	13.0 m		
	-0.5-1.2 m		

Slika 1. Shematski presjek terena sa izdvojenim geološkim sredinama – horizontima

**Horizont 3, šljunakoviti i pjesakoviti sedimenti**

- tekstura: bez izražene slojevitosti, bezredna
- veličina zrna: 2,0 do 60,0 mm
- ugao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 35^{\circ}$
- kohezija  $c = 0 \text{ kN/m}^2$
- zapreminska težina  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- broj udaraca SPT  $N = 50$
- modul stišljivosti  $M_V = 40 \text{ MPa}$
- CBR  $> 5 \%$
- vodopropusni materijali  $k_f = 1 \times 10^{-2} \text{ m/s}$
- GN 200 II kategorija

**Horizonta 4, glinovita drobina**

- tekstura: bez izražene slojevitosti
- veličina zrna: 0,002 do 10,0 mm
- ugao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 14^{\circ}$
- kohezija  $c = 13 \text{ kN/m}^2$
- zapreminska težina  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$

- број удараца SPT  $N = 10$
- модул стишљивости  $M_V = 8 \text{ MPa}$
- CBR  $2 - 3 \%$
- водонепропусни материјали  $k_f = 1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
- GN 200 II kategorija

**Horizont 5, raslabljeni supstrat**

- текстура: bez izražene slojevitosti,
- величина зрна:  $0,002 \text{ do } 2,0 \text{ mm}$
- угao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 20^0$
- кохезија  $c = 10 \text{ kN/m}^2$
- запреminska težina  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- број удараца SPT  $N = 42 \text{ udaraca}$
- модул стишљивости  $M_V = 25-40 \text{ MPa}$
- моноаксијална чврстоћа на притисак  $\beta = 0,2-0,3 \text{ MPa}$
- коефицијент раекције тла  $k = 20.000 \text{ kN/m}^3$
- водонепропусни материјали  $k_f = 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
- GN 200 III - IV kategorija

**Horizont 6a, supstrat slabih stijena**

- текстура: preovlađujuće tankoslojevita
- величина зрна:  $0,002 \text{ do } 2,0 \text{ mm}$
- угao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 28^0$
- кохезија  $c = 20 \text{ kN/m}^2$
- запреminska težina  $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- број удараца SPT  $N = 106$
- модул стишљивости  $M_V = 80-100 \text{ MPa}$
- моноаксијална чврстоћа на притисак  $\beta = 0,3-0,4 \text{ MPa}$
- коефицијент раекције тла  $k = 50.000 \text{ kN/m}^3$
- водонепропусни материјали  $k_f = 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$
- GN 200 IV - V kategorija

**Horizont 6b, krečnjački supstrat**

- текстура: bankovita do pseudomasivna
- кохезија:  $c = 100 \text{ MPa}$
- угao unutrašnjeg trenja:  $\varphi = 40^0$
- запреminska težina:  $\gamma = 22 \text{ kN/m}^3$
- модул стишљивости:  $M_V = 1000 \text{ MPa}$
- моноаксијална чврстоћа на притисак:  $\beta = 200 \text{ MPa}$
- водонепропусни материјали  $k_f = 1 \times 10^{-2} - 1 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
- GN 200 IV - V kategorija

#### 4. GEOTEHNIČKE PREPORUKE USLOVA ZA IZGRADNJU TRASE I OBJEKATA NA TRASI

Kao podloga za izradu Idejnog projekta date su preporuke geotehničkih uslova izgradnje trase i objekata duž poddionice Usora – Karuše. Za izdvojene karakteristične dijelove trase dati su prijedlozi stabilizacionih mjera, a za objekte na trasi dati su prijedlozi načina temeljenja [3,4,5,6,7,8].

Trasa je položena djelimično na padinskom dijelu, a većim dijelom u nasipu. Na padinskom dijelu predložene su sljedeće sanacione mjere:

- skidanje i zamjena površinskih humusnih materijala do dubine od 1,2 m
- predvidjeti kanal za odvodnju površinskih voda sa brdske strane
- predvidjeti drenažnu zavjesu ispod kanala sa brdske strane, uz nožicu nasipa, dubine minimalno 4,5 m
- na strmim dijelovima osigurati nožicu nasipa kameno-drenažnom bermom izvesti drenažne rovove u depresijama i uvesti ih u drenažnu zavjesu

Analize stabilnosti urađene su prema mjerodavnim karakteristikama, odnosno vrijednostima  $c$ ,  $\varphi$  i  $\gamma$  parametara datih za materijale pokrivača na padinama, odnosno horizonta 4.

Na dijelu trase postavljene u nasipu, obzirom na karakteristike sedimenata pojedinih horizonata, preporučuju se sljedeće sanacione mjere:

- skidanje i zamjena sedimenata površinskog pokrivača
- predvidjeti kanal za površinsku vodu sa brdske strane
- osigurati nožicu nasipa sa kameno-drenažnom bermom u zoni koja će biti u doticaju sa rijekom.

Na trasi se nalazi jedna petlja i pet (5) mostova. Obzirom da se u ovoj fazi nisu znale precizne lokacije navedenih objekata, kao ni broj stubnih mjesta, to su način temeljenja i osnovne karakteristike sedimenata date samo za neke mostove.

**Most Tešanjka 2**, dužine 214,8 m sastoji se od dva obalna i šest riječnih stubova na svakoj traci. Ispod svake trake predviđaju se po dva stuba u koritu rijeke.

Desna obala

- temeljenje izvršiti na šipovima
- pojava raslabljenog supstrata je na 9,8 m
- pojava supstrata je na 13,8 m od površine terena

Lijeva obala

- temeljenje stupova obaviti direktno na krečnjacima
- dubina temeljenja je  $3,2 \text{ m} + 1,0 = 4,2 \text{ m}$  od površine terena

**Most Tešanjka 1**, dužine 214,8 m sa dva obalna i šest stubova u rijeci na svakoj traci. Ispod svake trake po tri stuba u koritu rijeke.

Obalni pojas

- temeljenje mosta na obalama izvesti na šipovima.
- supstrat leži na dubini od 6,0 m od površine terena

Korito rijeke

- за temeljenje u koritu rijeke za sada se ne mogu dati pouzdani prijedlozi za temeljenje, jer u zoni korita nije izvedena ni jedna istražna bušotina.

**Most Usora 3, dužine 600 m**, karakteriše geotehničke karakteristike za "slabi" i "čvrsti" geološki supstrat – serija alevrolita, pelitoalevrolita i glinaca.

Temelji izvan korita rijeke

- temeljenje mosta na obalama, odnosno izvan korita rijeke izvesti na šipovima
- pojava supstrata je na 6,0 m od površine terena

Korito rijeke

- u koritu rijeke se za sada ne mogu dati pouzdani prijedlozi za temeljenje, jer nije izvedena ni jedna istražna bušotina

## 5. ZAKLJUČAK

Na trasi auto puta koridor Vc na poddionici Karuše – Usora provedena su istraživanja terena u zadovoljavajućoj mjeri za definisanje geoloških i geotehničkih karakteristika terena. Ipak na pojedinim dijelovima terena gdje će se nalaziti petlja i mostovi treba provesti dodatna istraživanja.

Trasa koja je položena djelimično na padinskom dijelu, a većim dijelom u nasipu zahtijeva određene sanacione mjere koje prvenstveno obuhvataju zamjenu površinskog humusnog materijala, izradu kanala za odvodnjavanje površinskih voda, drenažne zavjese ispod ispod kanala sa brdske strane i uz nožicu nasipa, a na strmim dijelovima da osigura nožicu nasipa kameno-drenažnom bermom.

Za mostove gdje nivo istraživanja terena zadovoljavajući, odnosno utvrđeno da se supstrat terena nalazi na većim dubinama, predloženo je temeljenje na šipovima.

## LITERATURA

- [1] Grupa autora. Izvještaj o provedenim istraživanjima i ispitivanjima terena na trasi auto puta koridor Vc, Rijeka Sava – Doboj, lot 3, nivo idejnog projekta. Knjiga 3. FSD Tehničkog instituta Bijeljina. **2009.**
- [2] Grupa autora. Program inženjerskogeoloških, hidrogeoloških i geotehničkih istražnih radova za trasu autoputa koridor Vc, Doboj Jug. IPSA Sarajevo. Fond stručnih dokumenata IPSA Sarajevo, Tehnički institut Bijeljina. **2011.**
- [3] Đurić, N. *Hidrogeološka i inženjerskogeološka istraživanja*. Građevinski fakultet Subotica, Tehnički institut Bijeljina. **2011.**
- [4] Ćorić, S. *Geostatički proračuni, treće izdanje*. Beograd. Rudarsko-geološki fakultet Beograd. **2008.**
- [5] Maksimović, M. *Mehanika tla, II izdanje*. Građevinska knjiga. Beograd, 2005.
- [6] Bowles, J. *Foundation analysis and desing*. Exoloration, sampling and in situ soil measurements. Fifth edition. McGraw Hill Higher Education. **1997.**

- [7] Eurocode 7. Geotechnical desing – Part 2: Desing assisted by laboratory testing, and Part 3: Desing assisted by fieldtesting. European Commitete for standarization. Brussels. **1997.**
- [8] Direkcija Cesta Federacije BiH, Direkcija za puteve Republike Srpske. Smjernice za projektovanje, gradjenje, održavanje i nadzor na putevima. Knjiga I, Dio 1, Poglavlje 2: Inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja i ispitivanja. Sarajevo, Banja Luka. **2005.**

## GEOTECHNICAL CONDITIONS CONSTRUCTION OF ROADS HIGHWAY CORRIDOR Vc ON SUBSECTION KARUŠE – USORA

**Summary:** *Corridor as the most important corridor within the roads networks in the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina, going through different terrain geological structure. The route of to subsection Karuše - Usora is quite complex in geological terms, but unfavorable in terms of spatial arrangement of existing housing facilities. Therefore, the route of been changed several times, after which the solution to is adopted and that the only possible. Selected route of the highway is located on the slopes of partly and mainly in the embankment. The section contains one node space and several bridge structures, which required a more detailed study of the terrain, which is largely been done. For route and highway bridges are given suggestions of construction conditions, as well as remedial measures necessary for their safe construction and operation.*

**Keywords:** *Highway, exploring the terrain, characteristics of the terrain, route, buildings along the route of*