

**REHABILITACIJA DIONICE PUTA BEOČIN - BEŠENOVO**  
**REHABILITATION OF ROAD SECTION BEOČIN - BEŠENOVO***Zorica Gajić, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

**Kratak sadržaj** – U radu su prikazana laboratorijska i terenska ispitivanja neophodna za dimenzionisanje kolovozne konstrukcije, proces rehabilitacije puta i izvršen je predmjer i predračun radova.

**Ključne reči:** rehabilitacija puta, kolovozna konstrukcija, dimenzionisanje, predmjer i predračun radova

**Abstract** – The dokument shows laboratory and site-specific examinations needed for obtaining pavement structure metrics, rehabilitation process and contains completed pre-measurements and cost evaluation of work to be done.

**Keywords:** rehabilitation, pavement construction, dimensioning, pre-measurement and cost evaluation of works

**1. UVOD**

Kolovozne konstrukcije predstavljaju najvrijedniji dio putne infrastrukture. One propadaju vremenom usljed uticaja saobraćajnog opterećenja i dejstva okoline (klima, tlo, odvodnjavanje).

Razmatrajući sa aspekte putnog inženjerstva, važno je jednoznačno definisati osnovne aktivnosti koje se odnose na građenje novih i rekonstrukciju postojećih putnih poteza, odnosno održavanja putne mreže. Održavanje se generalno može podijeliti na dvije kategorije: **funkcionalno održavanje (zimsko i ljetnje)** i **građevinsko održavanje (rehabilitacija)**.

Predmet ovog rada je rehabilitacija dionice na putu Beočin - Bešenovo, na dužini 0 + 000. 00 - 1 + 310.00 km.

U putnoj mreži Srbije ovaj putni pravac pripada klasi lokalnih saobraćajnica. Prema saobraćajnom opterećenju analiziranom u projektu ojačanja kolovozne konstrukcije, put pripada drugom saobraćajnom razredu i namijenjen je motornom saobraćaju.

Dotrajao zastor od raznih vrsta asfalta (negdje je presvučen, a negdje skroz iskrpljen), slabo odvodnjavanje i loša saobraćajna signalizacija i oprema ne mogu više pružiti kvalitetnu uslugu saobraćaja, pa je neophodno izvršiti rehabilitaciju puta (kolovoza) ove dionice puta [1].

**NAPOMENA:**

**Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Bojan Matić.**

**2. POSTOJEĆE STANJE**

Predmetna ulica je imala konstantnu širinu asfaltnog zastora, koja iznosi 6.0m (osnovna širina kolovoza je 6.0m + proširenja u krivinama).

Širina bankina promjenljiva, u granicama od 1.0m do 1.20m.

Put se nalazi u većem dijelu trase u zasjeku, dok ima kraćih dionica gdje je trasa u nasipu.

Poprečni nagib kolovoza u pravcima i krivinama je jednostran.

Ovakav gabarit postojećeg profila uglavnom zadovoljava uslove iz propisa za ovu klasu puta, terena i računsku brzinu, pa se predviđaju određene popravke (širina bankine, potrebna proširenja u krivinama...).

Zbog boljeg i efikasnijeg odvodnjavanja projektom rehabilitacije isprojektovani su novi cjevasti propusti (AB cjevasti propusti Ø600 mm). Projektom je predviđeno čišćenje i popravka postojećih, kao i ugradnja novih propusta. Ovim projektom površinsko odvodnjavanje riješeno je na dva načina:

- površinskim razlivanjem voda preko bankine
- rigolama koje vode do propusta [2].



Slika 1. *Dionica puta Beočin - Bešenovo*

**3. GEOMEHANIČKA ISTRAŽIVANJA****3.1 Analiza postojeće tehničke dokumentacije**

Osnovne podloge koje su korišćene pri izradi projekta su:

- Situacija
- Geomehanički elaborat

U okviru situacionog plana prikazan je tačan položaj i geometrija puta Beočin - Bešenovo sa fleksibilnom kolovoznom konstrukcijom.

U okviru geodetskog elaborata urađena su mjerenja i dati spiskovi koordinata tačaka operativnog poligona trase, kao i spisak tačaka oko predmetne trase.

U okviru geomehaničkog elaborata, dati su podaci snimanja sa terena kao i rezultati laboratorijskih ispitivanja.

Dimenzionisanje kolovozne konstrukcije podrazumijeva sljedeće:

- određivanje debljine i sastava pojedinih slojeva kolovozne konstrukcije
- definisanje zahtijeva kvaliteta i sastava pojedinih mješavina u slojevima kolovozne konstrukcije
- definisanje kvaliteta upotrebljenih materijala u posteljici
- utvrđivanje tehnologije radova
- poređenje varijantnih rješenja i izbor optimalnog sastava i debljine slojeva sa aspekta strategije korišćenja i upravljanja putevima

### 3.2 Vrsta i obim izvedenih istražnih radova

#### 3.2.1 Terenska istraživanja

Cilj terenskih istražnih radova je da se utvrdi sastav kolovozne konstrukcije i karakteristike tla u zoni predmetnog dijela saobraćajnice. Imajući u vidu terenske uslove, vrstu objekta na predmetnoj lokaciji izvedeno je:

- rekognosciranje terena,
- kopanje istražnih jama,
- laboratorijsko ispitivanje uzoraka.

#### Rekognosciranje terena

U prvoj fazi istraživanja obavljeno je rekognosciranje (ekspertski pregled) terena i tom prilikom su prikupljeni preliminarni podaci o istražnom području (lokacija, morfologija, mikrolokacije budućih istražnih radova...).

Pristup lokaciji bio je nesmetan, a istražni radovi su izvedeni neposredno uz kolovoz. Na terenu nisu uočene deformacije koje bi ukazale na postojanje pojava nestabilnosti terena ili nekih drugih geodinamičkih procesa.

#### Istražne jame

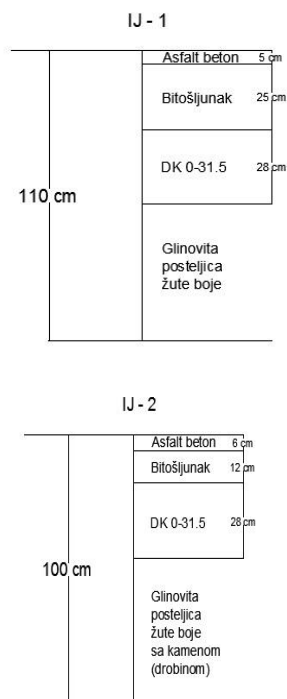
Prema usvojenoj metodologiji izvođenja istražnih radova planirano je izvođenje istražnih jama za potrebe projekta rehabilitacije kolovozne konstrukcije puta Beočin - Bešenovo.

Za formiranje mehaničkog modela postojeće kolovozne konstrukcije neophodno je poznavanje strukture kolovozne konstrukcije i kvaliteta materijala u slojevima kolovoza.

Sa tim ciljem obavljen je iskop dvije (2) istražne jame dubine od 1.1m i 1.0m, kako bi se imao tačan uvid u strukturu izvedene kolovozne konstrukcije.

Istražna jama IJ-1 je urađena na zakrpi puta, pa ima nešto manje asfalta. Mjesto IJ-2 je mjerodavnije, jer je većina saobraćajnice takva.

Nakon kopanja izvršeno je detaljno inženjersko-geološko kartiranje. U sklopu inženjersko-geološkog kartiranja definisani su pojedini litotipovi, konstatovane njihove debljine, izvršena makroskopska ocjena osnovnih karakteristika.



Slika 2. Istražne jame

#### Laboratorijsko ispitivanje uzoraka

Po završenom kartiranju uzeti su uzorci za laboratorijska ispitivanja. Iz svake jame je uzeto po dva uzorka. Uzorci su upakovani u „pvc“ kesu, hermetički zatvoreni lijepljivom trakom i obilježeni (markirani) etiketom na kojoj je ispisan naziv objekta, datum, oznaka istražnog rada i dubina sa koje je uzorak uzet.

Na uzetim reprezentativnim uzorcima izvršena su sljedeća laboratorijska ispitivanja fizičko– mehaničkih karakteristika zastupljenih sredina:

- određivanje vlažnosti uzoraka
- zapreminska težina
- određivanje granulometrijskog sastava
- Aterbergove granice konsistencije
- odnos vlažnosti i suve zapreminske mase (Proktor–ov opit)
- određivanje kalifornijskog indeksa nosivosti (CBR opit)

Uslovi laboratorijskih ispitivanja su prilagođeni identifikovanim litološkim članovima, kao i uslovima na terenu [3].

### 4. DIMENZIONISANJE KOLOVOZNE KONSTRUKCIJE

Metoda dimenzionisanja kolovoznih konstrukcija prema standardu SRPS U. C4. 012 zasnovana je na uputstvima za dimenzionisanje asfaltnih kolovoznih konstrukcija u SAD-u AASHTO (American Association of State

Highway and Transportation Officials - Američka asocijacija za državne autoputeve i saobraćaj) Interim Guide iz 1972. godine.

Prilikom pripreme standarda, unijeta su neka posebna rješenja prilagođenja domaćim uslovima i materijalima, prije svega za izbor ukupne debljine asfaltnih slojeva u zavisnosti od ukupnog ekvivalentnog saobraćajnog opterećenja i kod selektivnog postupka dimenzionisanja u zavisnosti od izabranog tipa kolovozne konstrukcije.

U postupku dimenzionisanja uzimaju se u obzir sljedeći parametri:

- projektni period
- vozna sposobnost površine kolovoznog zastora na kraju projektnog perioda
- saobraćajno opterećenje
- klimatsko-hidrološki uslovi
- nosivost materijala posteljice
- kvalitet primijenjenih materijala u kolovoznoj konstrukciji

#### Projektni period

Projektni period je izražen u godinama za koje je kolovozna konstrukcija dimenzionisana. Na kraju tog perioda, konstrukcija nije potpuno uništena, nego je degradirana do te mjere, da je vožnja po njoj nedovoljno sigurna i neudobna.

Za asfaltne kolovoze je to po pravilu 20 godina, kako je u ovom postupku dimenzionisanja i usvojeno.

#### Vozna sposobnost površine kolovoznog zastora na kraju projektnog perioda

U ovom standardu usvojena je najmanja vrijednost indeksa vozne sposobnosti površine kolovoznog zastora na kraju projektnog perioda  $pk=2,5$ .

#### Saobraćajno opterećenje

Opterećenja različitog intenziteta i broja ponavljanja (realni saobraćajni tok sa različitim učešćem pojedinih klasa vozila), transformišu se u ekvivalentan broj „standarnih“ ili „ekvivalentnih“ opterećenja, podrazumijevajući istu veličinu oštećenja kolovozne konstrukcije. Opšte prihvaćeno standardno opterećenje je ekvivalentna jednostruka osovina sa dva udvojene točka, opterećena sa 82KN.



Slika 3. Jednostruka osovina sa udvojenim točkovima

#### Klimatsko-hidrološki uslovi

Uticao klimatsko- hidroloških uslova na nosivost kolovozne konstrukcije uzima se u obzir primjenom regionalnog faktora R.

Vrijednosti faktora se kreću u granicama od 0,5 do 5,0, pri čemu su veće vrijednosti nepovoljnije. U ovom postupku dimenzionisanja uzeta je njegova vrijednost  $R=2$ .

#### Nosivost materijala posteljice

Nosivost materijala posteljice izražava se pomoću vrijednosti CBR, koja se određuje prema standardu SRPS U. E8. 010.



Slika 4. Uređaj za određivanje vrijednosti CBR-a

#### Kvalitet primijenjenih materijala u kolovoznoj konstrukciji

Pri izboru vrste materijala u kolovoznoj konstrukciji mora se voditi računa kako o funkciji pojedinih slojeva i ekonomičnosti građenja, tako i o propisanim kriterijumima kvaliteta osnovnih materijala i mješavina prema odgovarajućim standardima.

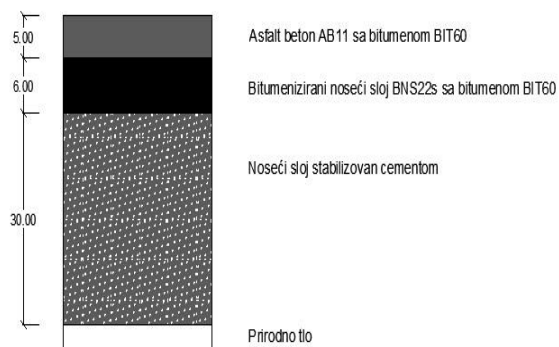
Pri dimenzionisanju asfaltnih kolovoznih konstrukcija, primijenjeni materijali se vrednuju preko koeficijenata zamjene materijala. Upotrebom ovih koeficijenata određuju se zamjenjujuće debljine za pojedine vrste materijala u odnosu na osnovne materijale odabrane pri dimenzionisanju.

U tu svrhu, koeficijenti zamjene pojedinih materijala određuju se prema:

**Stabilnosti po Maršalu** za asfaltne mješavine

**Pritisna čvrstoća poslije sedam dana** za zrnasti kameni materijal stabilizovan cementom [4].

#### 4.1 Usvojena struktura kolovoza



Slika 5. Usvojena struktura kolovoza

### 5. PREDMJER I PREDRAČUN RADOVA

#### 5.1 Prethodni radovi

##### Geodetsko obilježavanje

Obilježavanje osovine puta treba da uključi sva mjerenja sa ciljem prenosa podataka iz projekta na teren, kao i osiguranje, obnavljanje i održavanje tačaka uspostavljenih na terenu tokom čitavog perioda građenja.

## 5.2 Zemljani radovi

### *Iskop materijala*

Rad obuhvata sve otkope, svih vrsta zemljanih materijala koji su predviđeni projektom, zajedno sa odvozom, odnosno guranjem iskopanog materijala u nasipe, deponije za razne potrebe prema namjeni, kako će se materijal upotrebljavati pri izvođenju radova. U te radove uključeni su svi otkopi zasjeka, usjeka, proširenja kolovoza, pozajmišta, korekcija vodotoka, devijacija puteva, kao i široki otkopi pri izvođenju objekta.

### *Izrada stabilizovanih bankina*

Ova pozicija obuhvata izradu bankine pokrivena pijeskom, šljunkom ili kamenom sitneži debljine i širine prema Projektu. Minimalna debljina završnog sloja iznosi 10 cm.

## 5.3 Odvodnjavanje

### *Čišćenje i popravka postojećih propusta*

Ova pozicija obuhvata sve radove na čišćenju postojećih propusta kao i potrebne opravke propusta.

### *Prefabrikovani cjevasti propusti*

Rad obuhvata nabavku, transport, i ugrađivanje prefabrikovanih montažnih betonskih cjevastih propusta u svemu prema projektu.

## 5.4 Kolovozna konstrukcija

### *Riperovanje postojećih slojeva*

Pozicija obuhvata riperovanje (usitnjavanje) postojeće kolovozne konstrukcije minimalne dubine 20 cm (uz dodavanje sloja drobljenog kamena 0-31 mm po potrebi ili uslovima datim projektom).

### *Cementna stabilizacija*

Pozicija obuhvata frezovanje (usitnjavanje) postojeće kolovozne konstrukcije projektom određene dubine uz dodavanje potrebnih aditiva (cementa, kreča i sl.) predviđenih projektom kolovozne konstrukcije.

### *Bitumenizirani noseći sloj (BNS22)*

Pozicija obuhvata nabavljanje, transport, spravljanje, ugrađivanje i zbijanje mješavine od granuliranog mineralnog materijala i bitumena, u jednom sloju debljine prema projektu na adekvatno pripremljenu podlogu.

### *Habajući sloj (AB11)*

Pozicija obuhvata nabavku, transport, spravljanje, ugrađivanje i zbijanje asfalt betona u debljini sloja prema projektu. Osnova za izradu tehničkih uslova za ovu poziciju jeste SRPS EN 13108 [5].

## 6. ZAKLJUČAK

Usvojena je struktura nove kolovozne konstrukcije, sa asaltnim zastorom i cementnom stabilizacijom u donjoj podlozi. Kao takva projektovana, mora da preuzme predviđeno saobraćajno opterećenje i da ga prenese na donju podlogu, tako da sama konstrukcija pretrpi što manje oštećenja. Mora da posjeduje odgovarajuću trajnost, nosivost, otpornost na klizanje i da je zaštićena od dejstva vode.

Cementnom stabilizacijom nosivih slojeva očigledno imaju višestruke prednosti u odnosu na ostale stabilizovane slojeve. Upotrebom cementom stabiliziranih nosivih slojeva smanjuje se uticaj nosivosti posteljice na nosivost kolovozne konstrukcije, što omogućava gradnju na slabije nosivom tlu i omogućuje se upotreba lokalnih materijala za ugradnju u nosive slojeve. Za ispravno rehabilitaciju kolovozne konstrukcije potrebno je poznavanje karakteristika materijala, kao i poznavanje mehaničkih i elastičnih svojstava cementom stabilizovane mješavine [6].

## 7. LITERATURA

- [1] Zakon o javnim putevima („Službeni glasnik RS“, br. 105/05, 123/07, 101/11, 93/12, 104/13, Održavanje javnih puteva-član 57. , 2006)
- [2] Uzelac Đ., Kolovozne konstrukcije, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2015
- [3] Mladenović G., Kolovozne konstrukcije, Univerzitet u Beogradu, 2017.
- [4] Radović N. Skripta sa predavanja iz predmeta „Odabrana poglavlja iz projektovanja puteva“, NoviSad, 2013.
- [5] Ševaljević I., Rehabilitacija ili rekonstrukcija u zavisnosti od karaktera saobraćajnice, Institut za puteve, Beograd
- [6] Cvetanović A. Banić B., Kolovozne konstrukcije, Akademska misao, Beograd, 2007.

### **Kratka biografija:**



**Zorica Gajić** rođena je u Vlasenici 1994. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka, na Departmanu za građevinarstvo i geodeziju odbranila je u oktobru 2019.godine.