

*Autor: Ivana Milićević Bičanski<sup>1</sup>, Branislav Dašić<sup>2</sup>,  
Koautori: Milan Milovanović<sup>3</sup>, Milan Šveljo<sup>4</sup>, Dragan Šuput<sup>5</sup>*

## **SANACIJA I OJAČANJE ČELIČNE KONSTRUKCIJE MOSTA "GAZELA" PREKO REKE SAVE U BEOGRADU**

### ***Rezime:***

Most "Gazela" preko reke Save u Beogradu, sa pripadajućim prilaznim konstrukcijama deo je međunarodnog autoputa E75. Tokom svog eksploatacionog veka most je nedovoljno i neadekvatno održavan, pa je usled niza oštećenja, kao i promene opterećenja i normi za projektovanje bilo neophodno izvršiti sanaciju prema projektnom rešenju. Mere sanacije su obuhvatile popravke konstrukcije; ojačanja orto ploče, greda mosta u celini, vertikalnih limova sanduka mosta, donjeg pojasa sanduka mosta i kosnika; ugradnju novih sekundarnih konstrukcija, popravke postojećih sekundarnih konstrukcija, ugradnju novih ležišta i dilatacionih sprava.

*Ključne reči: Most "Gazela", sanacija mosta, popravke, ojačanja konstrukcije*

## **REHABILITATION AND STRENGTHENING OF THE STEEL STRUCTURE OF "GAZELA" BRIDGE ACROSS THE SAVA RIVER IN BELGRADE**

### ***Summary:***

The Bridge "Gazela" across the Sava River in Belgrade with accompanying access structures is a part of the international highway E75. During its service life, the bridge was insufficiently and inadequately maintained, so due to series of damages, changes of loadings and norms for designing it was necessary to execute rehabilitation according to the design solution. The rehabilitation measures included repairs of the structure; strengthening of the orthotropic plate, bridge beams as a whole, vertical plates of the bridge box, bottom chord of the bridge box and stay; installation of new secondary structures, repair of the existing secondary structures, installation of new bearings and extension joints.

*Key words: The Bridge Gazela, rehabilitation of the bridge, repair of the structures reinforcement of the structures*

---

<sup>1</sup> Dipl.inž. građ., rukovodilac službe za projektovanje i tehnološku razradu u PC Batajnica, GP Mostogradnja AD

<sup>2</sup> Dipl.inž. građ., tehnički rukovodilac PC Batajnica, GP Mostogradnja AD

<sup>3</sup> Dipl.inž. građ., rukovodilac radova na montaži, GP Mostogradnja AD

<sup>4</sup> Dipl.inž. građ., rukovodilac radova na montaži, GP Mostogradnja AD

<sup>5</sup> Dipl.inž. građ., rukovodilac radova na montaži, GP Mostogradnja AD

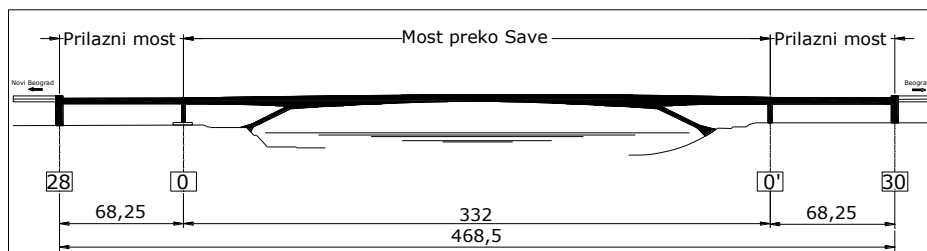
## 1 TEHNIČKI OPIS I KARAKTERISTIKE MOSTA

Most "Gazela" je objekat od vitalnog značaja kako za grad Beograd tako i za ceo region obzirom da predstavlja deo međunarodnog autoputa E75. Most je projektovan u periodu 1962.-1966.godine a izgrađen je u periodu 1966.-1970.godine.



Slika 1: Most "Gazela" pre sanacije

Konstrukcija mosta preko reke je sistema rama sa dva kosa zglobna stuba, ukupne dužine 332m između čeličnih stubova u osama 0 (0') i glavnog raspona od 250m. Prilazni mostovi su sistema prostih greda, dužina 2x70,35m i raspona 68,25m i protežu se između masivnih betonskih stubova u osama 28 (30) do čeličnih stubova u osama 0 (0').



Slika 2: Dispozicija mosta

Tokom eksploatacionog perioda vršeno je više pregleda koji su ukazivali na neophodnost sanacije konstruktivnih elemenata objekta, a jedina popravka koja je izvršena odnosi se na popravke sistema zaštite od korozije u unutrašnjosti sanduka mosta 1990.god. Tek nakon detaljnog pregleda 2006. godine pristupilo se izradi projekta sanacije pri čemu je urađen kontrolni statički proračun čelične konstrukcije i ustanovljena su brojna prekoračenja dopuštenih napona, nedovoljna sigurnost na izbočavanje a ni brojni uslovi upotrebljivosti nisu bili zadovoljeni. Stoga se ukazala potreba da se izvrše ojačanja mostovske konstrukcije po celoj dužini mosta i po svim elementima.

## 2 STANJE KONSTRUKCIJE PRE SANACIJE

Vizuelni pregled čelične konstrukcije izvršen je kako bi se sagledao obim sanacije, i tom prilikom su konstatovana značajna oštećenja.

Pregledom saobraćajnog profila konstatovana su oštećenja asfalta, ograde razdelnog pojasa i odbojne ograde. Konstatovana su i oštećenja pešačkih staza, nosači staza zahvaćeni korozijom i oštećenja armirano-betonskih ploča (Slika 3).



Slika 3: Oštećenja saobraćajnog profila

Pregledom sanduka mosta konstatovane su brojne pukotine na orto ploči. Primećeno je i zadržavanje vode na donjem pojasu sanduka mosta. Do pojave korozije dovelo je i neadekvatno funkcionisanje sistema za odvođenje atmosferske vode (Slike 4 i 5)



Slika 4: Oštećenja unutar sanduka mosta

Oštećenja na čeličnoj konstrukciji prouzrokovana su lošim stanjem antikorozivne zaštite.



Slika 5: Oštećenja stubova

Pregledom spoljnih površina sanduka mosta, kolovozne ploče između sanduka mosta i donje površine pešačkih staza, konstatovana su oštećenja elemenata konstrukcije prouzrokovana korozijom (Slika 6).



*Slika 6: Oštećenja spoljne površine sanduka mosta i pešačkih staza*

Na dilatacionim spojnica na stubovima S0, S28, S30 i S0' primećena je korozija usled procurivanja osoljene vode (Slika 7).



*Slika 7: Oštećenja dilatacionih spojnica*

Pregledom ležišta takođe je zaključeno da je neophodno izvršiti zamenu usled značajno izražene korozije (Slika 8).



*Slika 8: Oštećenja ležišta*

Podaci i fotografije su preuzeti iz Projekta sanacije.

### 3 SANACIJA I OJAČANJE MOSTA

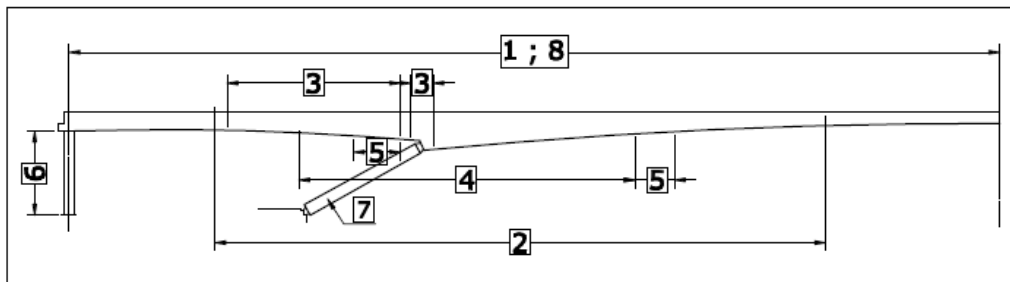
Na osnovu rezultata proisteklih iz vizuelnog pregleda konstrukcije, projekat sanacije je 2007. godine izradila firma "Mostprojekt" a.d. Investitor radova je bilo JP "Putevi Srbije".

Radove na sanaciji ugovorila je firma "Strabag" d.o.o. Beograd, a izvođenje svih radova na sanaciji konstrukcija mosta "Gazela" izvršila je GP "Mostogradnja" AD Beograd kao preduzeće koje je specijalizovano za izvođenje ovakve vrste radova.

Glavnim projektom sanacije su bile predviđene sledeće mere sanacije:

1. Popravke konstrukcije,
2. Ojačanja konstrukcije mosta (*Slika 9*):
  - ortotropne ploče unutar i između sanduka mosta-ojačanje 1;
  - dodatni poprečni ramovi u sanduku mosta-ojačanje 2;
  - nove konstrukcije pešačkih staza-ojačanje 8;
  - dodatna podužna ukrućenja vertikalnih limova sanduka mosta-ojačanje 3;
  - dodatna poprečna ukrućenja donjeg pojasa sanduka mosta-ojačanje 4,
  - flanše na podužnim ukrućenjima donjeg pojasa sanduka-ojačanje 5;
  - dodatni poprečni ramovi u stubovima-ojačanje 6;
  - dodatni poprečni ramovi u kosnicima-ojačanje 7,
3. Nove sekundarne konstrukcije (ograde, ivičnjaci, slivnici, nosači revizionih kolica,...)
4. Popravke sekundarnih konstrukcija (reviziono kolica i staze revizionih kolica )
5. Zamena ležišta,
6. Zamena dilatacionih sprava.

Ukupna količina čelika koji je ugrađen prilikom sanacije konstrukcije mosta iznosi 2100t.



Slika 9: Položaj projektovanih ojačanja na mostu Gazela

#### 3.1 FAZNO IZVOĐENJE RADOVA

Imajući u vidu značaj mosta kao dela međunarodne saobraćajnice ranga auto-puta, svi radovi na sanaciji mosta su morali da se obavljaju fazno, a podela na faze izvođenja (faze 0, I, II i III) bila je uslovljena delimičnim zatvaranjem, odnosno redukcijom saobraćaja u određenim vremenskim periodima. Kompletan prekid saobraćaja na mostu bio je samo u fazi ispitivanja mosta nakon izvršenih svih radova na sanaciji. U periodu izvođenja radova saobraćaj se odvijao najmanje na po dve saobraćajne trake po smeru kretanja vozila.

**O faza** izvođenja radova je trajala tokom celokupnog trajanja sanacije, gde se saobraćaj odvijao neometano. U ovoj fazi radova je izvršena izrada konstrukcije u radionici, na gradilištu su izvođeni radovi na ojačanjima unutar i između sanduka mosta, ojačanja unutar stubova, montaža pomoćnih konstrukcija za potrebe montaže ojačanja donjeg pojasa sanduka mosta, ojačanja donjeg pojasa sanduka mosta.

**I faza** izvođenja radova je trajala 90 dana i bila je uslovljena zatvorom saobraćaja na "brzim" trakama (dve srednje trake uz razdelnu ogradu). U okviru ove faze je izvedena demontaža elemenata dotrajalog razdelnog pojasa mosta i njihova zamena novom konstrukcijom.

**II i III faza** izvođenja su trajale po 90 dana i bile su uslovljene zatvorom saobraćaja na srednjoj i zaustavnoj traci sa uzvodne (nizvodne) strane mosta. U ovim fazama izvođenja radova su sanirani svi elementi na navedenim delovima saobraćajnog profila i montirana konstrukcija novih pešačkih staza.

### 3.2 MERE IZVRŠENE SANACIJE MOSTA

Sve pozicije kojima je izvršeno ojačavanje konstrukcije mosta izradene su u okviru proizvodnog pogona za čelične konstrukcije GP Mostogradnja AD PC "Batajnica".

#### 3.2.1 Ojačanja unutar i između sanduka greda i stubova-Ojačanja 1, 2, 3, 4, 5, 6 i 7

Projektom sanacije čelične konstrukcije mosta zbog prekoračenja dopuštenih napona i nedovoljne sigurnosti na izbočavanje vertikalnih limova bilo je neophodno izvršiti ojačanja preseka grede mosta u celini, a usled prekoračenja dopuštenih napona ortotropne ploče izvršeno je ojačanje rebara orto-ploče. Takođe, projektom je bilo predviđeno ojačanje vertikalnih i kosih stubova, montažom novih dijafragmi (*Slika 10*). Prilikom izvođenja radova na montaži ovih ojačanja cca 1000t čeličnih pozicija je ručno uneto u konstrukciju mosta i preneto do mesta ugradnje. Samo za potrebu ugradnje ojačanja rebara ortotropne ploče, ojačanje 1a, unutar i između sanduka mosta (*Slike 10 i 11*) bilo je potrebno izvesti 32 km ugaonog šava u nadglavnom položaju (PD-položaj zavarivanja) .



*Slika 10: Ojačanja unutar sanduka mosta*



*Slika 11: Ojačanja između sanduka mosta*

Tokom izvođenja radova na montaži pomenutih pozicija vršeno je ventiliranje sanduka mosta specijalnom opremom koja je projektovana u tu svrhu, kao i strogo praćenje koncentracije otrovnih i eksplozivnih gasova u zatvorenom prostoru.

### **3.2.2 Pešačke staze-Ojačanje 8**

U sklopu sanacije mosta izvršena je zamena postojećih pešačkih staza novim sa ciljem da se omogući bezbedno kretanje pešaka preko mosta, kao i da se popravi opšte stanje napona grede mosta u celini. Pomenuti radovi su izvedeni u okviru II i III faze izvođenja radova. Konstrukcija pešačkih staza je dopremana u noćnim satima na mesto ugradnje kako bi narednog dana bila montirana. Radovi na montaži su se odvijali iz konzolnih radnih skela sa kontrategom, oslonjenih na kolovoznu ploču, u kojima je omogućen bezbedan rad (*Slika 12*).



*Slika 12: Montaža konstrukcije novih pešačkih staza*

Konstrukcija pešačkih staza na prilazima je montirana u stanju relaksirane konstrukcije, oslonjene na privremene oslonce na jarmovima. Zamenom pešačkih staza popravljeno je naponsko stanje u konstrukciji mosta.

### 3.2.3 Ojačanje donjeg pojasa grede prilaznih konstrukcija -Ojačanje 9



*Slike 13: Montaža ojačanja donjeg pojasa sanduka mosta*

Usled prekoračenja dopuštenih napona u gredi mosta bilo je neophodno ojačati donji pojas sanduka u zoni prilaznih konstrukcija. Pre početka montaže ojačanja donjeg pojasa grede mosta bilo je neophodno relaksirati konstrukciju, odnosno izvršiti njeno zadizanje.

Zadizanje konstrukcije je izvršeno sa četiri privremena stuba-jarma na koje su bile montirane hidraulične prese i pomoćna ležišta. Na mestima iniciranja sile odizanja, u zoni poprečnih nosača 114 i 127, unutar sanduka mosta montirana su dodatna ukrućenja (*Slika 14*).



*Slike 14: Dodatna ukrućenja unutar sanduka na mestu oslanjanja prilazne konstrukcije*

Merenje vrednosti postignutih sila i pomeranja prilikom zadizanja konstrukcije vršeno je nakon svake predviđene faze rada, kao i kontrola reakcije na stubu S30 (S28). Postignuta vrednost zadizanja konstrukcije na poprečnom nosaču PN114 je iznosila 163mm, dok je na poprečnom nosaču PN127 iznosila 156mm.

Nakon zadizanja konstrukcije pristupilo se montaži ojačanja donjeg pojasa sanduka mosta prilaznih konstrukcija - ojačanja 9, ugradnje visokovrednih zavrtnjeva i njihovim momentovanjem na punu silu pritezanja. U montažnim vezama ojačanja 9 ugrađeno je 32.000 komada visokovrednih zavrtnjeva M27 raznih dužina.

Po ugradnji svih elemenata ojačanja donje flanše sanduka mosta i konstrukcije pešačkih staza na prilaznim konstrukcijama pristupilo se otpuštanju konstrukcije sa privremenih oslonaca.



U okviru sanacionih radova na konstrukciji mosta izvršeni su i ostali radovi predviđeni Projektom sanacije i to: popravke konstrukcije, ugradnja novih sekundarnih konstrukcija (nosači sistema za odvodnjavanje, nosači revizionih kolica), zamena odbojnih i zaštitnih ograda, popravke postojećih sekundarnih konstrukcija, zamena dilatacionih sprava, reparacija postojećih i ugradnja novih ležišta.

Tokom svih faza i na svim pozicijama izvođenja radova posebna pažnja je bila posvećena bezbednosti na radu svih učesnika u projektu. Rad na visini je obavljan sa radnih platformi i skela projektovanih tako da zadovolje sve uslove propisane Zakonom o bezbednosti i zaštiti na radu (*Slika 15*).



*Slika 15:Radne skele na mostu Gazela*

#### **4 ZAKLJUČAK**

Izvođenje radova na sanaciji mosta Gazela je zahtevalo složen inženjersko tehnički pristup svim pozicijama rada uz stalno sadejstvo projektanata i inženjera odgovornih za tehnologije i operativno rukovođenje radovima. Za potrebe sanacije propisan je značajan broj tehnologija izvođenja radova, koje su usaglašavane sa projektantom, od kojih su pojedine i proveravane od strane nezavisnih sertifikacionih tela.

Radovi na sanaciji čelične konstrukcije izvedeni su u skladu sa Sertifikatom o podobnosti proizvođača za izvođenje čeličnih konstrukcija DIN18800-7, klase E.

Treba naglasiti da se tokom izvođenja radova saobraćaj na mostu nije prekidao, osim za vreme ispitivanja konstrukcije nakon završenih svih radova na sanaciji.



*Slika 16 :Most Gazela nakon sanacije*