

**SAVEZ GRAĐEVINSKIH
INŽENJERA SRBIJE**

*ASSOCIATION OF CIVIL
ENGINEERS OF SERBIA*

ZBORNİK RADOVA
DVANAESTOG MEĐUNARODNOG NAUČNO-STRUČNOG
SAVETOVANJA

OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I SANACIJA GRAĐEVINSKIH OBJEKATA

*TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE
ASSESSMENT, MAINTENANCE AND REHABILITATION OF
STRUCTURES*

CONFERENCE PROCEEDINGS

Editor: Prof. dr Radomir Folić

Vrnjačka Banja, 29. jun – 1. jul 2022.



SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE
ASSOCIATION OF CIVIL ENGINEERS OF SERBIA



INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE
SERBIAN CHAMBER OF ENGINEERS

IZDAVAČ / (PUBLISHER):

Savez građevinskih inženjera Srbije / *Association of Civil Engineers of Serbia*
Beograd, Kneza Miloša 9/I, Tel/Faks: (011) 3241 656

PROGRAMSKI ODBOR / (PROGRAMME COMMITTEE):

PREDSEDNIK/(CHAIRMAN): Emeritus Prof.dr Radomir FOLIĆ, FTN, Novi Sad, Srbija

ČLANOVI / (MEMBERS):

Predrag POPOVIĆ, Wiss, Janney, Elstner Associates, Nortbruk, Ilinoj, SAD
Prof.dr Zlatko MARKOVIĆ, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
Dr Nenad ŠUŠIĆ, Institut IMS, Beograd, Srbija
Prof.dr Radenko PEJOVIĆ, Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora
Prof. dr Radomir ZEJAK, Građevinski fakultet, Podgorica, Crna Gora
Prof.dr Nađa KURTOVIĆ-FOLIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Srđan KOLAKOVIĆ, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Igor JOKANOVIĆ, Građevinski fakultet Subotica, Srbija
Prof.dr Vlastimir RADONJANIN, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Mirjana MALEŠEV, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija
Prof.dr Dragoslav STOJIC, Građevinsko – arhitektonski fakultet, Niš, Srbija
Prof.dr Miroslav BEŠEVIĆ, Građevinski fakultet, Subotica, Srbija
Doc. dr Nenad FRIC, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija
Prof.dr Dubravka BJEGOVIĆ, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, Hrvatska
Prof.dr Doncho PARTOV, VSU, Sofija, Bugarska
Prof.dr Daniel DAN, Univerzitet Temisvar, Rumunija
Prof.dr Damir VAREVAC, Osjek, Hrvatska
Prof.dr Asterios LIOLIOS, Democratus Univerzitet Trakije, Grčka
Prof. dr Zlatko ZAFIROVSKI, Univerzitet Sv. Kirilo i Metodije, Skoplje, Severna Makedonija
Dr ANAMARIA FEIER, Univerzitet Temišvar, Rumunija
Akademik Yachko IVANOV, Univerzitet VSU, Sofija, Bugarska
Prof.dr Michael FORDE, Univerzitet Edinburg, Ujedinjeno Kraljevstvo
Prof.dr Jose ADAM, ICITECH, Departman za konstrukcije, Valensija, Španija
Prof.dr Damir ZENUNOVIĆ, Rudarsko-geološko-gradjevinski fakultet, Tuzla, BiH
Prof.dr ROBERTA APOSTOLSKA, IZIIS Skoplje, Makedonija

EDITOR / (Editor in Chief): Prof.dr Radomir FOLIĆ

TEHNIČKI UREDNIK / (Editor): V. prof. dr Aleksandar ĐUKIĆ

Svi radovi u ovom zborniku radova su recenzirani. Stavovi izneti u ovoj publikaciji ne odražavaju nužno i stavove izdavača, naučnog komiteta ili editora.

TIRAŽ (Print run): 150

SAVEZ GRAĐEVINSKIH INŽENJERA SRBIJE

u saradnji sa

ADING D.O.O.

pod pokroviteljstvom

MINISTARSTVA PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE

ZBORNIK RADOVA

DVANAESTOG NAUČNO-STRUČNOG MEĐUNARODNOG
SAVETOVANJA

**OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I
SANACIJA GRAĐEVINSKIH
OBJEKATA**

*TWELFTH INTERNATIONAL CONFERENCE
ASSESSMENT, MAINTENANCE AND REHABILITATION OF
STRUCTURES*

CONFERENCE PROCEEDINGS

Editor: Prof. dr Radomir Folić

Vrnjačka Banja, 29. jun – 1. jul 2022.

ORGANIZATORI SAVETOVANJA / (CONFERENCE ORGANISERS):

Savez građevinskih inženjera Srbije (Beograd), ADING d.o.o. Beograd

ORGANIZACIONI ODBOR / (ORGANISING COMMITTEE):

PRESEDNIIK: Zoran ĐUROVIĆ, dipl. Inž. građ. - ADING doo Beograd

SEKRETAR (Secretary): Suzana VASIĆ, Beograd - Srbija

ČLANOVI :

Danijel CEKOV, dipl. Inž. građ. - ADING doo, Srbija

Nikola UZUNOV, mast. Inž. građ. - ADING doo, Srbija

Srdan ILIĆ, dipl. Inž. građ. - ADING doo, Srbija

Dr Dragan BOJOVIĆ, Institut IMS, Beograd, Srbija

Prof. dr Dragica JEVTIĆ, Građevinski fakultet, Beograd, Srbija

Slavica ŽIVKOVIĆ, mast. ekon. - Beograd, Srbija

ODRŽAVANJE SAVETOVANJA SU POMOGLI / (SPONSORED BY):

- Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja
- Inženjerska komora Srbije
- ADING doo Beograd - generalni sponzor
- Institut IMS
- Wienerberger
- Sika
- Jadran doo
- Uretek-Maximus-Geo doo pančevo
- Mapei

**DVANAESTO MEĐUNARODNO NAUČNO – STRUČNO
SAVETOVANJE
OCENA STANJA, ODRŽAVANJE I SANACIJA GRAĐEVINSKIH
OBJEKATA**

Stručni rad

Zlatko Zafirovski¹, Konatar Ivana², Jašović Anđela³

**ORGANIZACIJA RADOVA SANACIJE GORNJEG STROJA PREKO
MOSTOVSKJE KONSTRUKCIJE**

Rezime: *Željeznički mostovi, kao dio konstrukcije donjeg stroja pruge, moraju da obezbijede kontinuitet konstrukcije kako bi se saobraćaj odvijao pod istim uslovima sigurnosti i funkcionalnosti, kao i na kolosjeku na zemljanom trupu. Kao takvi, mostovi su ključni elementi željezničke infrastrukture zbog njihovog strateškog položaja, i s obzirom na opasne posljedice isključiva željezničkih vozila na mostu, izražene u ljudskim životima, povrijeđivanju, ekološkoj i materijalnoj šteti, jasna je važnost propisa za projektovanje, građenje i održavanje željezničkih mostova. Tema ovog rada je: "Sanacija gornjeg stroja željeznice preko mostovske konstrukcije". Za ilustraciju, opisana je metodologija sanacije AB mosta u okviru željezničke pruge Vrbnica – Bar, Crna Gora.*

Ključne riječi: *Armirano-betonski most, Sanacija, Hidroizolacija, Dilataciona spojnica, Kolosjek*

**ORGANIZATION OF WORKS ON REHABILITATION OF
SUPERSTRUCTURE OVER THE BRIDGE STRUCTURE**

Summary: *Railway bridges, as part of the construction of the lower part of the railway, must ensure the continuity of construction in order to repel traffic under the same conditions of safety and functionality, also on the track on the earthen embankment. As such, bridges are key elements of railway infrastructure due to their strategic position, and considering the dangerous consequences of railway vehicle derailment on the bridge, expressed in human lives, injuries, environmental and material damage, the importance of regulations for planning, construction and servicing railway bridges. The theme of this elaborate is: „Rehabilitation of superstructure over the bridge structure“. For illustration, the methodology are described of rehabilitation of a reinforced concrete bridge within the railway Vrbnica-Bar, Montenegro.*

Key words: *Reinforced concrete bridge, Rehabilitation, Hydro isolation, Dilatation coupling, Track.*

¹ PhD, Civ. Eng, Associate Professor, University „Ss. Cyril and Methodius“, Faculty of Civil Engineering – Skopje, Republic of North Macedonia; zafirovski@gf.ukim.edu.mk

² Spec.sci.građ. Montenegro, ivkonatar@gmail.com

³ MSc. Montenegro, jasovic.andjela22@gmail.com

1. UVOD

Željeznički mostovi, kao dio konstrukcije donjeg stroja pruge, moraju da obezbijede kontinuitet konstrukcije kako bi se saobraćaj odvijao pod istim uslovima sigurnosti i funkcionalnosti, kao i na kolosjeku na zemljanom trupu. Kao takvi, mostovi su ključni elementi željezničke infrastrukture zbog njihovog strateškog položaja, i s obzirom na opasne posljedice iskliznuća željezničkih vozila na mostu, izražene u ljudskim životima, povrijeđivanju, ekološkoj i materijalnoj šteti, jasna je važnost propisa za projektovanje, građenje i održavanje željezničkih mostova. S obzirom na evidentno veliki broj željezničkih mostova u Crnoj Gori (oko 120), kao i njihov značaj, potreban je kvalitetan monitoring i praćenje stanja. Monitoring i male i srednje opravke spadaju u tekuće održavanje mostova. Ako se problem na mostu ne otkrije rano, na kraju može dovesti do katastrofalnog incidenta poput velikog kvara ili čak urušavanja mosta, što bi rezultiralo ozbiljnim posljedicama, pa su zbog toga pregledi mostova i evidencije koje je potrebno voditi, u saradnji sa inženjerima propisane zakonom po cijelom svijetu.

1.1. Radovi na gornjem stroju

Glavni radovi na kolosjeku koji se preporučuju u svrhu poboljšanja trajnosti i funkcionalnosti mostovskih konstrukcija obuhvataju:

- Ugradnju nove hidroizoacije ispod kolosječne prizme,
- Ugradnju novih vodonepropusnih dilatacionih spojnica po cijeloj širini mosta,
- Ugradnju novih slivničkih vertikalna,
- Ugradnju novog tucaničkog zastora ispod kolosječne rešetke,
- Ugradnju novih drvenih pragova i novog pričvrstnog pribora u kolosječnu rešetku,
- Mašinsko regulisanje i dinamičku stabilizaciju kolosjeka,
- Ponovno zavarivanje kolosjeka DTŠ AT postupkom,
- I ostale prateće radove na željezničkom kolosjeku.

2. OPŠTA METODOLOGIJA IZVOĐENJA RADOVA

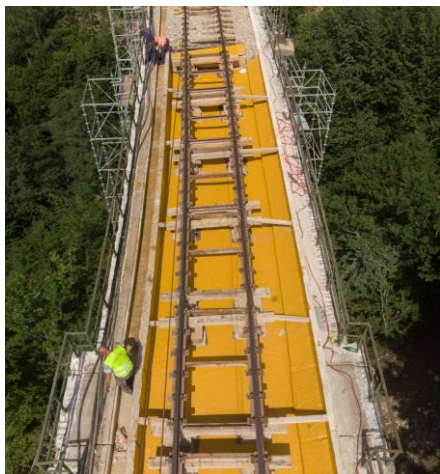
Uzimajući u obzir da nisu dozvoljeni dnevni zatvori pruge, uređene su dvije metodologije rada:

1. Rad sa provizorijumom

2. Rad sa direktnim spuštanjem kolosjeka na betonsku podlogu

Nakon bližeg sagledavanja svih parametara na pojedinim mostovima, donosi se odluka koja metodologija je najoptimalnija za primjenu.

- Radom sa provizorijumom omogućava se odvijanje saobraćaja preko postavljenog provizorijuma nezavisno od perioda dnevnog zatvora saobraćaja i omogućava se izvođenje radova na pripremi podloge, ugradnji hidroizolacije i izvođenje ostalih radova gornjeg stroja u neophodnom trajanju, jer u protivnom i bez obzira na dužinu radne kampade izvođenje ovih radova nije moguće za 4.5h radnog vremena.



Formiranje provizorijuma

- Druga metodologija ne planira korišćenje provizorijuma za radove na gornjem stouju već je planirano spuštanje postojeće nivelete kolosejka na samu konstrukciju mosta. Ovakvim načinom rada omogućava se brže izvođenje radova na izradi hidroizolacije i montaži i demontaži kolosječne rešetke, s obzirom da se radi na većoj dužini mosta.



Spuštanje koloseka na betonsku podlogu

2.1. Radovi na ugradnji dilatacionih spojnica

Za željezničke mostove se preporučuju gumene vodonepropusne dilatacione spojnice AGOM Internacional. Preduslov za otpočinjanje radova na ugradnji je, da se obezbijedi yona rada, kao i da se izvrši rušenje betona štemovanjem u obimu potrebnom za ugradnju nove dilatacione spojnice.

2.2. Radovi na hidroizolaciji

U zavisnosti od stanja postojećeg zaštitnog sloja hidroizolacije primijenjuje se jedan od sledeća dva postupka.

1. Postojeći zaštitni sloj hidroizolacije moguće je sanirati

Ukoliko je zaštitni sloj u stanju da nije neophodno njegovo rušenje već je isti moguće reparirati. Vrš se površinsko pjeskarenje, izduvavanje podloge pod pritiskom, čišćenje i sušenje podloge. Na pripremljenu podlogu vrši se reparacija betonske podloge.

1. Postojeći zaštitni sloj je potrebno rušiti

Ukoliko je zaštitni sloj oštećen toliko da je nemoguće izvršiti njegovu reparaciju, isti je neophodno ukloniti, zajedno sa starom izolacijom do površine zdravog betona – ploče. Na adekvatno pripremljenu podlogu nanosi se primer i nakon primera MMA hidroizolacija.

2.3. Opšti plan organizacije radova

S obzirom da se radovi izvode u dnevnom režimu obustave željezničkog saobraćaja radovi se organizuju tako da se što više pripremnih radnji izvede na željezničkim stanicama koje će biti korišćene kao gradilišne baze za skladištenje materijala, mehanizacije i opreme. U željezničkim stanicama koje služe kao bazne stanice biće smješena pružna vozila koja nakon otvaranja i zatvaranja pruge upisom u saobraćajni dnevnik i isključenja napona izlaze na mjesto rada.

3. PRIMJER–ILUSTRACIJA: ANALIZA SANACIJE I ZAŠTITE KONSTRUKCIJE ARMIRANO-BETONSKOG MOSTA U OKVIRU PRUGE „VRBNICA-BAR“

3.1. Opis objekta i zateknutog stanja prije sanacije

Most M28 je armirano betonski most dužine 50,0 m koji se nalazi na cca 1,7 km od stanice Mojkovac (km 321+366,70). Most je kontinualna konstrukcija sa tri raspona od 13,5+23,0+13,5m koja u svom srednjem rasponu pod uglom premošćava magistralni put Bijelo Polje – Kolašin.



Kolosjek na mostu je u dobrom stanju. Detaljnim vizuelnim pregledom nijesu uočena oštećenja koja smanjuju nosivost i stabilnost konstrukcije. Međutim, stanje lijevog ivičnog vijenca i nestabilnosti ograde pješačkih staza direktno ugrožavaju drumski saobraćaj na magistralnom putu Bijelo Polje – Podgorica, kao i bezbjednost službenih lica ŽICG na pješačkoj stazi. Uočena oštećenja i nedostaci koji utiču negativno na trajnost i funkcionalnost konstrukcije su:

- Potpuna degradacija betona lijevog ivičnog vijenca sa oslobođenom i korodiranom armaturom,
- Veza stubova ograde pješačke staze na lijevom ivičnom vijencu ne postoji i ograda je sklona padu,
- Nepostojanje zaštitnog sloja betona i vidljiva glavna armatura desnog glavnog nosača u rasponu S2 – S3,
- Nedostatak odvodnjavanja kanala za instalacije,
- Zablokiran rad pendela na stubu S4 od naslaga tucanika i zemlje.

Zbog uočenih oštećenja i nedostataka koji utiču na trajnost i funkcionalnost konstrukcije mosta, neophodno je u svrhu osiguranja kvalitetnog i bezbjednog transporta na pruži izvesti radove na sanaciji gornjeg i donjeg stroja konstrukcije i reparaciju oštećene hidroizolacije mostovske konstrukcije. 2020. godine započeti su radovi na rehabilitaciji mosta, prema projektu koji je izradila “JV Fidiya Podgorica”.



Zasječena nožica nasipa u zoni oporca



Zasječena nožica nasipa i nasipanje u zoni oporca

3.2. Opšta metodologija radova na gornjem stroju

Predlog mjera sa aspekta trajnosti i funkcionalnosti mostovske konstrukcije:

- Sanacija betona lijevog ivičnog vijenca konzole pješačke staze, kao i sanacija veza stubova ograde pješačke staze,
- Sanacija betona donje zone desnog glavnog nosača u rasponu S2- S3,
- Obezbijediti odvodnjavanje kanala za instalacije,
- Osloboditi pendel stuba S4 od naslaga tucanika i zemlje.

3.3. Tehnologija izvođenja radova na gornjem stroju mosta M28

Most M28 je udaljen od željezničke stanice Mojkovac 1710m, tako da će se ova stanica koristiti za deponovanje materijala koji se trajno uklanja sa gornjeg stroja mosta. Takođe iz ove stanice će se vršiti doprema novog materijala gornjeg stroja do samog gradilišta mosta M28 pružnim vozilima drumsko-šinski rovokopači LIEBHERR A900ZW Litronic i ATLAS – TEREX GmbH. Navedena vozila će biti smještena na 1. kolosjeku u stanici Mojkovac. Postoji pristupni put do mosta tako da se oprema i ljudstvo mogu dopreмати drumski.

Radovi će se izvoditi u različitim režimima odvijanja saobraćaja na mostu,

faza 1: bez promjene režima saobraćaja,

faza 2: lagana vožnja 10km/h,

faza 3: isključenje napona i totalni odobreni zatvor.

Pripremni radovi

Prvo je potrebno obaviti pripremne radove koji obuhvataju sve radnje koje je moguće izvesti u redovnim zatvorima pruge, uslovima pod saobraćajem i uz laganu vožnju, prije početka radova na zamjeni hidroizolacije. Prethodno će se izvršiti dodatno pritezanje postojećeg pričvrsnog pribora na cca 50m ispred i iza mosta i ugradnja sprava protiv putovanja šina, nakon čega se vrši rasijecanje DTŠ-a na dva mjesta, u zavisnosti od postojećih varova. Iz željezničke stanice Mojkovac, gdje je planiran smještaj pružnih vozila, prije zatvaranja pruge izvrši se sav utovar potrebnih materijala i opreme, te se vozila poredaju tako da u što kraćem roku, u rastojanjima od 5 min, vozila mogu krenuti do odredišta.

Radovi na demontaži kolosjeka

Nakon izvršenih svih pripremnih radnji, izvršila bi se zamjena voznih šina zamjenskim polovnim šinama, zbog postojećih varova demontaža pričvrsnog pribora i šina u dužini od cca 80m. Na 10m ispred i iza mosta izvršio bi se iskop tucanika i ugradnja novog i zamjena pragova.

Iskop zastornog materijala

Posle dizanja kolosječne rešetke, pristupa se iskopu prve polovine zastorne prizme, bagerom te ručnim čišćenjem. Po okončanju čišćenja zastornog materijala pristupa se radovima na postavljanju „klupa” na prvoj polovini konstrukcije. Kada se završi sa iskopom i čišćenjem, odmah će se pristupiti, radovima na montaži privremene konstrukcije na prvoj polovini mosta. Kada budu završeni radovi na ugradnji hidroizolacije, pristupa se demontaži „klupa“ i nasipanju kolosječne rešetke tucanikom, regulisanje iste po smjeru i niveleti i podbijanje kolosjeka vibro podbijačima. Isti ciklus radova se ponavlja i za drugi takt.

Radovi na polaganju kolosjeka

Izvođač radova će imati pripremljene „klupe”, sa dovoljnom količinom bukovich podmetača raznih debljina, te ostalim potrebnim priborom i materijalom za vezu kolosječne rešetke sa „klupom” kao i razupiračima za bočno osiguranje kolosjeka. Kada se kolosjek izreguliše, pristupa se provjeri svih veza, te bočnom osiguranju kolosjeka. Ovako formirana klupa omogućava radove na popravci površine za hidroizolaciju, u narednim danima, prema potrebi, s time da bi se ostale površine ispod oslonaca mogle sanirati, zadizanjem kolosječne rešetke – „klupa” pomjeranjem podmetača u podužnom pravcu.

Radovi na hidroizolaciji

Na adekvatno pripremljenu podlogu sa izvedenim slojem METASETA-a i Primera nanosi se MMA hidroizolacija tipa Eliminator. Nakon očvršćivanja Eliminatora, vrši se pregled površina. Po izvršenoj kontroli, odobrava se ugradnja tucanika u dijelu sanduka koji je saniran i na kome je izvedena hidroizolacija od MMA, tipa Eliminator. Zamjena okolnih šinskih polja 10m ispred i iza mosta se izvode naknadno, na isti način kao i na mostu, ali u period kada nema uslovljenosti vremenskim prilikama.

Uključenje kolosjeka u DTŠ

Nakon konačnog regulisanja i stabilizacije kolosjeka vrši se otpuštanje zaostalih napona u šinama da bi se iste ponovo zavarile u DTŠ.

4. ZAKLJUČAK

Željeznički mostovi, kao objekti donjeg stroja, moraju obezbijediti odvijanje željezničkog saobraćaja pod istim uslovima sigurnosti i funkcionalnosti, kao i na kolosjeku na zemljanom trupu. Pregledi omogućavaju inženjerima da identifikuju odstupanja od projektovanog stanja i problematična mjesta koja potencijalno propagiraju do glavnog problema. Ukoliko se problem na mostu ne otkrije blagovremeno, može doći do katastrofalnih posledica kao što su problem na gornjem stroju ili urušavanje mosta, što može dovesti do ugrožavanja bezbjednosti željezničkog saobraćaja.

Evropski fondovi godišnje izdvajaju 15-25 milijardi eura za održavanje i obnovu željezničkog sistema koji se sastoji od preko 300 000 km kolosjeka, od kojeg je polovina elektrifikovana. Dakle, važnost održavanja i sanacije željezničkih mostova je veoma velika s obzirom na niz specifičnosti koje naše pruge imaju u odnosu na konvencionalne.

5. REFERENCE

1. Dr Mirjana – Tomičić – Torlaković, Dr Slavko Ranković (1996): Gornji stroj železnica;
2. Zdenka Popović, Osnove projektovanja željezničkih pruga, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2004;
3. Pravilnik o tehničkim uslovima i održavanju gornjeg stroja željezničkih pruga, „Sl. glasnik RS“, br. 39/2016 i 74/2016;
4. Pravilnik o tehničkim uslovima i održavanju donjeg stroja željezničkih pruga, „Sl. glasnik RS“, br. 39/2016 i 74/2016;
5. ZJŽ. Br. 16-3/257. Uputstvo 52/1988 o tehničkim normativima i podacima za izradu i izvršenje reda vožnje.