

Процена стања АБ конструкције моста у Сремској Митровици уз примену БИМ алата

Condition Assessment Of The Reinforced Bridge Construction In Sremska Mitrovica Using BIM Tools

Дивна Ранковић, Иван Лукић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Студијски програм – ГРАЂЕВИНАРСТВО

Кратак садржај – Рад се састоји из теоријског и практичног дела. У теоријском делу рада приказане су основне карактеристике и значај BIM-а, као и приказ основа коришћења програмског пакета Autodesk Revit. У практичном делу рада извршена је процена стања армиранобетонске конструкције надпутњака у Сремској Митровици. У оквиру програмског пакета, формиран је тродимензионални модел (дигитални близанац) моста у ком су, применом елемената (фамилија), моделирана сви регистровани дефекти и оштећења, подељени према врсти, локацији и димензијама, што је омогућило да графичка документација и табеларни прегледа свих дефеката и оштећења (са свим унетим параметрима), потребни за доношење закључака о стању конструкције, буду генерисани аутоматски. Овакавим приступом је омогућено да се значајно олакша доношење одлука о врсти и количини потребних санационих радова, и што је посебно важно, формира модел за даље праћење стања анализираних конструкција.

Кључне речи (три до пет): процена стања, дефект, оштећење, BIM, Revit, дигитални близанац

Abstract – This thesis consists of a theoretical and a practical section. The theoretical section presents the fundamental characteristics and importance of Building Information Modeling (BIM), along with the basics of using Autodesk Revit. The practical section focuses on assessing the condition of a reinforced concrete bridge in Sremska Mitrovica. A three-dimensional model (digital twin) of the bridge was developed, where all identified defects and damages were modeled using parametric elements (families) and classified by type, location, and dimensions. This enabled automatic generation of graphical documentation (plans, sections, and details) and tabular reports containing all relevant parameters. This approach facilitates more efficient decision-making regarding the type and scope of required rehabilitation works, while also providing a model suitable for continuous monitoring of the structure's condition.

Keywords: (three to five): condition assessment, defect, damage, BIM, Revit, digital twin

НАПОМЕНА: Овај рад је проистекао из мастер рада чији је ментор био др Иван Лукић, ред.проф.

1. УВОД

Задатак овог рада је идентификација, класификација и анализа оштећења и дефеката на предметном надпутњаку уз примену BIM алата. За формирање дигиталног модела и његову интеграцију у BIM окружење, одабран је програмски пакет Autodesk Revit због могућности формирања специјалних параметризованих елемената (фамилија) којима ће бити моделирани регистровани дефекти и оштећења.

2. ШТА ЈЕ BIM - Building Information Modeling?

BIM представља иновативан приступ пројектовању, изградњи и управљању инфраструктуром и објектима, који доноси низ предности и значајно унапређује процесе у грађевинској индустрији. Поред тога, подржава унапређену сарадњу између чланова тима, омогућавајући приступ и ажурирање података у реалном времену, чиме се смањује потреба за комуникацијом путем папира и повећава укупна ефикасност. Тродимензионални модели у оквиру BIM-а омогућавају управљање животним циклусом објекта, од фазе пројектовања, преко изградње, па све до одржавања, као и евентуалне надоградње, реконструкције или санације. У зависности од могућности BIM алата, информације прикупљене током визуелног прегледа могу се на различите начине повезати са елементима конструкције, при чему је циљ интеграције постизање што веће прецизности како би се на ефикасан начин могли идентификовати проблеми и дефинисати даљи кораци. Информације које се интегришу обухватају физички опис и статус елемената конструкције, врсту и величину дефеката, односно оштећења, фотографије, податке о испитивањима, као и оцену стања елемената [1].

3. ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КОНСТРУКЦИЈИ

Надпутњак на деоници: петља Сремска Митровица - петља Рума, изграђен је 1981. година. Укупна дужина, укључујући и прелазне плоче, износи 65m, а главну распонску конструкцију чине две просте греде једнаких распона од по 29.15m. Растојање мерено од осе лежишта над обалним стубом до осе средњег стуба је 29.33m. Конструкција надпутњака је у правцу.

Попречни пресек главног носача чине пет сандучастих претходно напрегнутих носача, постављених један уз други. Сандучасти носач је константне ширине 2.1m и висине 1.14m целом дужином - доња плоча је дебљине 10cm, а горња плоча и ребра су дебљине 10cm. Према подацима са цртежа типског попречног пресека пројектанта "Viadukt", марка бетона је min. МБ40, а коришћена је ужад за адхезионо преднапрезање 6Ø5

система ИМС. Сваки главни носач је ослоњен на по два лежишта испод ребара сандука на осовинском растојању од 29.15m у подужном правцу. На свим стубовима су примењена армирана еластомерна лежишта типа НАЛ, правоугаоног пресека димензија 20/25 cm и висине 41mm.



Слика 1. Изглед надпутњака

Крајњи стубови-опорци изведени су као масивне АБ конструкције изведене на лицу места, док је средњи стуб у оси С2 изведен као рамовска конструкција у правцу управном на главне носаче, састављена од два префабрикована стуба укупне дужине 10.6m на осовинском размаку од 7.15m повезана лежишном риглом. Лежишна ригла је трапезног пресека висине 100cm и ширине од 80cm у врху испод лежишта, до 60cm на споју са стубовима. Димензије крајњих стубова, сем дела који је видљив изнад терена, нису познате.

Начин фундирања конструкције није познат. Због података доступних за више сличних мостовских конструкција у околини, претпостављено је да је фундирање на шиповима.

3.1. Саобраћајни профил

Саобраћајни профил укупне ширине од 11.3m чине коловоз ширине 7.2m и обостране ревизионе стазе са пешачком и заштитном челичном оградом бруто ширине по 2.05m. Ревизионе стазе су у односу на коловоз издигнуте за 14 cm. Примењени су префабриковани бетонски ивичњаци димензија 18/20 cm. Површине за пешачки саобраћај између ограде ревизионе стазе и челичне заштитне ограде су 1.09m. Коловоз на надпутњаку је у правцу, у вертикалној кривини са највишом тачком у оси средњег стуба и подужним падом од око 3% ка крајњим стубовима С1 и С3. На самом надпутњаку не постоје сливници за одводњавање коловоза и ревизионих стаза - за одводњавање су предвиђене риголе на нижој страни попречног пресека смештене на крају крилних зидова стубова С1 и С3. На коловозу је изведен застор од асфалта дебљине 8cm, преко хидроизолације на бази битуменских трака. Застор на ревизионим стазама је од асфалта дебљине 2cm.

4. ВИЗУЕЛНИ ПРЕГЛЕД

Визуелни преглед обухватио је више излазака на локацију, током којих је извршено детаљно визуелно сагледавање конструкције, идентификација свих доступних конструктивних елемената, као и њихово прецизно мерење. Посебан акценат стављен је на прикупљање геометријских података носећег система, укључујући распоне, пресеке, положај и димензије главних и секундарних елемената, али и на евидентирање уочених дефеката и оштећења. Визуелним прегледом регистровани су следећи дефекти и оштећења на АБ конструкцији моста:

Дефекти:

- Мала дебљина (недовољна) заштитног слоја
- Бетонско гнездо
- Рупичаста површина
- Локална задрљаност у околини лежишта - песак и ризла
- Присуство влаге у зони лежишта

Оштећења:

- Пуцање и отпадање заштитног слоја бетона
- Видљива оголела арматура и кородирала арматура (активна корозија)
- Прслине/пукотине услед савијања
- Мрежасте прслине
- Прслине/пукотине у зони котве
- Оштећење: пукотина у асфалту
- Оштећење: поправке/асфалтне закрпе
- Влажне зоне
- Неконструкцијско: оштећење ивичњака
- Неконструкцијско: оштећење парпетних плоча
- Механичко оштећење

На наредним сликама приказана су нека од регистрованих оштећења.



Слика 2. - Пуцање и отпадање заштитног слоја бетона



Слика 3. - „Д“ пукотине у асфалу у зони дилатација



Слика 4. - Пуцање и отпадање заштитног слоја бетона



Слика 5. - Мрежасте прелине

5. ФОРМИРАЊЕ БИМ МОДЕЛА - ДИГИТАЛНОГ БЛИЗАНЦА

На основу прикупљених података о геометријским и материјалним карактеристикама носећег система, регистрованих дефеката и оштећења приступљено је изради дигиталног модела конструкције (тзв. дигитални близанац) применом BIM алата, при чему је модел конципиран тако да што верније репрезентује реално геометријско и функционално стање надвожњака.

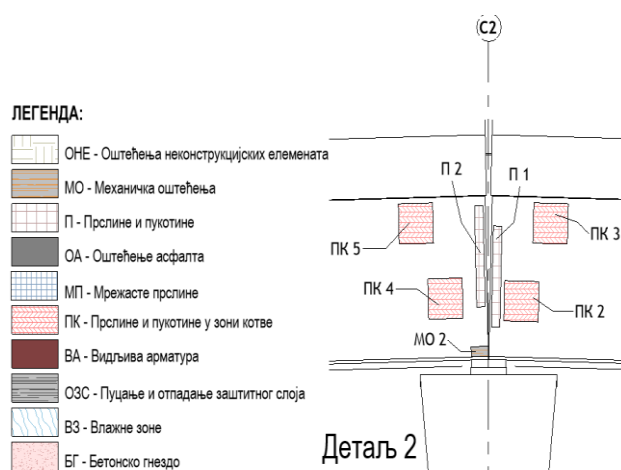
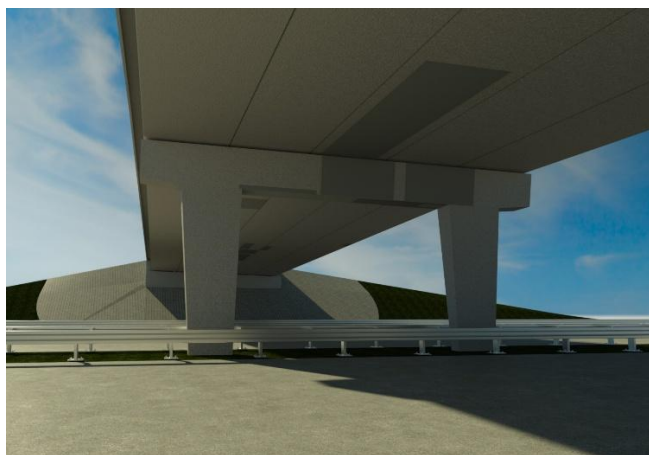
У циљу прецизнијег приказа уочених оштећења и боље систематизације података, у оквиру BIM модела

коришћене су прилагођене фамилије у програмском пакету Revit. Ове фамилије су постављане директно на површине конструктивних елемената, односно на конкретне позиције на којима су током теренског прегледа уочени дефекти и оштећења. На тај начин омогућено је њихово тачно просторно позиционирање у оквиру модела.

Сваки појединачни дефект је додатно обележен, именован и описан, при чему су у оквиру параметара фамилија унети релевантни подаци као што су тип оштећења, степен оштећења, као и пратећа фото-документација са терена.



Слика 6. - Дигитални близанац



Слика 7. - Фамилије и њихов изглед на ВІМ моделу

6. АНАЛИЗА ПОДАТАКА ПРИКУПЉЕНИХ ВИЗУЕЛНИМ ПРЕГЛЕДОМ

Процена стања предметног надпутњака извршена је на основу детаљног визуелног прегледа доступних елемената конструкције, уз израду фото-документације и анализу уочених појава. Током прегледа није вршено испитивање носивости нити деструктивна испитивања материјала. У раду је дата анализа стања по елементима АБ конструкције надвожњака.

6.1. Анализа стања АБ стубова

Резултати визуелног прегледа односе се на делове крајњих АБ стубова и стубове средишњег АБ рама, који су били доступни за преглед. Карактеристична оштећења АБ стубова су: пуцање и отпадање заштитног слоја бетона, видљива оголела арматура и кородирала арматура, прслине/пукотине услед савијања, мрежасте прслине, влажне зоне.

6.2. Анализа стања лежишта

Резултати визуелног прегледа односе се на делове лежишта и њихову околину, који су били доступни за преглед. Површина лежишта је локално заплљана и изложена влази. Видљиве насlage ситног материјала (песак, зрна, дробљени камен) око и испод лежишта. Опште стање лежишта може се оценити као задовољавајуће.

6.3. Анализа стања главних носача

Резултати визуелног прегледа односе се на делове преданпрегнутих главних сандучастих носача који су били доступни за преглед. Унутрашњи делови сандука нису били доступни за визуелни преглед, због чега се анализа односи на спољашње делове главних носача. Дефекти уочени прегледом су: мала дебљина заштитног слоја и рупичаста површина. А од оштећења постоје: пуцање и отпадање заштитног слоја бетона, прслине/пукотине дуж кородирале арматуре, прслине/пукотине у зони котве, мрежасте прслине, видљива оголела арматура и кородирала арматура, влажне зоне, механичко оштећење.

6.4. Анализа стања коловозне плоче

Коловозна плоча надвожњака је у функцији и омогућава несметано одвијање саобраћаја. Површина коловоза показује уобичајене знаке хабања услед експлоатације. Визуелним прегледом нису уочени дефекти на конструкцији надвожњака, док су регистрована оштећења: пукотина у асфалту и поправке/асфалтне закрпе.

6.5. Анализа стања пешачке стазе

Пешачка стаза је визуелно прегледана у доступним деловима. Регистрована оштећења: пукотина у асфалту и пуцање и отпадање заштитног слоја. Поред ових су регистрована и неконструкцијска оштећења: оштећење ивичњака и оштећење парпетних плоча. Заштитна ограда уз стазу делује функционално, без уочених већих деформација.

6.6. Закључак о стању конструкције

На основу анализе резултата добијених визуелним прегледом крајњих АБ стубова (C1 и C3) и средишњег АБ рама (C2), закључено је да носивост није значајно смањена. Трајност конструкције је локално угрожена, посебно на стубу C1 који представља најкритичнији елемент.

Лежишта су у задовољавајућем стању и у пројектованом положају, без уочених значајнијих оштећења која би утицала на носивост, трајност и функцију конструкције.

На основу анализе резултата главних носача (S1, S2, S3, S4, S5), закључено је да носивост није смањена. Трајност конструкције је угрожена, а естетски изглед нарушен, при чему се као најоштећенији елемент издваја сандучаста носач S3.

На основу анализе резултата коловозне плоче, закључено је да носивост није смањена и да је коловозна плоча у функцији. Трајност завршног слоја је делимично угрожена, а естетски изглед нарушен.

На основу анализе резултата пешачке стазе, закључено је да носивост није смањена и да је пешачка стаза функционална за коришћење. Трајност је делимично угрожена, а естетски изглед нарушен.

Prsline i pukotine u zoni kotve						
Element konstrukcije	Pozicija	Duzina (cm)	Dubina (cm)	Sirina (cm)	Povrsina (m2)	Dodatni komentar
Prsline/pukotine u zoni kotve kablova za prednaprezanje						
Sanduk S1/C1-C2	ПК 1	15	2	15	0.60 m ²	promena boje sanduka
Sanduk S1/C1-C2	ПК 3	20	1	20	0.60 m ²	vidljive prsline u zoni kotve
Sanduk S1/C1-C2	ПК 2	20	1	20	0.60 m ²	vidljive prsline u zoni kotve
Sanduk S1/C2-C3	ПК 4	20	1	20	0.60 m ²	vidljive prsline u zoni kotve
Sanduk S1/C2-C3	ПК 5	20	1	20	0.60 m ²	vidljive prsline u zoni kotve
Sanduk S1/C2-C3	ПК 6	15	1	15	0.60 m ²	nepravilan nastavak betoniranja
Ukupno:					3.59 m ²	

Табела 1. - Преглед оштећења из Revita: прсline и пукотине у зони котве

7. ПРЕДЛОГ САНАЦИОНИХ МЕРА

7.1. Санација АБ стубова

Санација армиранобетонских стубова има за циљ заустављање процеса корозије арматуре, обнову заштитног слоја бетона, затварање постојећих пукотина и укупно повећање трајности конструкције. С обзиром на уочена оштећења, посебна пажња посвећује се зонама испод дилатација, зонама ослањања конструкције, као и најкритичнијем стубу С1. У оквиру припремних радова неопходно је уклонити растиње и наслага земље, а након тога следи уклањање локалних оштећења пажљивим штемањем пикхамером, уз обавезно формирање зона за санацију правилног облика.

7.2. Санација еластомерних лежишта

Поред тога што су лежишта током визуелног прегледа оцењена као функционална и у задовољавајућем стању, у циљу обезбеђења дугорочне поузданости конструкције неопходно је спровести одређене превентивне мере, као што је детаљно чишћење лежишта и њихове непосредне околине, уклањањем наслага прашине, песка и другог ситног материјала који може утицати на њихов рад. Након тога, потребно је проверити функционалност лежишта.

7.3. Санација преднапрегнутих главних носача

Основни циљеви санације су заштита преднапрегнуте арматуре, спречавање даље корозије и обезбеђење дуготрајности конструкције.

Радови обухватају уклањање деградираног бетона и репрофилацију оштећених зона применом малтера високих перформанси, уз претходно чишћење и антикорозивну заштиту арматуре. Пукотине се санирају у складу са њиховим карактером, тако да се конструктивне пукотине инјектирају, док се мрежасте прсline третирају површинским заштитним премазима. Посебна пажња посвећује се зонама котви, где је неопходно извршити детаљну инспекцију.

7.4. Санација коловозне конструкције

Санација коловозне плоче има за циљ обезбеђење водонепропусности, спречавање продора агресивних утицаја у конструкцију и повећање трајности система.

7.5. Санација пешачке стазе

Санација пешачке стазе усмерена је на побољшање функционалности и безбедности корисника, а радови обухватају уклањање постојећих оштећених слојева и израду новог завршног слоја стазе, уз претходну припрему подлоге. Оштећени ивичњаци и парпетне плоче се замењују новим елементима и адекватно фиксирају.

7.6. Опште препоруке

У циљу прецизнијег дефинисања обима и начина санације конструкције, неопходно је спровести додатна детаљна испитивања материјала и стања конструктивних елемената. Посебну пажњу потребно је посветити прегледу делова конструкције који нису били доступни током визуелног прегледа, а пре свега унутрашњости сандучастих носача, где може доћи до задржавања влаге и развоја корозије.

8. ЗАКЉУЧАК

Примена BIM (Building Information Modeling) концепта у овом раду омогућила је интеграцију података о конструкцији, оштећењима и предложеним санационим мерама у јединствен дигитални модел. На тај начин створена је основа за ефикасније планирање санационих радова, бољу комуникацију између учесника у пројекту и могућност даљег праћења стања конструкције током експлоатације.

9. ЛИТЕРАТУРА

- [1] И. Лукић, "Департман за Грађевинарство и y," 2024. [Online]. Available: ew.gradjevinans.net/course/bim-u-gradevinarstvu/. d 03 2024].
- [2] О. Рачунарски инжењеринг, "Autodesk Revit 17. [Online]. Available: atodesk.osa.rs/revit/. [Accessed 2026].

Кратка биографија:



Дивна Ранковић рођена је у Сремској Митровици 2000. год. Мастер рад на Факултету техничких наука из области Грађевинарство - Конструкције одбранила је 2026.год.

Контакт:

rankovicdivna.gr81.2019@gmail.com