

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ****НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Николе Танасића**, дипл. инж. грађ., асистента-студента докторских студија.

Одлуком Наставно-научног већа Грађевинског факултета Универзитета у Београду бр. 379/18-12 од 29. 01. 2015. године, именовани смо у Комисију за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Николе Танасића**, дипл. инж. грађ., под насловом:

**"VULNERABILITY OF REINFORCED CONCRETE BRIDGES EXPOSED TO
LOCAL SCOUR IN BRIDGE MANAGEMENT"**

На српском:

**"УПРАВЉАЊЕ АРМИРАНОБЕТОНСКИМ МОСТОВИМА У КОНТЕКСТУ
ЊИХОВЕ УГРОЖЕНОСТИ ЛОКАЛНОМ ЕРОЗИЈОМ РЕЧНОГ ДНА"**

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ**1 УВОД****1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације**

Кандидат Никола Танасић, дипл. инж. грађ. је 18.12.2012. поднео молбу Наставно-научном већу (ННВ) Грађевинског факултета Универзитета у Београду за одобрење израде докторске дисертације под насловом „Consideration of vulnerability to local scour of reinforced concrete bridges in bridge management“. Одлуком ННВ-а на седници од 9.01.2013. године, одређена је комисија за пријем теме докторске дисертације (бр. 379/12). На седници одржаној 07.03.2013. године, ННВ је донело одлуку о одобрењу израде дисертације (бр. 379/5-12), и за ментора именовало др Рада Хајдина, дипл.грађ.инж., ванредног професора на Грађевинском факултету у Београду. Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду је предложило промену у наслову теме (бр. 379/7-12), што је прихваћено и усвојен наслов теме на ННВ је: „**Vulnerability of reinforced concrete bridges exposed to local scour in bridge management**“ тј. на српском „**Управљање армиранобетонским мостовима у контексту њихове угрожености локалном ерозијом речног дна**“ (бр. 379/10-12). Коначну сагласност на предлог теме докторске дисертације је дало Веће научних области грађевинско-урбанистичких наука Универзитета у Београду 25.06.2013. године (бр. 379/12-12). Кандидат је завршену докторску дисертацију

предао 28.12.2014. године, а одлуком ННВ-а Грађевинског факултета на седници одржаној 29.01.2015. године, одређена је комисија за оцену и одбрану дисертације (бр. 379/18-12).

1.2 Научна област дисертације

Тема дисертације је мултидисциплинарна и припада научној области грађевинарство за коју је матичан Грађевински факултет Универзитета у Београду. Ужа научна област, према Статуту Грађевинског факултета Универзитета у Београду, је област Бетонске конструкције. За ментора је одређен др Раде Хајдин дипл.грађ.инж., ванедни професор на Грађевинском факултету Универзитета у Београду.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Никола Танасић, дипл.инж.грађ. је рођен 16.02.1984. године у Београду. Основну школу, и средњу школу – специјално математички смер, завршио је у Ваљево. Студије на Грађевинском факултету у Београду уписује 2002. године и завршава их 2007. године као први студент у генерацији, са дипломским радом на предмету Бетонски мостови. Током завршне године студија 2006/2007, био је студент демонстратор на предмету Механика тла на катедри за Геотехнику. Први пут у звање асистента-студента докторских студија на групацији предмета Бетонске конструкције изабран је 30.11.2007. године. Поново је изабран у исто звање 25.11.2010 године. Током 6 година рада на факултету активно учествује у припреми и извођењу вежби као и консултацијама на предметима са групације. Био је коментор приликом израде 25 синтетних пројеката студената на предмету Пројектовање и грађење бетонских конструкција. Такође, кандидат има положен стручни испит за грађевинске инжењере за пројектовање конструкција. Током 6 година инжењерске праксе учествује на изради пројектне документације, графичких прилога, идејних и главних пројеката конструкција у Србији међу којима су стамбене зграде, обданиште, фундаменти индустријских објеката, постројења за пречишћавање воде.

Докторске студије на Грађевинском факултету у Београду је уписао у децембру 2007. год. где је положио је све испите предвиђене планом и програмом. Докторску дисертацију је започео у октобру 2010. год. Био је учесник на научно-истраживачком пројекту TR36002, финансираног од стране Министарства образовања, науке и технолошког развоја Републике Србије (2011–2014). На конференцијама у Новом Саду (PhiDAC 2011), Вашингтону (TRB 2013 и 2015) и Шангају (IABMAS 2014) презентовао је четири научно-истраживачка рада на тему своје докторске дисертације. Кандидат има објављен један рад у часопису са SCI листе (Transportation Research Record из 2013. год), што је потребан и довољан услов за одбрану докторске дисертације.

2 ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Николе Танасића, дипл. инж. грађ., под насловом "**Vulnerability of reinforced concrete bridges exposed to local scour in bridge management**", изложена је на 153 стране текста подељеног у 7 главних целина. Текст садржи 22 табеле и илустрован је са 109 слика и дијаграма. Списак референтне литературе има 95 наслова. Уз текст који је написан на енглеском језику, приложен је резиме на српском језику.

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Прво, уводно поглавље, садржи преглед случајева отказа мостова у поплавама широм света и у Србији, где је показана мотивација за спроведено истраживање. Овде је дат и преглед референтне литературе из области управљања мостовима који су угрожени локалном ерозијом речног дна у поплавама. Такође, дискутовано је и о недостатцима досадашњих истраживања у овој области и потребама да се унапреде тренутне процедуре и стратегије у пракси које се предузимају код ублажавања ризика од отказа мостова у поплавама.

У другом поглављу је представљена основа методологије за квантитативну оцену угрожености мостова изложених локалној ерозији речног дна. Овде је приказан приступ за анализирање механизма отказа моста који се заснива на интеракцији вода-тло-мост и горњој граничној теореми теорије пластичности.

Треће поглавље обухвата преглед најсавременијих истраживања на тему формула за евалуацију дубине локалне ерозије речног дна код мостовских стубова. Дискутована је могућност за примену ових формула у оцени угрожености где су главни критеријуми за одабир погодних формула били њихова употребљивост код разних типова тла и узимање у обзир раста дубине локалне ерозије током времена трајања поплаве.

У четвртном поглављу су дефинисани елементи модела типског моста угроженог локалном ерозијом речног дна у путној мрежи Србије. Овде су разматрани деловање локалне ерозије и последице које она има по мостовску конструкцију и ослоначко тло. Усвојена је упрошћена геометрија еродираниг тла око плитко фундираних мостовских стубова. Код дефинисања отпорности тла су коришћени основни кинематичких механизмима док је отпорност елемената мостовске конструкције узета у обзир према усвојеној геометрији и детаљима армирања.

У петом поглављу је дат преглед основних претпоставки типског модела моста угроженог локалном ерозијом код средњих стубова моста. Овде су посебно за подужни и попречни правац модела моста анализирани могући механизми отказа система тло-мост. Истражено је који од параметара – тип тла, услови ослањања, тип везе између стуба и главног носача, највише доприноси отпорности овог система.

У шестом поглављу су разматрани параметри неопходни за оцену угрожености мостова од локалне ерозије. Неизвесности које су везане за ове параметре и њихово одређивање, у прорачуну су узете у обзир преко математичких расподела вероватноће. На примеру моста преко речног канала урађене су Монте Карло симулације, где је за различито трајање усвојене екстремне поплаве срачуната вероватноћа отказа моста. На крају поглавља приказан је пример употребе предложене методологије за квантитативну оцену угрожености.

У седмом поглављу је дат преглед истраживања у тези и закључци. Дискутоване су могућности за унапређење представљеног приступа и дате су препоруке за будућа истраживања у обрађеној области. На крају рада је дат списак коришћене референтне литературе.

3 **ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ**

3.1 Савременост и оригиналност

Процедуре и стратегије које се примењују код ублажавања ризика од отказа мостова у поплавама код савременог управљања мостовима се углавном ослањају на квалитативне приступе и редовне инспекције. Са обзиром на повећану учесталост поплава услед климатских промена и чињеницу да је од свих природних непогода локална ерозија речног дна у поплавама најчешћи узрок отказа мостова, неопходан је

свеобухватан приступ за прорачун ризика отказа моста у реалном времену. Предмет истраживања у овом раду је представљање нове методологије за квантитативну оцену угрожености армиранобетонских мостова у поплавама. Идеја је да методологија буде једноставна а притом довољно детаљна да се може користити на читавој путној мрежи где ће се подаци за њену примену ажурирати и сакупљати приликом регуларних инспекција. Као главна тема у раду, овде је представљен поступак за одређивање вероватноће отказа моста са плитким темељима стубова на које делује локална ерозија речног дна. Проблем одређивања механизма отказа мостова у поплавама је мултидисциплинаран и није довољно и адекватно обрађен у досадашњим научним истраживањима. Овде је третиран узимајући у обзир интеракцију воде, тла и мостовске конструкције што до сада није разматрано, нити је примењено у пракси код управљања мостовима. Представљена методологија и поступак за одређивање вероватноће отказа чине оригиналан начин третирања утицаја поплава на транспортну инфраструктуру и погодни су за примену код Система Управљања Мостовима који се тренутно развијају.

3.2 Осврт на референту и коришћену литературу

Кандидат је користио референтну литературу из области које дефинишу мултидисциплинарни проблем угрожености мостова у поплавама. Литература наведена у дисертацији је коришћена код: прегледа случајева отказа мостова у екстремним поплавама у свету и Србији, приказа савремених методологија за евалуацију угрожености мостова у поплавама и досадашњег научног истраживања у области оцене ризика од отказа моста услед локалне ерозије речног дна код доњег строја моста. Такође, у дисертацији је коришћена литература која обухвата најсавременија истраживања из области евалуације локалне ерозије речног дна око мостовских стубова.

Са обзиром да је тема усмерена на армиранобетонске мостове у Србији, коришћена је база података мостова за преглед угрожених мостова од поплава. Прегледана је пројектна документација неколико карактеристичних угрожених мостова да би се дефинисао типски модел моста који је даље анализиран на утицај локалне ерозије речног дна. Овде је приликом дефинисања комбинованих механизма отказа модела тло-мост, прорачуна отпорности армиранобетонске конструкције моста и његових елемената коришћена референтна литература из теорије пластичности као и литература која обухвата прорачун граничног оптерећења ослоначког тла. Такође, узета је у обзир и литература која разматра неизвесности код одређивања параметара неопходних за прорачун вероватноће отказа моста услед деловања локалне ерозије речног дна.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Од научних метода истраживања, примењена је синтеза и критичка анализа постојећих истраживања и литературе из области оцене ризика од отказа мостова у поплавама. Предложена је нова методологија за оцену угрожености која се базира на квантитативном приступу. Угроженост моста је у раду дефинисана као вредност која се одређује као производ условне вероватноће отказа моста услед задатог интензитета локалне ерозије речног дна и суме пратећих директних и индиректних последица. Као главна тема у раду, обрађен је поступак за одређивање условне вероватноће отказа моста, где су истраживани и анализирани могући механизми отказа. Овде је узета у обзир интеракција између воде, тла и моста тако што је доведено у везу деловање локалне ерозије речног дна око мостовских стубова са отказом, водећи рачуна о отпорности ослоначког тла и конструкције моста. Овде је претпостављено

круто-пластично понашање тла и елемената мостовске конструкције јер је погодно код анализе механизма отказа где није потребно пратити процес прерасподеле оптерећења услед делимичног губитка контакта на темељној спојници угроженог фундамента стуба и ослоначког тла.

Најсавременија научна истраживања о евалуацији локалне ерозије речног дна код мостовских стубова су дискутована и разматрана са идејом да се примене у анализи угрожености. Овде, прецизност и тачност емпиријских формула и модела за евалуацију локалне ерозије нису били тема дисертације. Геометрија еродираног тла око плитко фундираних стубова као последица локалне ерозије речног дна је упрошћена тако што је разматрана кроз равански проблем. Овде је попречни пресек геометријског облика еродираног тла код стуба усвојен као троугаони, дефинисан са два параметра: дубином и хоризонталним дометом локалне речне ерозије испод темељне спојнице плитког фундамента.

Након дефинисања типског модела моста угроженог локалном ерозијом у путној мрежи Србије, формиран је круто-пластични модел тло-мост који је задат са параметрима који се односе на геометрију моста и карактеристике елемената мостовске конструкције и ослоначког тла. Да би се одредио критичан домет поткопавања речног дна око и испод мостовских стубова услед локалне ерозије који изазива отказ, за сваки претпостављени комбиновани кинематички механизам отказа тло-мост, срачунат је рад унутрашњих и рад спољашњих сила у механизму. Применом принципа виртуелног рада, постављен је нелинеарни оптимизациони проблем који је решен уз помоћ програма Matlab.

Параметарска анализа за комбиноване механизме отказа модела је извршена варирањем: карактеристика чврстоће тла, количине арматуре главног носача, услова ослањања модела и типа везе између стуба и главног носача, посебно за подужни и попречни правац модела. Циљ је био да се истражи колики утицај поједини параметри имају на критичан механизам отказа за детерминистичке улазне податке.

Примењена пробабилистичка метода - Монте Карло симулације је адекватна за решавање проблема прорачуна вероватноће отказа моста услед локалне ерозије речног дна око мостовских стубова због чињеница да је гранична функција отказа нелинеарна и због неизвесности везаних за параметре који је дефинишу.

Уведене претпоставке код представљеног модела тло-мост и коришћење горње граничне теореме код одређивања критичног домета поткопавања код мостовских стубова упрошћавају разматрани мултидисциплинаран проблем и примењени поступак је погодан за детаљну и довољно прецизну оцену угрожености популације мостова локалном ерозијом речног дна у путној мрежи.

3.4 Применљивост остварених резултата

Истраживања и анализе спроведене у оквиру ове дисертације имају за циљ да се применом нове методологије открију мостови у путној мрежи Србије који су најугроженији у поплавама и који би због тога требало да се додатно испитају. Главна идеја је да се предложена методологија користи код развијања мапа угрожености путне мреже са екстремним поплавама и унапреде будући Системи Управљања Мостовима. Мапе угрожености би посебно биле корисне код управљања мостовима где је циљ одређивање оптималне расподеле ресурса код стратегија за ублажавање ризика од отказа мостова у поплавама, и за издавање раних упозорења у подручјима где се очекују екстремне поплаве.

Неопходни подаци за примену представљене методологије обухватају базу података мостова Србије, доступну пројектну документацију. Недостајући подаци се могу прикупити приликом редовних/ванредних инспекција мостова или добити као

результат испитивања ин-ситу тј. лабораторији. Такође, овде би биле неопходне и хидролошке студије и користили би се постојећи подаци мерења на водотоковима.

Тип мостова који је узет у обзир у овој дисертацији је армиранобетонски континуални мост кратког до средњег распона који је има попречни пресек дуплог слова Т. Стубови моста су плитко фундирани и овај тип моста је најбројнији у путној мрежи Србије. Без обзира, и други типови могу бити анализирани са предложеним приступом. Коришћени комбиновани механизми отказа усвојеног модела тло-мост у анализи нису једини могући и представљају основу за даља истраживања у овој области.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

У оквиру дисертације кандидат је критички анализирао и систематизовао литературу и резултате досадашњих истраживања из неколико научних области, на основу чега је дефинисао предмет и циљ сопственог истраживања. Предложена је нова методологија за квантитативну оцену угрожености мостова локалном ерозијом речног дна где је као главна тема представљен поступак за прорачун условне вероватноће отказа моста услед локалне ерозије. Кандидат је дефинисао свеобухватан приступ за решавање овог мултидисциплинарног проблема, где је акценат био на једноставности и погодности за његову примену на популацији мостова у путној мрежи Србије. Узимајући у обзир отпорност ослоначког тла и мостовске конструкције, усвојен приступ за анализу комбинованих механизма отказа подразумева интеракцију између воде, тла и моста као и примену горње граничне теореме теорије пластичности. Написана је процедура (скрипт) у програму Матлаб где се усвојен типски модел тло-мост може анализирати овим приступом за различите детерминистичке и стохастичке улазне податке. На основу добијених резултата истраживања показана је оправданост за даље развијање представљене методологије код примене на различитим путним мрежама и другим типовима мостова. Кандидат је приступом проблему и начином његовог решавања показао способност за самостални научно-истраживачки рад.

4 **ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС**

4.1 Приказ остварених научних доприноса

У раду је извршен детаљан преглед савремене научно-истраживачке и стручне литературе у области управљања мостовима и њихове угрожености у поплавама. Дат је предлог нове методологије за квантитативну оцену угрожености мостова локалном ерозијом речног дна која би се користила код оптималног управљања мостовским инвентаром и заштите мостова од утицаја будућих поплава. Поступак за одређивање вероватноће отказа моста у екстремној поплави овде обухвата интеракцију воде, тла и мостовске конструкције што до сада није узимано у обзир приликом анализе ризика од отказа. Комбиновани кинеметички механизми отказа ослоначког тла и конструкције нису били довољно истражени у досадашњој научној литератури и овде је показана важност узимања у обзир отпорности ослоначког тла и моста на утицај који има локална ерозија речног дна око мостовских стубова на отказ.

Потврђено је да се квантитативним приступом код рачунања условне вероватноће отказа добија реалнији и употребљивији податак о ризику коме је изложена путна инфраструктура услед поплава у односу на постојеће квалитативне приступе. У досадашњим анализама ризика, критеријум отказа моста у поплавама је био дефинисан за све дубине које локална ерозија достиже а веће су или једнаке

дубини фундарања плитких темеља. Овде је тај конзервативни услов „ублажен“ тако што је постављена горња граница дубине ерозије испод нивоа темељне спојнице која је дефинисана условима за фомирање комбинованог кинематичког механизма тло-мост.

Истраживање у овом раду представља корак напред у области управљања мостовима јер тренутно постојећи Системи Управљања Мостовима не узимају у обзир отпорност транспортне инфраструктуре угрожене природним непогодама.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Представљени модел тло-мост је погодан за одређивање условне вероватноће отказа континуалног армиранобетонског моста код кога је један од средњих стубова изложен деловању локалне ерозије речног дна код плитког фундамента. Потврђено је да статичка неодређеност моста знатно доприноси отпорности на ово деловање локалне ерозије и стога закључено да је неопходно узети у обзир заједничку отпорност ослоначког тла и мостовске конструкције приликом оцене угрожености мостова изложених поплавама.

Комбиновани кинематички механизми отказа модела тло-мост су анализирани за различите типове крајњих ослонаца и везе стуба и главног носача у моделу. У подужном правцу модела, добијени резултати показују да су геотехнички параметри тла – угао унутрашњег трења и кохезија, они који претежно утичу на критичан тип механизма отказа. Код комбинованих механизма отказа у попречном правцу, карактеристике главног носача – геометрија, елементи и детаљи армирања, знатно утичу на тип критичног механизма. Иако су добијени резултати засновани на горњој граничној теореме теорије пластичности, једноставно и брзо се долази до њих и они су свакако погодни за оцену угрожености узимајући у обзир да тренутно не постоји свеобухватни приступ који би дао решења према доњој граничној теореме. Приступ коришћен за анализу усвојеног модела тло-мост се може једноставно прилагодити сличним типовима мостова и при том је могуће укључити додатне параметре.

У прорачуну условне вероватноће отказа, параметри који се користе код евалуације дубине локалне ерозије речног дна, геотехнички параметри тла и карактеристике мостовске конструкције су узети у обзир као стохастички - преко математичких расподела вероватноће или детерминистички, у зависности од типа и доступности улазних података. Ови подаци су углавном познати и налазе се у бази података мостова и пројектној документацији или се могу претпоставити на бази једноставних анализа (нпр. уграђена арматура) или прикупити мониторингом (нпр. ниво воде у реци) и испитивањем ин-ситу тј. лабораторији.

Представљена методологија у дисертацији је погодна за анализирање популације мостова у путној мрежи са циљем ефикасног откривања оних мостова који су потенцијално угрожени неком екстремном поплавом у будућности. Ресурси потребни за прикупљање неопходних података за примену ове методологије на путној мрежи Србије представљају незнатан трошак у односу на корист коју може донети информација о реалном нивоу ризика отказа мостова и путне инфраструктуре у будућим поплавама.

4.3 Верификација научних доприноса

Током израде докторске дисертације, кандидат је био аутор и коаутор на четири научно-истраживачка рада које је презентовао на страним и домаћим научним скуповима. Такође, кандидат има један рад објављен у часопису са SCI листе.

Категорија М23

1. Tanasic N., Ilic V. and Hajdin R. Vulnerability assessment of bridges exposed to scour. Transportation Research Record: Journal of Transportation Research Board, Vol. 2360, pp. 36-44, TRB of the National Academies, Washington D.C, 2013. (M23, IF=0.556) (DOI: 10.3141/2360-05).

Категорија М33

1. Tanasic N. and Hajdin R. Resistance of the soil-bridge model to local scour action. Presented at 94-th Transportation Research Board, Washington D.C, 2015.
2. Tanasic N. and Hajdin R. Bridge failure modes due to local scour. Presented at the 7th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management IABMAS China 7-11 July, 2014. <http://www.crcnetbase.com/doi/abs/10.1201/b17063-220>
3. Tanasic N., Ilic V. and Hajdin R. Vulnerability assessment of bridges exposed to scour. Presented at 92-nd Transportation Research Board, Washington D.C, 2013.
4. Tanasic N. Bridge vulnerability to local scour. Proceedings of PhIDAC, Sep. 21-23., [eds. V.Radonjanin, N.Kurtović-Folić], pp. 623-628, Novi Sad, 2011.

5 ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу претходно изнетог, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Николе Танасића, дипл. инж. грађ., под насловом "**Vulnerability of reinforced concrete bridges exposed to local scour in bridge management**" представља оригинални научни рад и значајан научни и стручни допринос у области управљања армиранобетонским мостовима. Њени резултати представљају основ за даље развијање методологије за квантитативну оцену угрожености мостова у поплавама. Проблематика која је обухваћена у раду је актуелна у многим државама широм света а у скорије време је добила и на важности у Србији након екстремних поплава у 2014. год.

Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Грађевинског факултета Универзитета у Београду да прихвати позитивну оцену докторске дисертације Николе Танасића, дипл. инж. грађ., под насловом "**Vulnerability of reinforced concrete bridges exposed to local scour in bridge management**" тј. на српском „Управљање армиранобетонским мостовима у контексту њихове угрожености локалном ерозијом речног дна“ и да одобри њену јавну одбрану.

Београд, 12. 02. 2015.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

М. Јовановић

др Миодраг Јовановић, дипл. инж. грађ.
редовни професор у пензији на
Грађевинском факултету Универзитета у Београду

Дан Франгопол

др Дан Франгопол, дипл. инж. грађ.
редовни професор – Civil Engineering
Lehigh University, Bethlehem, САД

М. Лазовић

др Милош Лазовић, дипл. инж. грађ.
ванредни професор у пензији на
Грађевинском факултету Универзитета у Београду

Раде Хајдин

др Раде Хајдин, дипл. инж. грађ.
ванредни професор Грађевинског факултета
Универзитета у Београду

М. Вукићевић

др Мирјана Вукићевић, дипл. инж. грађ.
доцент Грађевинског факултета
Универзитета у Београду