

**ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА**

Број захтева: \_\_\_\_\_

Датум: \_\_\_\_\_

**ЗАХТЕВ**

**за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији**

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета” број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

**Горана (Милић) Бабића**

КАНДИДАТ: **Горан (Милић) Бабић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

**РАЗВОЈ МОДЕЛА У ФАЗИ ОКРУЖЕЊУ ЗА ПРАЋЕЊЕ КВАЛИТЕТА ПОВРШИНСКИХ ВОДА**

Из научне области: **Инжењерски менаџмент**

Универзитет је дана **24.12.2018.** године својим актом под бројем **61206-5327/2-18** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **РАЗВОЈ МОДЕЛА У ФАЗИ ОКРУЖЕЊУ ЗА ПРАЋЕЊЕ КВАЛИТЕТА ПОВРШИНСКИХ ВОДА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Горана (Милић) Бабића** образована је на седници одржаној **04.07.2019.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-30-9**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. др Милован Вуковић, ред. професор, инжењерски менаџмент, Технички факултет у Бору, ментор
2. др Данијела Воста, доцент, инжењерски менаџмент, Технички факултет у Бору, члан
3. др Љиљана Такић, ред. професор, хемијско инжењерство, Технолошки факултет у Лесковцу, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **12.09.2019.** године, под бројем: **VI/4-31-13.**

Декан Факултета

Проф. др Нада Штрбац

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

Универзитет у Београду  
**Технички факултет у Бору**  
Број: VI/4-31-13  
Бор, 13. 09. 2019. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 12. 09. 2019. године, донело је

## О Д Л У К У

**I** Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Горана Бабића**, мастер инж. менаџмента, студента докторских академских студија на студијском програму Инжењерски менаџмент, под називом: „Развој модела у фази окружењу за праћење квалитета површинских вода”, на који није било примедби.

**II** Универзитет у Београду је дана **24. децембра 2018.** године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

**III** Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

### Рад у међународном часопису - M23

**Babić, G., Vuković, M., Voza, D., Takić, Lj., Mladenović-Ranisavljević, I.** 2019. Assessment of Surface Water Quality in the Serbian Part of the Tisa River Basin. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29, DOI: 10.15244/pjoes/95184 (*in press*); IF (2017) 1,120.

**IV** Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Милован Вуковић, редовни професор Универзитета у Београду, Техничког факултета у Бору;
2. др Данијела Воца, доцент Универзитета у Београду, Техничког факултета у Бору;
3. др Љиљана Такић, редовни професор Универзитета у Нишу, Технолошког факултета у Лесковцу.

**V** Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

**VI** О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

### Доставити:

- именованом
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК  
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Извештај Комисије о урађеној докторској дисертацији кандидата ГОРАНА БАБИЋА

Одлуком бр. VI/4-30-9, од 5. јула 2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Горана Бабића под називом: „**Развој модела у фази окружењу за праћење квалитета површинских вода**”. После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала, Комисија је сачинила следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. УВОД

#### 1.1. Наслов и обим дисертације

Докторска дисертација, чији наслов гласи „**Развој модела у фази окружењу за праћење квалитета површинских вода**”, написана је на 149 страна и састоји се од осам поглавља. На крају је дата биографија аутора, те списак објављених радова из дисертације.

#### 1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Горан Бабић, дипломирани менаџер и мастер инжењер менаџмента, уписао је школске 2015/2016. године докторске академске студије на Техничком факултету у Бору на студијском програму: Инжењерски менаџмент.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-20-16 од 18. октобра 2018. године, именована је комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-21-8.1 од 15. новембра 2018. године, усвојен је извештај комисије за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду, на седници одржаној 24. децембра 2018. године, донело је одлуку број 61206-5327/2-18 о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-30-9 од 5. јула 2019. године, именована је комисија за оцену и одбрану докторске дисертације.

### 1.3. Место дисертације у одговарајућој научној области

Предмет истраживања докторске дисертације припада научној области Техничке науке, односно ужој научној области Инжењерски менаџмент за коју је Технички факултет у Бору акредитован.

### 1.4. Биографски подаци о кандидату

MSc Горан Бабић је рођен 24. априла 1991. године у Београду. Основну школу „Алекса Шантић” и Прву економску школу у Београду је завршио са одличним успехом.

Београдску пословну школу, Високу школу струковних студија (смер: Финансије, рачуноводство и банкарство) завршио је 2013. године са просечном оценом 10,00. Факултет за пословно-индустријски менаџмент Универзитета Унион (студијски програм: Индустријско-економски менаџмент) завршио је 2014. године са просечном оценом 10,00.

Мастер студије на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду, на студијском програму инжењерског менаџмента, завршио је 2015. године са просечном оценом 9,88, одбравивши мастер рад под називом „Селекција и приоритетизација пројеката у оквиру програма „Заједници Заједно” у компанији НИС А.Д. Нови Сад”.

У школској 2015/2016 години кандидат Горан Бабић је уписао докторске студије на Техничком факултету у Бору Универзитета у Београду на студијском програму: Инжењерски менаџмент. Кандидат је положио све испите и остварио одличан успех (просечна оцена 9,56).

Кандидат Горан Бабић је од 2018. године стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије из области Уређење, заштита и коришћење вода, земљишта и ваздуха.

Кандидат је тренутно ангажован и на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја из области основних истраживања – „Одрживост идентитета Срба и националних мањина у пограничним оптинама источне и југоисточне Србије” – који се реализује под руководством Машинског факултета у Нишу.

## **2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ**

### 2.1. Садржај дисертације

Дисертација је написана на 149 страна и састоји се од осам поглавља и осталих пратећих садржаја. У садржају дисертације се издвајају следећа поглавља:

- Уводна разматрања,
- Концепт интегралног управљања водним ресурсима,
- Обележја слива реке Тисе,

- Квалитет површинских вода,
- Методолошки приступ,
- Резултати и дискусија,
- Закључна разматрања и
- Литература.

Преостали део рукописа односи се на биографију кандидата и списак радова проистеклих из докторске дисертације.

Дисертација је илустрована са 37 слика и 25 табела, а литературни преглед садржи податке о 177 референци.

## 2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу – *Уводна разматрања* – изложен је предмет истраживања и истакнут је значај воде као најважнијег и најраспрострањенијег природног ресурса који има огроман значај за сва жива бића, посебно за човека. Дат је кратак преглед историје модела за праћење квалитета површинских вода. Кандидат је у овом поглављу указао и на изворе загађења површинских вода, а који се деле на концентрисане и дифузне изворе. На квалитет површинских вода, како се истиче у поглављу, утичу истовремено и природни и антропогени фактори. Природни фактори се односе на количину падавина, све врсте атмосферских процеса и ерозију земљишта, док се под антропогеним факторима подразумевају урбане, индустријске и пољопривредне активности као и растућа експлоатација водних ресурса. На крају овог поглавља кандидат је истакао значај и сложеност предмета истраживања, циљеве истраживања, постављене хипотезе, научне методе истраживања, као и на очекивани научни допринос.

У другом поглављу – *Концепт интегралног управљања водним ресурсима* – кандидат образлаже чињенице које указују на потребу, како то често истичу експерти у области водних ресурса, примене интегралног или холистичког приступа када је о управљању овим ресурсима реч. Приказан је и историјат концепта интегралног управљања водним ресурсима. Почети овог концепта везују се за америчку државу Тенеси у којој је 1933. године формирано посебно регулаторно тело (*The US Tennessee Valley Authority, TVA*) чији је делокруг делатности обухватао производњу и дистрибуцију електричне енергије, заштиту од поплава, унапређење пловидбе, подстицање индустријске производње и запошљавања, спречавање ерозије тла, сузбијање маларије и сл. Почетни услови за примену интегралног управљања речним басенима на глобалном плану стекли су се 1970. године када су Уједињене нације припремиле први извештај о интегралном управљању речним басенима. Детаљно су изложена обележја концепта интегралног управљања водним ресурсима. Посебна пажња у овом поглављу дата је Оквирној директиви о водама Европске уније која омогућава уграђивање идеја интегралног управљања водним ресурсима у законодавство, правилнике и пратећа документа у овој области.

Кроз треће поглавље – *Обележја слива реке Тисе* – кандидат детаљније образлаже одабрани предмет истраживања. С обзиром на то да је предмет истраживања дисертације квалитет воде највеће притоке Дунава – Тисе, овде кандидат говори о основним одликама ове европске реке дуге 966 km. Слив реке Тисе углавном се простире североисточним делом слива Дунава (801.500 km<sup>2</sup>), који је уједно и „најинтернационалнији” речни слив у свету – простире се територијама 19 земаља и подржава 30 различитих врста екосистема. У овом поглављу истичу се и обележја слива реке Тисе у Србији јер је

кандидат управо на делу слива Тисе у Србији спроводио истраживања чији су резултати приказани у дисертацији. Даље је истакнут значај Потисја за земље басена, али је указано и на изворе загађења водних ресурса у сливу Тисе. На крају поглавља кандидат коментарише сарадњу држава у сливу Тисе у светлу чињенице да земље Потисја прихватају изазове по питању унапређења еколошког статуса, односно потенцијала, које испоставља Оквирна директива о водама.

У оквиру четвртог поглавља – *Квалитет површинских вода* – кандидат се бави параметрима квалитета воде и класификацијом природних вода. Посебну пажњу посвећује параметрима квалитета воде будући да се оцена квалитета природних вода заснива на анализи физичких, хемијских и микробиолошких аспеката воде. Детаљно су описана физичка својства воде (температура воде, електропроводљивост), хемијска својства воде (кисеоник, рН вредност, суспендоване материје, азот у води, фосфор у води, потрошња кисоника, микроорганизми у води). Када је реч о квалитету природних вода, водоток се према Уредби о категоризацији водотока и Уредби о класификацији вода у Републици Србији на основу упоређивања измерених са граничним вредностима анализираних индикатора квалитета може сврстати у четири класе I, II, III и IV, те VK (ван класе). На самом крају овог поглавља кандидат коментарише категорије еколошког и хемијског статуса површинских вода и констатује да су се усвањем новог Закона о водама, али и пратећих докумената, стекли услови за организовање мониторинга према смерницама Оквирне директиве о водама и у Србији.

У петом поглављу – *Методолошки приступ* – образложене су коришћене методе приликом истраживања. Направљен је осврт на коришћење ових метода у претходно спроведеним истраживања других аутора који су се бавили квалитетом површинских вода. Анализиране су индексне методе праћења квалитета воде, а посебна пажња посвећена је методи SWQI (*Serbian Water Quality Index*), коју је Агенција за заштиту животне средине Министарства животне средине Републике Србије развила по узору на WQI (*Water Quality Index*). У наставку поглавља су изложене основне карактеристике техника мултиваријационе анализе (Факторска анализа, Анализа главних компоненти, Кластер анализа) са становишта њихове корисности у истраживањима квалитета вода. У завршном делу овог поглавља кандидат пажњу посвећује методама вишекритеријумске анализе (PROMETHEE и GAIA).

У шестом поглављу – *Резултати и дискусија* – кандидат најпре описује у кратким цртама методе коришћене за одређивање вредности параметара квалитета воде, мерне станице и период за који су коришћени подаци о вредностима параметара квалитета воде. Истраживање се односило на шестогодишњи период (2011-2016), а праћене су вредности параметара о квалитету воде на 11 мерних станица на сливу Тисе у Србији. У овом поглављу приказани су трендови промена параметара квалитета воде реке Тисе у разматраном раздобљу за девет параметара на пет мерних станица. За десет параметара квалитета израчунате су просечне вредности за сваки од њих, посебно за хладни период, топли период и целу годину, што је даље послужило за израчунавање SWQI за мерне станице које се налазе на току Тисе кроз Србију (Мартонош, Нови Бечеј и Тител). Просторне и временске варијације квалитета површинских вода дуж реке Тисе су оцењене према методологији SWQI, на основу шестогодишње јавне базе података о квалитету површинских вода. У случају реке Тисе ова је метода коришћена као општи описни индекс за одређивање укупног квалитета воде. Уочене су сезонске варијације квалитета воде и препознати су одређени обрасци промена на све три станице. Најниже вредности вредности SWQI, не случајно, забележене су на свим станицама (Мартонош, Нови Бечеј и Тител) у топлом периоду.

У оквиру дескриптивне статистике приказане су и коментарисане максималне, минималне и просечне вредности десет параметара квалитета воде за свих пет станица на Тиси у Србији (Мартонош, Падеј, Нови Бечеј, Жабал, Тител) за 2011. годину. Као резултат примене анализе груписања, односно кластер анализе, добијен је дендрограм, према којем је 11 мерних станица груписано у два статистички значајна кластера у одвојеној вези. Кластер 1 одговара ниско контаминираним (загађеним) локацијама, док Кластер 2 групише високо контаминирана водна тела.

Када је реч о резултатима факторске анализе/анализе главних компонената, добијене су четири главне компоненте, са сопственим вредностима већим од 1 (*Eigenvalues* > 1), које објашњавају скоро 67% укупне варијансе скупа података о квалитету воде за хладан период; и четири главне компоненте које чине скоро 72% укупне варијансе у скуповима података о квалитету воде за топли период.

Методом PROMETHEE извршио је парцијално и комплетно рангирање мерних места – од најбоље до најлошије опције за задате критеријуме, за дефинисан сценарио. На основу GAIA анализе графички је приказана међузависност критеријума и алтернатива. Како би се детаљније утврдила међузависност критеријума и алтернатива, посматрани су засебно периоди топлог и хладног периода.

У седмом поглављу – *Закључна разматрања* – изведени су закључци најпре у погледу важности примене SWQI као корисног алата за представљање информација о квалитету површинских вода. Утицај извора загађења антропогеног порекла на квалитет овог водотока је потврђен коришћењем одабраних мултиваријационих статистичких метода, то јест кластер анализом, анализом главних компонената и факторском анализом. Примена ових техника помогла је у идентификовању и лоцирању извора загађења, али су омогућиле и стицање увида у временске и просторне промене у квалитету површинских вода на сливу Тисе у Србији. Методом PROMETHEE, из групе вишекритеријумских метода, извршено је парцијално и комплетно рангирање мерних места – од најбоље до најлошије опције за задате критеријуме (проистекле из SWQI), и за дефинисане сценарије: зимски и летњи. Добијени резултати су, како је констатовано у овом делу рада, у сагласности са резултатима добијеним коришћењем других техника.

На крају, у осмом поглављу – *Литература* – предочени су подаци о коришћеним литературним изворима.

### 3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

#### 3.1. Савременост и оригиналност

Моделовање различитих процеса у сврху предвиђања њиховог исхода налази се у жижи научног истраживања о чему сведочи растући тренд објављивања радова из ове проблематике. Моделовање је све присутније и када је реч о приступима проблемима из домена заштите животне средине као што су, на пример: управљање отпадом, управљање животним циклусом производа, управљање квалитетом водних ресурса, управљање квалитетом земљишта, управљање квалитетом ваздуха и сл. Моделовање природних процеса који се одвијају у површинским водама представља у том смислу посебан изазов будући да на акватичне системе делује мноштво фактора.

У великом броју радова у часописима са JCR–SCI листе предочени су резултати моделовања карактеристичних загађујућих супстанци у површинским водама у зависности од различитих извора природног и антропогеног карактера. Уколико се пољопривреда и отпадне воде (комуналне и индустријске) сагледавају као главни извори загађења акватичких система у Панонском басену – посебно у случају Потисја – онда је на мерним станицама најкорисније пратити концентрације полутаната попут оксида азота, фосфата, присуства органских супстанци, присуства колиформних бактерија. Како би се идентификовали извори загађења из иностранства, с друге стране, неопходно је мониторинг реализовати на читавом току река међународног карактера као што је то случај с Тисом и неким њеним притокама на територији Србије које извиру у суседним државама – Мађарској и Румунији. Утврђивање трендова промене кључних параметара квалитета површинских вода у сливном подручју Тисе, што је учињено у оквиру ове дисертације, омогућава предвиђање будућих процеса у акватичним системима.

Оригиналноост се, према томе, огледа у специфичној комбинацији метода и сагледавању проблема квалитета површинских вода на интегрални (холистички) начин на примеру једног од већих сливних подручја као што је то слив Тисе на подручју Републике Србије.

### 3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Током израде дисертације коришћено је 177 литературних извора; углавном се ради о научним радовима новијег датума који су објављени у часописима са JCR листе. Цитирани радови су у сагласности са постављеним истраживачким питањем у овој дисертацији.

Међу важнијим радовима који су непосредно усмеравали ово истраживање налазе се они у којима је разматран проблем примене индексне методе у циљу праћења квалитета површинских вода; применљивост метода мултиваријационе анализе код моделовања процеса у акватичним системима; примена метода мултикритеријумске анализе итд. Такође, предочено је у оквиру теоријског дела дисертације обиље релевантних радова који се односе на различите аспекте интегралног управљања водним ресурсима. Посебно је користан исцрпан преглед досадашњих истраживања квалитета површинских вода у читавом сливу Тисе с обзиром на његов међународни карактер. У литературном прегледу о сливу Тисе прикупљени су радови који демонстрају последице загађења површинских вода из различитих извора загађења.

Када је у питању WQI метод, истраживање у оквиру овог докторског рада имало је упориште у следећим радовима:

- Akkaraboyina, M.K., Raju, B.S.N. 2012. Assessment of water Quality Index of River Godavari at Rajahmundry. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 2(3): 161-167.
- Brown, R.M., McClelland, N.I., Deininger, R.A. and Tozer, R.G. 1970. A Water quality index – Do we dare? *Water and Sewage Works*, 117(10): 339-343.
- Veljković, N., Lekić, D., Jovičić, M., Pajčin, N. 2010. Internet application Serbian Water Quality Index. *Water Sanitary Engineering*, 40(3): 15.
- Mangukiya, R., Bhattacharya, T. Chakraborty, S. 2012. Quality Characterization of Groundwater using Water Quality Index in Surat City, Gujarat, India. *International Research Journal of Environment Sciences*, 1(4): 14-23.
- Singh, N., Yenpiem, A. and Sasitorn, P. 2010. Determining Water Conditions in the

- North eastern Rivers of Thailand Using Time Series and Water Quality Index Models. *Journal of Sustainable Energy & Environment*, 1: 47-48.
- Singh, A.P, Ghosh, S.K. 1999. Water quality index for River Yamuna. *Poll. Res.*, 18: 435-439.
- Takić, Lj., Mladenović-Ranisavljević, I., Vasović, D., Đorđević, Lj. 2017. The assessment of the Danube River water pollution in Serbia. *Water, Air, & Soil Pollution*, 228(10): 380.

У раду су оправдано, због природе предмета истраживања, коришћене методе мултиваријационе анализе. У том смислу су консултовани утицајни радови из ове области:

- Andrade, E.M., Palácio, H.A.Q., Souza, I.H., Leão, R.A., Guerreiro, M.J. 2008. Land Use Effects in Groundwater Composition of an Alluvial Aquifer (Trussu River, Brazil) by Multivariate Techniques. *Environmental Research*, 106(2): 170-177.
- Varol, M., Gökot, B., Beklyen, A., Şen, B. 2012. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Tigris river (Turkey) using multivariate statistical techniques – A case study. *River Research and Applications*, 28(9): 1428-1438.
- Voza, D., Vuković, M., Takić, Lj., Nikolić, Đ., Mladenović-Ranisavljević, I. 2015. Application of multivariate statistical techniques in the water assessment of the Danube River, Serbia. *Archives of Environmental Protection*, 41(4): 96-103.
- Вујовић, С., Колаковић, С., Бечелић-Томин, М. 2013. Процена квалитета воде значајно измењених водних тела на територији Војводине применом мултиваријационих статистичких метода. *Хемијска индустрија*, 67(5): 823-833.
- Ilijević, K., Obradović, M., Jevremović, V., Gržetić, I. 2015. Statistical analysis of the influence of major tributaries to the eco-chemical status of the Danube River. *Environmental Monitoring and Assessment*. 187(9): 553.
- Iscen, C.F., Emiroglu, Ö., Ilhan, S., Arslan, N., Yilmaz, V., Ahiska, S. 2008. Application of multivariate statistical techniques in the assessment of surface water quality in Uluabat Lake, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 144(1-3): 269-276.
- Liao, S.W., Gau, H.S., Lai, W.L., Chen, J.J., Lee, C.G. 2008. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. *Journal of Environmental Management*, 88(2): 286-292.
- Liu, C.W., Lin, K.H., Kuo, Y.M. 2003. Application of factor analysis in the assessment of groundwater quality in a blackfoot disease area in Taiwan. *Science of the Total Environment*, 313(1-3): 77-89.
- Singh, K.P., Malik, A., Mohan, D., Sinha, S. 2004. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) – A case study. *Water Research*, 38(18): 3980-3992.
- Uncumusaoğlu, A.A., Akkan, T. 2017. Assessment of water quality of Yağlıdere Stream (Turkey) using multivariate statistical techniques. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(4): 1715-1723.
- Hamchevici, C., Udrea, I. 2013. Improving the sampling strategy of the Joint Danube Survey 3 (2013) by means of multivariate statistical techniques applied on selected physico-chemical and biological data. *Environmental Monitoring and Assessment*. 18(11): 9495-9507.
- Hua, A.K., Kusin, F.M., Praveena, S.M. 2016. Spatial variation assessment of river water quality using environmetric techniques. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25(6): 2411-2421.

У овој докторској дисертацији је коришћен и вишекритеријумски метод PROMETHEE (*Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluation*) и његов визуално интерактивни модул GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Assistance*), који користе непараметарске методе на основу упареног поређења објеката и варијабли. У раду су искоришћена позитивна искуства примене ове методе у сагледавању проблематике из домена заштите животне средине, међу којима се истичу:

- Mladenović-Ranisavljević, I., Takić, Lj., Vuković, M., Nikolić, Đ., Živković, N., Milosavljević, P. 2012. Multi-criteria ranking of the Danube water quality on its course through Serbia. *Serbian Journal of Management*, 7(2): 299-307.
- Mutikanga, H.E., Sharma, S.K., Vairavamoorthy, K. 2011. Multi-criteria decision analysis: a Strategic Planning tool for Water loss Management. *Water Resources Management*, 25: 3947-3969.
- Nikolić, Đ., Milošević, N., Mihajlović, I., Živković, Ž., Tasić, V., Kovačević, R., Petrović, N. 2010. Multi-criteria analysis of air pollution with SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> in urban area around the copper smelter in Bor, Serbia. *Water Air Soil Pollut*, 206(1-4): 369-383.
- Raju, K.S., Duckstein, L., Arondel, C. 2000. Multicriterion Analysis for Sustainable Water Resources planning: a case study in Spain. *Water Resources Management*, 14: 435-456.
- Crnković, D.M., Antanasijević, D.Z., Pocajt, V.V., Perić-Grujić, A.A., Antonović, D., Ristić, M.Đ. 2016. Unsupervised classification and multi-criteria decision analysis as chemometric tools for the assessment of sediment quality: A case study of the Danube and Sava River. *Catena*, 144:11-22.

### 3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Моделовање у области заштите животне средине може се спровести на основу резултата добијених у лабораторијским условима или на основу резултата добијених у условима мерења концентрације загађујућих супстанци и других величина у реалном времену. Други начин је примеренији за изучавање процеса који се се одвијају у екосистемима као што су, у овом случају, акватични системи површинских вода. С обзиром на то да је обележје другог приступа веће расипање резултата, код моделовања се користе савремени статистички алати међу којима доминирају две групе метода: (1) методе мултилинеарне регресионе анализе и (2) методе нелинеарне регресионе анализе у оквиру које се велики значај придаје вештачким неуронским мрежама. У овој дисертацији примењене су, међутим, током обраде података методе којима се утврђује пре свега међузависност између варијабли што је оправдано у ситуацијама када између бројних параметара квалитета површинских вода постоје изражени међуутицаји. Коришћен је при томе лиценцирани софтверски пакет SPSS (верзија 17).

Избор техника мултиваријационе анализе за третман прикупљених података, у овој дисертацији, условљен је специфичним карактеристикама одабраног предмета истраживања. Предности техника мултиваријационе анализе огледају се у томе што омогућавају: (1) добијање већег броја корисних информација из посматраног статистичког скупа; (2) откривање образаца понашања на основу међусобног односа великог броја варијабли; те (3) утврђивање да ли је одређена међузависност (одређена тестом статистичке значајности) од суштинске важности или је резултат различитих грешака; на пример, приликом узорковања.

Моделовање утицајних фактора на квалитет површинских вода у шестогодишњем периоду (2011-2016) у сливном подручју Тисе, на територији Србије, засновано је на фонду података којима располаже Агенција за заштиту животне средине. Шестогодишње праћење квалитета воде одговара уједно и временском интервалу после кога се приступа анализи еколошког статуса, односно еколошког потенцијала, према одредбама Оквирне директиве о водама. Коришћењем десет параметара неопходних за примену SWQI индексне методе, процењиван је стварни и захтевани квалитет воде Тисе и њених притока и евентуална одступања. Истраживањем стања квалитета површинских вода у овом сливном подручју обухваћено је 11 хидролошких мерних станица.

Вишекритеријумско рангирање мерних места, односно квалитета површинских вода на основу измерених вредности одабраних параметара за сливно подручје Тисе, учињено је применом комбинације метода PROMETHEE/GAIA. Метода рангирања коначног скупа алтернатива PROMETHEE (*P*reference *R*anking *O*rganization *M*ETHod for *E*nrichment *E*valuation), која обухвата PROMETHEE I за парцијално и PROMETHEE II за комплетно рангирање алтернатива, примерена је постављеном истраживачком питању. Метод PROMETHEE олакшава рангирање и распоређивање одређеног броја објеката у смислу тежина и преференција које је претходно изабрао доносилац одлука, које ће се применити на варијаблу (на пример, концентрације неких гасова присутних у површинским водама а које служе као параметри квалитета воде).

Моделовање помоћу GAIA визуелизације пружа потребне информације доносиоцу одлуке о конфликтним карактерима критеријума и њиховом тежинском утицају на коначни резултат. GAIA раван је дефинисана векторима који произлазе из матрице коваријанси, формиране анализом главних компонената (PCA анализа).

### 3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати до којих се дошло у овој дисертацији имају свој практични значај. Степен применљивости добијених резултата зависи, међу другим факторима, и од актуелног приступа у управљању квалитетом површинских вода у Републици Србији.

Предочени и анализирани резултати у овом раду могу послужити као основа за будућа истраживања квалитета текућих површинских вода (река и потока) и примену одговарајућих мера за смањење емисије загађујућих супстанци у водна тела не само из тачкастих (концентрисаних) већ и из расутих (дифузних) извора. Осим тога, идентификовани кластери мерних места за праћење квалитета вода омогућавају усавршавање система за мониторинг у смислу одређивања оптималног броја мерних станица.

### 3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Урађена докторска дисертација, анализа добијених резултата, њихово тумачење, те проистекли и објављени научни радови указују на способност кандидата Горана Бабића, мастера инжењерског менаџмента, за самостални научни рад као и за активно учешће у тимском раду.

## 4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

### 4.1. Приказ остварених научних доприноса

У оквиру ове докторске дисертације остварени су следећи научни доприноси:

- На основу креираног статистичког модела квалитета воде, полазећи од одређених корелационих зависности између различитих параметара квалитета воде за слив реке Тисе на подручју Србије, идентификована су четири главна фактора загађења (представљају 72% укупне варијансе посматраних подака), а који указују на доминантност антропогених утицаја;
- Локације мерних места, на основу анализе груписања, сврстана су у два кластера с обзиром на размере загађености испитиваних водних тела у сливу Тисе. У кластеру локација с већим загађењем нашла су се мерна места: Врбица, Бачки Брег 2 и Хетин;
- Процењен је екохемијски статус воде упоређивањем минималних, максималних и средњих вредности добијених параметара индекса квалитета воде са вредностима параметара које су предвиђене Оквирном директивом о водама;
- Извршена је оптимизација процеса узорковања и праћења квалитета воде у циљу успостављања поузданије и прецизније стратегије управљања квалитетом у области заштите животне средине.
- Утврђена је сезонска варијабилност концентрација загађујућих супстанци (у првом реду, прекомерног уноса нутријената), као и опадајући тренд присуства нитрата на читавом сливном подручју осим мерног места на реци Кереш у близини Суботице.
- Комбинацијом метода PROMETHEE/GAIA дошло се до оригиналног модела рангирања 11 локација са утврђеним релативним доприносом сваког од посматраних параметара на квалитет површинских вода на сливном подручју Тисе у Србији. Мерна места са најбољим квалитетом воде се смењују, посматрајући топли (M10, Бачки Брег 1) и хладни период (M3, Тител). У оба случаја се, рангирањем применом метода PROMETHEE, издвојила локација M11 (Бачки Брег 2, односно река Плазовић) као место са најлошијим квалитетом воде.

### 4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Ова докторска дисертација садржи обиље података који су добијени праћењем бројних параметара квалитета воде на мерним станицама применом стандардних техника узорковања. Овај начин континуираног мерења концентрација загађујућих супстанци, зависно од временских и просторних временских фактора у реалном времену, представља основу за унапређење управљања квалитетом површинских вода будући да је, по основу факторске анализе/анализе главних компонената, могуће идентификовати изворе загађења.

Пракса детаљног праћења квалитета површинских вода је увелико заживела у Републици Србији у складу са препорукама Оквирне директиве о водама. Извор информисања грађана по овом питању представља широко постављена мрежа мерних станица на површинским токовима. Пошто укупан број за праћење квалитета ових вода зависи од низа чинилаца, избору мерних места за праћење квалитета површинских вода требало би посветити далеко више истраживачке пажње. Резултати анализе у овој дисертацији

показују да се квалитет воде на самом току Тисе кроз Србију може поуздано пратити на три уместо на пет мерних станица.

Ова дисертација у том смислу представља видан помак у истраживању овог феномена јер проблем квалитета површинских вода, условљен пре свега антропогеним факторима, разматра на нивоу читавог слива. Тиме су укључена различита водна тела при чему се негативни утицаји антропогених активности на релативно мањим деоницама водотока у сливу Тисе (на пример, Плазовић или Криваја) могу одразити и на квалитет Тисе. Ипак, квалитет ове реке је углавном на захтеваном нивоу захваљујући моћи самопречишћавања која је, међутим, осетно мања када су у питању њене притоке.

Резултати истраживања, изложени у оквиру ове дисертације, од користи су у циљу идентификовања деоница речних токова за потребе детаљнијег, то јест спровођења тзв. оперативног мониторинга како би се предузеле мере у циљу побољшања квалитета угрожених водних тела. На тај начин би се реализовала контрола и превенција загађења и поштовао принцип одрживог управљања квалитетом воде реке Тисе и њених притока.

#### 4.3. Верификација научних доприноса

Верификација ове докторске дисертације је у складу са позитивним законским одредбама у Републици Србији и критеријумима Универзитета у Београду међу којима се предвиђа и објављивање најмање једог рада из дисертације у часописима са импакт фактором (IF) где би кандидат требало да буде први аутор. Кандидат Горан Бабић је до тренутка предавања дисертације за јавну одбрану добио потврду о објављивању једног рада у часопису са IF, а који се налази на SCI-JCR листи. Такође, кандидат је резултате овог истраживања два пута излагао на међународном научном скупу посвећеном овој проблематици. Из дисертације, као део дисертације, објављени су следећи радови:

**Рад у међународном часопису:** **(М-23)**

**Babić, G., Vuković, M., Voza, D., Takić, Lj., Mladenović-Ranisavljević, I.** 2019. Assessment of Surface Water Quality in the Serbian Part of the Tisa River Basin. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29, DOI: 10.15244/pjoes/95184 (*in press*); IF (2017) 1,120.

**Радови саопштени на скупу међународног значаја штампан у целини:** **(М-33)**

**Бабић, Г.** 2018. Праћење квалитета површинских вода применом SWQI методе. 47. *Међународна конференција о актуелним темама коришћења и заштите вода – ВОДА 2018*, 12 - 14. јун 2018, Сокобања, Србија, Зборник радова, стр. 185-188.

**Бабић, Г., Вуковић, М., Воza, Д., Младеновић-Ранисављевић, И.** 2019. Трендови промена параметара квалитета воде реке Тисе у периоду од 2011 до 2016. године. 48. *Међународна конференција о актуелним темама коришћења и заштите вода – ВОДА 2019*, 4 - 6. јун 2019, Златибор, Србија, Зборник радова, стр. 173-180.

## 5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Дисертација кандидата М.Сс. Горана Бабића, дипл. менаџера, садржи бројне оригиналне резултате који омогућавају надоградњу постојећих сазнања садржаних у коришћеним литературним изворима. Резултати који представљају оригиналност ове дисертације односе се на комбинацију метода вишекритеријумске анализе и техника за објективно додељивање тежина критеријумима, а у циљу свеобухватне процене квалитета површинских вода на испитиваним локацијама на сливном подручју Тисе у Србији.

Један прихваћен научни рад за објављивање (проистекао из докторске дисертације) у часопису са JCR листе категорије M23, као и два саопштења са међународних скупова, потврђују солидан квалитет остварених резултата у овом докторском раду.

Сагледавајући квалитет овог рада Комисија за оцену урађене докторске дисертације закључује да кандидат Горан Бабић испуњава све законске и остале услове за одбрану урађене докторске дисертације. Комисија закључује да је ова докторска дисертација написана према свим стандардима научно-истраживачког рада, те да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, Статутом Техничког факултета у Бору и Критеријумима које је прописао Универзитет у Београду.

Комисија, имајући у виду предочене чињенице, предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору да прихвати извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Горана Бабића под називом: „Развој модела у фази окружењу за праћење квалитета површинских вода” и да исти упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након тога кандидата позове на јавну одбрану.

У Бору, 12. јула 2019. године

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

Проф. др Милован Вуковић, редовни професор Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду

---

Др Данијела Воза, доцент Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду

---

Проф. др Љиљана Такић, редовни професор Технолошког факултета у Лесковцу Универзитета у Нишу