

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ			
1. Датум и орган који је именовано комисију: Наставно-научно веће Природно-математичког факултета у Новом Саду на 36. седници одржаној 19.07.2021. године именовало је Комисију за оцену докторске дисертације под насловом „Испитивање механизма транспорта одабраних органских полутаната кроз алувијални слој реке Дунав као допринос изучавању процеса обалске филтрације” кандидата Тамаре Апостоловић.			
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :			
1.	др Јасмина Агбаба	редовни професор	Заштита животне средине, 01.07.2015.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	ПМФ у Новом Саду		председник
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	др Јелена Тричкових	редовни професор	Физичка хемија, 01.02.2020.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	ПМФ у Новом Саду		ментор
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	др Дејан Крчмар	редовни професор	Хемијска технологија, 01.03.2021.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	ПМФ у Новом Саду		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	др Маријана Крагуљ Исаковски	ванредни професор	Заштита животне средине, 01.11.2018.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	ПМФ у Новом Саду		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5.	др Марина Шћибан	редовни професор	Биотехнологија, 13.02.2014.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Технолошки факултет у Новом Саду		члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Тамара, Бранко, Апостоловић 2. Датум рођења, општина, држава: 31.10.1987., Бачка Топола, Р. Србија 3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив: Природно-математички факултет у Новом Саду, Мастер академске студије заштите животне средине, Мастер аналитичар заштите животне средине 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: 2014. година, Докторске академске студије заштите животне средине
III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>„Испитивање механизма транспорта одабраних органских полутаната кроз алувијални слој реке Дунав као допринос изучавању процеса обалске филтрације“</p>
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Дисертација припада научној области заштите животне средине. Предмет истраживања ове докторске дисертације је испитивање транспорта одабраних органских полутаната у лабораторијским условима у којима је симулирана обалска филтрација кроз алувијални нанос реке Дунав. Испитивање је обухватило физичко-хемијску карактеризацију девет слојева вертикалног профила алувијалног наноса реке Дунав узоркованог на изворишту „Петроварадинска ада“ као природног геосорбента кроз који се одвија инфилтрација воде Дунава до подземних аквифера. Испитана је сорпција четири једињења из групе хлорованих фенола на алувијалном наносу у равнотежним и неравнотежним условима на различитим рН вредностима, у синтетичком и природном воденом матриксу ради увида у механизме везивања и судбину ових једињења током транспорта кроз испитивани геосорбент. Такође, испитана је могућност унапређења процеса обалске филтрације испитивањем транспорта хорованих фенола кроз алувијални нанос обогаћен биоугљем. Процењен је значај различитих фактора (карактеристика сорбената и сорбата, услова средине) на судбину и понашање испитиваних једињења.</p> <p>Дисертација је написана на српском језику латиничним писмом, са кључном документацијом и резимеом написаним на српском и енглеском језику. Дисертација је написана на 196 страна и садржи 6 поглавља, 37 табела, 47 слика и 212 референци. Дисертацију чини следећих 6 поглавља: Увод (3 стране); Општи део (46 страна); Експериментални део (19 страна); Резултати и дискусија (94 стране); Закључак (8 страна); Литература (26 страна).</p> <p>Испред основног текста дисертације дата је насловна страна и пратећи уводни материјал који садржи: обавезну кључну документацијску информацију (на српском и енглеском језику), захвалницу, листу скраћеница, садржај рада, резиме рада на српском и енглеском језику. Након основног текста дисертације дата је биографија кандидаткиње и План третмана података.</p>
V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Комисија је вредновала сваки део докторске дисертације како следи:</p> <p>Резиме</p> <p>Резиме на српском и енглеском језику садржи кратак преглед проблематике истраживања, постављених циљева и главних закључака изведених на основу резултата испитивања.</p> <p><i>Комисија сматра да је Резиме написан јасно и у сагласности са приказаним резултатима.</i></p> <p>Увод</p> <p>У овом поглављу је укратко дат значај процеса обалске филтрације у водоснабдевању, описана је проблематика загађивања система водоснабдевања и могућност унапређења процеса обалске филтрације обогаћивањем порозног материјала филтрационе зоне угљеничним сорбентима. Дефинисани су циљеви истраживања докторске дисертације.</p> <p><i>Комисија оцењује да Увод садржи јасан преглед проблематике, значаја и циљева истраживања.</i></p>

Општи део

У Општем делу докторске дисертације детаљно је описан процес и значај обалске филтрације као првог корака у третману воде за пиће код система водоснабдевања ослоњених на решења обалске филтрације. Дат је преглед основних процеса који се одвијају током обалске филтрације, као и карактеристике система водоснабдевања које морају бити задовољене. Посебан акценат је стављен на сорпцију као главни абиотички процес који се одвија током обалске филтрације. Описане су главне карактеристике природних геосорбената који чине филтрациону зону, као и утицај рН вредности као једног од најзначајнијих фактора који условљава процес сорпције органских полутаната на природним геосорбентима. Поглавље обухвата теоријску подлогу свих математичких модела који су у дисертацији коришћени за обраду и описивање резултата кинетике сорпције, сорпције у равнотежним условима и сорпције у неравнотежним условима. Дат је преглед карактеристика биоугља који их чине погодним материјалом за обогаћивање филтрационе зоне и унапређење процеса обалске филтрације. Описана је проблематика загађења животне средине хлорованим фенолима, њихове особине и токсичност, као и законска регулатива у Србији и свету којом су регулисани дозвољени нивои ових једињења у акватичним екосистемима и води за пиће.

У Општем делу је коришћењем опсежне и савремене литературе дат систематичан преглед процеса и фактора који условљавају судбину одабраних органских полутаната у порозним медијумима у животној средини, као и теоријске основе примењених математичких модела за описивање сорпције, као најзначајнијег абиотичког процеса који утиче на понашање полутаната од интереса у процесу обалске филтрације, на основу чега Комисија закључује да је кандидаткиња адекватно упозната са актуелним истраживањима и теоријом у овим областима.

Експериментални део

У експерименталном делу докторске дисертације јасно и концизно су описани експерименти који су спроведени у току истраживања. Описан је процес узорковања и дат преглед метода за физичко-хемијску карактеризацију слојева алувијалног наноса Дунава и биоугља. Описани су шаржни експерименти кинетике сорпције и сорпције у равнотежним условима (сорпционе изотерме) четири хлорована фенола на девет слојева алувијалног наноса Дунава и на биоугљу, уз детаљан опис варијација у експерименталним условима (3 рН вредности, 2 водена матрикса). Описани су експерименти сорпције хлорованих фенола у неравнотежним условима на различитим слојевима алувијалног наноса (колонски тестови) у два водена матрикса (синтетичком и природном), као и колонски експерименти са алувијалним наносом обогаћеним биоугљем. Дат је детаљан опис процедура за припрему прикупљених водених узорака и њихову анализу путем гасне хроматографије са масеном спектроскопијом. Објашњен је поступак мултиваријационе статистичке анализе – анализе главних компоненти – која је примењена на добијене резултате.

Експериментални део дисертације садржи детаљно описане примењене експерименталне процедуре и аналитичке технике. Такође, примењене експерименталне методе су савремене и адекватне за добијање квалитетних научних резултата и одговарајуће за испуњење постављених циљева ове докторске дисертације.

Резултати и дискусија

У поглављу Резултати и дискусија систематично су приказани и исцрпно дискутовани резултати истраживања. Резултати истраживања су презентовани јасно у виду табела и слика. Статистичке анализе су модерне, одговарајуће и адекватно употребљене.

У овом поглављу приказани су и дискутовани следећи резултати:

- физичко-хемијске карактеристике девет слојева алувијалног наноса Дунава и биоугља;
- резултати испитивања кинетике сорпције хлорованих фенола на алувијалном наносу Дунава у синтетичком воденом раствору (на три рН вредности), у природном воденом матриксу (води Дунава, на природној рН вредности) и на биоугљу (на три рН вредности) – дати су

резултати примене четири кинетичка модела на експерименталне податке и дискутована је погодност примене ових модела за описивање сорпције хлорованих фенола на испитиваним сорбентима.

- резултати испитивања сорпције хлорованих фенола у равнотежним условима на алувијалном наносу Дунава у синтетичком воденом раствору (на три рН вредности), у природном воденом матриксу (води Дунава, на природној рН вредности) и на биоугљу (на три рН вредности):
 - конструисане су сорпционе изотерме помоћу два модела;
 - добијени параметри сорпције, карактеристике сорбената и хлорованих фенола су потом подвргнути статистичкој анализи (анализи главних компоненти);
 - на основу добијених резултата одређени су фактори који имају најзначајнији утицај на сорпциони процес и предложени су могући механизми везивања хлорованих фенола на испитиване сорбенте чиме је остварен један од циљева докторске дисертације – дефинисање механизма сорпције одабраних једињења на испитиваним сорбентима и корелација добијених параметара сорпције са карактеристикама сорбената и сорбата како би се извели закључци о значају утицаја појединих фактора на судбину ових једињења у животној средини.
- резултати колонских тестова испитивања сорпције хлорованих фенола на алувијалном наносу Дунава у неравнотежним условима:
 - приказани су резултати испитивања транспорта хлорованих фенола кроз девет слојева алувијалног наноса у синтетичком матриксу, кроз шест слојева алувијалног наноса у природном матриксу (води Дунава) и кроз шест слојева алувијалног наноса са додатком 0,5% биоугља;
 - конструисане су криве пробоја које су моделоване помоћу адвекционо-дисперзионе једначине применом софтвера ТрансМод и одређени су параметри транспорта (кофицијент ретардације и коефицијент расподеле);
 - упоређени су добијени параметри транспорта за различите експерименталне услове што је омогућило боље разумевање понашања и предвиђања судбине хлорованих фенола у систему вода/природни геосорбент и процену ефикасности процеса обалске филтрације као предтретмана у припреми воде за пиће што су били циљеви докторске дисертације.
- У циљу процене могућности примене краћих и једноставнијих шаржних експеримената за предвиђање понашања испитиваних једињења током процеса обалске филтрације, извршена је корелација параметара добијених на основу испитивања сорпције у шаржним тестовима (равнотежни услови) и колонским тестовима (неравнотежни услови) чиме је остварен још један циљ докторске дисертације.

*Поглавље **Резултати и дискусија** је разумљиво и прегледно написано, резултати истраживања су оригинални и јасно представљени и интерпретирани. Кандидаткиња је студиозно, објективно и са критичким освртом на актуелне литературне податке, помоћу савремених и одговарајућих математичких и статистичких алата, анализирала добијене резултате и изложила их на свеобухватан и исцрпан начин.*

Закључак

У овом поглављу су сажети најбитнији резултати дисертације и формулисани јасни закључци који су произашли из резултата ове докторске дисертације.

*Комисија оцењује да је поглавље **Закључак** јасно написано, да су изведени закључци научно засновани и да су одговорили на постављене циљеве докторске дисертације.*

Литература

Ово поглавље обухвата 212 библиографских јединица наведених абecedним редом. Наведена литература је адекватно одабрана и указује на значај и актуелност остварених истраживања.

*Комисија сматра да је **Литература** цитирана у оквиру докторске дисертације релевантна и у складу са предметом истраживања и постављеним циљевима.*

Дисертација у целини има добро систематизовану структуру и план излагања. Редослед поглавља, структура изложеног материјала и начин приказа постигнутих научних резултата су сагласни са очекиваним резултатима датим у извештају о оцени подобности теме за израду докторске дисертације. *На основу изнетих вредновања, комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације.*

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

1. **Apostolović T.**, Tričković J., Kragulj Isakovski M., Jović B., Maletić S., Tubić A., Agbaba J. (2020): Investigation of chlorinated phenols sorption mechanisms on different layers of the Danube alluvial sediment, Journal of Environmental Sciences, 98:134-142. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.05.028> (M21)
2. **Apostolović T.**, Tričković J., Kragulj Isakovski M., Tubić A., Dalmacija B., Agbaba J. (2018) Ispitivanje sorpcione kinetike hlorovanih fenola na aluvijalnom nanosu reke Dunav. Voda i sanitarna tehnika, 1/2018, 17-26. (M51)
3. **Apostolović T.**, Tričković J., Kragulj Isakovski M., Tubić A., Krčmar D., Dalmacija B., Agbaba J. (2017): Characterization and sorption potential for pentachlorophenol of the alluvial sediment of the Danube river, 7th International Scientific and Professional Conference "WATER FOR ALL", March 9-10., Osijek, Croatia. 47. (M34)
4. **Apostolović T.**, Tričković J., Kragulj Isakovski M., Tubić A., Dalmacija B., Agbaba J. (2017) The effect of pH on chlorinated phenols sorption onto the alluvial sediment of the Danube River, 10th Micropol & Ecohazard Conference, Micropol2017., 17-20. September 2017. (M34)
5. **Apostolović T.**, Tričković J., Kragulj Isakovski M., Maletić S., Zeremski T., Dubovina M., Agbaba J. (2021) The effect of biochar amendment on chlorinated phenols retention in alluvial sediments during river bank filtration. EGU General Assembly 2021 - vEGU: Gather Online, 19-30 April 2021, Wien, Austria. <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-6782> (M34)
6. **Apostolović T.**, Tričković J., Kragulj Isakovski M., Maletić S., Tubić A., Dubovina M., Tomić R., Agbaba J. (2021) The effect of alluvial sediment properties on chlorinated phenols transport during river bank filtration. 2nd International (online) Conference on Contaminated Sediments, ContaSed2021, 9-11 June 2021, University of Bern, Switzerland. 17. (M34)
7. **Apostolović T.**, Tričković J., Kragulj Isakovski M., Tubić A., Krčmar D., Dalmacija B., Agbaba J. (2017) Uticaj pH vrednosti na sorpciju pentahlorfenola na aluvijalnom nanosu reke Dunav. Knjiga radova V Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine „DOCENT DR MILENA DALMACIJA“, Novi Sad 31.03-01.04.2017., S-02. (M63)
8. **Apostolović T.**, Tričković J., Kragulj Isakovski M., Tubić A., Dalmacija B., Agbaba J. (2018) Sorpciono ponašanje 2,4,6-trihlorfenola na aluvijalnom nanosu Dunava, Knjiga radova i apstrakata VI Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine „DOCENT DR MILENA DALMACIJA“, Novi Sad 29.03.-30.03.2018., S-04. (M63)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

На основу добијених резултата ове докторске дисертације кандидаткиња изводи следеће закључке:

- На основу карактеризације слојева вертикалног профила алувијалног наноса Дунава закључено је да постоје значајне разлике у физичко-хемијским карактеристикама ових слојева, пре свега у садржају глине и хидрауличкој проводљивости.
- Примена реакционих модела и дифузионог модела на експерименталне податке испитивања сорпционе кинетике, указала је на то да је главни ограничавајући фактор сорпције интеракција хлорованих фенола са површином геосорбента и биоугља, али да унутарчестична дифузија такође утиче на сорпциони процес.
- Путем испитивања сорпције у равнотежним условима закључено је да рН вредност раствора снажно утиче на сорпцију, јер са једне стране условљава доминантан облик хлорованих фенола у раствору, а са друге утиче на површинско наелектрисање испитиваних сорбената.
- Статистичка анализа је потврдила резултате шаржних експеримената, односно да је сорпција под јаким утицајем карактеристика геосорбента (првенствено садржаја глине и органске материје) на рН вредностима 4 и 10, док је на рН вредности 7, када су испитивана

<p>једињења у различитој мери јонизована, сорпција под значајним утицајем молекулских особина сорбата (хидрофобност, поларизабилност, константа дисоцијације).</p> <ul style="list-style-type: none"> Предложени су механизми сорпције: на рН вредности 4 када су испитивана једињења у молекулском облику, сорпција се првенствено одвија путем хидрофобних интеракција и π-π електрон донор-акцептор интеракција; на вишим рН вредностима главни механизам сорпције представљају електростатичке интеракције (на рН вредности 7 привлачне силе између јонских облика хлорованих фенола и позитивно наелектрисане површине сорбената, а на рН вредности 10 и 12 за експерименте са алувијалним наносом и боугљем, редом, електростатичко одбијање ових јона и негативно наелектрисане површине сорбента). Симулирањем процеса обалске филтрације кроз алувијални нанос у колонским тестовима уочено је да са повећањем садржаја глине и органске материје у слојевима алувијалног наноса, расте њихов потенцијал да задрже хлороване феноле. Додатак биоугља у слојеве алувијалног наноса побољшава задржавање свих испитиваних једињења у геосорбенту, при чему је ретардација повећана 14-140 пута у односу на слојеве алувијалног наноса без додатка биоугља. Корелацијом параметара транспорта са особинама геосорбента и хлорованих фенола, закључено је да садржај глине и величина специфичне површине сорбената, као и поларизабилност и степен дисоцијације сорбата имају значајан утицај на процесе сорпције и транспорта испитиваних једињења. Није пронађена корелација између коефицијената расподеле израчунатих из шаржних и колонских експеримената што указује на то да шаржни експерименти сорпције у равнотежним условима не могу предвидети понашање хлорованих фенола у неравнотежним условима током процеса обалске филтрације и нису адекватни за процену ризика од пробоја ових једињења до подземних аквифера.
<p>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:</p> <p>Кандидаткиња је студиозно и исцрпно приступила обради и анализи експерименталних резултата добијених у оквиру дисертације. Резултати истраживања су јасно представљени, статистички добро обрађени, графички и табеларно добро интерпретирани, детаљно дискутовани и критички упоређени са резултатима из доступне цитиране литературе. На основу резултата и дискусије изведени су закључци који дају јасне одговоре на постављене циљеве докторске дисертације.</p> <p><i>На основу наведеног, Комисија даје позитивну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.</i></p> <p>Напомена: Докторска дисертација је у библиотеци Природно-математичког факултета прошла проверу плагијаторства применом софтвера iThenticate и утврђен је индекс сличности ("Similarity Index") од 11%. Комисија оцењује да добијени резултат за индекс сличности потврђује оригиналност докторске дисертације. Утврђено поклапање односило се пре свега на експериментални део рада и процедуре извођења експеримента, као и поклапање са деловима радова кандидаткиње у којима су објављени резултати докторске дисертације.</p>
<p>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?</p> <p><i>Докторска дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</i></p> <p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?</p> <p><i>Докторска дисертација садржи све битне елементе научно-истраживачког рада.</i></p> <p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?</p> <p>Ова докторска дисертација представља оригинални научни допринос на пољу заштите животне средине јер је први пут испитан транспорт хлорованих фенола кроз алувијални нанос реке Дунав на подручју града Новог Сада у циљу испитивања процеса обалске филтрације као првог корака у пречишћавању воде за пиће. Како је показано кроз овај рад, транспорт и задржавање органских полутаната током процеса обалске филтрације условљени су различитим факторима као што су физичко-хемијске карактеристике порозног (филтрационог) медијума, услови средине и природа</p>

<p>самих једињења. Ови фактори су изузетно променљиви и специфични за сваки локалитет, због чега је неопходно добро познавати њихов појединачни и заједнички утицај на процес транспорта, како би се могло што боље предвидети понашање полутаната у сваком конкретном систему унутар кога влада специфичан сет услова и фактора средине.</p> <p>Такође, до сада није испитана могућност побољшања процеса обалске филтрације обогаћивањем порозног медијума филтрационе зоне погодним сорбентом који има потенцијал за задржавање широког спектра полутаната. Обогаћивање алувијалног наноса Дунава оваквим материјалом може значајно смањити ризик од продора загађења до изворишта, омогућити добијање сирове воде високог квалитета и тиме смањити потребу за додатним третманима у припреми воде за пиће.</p> <p><i>Комисија сматра да ова докторска дисертација има све елементе оригиналног научног истраживања.</i></p>
<p>4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?</p> <p><i>Комисија није уочила недостатке дисертације који би утицали на резултате истраживања и мишљења је да су постављени циљеви у потпуности испуњени.</i></p>
<p>X ПРЕДЛОГ:</p> <p><i>На основу наведеног, комисија предлаже да се прихвати позитивна оцена докторске дисертације под насловом „Испитивање механизма транспорта одабраних органских полутаната кроз алувијални слој реке Дунав као допринос изучавању процеса обалске филтрације” и да се кандидаткињи Тамари Апостоловић одобри одбрана.</i></p>
<p>(а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана; б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени); в) да се докторска дисертација одбије.</p>

Место и датум:
Нови Сад, 21.07.2021.

1. др Јасмина Агбаба, редовни професор
_____, председник

2. др Јелена Тричковић, редовни професор
_____, ментор

3. др Дејан Крчмар, редовни професор
_____, члан

4. др Маријана Крагуљ Исаковски, ванредни професор
_____, члан

5. др Марина Шћибан, редовни професор
_____, члан

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.