

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ			
<p>1. Датум и орган који је именовано комисију: Декан Факултета техничких наука, решењем број 012-199/27-2018 од 01.07.2021. на предлог Наставно-научног већа Факултета техничких наука, Универзитета у Новом Саду, именовано је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p> <p>2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i>:</p>			
1.	др Јелена Радонић	редовни професор	УНО: Инжењерство заштите животне средине, 01.02.2020.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука		Председник комисије
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2.	др Срђан Ковачевић	научни сарадник	УНО: Инжењерство заштите животне средине, 24.06.2019.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3.	др Тања Брдарих	научни сарадник	УНО: Физичка хемија-Заштита животне средине, 25.02.2015.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке Винча - Институт од националног значаја за Републику Србију		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4.	др Ивана Михајловић	ванредни професор	УНО: Инжењерство заштите животне средине, 01.02.2020.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука		Ментор
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5.	др Горан Штрбац	ванредни професор	УНО: Експериментална физика кондензоване материје, 24.02.2019.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет		Ментор
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији
6.	др Савка Адамовић	доцент	УНО: Графичко инжењерство, 26.01.2017.
	презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
	Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука		Члан
	установа у којој је запослен-а		функција у комисији

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1. Име, име једног родитеља, презиме:

Младенка, Илија, Новаковић

2. Датум рођења, општина, држава:

23.07.1990., Бијељина, Република Српска

3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:

Факултет техничких наука, Нови Сад, Мастер академске студије, Мастер инжењер заштите животне средине

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:

2014. године, Инжењерство заштите животне средине

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Примена нових наноструктурних фотокатализатора у разградњи активних супстанци одабраних фармацеутика у акватичном матриксу

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација се састоји из следећих поглавља:

1. Увод
2. Фармацеутска једињења у животној средини
3. Конвенционалне технологије за третман отпадних вода
4. Напредни оксидациони третмани
5. Параметри који утичу на фотокаталитички процес
6. Преглед литературе у пољу фотокаталитичке разградње диклофенака
7. Преглед литературе у пољу фотокаталитичке разградње ибупрофена
8. Преглед литературе у пољу фотокаталитичке разградње напроксена
9. Преглед литературе у пољу фотокаталитичке разградње кетопрофена
10. Материјал и методе
11. Резултати и дискусија
12. Закључна разматрања
13. Литература

Докторска дисертација кандидата Младенке Новаковић је конципирана кроз 13 поглавља. Дисертација је написана на 237 стране А4 формата и садржи 48 табела, 66 слика, 107 графикона и 460 цитираних навода.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Прво поглавље – Увод

У оквиру првог поглавља дата су уводна разматрања у области истраживања примене иновативне и напредне технологије за уклањање фармацеутских полутаната из воденог медијума, дефинисани су предмет, циљеви и хипотезе истраживања спроведеног у оквиру дисертације, као и истраживачки задаци спроведени у циљу потврде хипотезе.

Друго поглавље - Фармацеутска једињења у животној средини

У оквиру другог поглавља приказане су теоријске основе о судбини и понашању фармацеутских једињења у животној средини. Поглавље је конципирано тако да су наведене литературне информације о изворима уноса фармацеутских компонената и метаболита, као и концентрациони нивои селектованих нестероидних антиинфламаторних лекова (НСАИЛ) у различитим акватичним медијумима. Указано је на чињеницу да судбина и перзистентност излучених фармацеутика и метаболита у акватичној средини зависе од физичко-хемијских особина фармцеутика и хемијских и биолошких карактеристика рецепијената. Као најважније хемијске особине фармацеутских компонената издвојене су константа дисоцијације киселине (pK_a), партициони коефицијент октанол-вода ($\log K_{ow}$), коефицијент дистрибуције октанол-вода ($\log D_{ow}$), партициони коефицијент органски угљеник-вода ($\log K_{oc}$) и растворљивост. Ове карактеристике показују јонизационо стање компонената, хидрофобност и партиципу у води, у чврстој материји, седименту и биолошком медијуму. НСАИЛ су дефинисани као емергентни микрополутанти и представљају групу фармацеутских једињења који су најфреквентније детектовани у акватичним екосистемима. Напредак у развоју аналитичких метода за детекцију органских једињења у ниским концентрационим нивоима, допринео је детекцији НСАИЛ и у води за пиће. У другом делу поглавља је приказано стање у области законске регулативе о фармацеутским једињењима. Посебан истраживачки ток у оквиру поглавља је био базиран на детаљној анализи литературе о екотоксиколошким ефектима диклофенака, ибупрофена, кетопрофена и напроксена на различите акватичне организме.

Треће поглавље - Конвенционалне технологије за третман отпадних вода

У оквиру трећег поглавља дат је детаљан увид у до сада примењиване конвенционалне технологије за уклањање фармацеутских резидуа, као и ограничења њихове примене. Конвенционалне методе за третман ефлуената нису ефикасне због немогућности комплетног уклањања полутаната који имају ниску или никакву тенденцију ка процесима адсорпције или испаравања. Још један од недостатака наведених третмана је трансфер полутаната из једне фазе у другу, чиме се ствара проблем одлагања насталог отпада. Биолошки третмани захтевају велики оперативни простор, примену хемикалија које су токсичне и поседују мању флексибилност у дизајну и оперативности.

Четврто поглавље - Напредни оксидациони третмани

У оквиру четвртог поглавља формулисан је основни теоријски концепт напредних оксидационих процеса. Напредни оксидациони процеси се посебно истражују и примењују за уклањање полутаната који су високо хемијски стабилни или су резистентни према комплетној минерализацији у конвенционалним третманима као што су биолошки третмани. Већина напредних оксидационих процеса се спроводи на собној температури и на атмосферском притиску. Посебан истраживачки ток у оквиру поглавља базиран је на теоријској основи фотокаталитичког процеса (кинетичкој и термодинамичкој), као и врстама наноматеријала који се могу користити као фотокатализатори. Детаљан приказ основних карактеристика анализираних металних оксида (ZnO , SnO_2 , TiO_2 и In_2O_3) је дат у четвртном поглављу.

Пето поглавље - Параметри који утичу на фотокаталитички процес

У оквиру петог поглавља приказани су основни параметри који значајно утичу на ефикасност фотокаталитичке декомпозиције емергентних полутаната. Параметри који утичу на фотокаталитички процес су: почетна концентрација полутанта, концентрација наноматеријала као фотокатализатора, pH вредност, интензитет светлости, таласна дужина светлости, температура и

присутност електрон акцептора и ови параметри су детаљно описани у оквиру поглавља. Поред основних параметара, анализирана је величина честица и површина фотокатализатора, њихова кристална структура и морфологија, који су такође од значаја за фотокаталитички процес. Избор оптималног извора зрачења је један од најважнијих параметара у областима истраживања фотокаталитичког процеса.

Шесто поглавље - Преглед литературе у пољу фотокаталитичке разградње диклофенака

У оквиру шестог поглавља приказан је преглед научних истраживања фотокаталичке декомпозиције диклофенака применом различитих врста наноструктурних материјала. За сваки имплементирани наноматеријал приказани су основни оперативни параметри, као и ефикасност у разградњи диклофенака изражена у процентуалним смањењима концентрација. Потенцијални формирану фотокаталитички интермедијери су приказани у оквиру поглавља.

Седмо поглавље - Преглед литературе у пољу фотокаталитичке разградње ибупрофена

У оквиру седмог поглавља приказан је преглед научних истраживања фотокаталичке декомпозиције ибупрофена применом различитих врста наноструктурних материјала. За сваки имплементирани наноматеријал приказани су основни оперативни параметри, ефикасност у разградњи ибупрофена изражена у процентуалним смањењима концентрација, као и потенцијални формирану фотокаталитички интермедијери.

Осмо поглавље - Преглед литературе у пољу фотокаталитичке разградње напроксена

У оквиру осмог поглавља приказан је преглед научних истраживања фотокаталичке декомпозиције напроксена применом различитих врста наноструктурних материјала. За сваки имплементирани наноматеријал приказани су основни оперативни параметри, као и ефикасност у разградњи напроксена изражена у процентуалним смањењима концентрација. Потенцијални формирану фотокаталитички интермедијери су такође приказани у оквиру поглавља.

Девето поглавље - Преглед литературе у пољу фотокаталитичке разградње кетопрофена

У оквиру деветог поглавља приказан је преглед научних истраживања фотокаталичке декомпозиције кетопрофена применом различитих врста наноструктурних материјала. За сваки имплементирани наноматеријал приказани су основни оперативни параметри, ефикасност у разградњи кетопрофена изражена у процентуалним смањењима концентрација, као и потенцијални формирану фотокаталитички интермедијери.

Десето поглавље - Материјал и методе

У оквиру десетог поглавља приказани су материјали и методе које су коришћене приликом спровођења експерименталних процедура дефинисаних у докторској дисертацији. У оквиру поглавља приказан је принцип синтезе нових наноструктурних мешавина (ZnO/SnO_2 , ZnO/TiO_2 и ZnO/In_2O_3). Технике за анализу морфологије, састава, кристалографских и других особина су дефинисане и представљене у поглављу. Поред метода за физичку карактеризацију, приказане су и аналитичке методе коришћене при анализи ефикасности фотокаталитичког процеса и степену минерализације анализираних фармацеутских компонената, као и при идентификацији формирану фотокаталитичких интермедијера. У циљу испитивања ефикасности примењеног фотокаталитичког процеса, у дисертацији су урађене економска и SWOT анализа. Експериментална испитивања су спроведена у акредитованој Лабораторији за мониторинг животне и радне средине на Департману за инжењерство заштите животне средине и заштиту на раду, Факултета техничких наука. Синтеза и физичка карактеризација наноструктурних фотокатализатора је спроведена на Природно-математичком факултету, Департману за физику, Универзитета у Новом Саду и у *Foundation for Research and Technology – Hellas (FORTH/ICE-HT)*, Института за хемијско инжењерство у Патри, Грчка. Тестови токсичности насталих интермедијера су испитивани на Природно-математичком факултету, Департману за биологију и екологију, Универзитета у Новом Саду.

Једанаесто поглавље - Резултати и дискусија

У оквиру једанаестог поглавља детаљно су представљени резултати истраживања која су обухватала карактеризацију селектованих наноматеријала. Поред физичке карактеризације анализираних наноматеријала, у циљу повезивања особина фотокатализатора са њиховом ефикасношћу, приказани су и резултати понашања фармацеутских једињења при различитим експерименталним условима фотокатализе (рН, иницијална концентрација фармацеутика, иницијална концентрација фотокатализатора, време зрачења, утицај неорганских конституената) за сваки изабрани наноматеријал. Потенцијални токсиколошки ефекти НСАИЛ и ZnO/SnO₂ и компетитивни ефекти фармацеутских једињења у фотокаталитичком систему су такође коментарисани у поглављу. Будући да су истраживања показала да разградња испитиваних фармацеутика зависи не само од њихове природе, а по којој се значајно разликују, већ и од физичко-хемијских особина система и концентрација фотокатализатора и фармацеутика, детаљно су анализирани сви квалитативни и квантитативни резултати добијени под најразличитијим експерименталним условима у циљу одређивања оптималних услова за најефикаснију фотокаталитичку разградњу.

Дванаесто поглавље - Закључна разматрања

У оквиру дванаестог поглавља приказана су закључна разматрања која су изведена на основу спроведених експерименталних истраживања у оквиру докторске дисертације, са истакнутим доприносом докторске тезе у пољу примене савремених технолошких решења за елиминацију фармацеутских једињења из акватичних матрикса.

Тринаесто поглавље - Литература

У оквиру тринаестог поглавља приказан је списак научне литературе која је релевантна за истраживања у пољу докторске дисертације и која је коришћена и консултована у току њене израде.

Комисија је позитивно оценила сва поглавља 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:

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе.

M21-Рад у врхунском међународном часопису

1. Štrbac, D., Aggelopoulos, C., Štrbac, G., Dimitropoulos, M., **Novaković, M.**, Ivetić, T., Yannopoulos, S.: Photocatalytic degradation of Naproxen and Methylene blue: Comparison between ZnO, TiO₂ and their mixture, *Process Safety and Environmental Protection*, 2018, Vol. 113, pp. 174-183, ISSN: 0957-5820. **M21**

M23- Рад у међународном часопису

1. **Novaković, M.**, Štrbac, D., Petrović, M., Štrbac, D., Mihajlović, I.: Decomposition of pharmaceutical micropollutant– diclofenac by photocatalytic nanopowder mixtures in aqueous media: effect of optimization parameters, identification of intermediates and economic considerations, *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 2019, Vol. 55, pp. 483-497. **M23**

M33-Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. **Novaković, M.**, Bežanović, V., Ivetić, T., Mihajlović, I., Štrbac, G., Štrbac, D., Petrović, M.: Efficiency of ZnO/SnO₂ nano powder catalyst for photodegradation of pharmaceutically active

- water pollutants, 5th International Conference „Ecology of Urban Areas 2016“, Technical faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, Serbia, 30th September, 2016, pp. 138-142, ISBN 978-86-7672-291-4. **M33**
2. **Novaković, M.**, Bežanović, V., Štrbac, D., Ivetić, T., Petrović, M., Štrbac, G., Mihajlović, I.: Degradation of Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drug- Naproxen from Aqueous Solution by Photocatalysis with Nanopowder Mixtures, 9th Eastern European Young Water Professionals Conference, Budapest University of Technology and Economics, Budapest, Hungary, 24-25 May, 2017, pp. 634-638. **M33**
 3. Štrbac, D., **Novaković, M.**, Štrbac, G.: Photocatalytic decomposition of diclofenac, ibuprofen and ketoprofen by ZnO for wastewater treatment, 26th International Conference Ecological Truth and Environmental Research, Bor Lake, Serbia: University of Belgrade, Technical Faculty Bor, 12-15 June, 2018, pp. 255-260, ISBN 978-86-6305-076-1. **M33**
 4. Štrbac, D., **Novaković, M.**, Štrbac, G., Mihajlović, I., Petrović, M.: Diclofenac, ibuprofen and ketoprofen photocatalytic decomposition by TiO₂ nano powder, 27th International Conference Ecological Truth and Environmental Research, Bor Lake, Serbia: University of Belgrade, Technical Faculty Bor, 18-21 June, 2019, pp. 195-198, ISBN 978-86-6305-097-6. **M33**

M34 - Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. Štrbac, D., Štrbac, G., **Novaković, M.**, Yannopoulos, S., Aggelopoulos, C.: Synthesis of Novel ZnO/TiO₂ Nanopowder Catalyst for Photodegradation of Pharmaceutically Active Water Pollutants, The IRES- 91st International Conference on Innovative Engineering Technologies (ICIET), Vienna, Austria, 28-29 October, 2016, pp. 1-1, ISBN: 978-93-86083-34-0. **M34**
2. **Novaković, M.**, Štrbac, D., Ivetić, T., Petrović, M., Obrovski, B., Štrbac, G., Vojinović-Miloradov, M.: Photocatalytic decomposition of diclofenac sodium in aqueous solution by nanopowder mixture ZnO/TiO₂, 27th SETAC Europe Annual Meeting, Brussels, Belgium, 07-11 May, 2017, pp.160-160. **M34**
3. Ćelić, N., Lukić-Petrović, S., Ivetić, T., **Novaković, M.**, Petrović, D.: ZnO/SnO₂ PMMA Nanocomposites for Photocatalytic Applications, 4th International Conference on Nanotechnology, Nanomaterials & Thin Films for Energy Applications, Aalto University, Espo, Finland, 26-28 July, 2017, pp. 7-7. **M34**
4. Štrbac, G., **Novaković, M.**, Štrbac, D., Bubulj, S., Mihajlović, I.: Influence of variation of pH and concentration on efficiency of naproxen removal from mixture of pharmaceuticals by advanced oxidation photocatalysis using ZnO/TiO₂, 5th Central and Eastern European Conference on Thermal Analysis and Calorimetry (CEEC-TAC5) and 14th Mediterranean Conference on Calorimetry and Thermal Analysis (Medicta2019), Rome, Italy, 27-30 August, 2019, pp. 467-467, ISBN 978-3-940237-59-0. **M34**

M63- Саопштења са скупа националног значаја штампано у целини

1. **Novaković, M.**, Bežanović, V., Ivetić, T., Štrbac, G., Mihajlović, I., Štrbac, D.: Photodegradation of diclofenac sodium in aqueous solution by ZnO/SnO₂ powder mixture catalyst, 22nd International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Segedin, Mađarska: University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, 10 October, 2016, pp. 9-12, ISBN 978-963-306-507-5. **M63**
2. Stanić, B., **Novaković, M.**, Sremački, M., Mihajlović, I., Vojinović Miloradov, M.: Procena biokompatibilnosti metode za fotokatalitičku razgradnju nestereodnih antiinflamatornih lekova u procesu prečišćavanja otpadnih voda, Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, Udruženje za tehnologiju vode i sanitano inženjerstvo, Brzeće, Srbija, 27-29. mart, 2018, pp: 135-139, ISBN 978-86-82931-83-6. **M63**
3. **Novaković, M.**, Bežanović, V., Petrović, M., Štrbac, G., Štrbac, D., Mihajlović, I.: Application of nanopowder mixture for photocatalytic decomposition of ibuprofen in aqueous solutions, 1st

International Conference The Holistic Approach to Environment, Sisak, Republic of Croatia: Association for Promotion of Holistic Approach to Environment, 13-14 September, 2018, pp. 530-536, ISBN 2623-677X. **M63**

4. Štrbac, D., Bubulj, S., **Novaković, M.**, Štrbac, G., Mihajlović, I.: Influence of photocatalysts mass on photocatalytic degradation of mixture of pharmaceuticals by oxide ZnO/TiO₂ nanopowder. 24th International Symposium on Analytical and Environmental Problems, Segedin, Mađarska: University of Szeged, Department of Inorganic and Analytical Chemistry, 8-9 October, 2018, pp.214-218, ISBN 978-963-306-623-2. **M63**
5. **Novaković, M.**, Štrbac, D., Petrović, M., Bežanović, V., Mihajlović, I., Štrbac, G., Vojnović-Miloradov, M.: Uklanjanje emergentnog ibuprofena iz vodenog rastvora primenom nanostrukturne mešavine ZnO/In₂O₃, 49. Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad, Kragujevac, Srbija, 2-4. april, 2019, pp. 124-128, ISBN 978-86-82931-86-7. **M63**

M64 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу

1. **Novaković, M.**, Štrbac, D., Petrović, M., Mihajlović, I., Štrbac, G., Vojnović-Miloradov, M.: Fotokatalitička razgradnja diklofenaka u akvatičnom medijumu primenom nanostrukturne mešavine ZnO/In₂O₃, 55. Savetovanje SHD, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, Srbija, 8-9. jun, 2018, pp.55-55, ISBN: 978-86-7132-069-6. **M64**
2. Vojnović-Miloradov, M., **Novaković, M.**, Mihajlović, I., Štrbac, G., Petrović, M.: Fotokatalitička degradacija ibuprofena u akvatičnom matriksu primenom nanokatalitičke smeše ZnO/TiO₂, 8. Simpozijum „Hemija i zaštita životne sredine - EnviroChem“, Kruševac, Srbija, 30. maj -1. jun, 2018, pp.59-60, ISBN: 978-86-7132-068-9. **M64**

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Новосинтетисани наноматеријали су синтетисани механохемијским поступком комбинацијом цинк оксида са три метална оксида (SnO₂, TiO₂, In₂O₃) у односу 2:1. Анализиране смеше наноматеријала су први пут коришћене за декомпозицију фармацеутских једињења која припадају групи нестероидних антиинфламаторних лекова. Испитивани су ефекти врсте фотокатализатора и различитих оперативних параметара на ефикасност фотокаталитичке деградације (иницијална маса наноматеријала, рН вредност, концентрација полутанта и време третмана). Добијени резултати низа спроведених експеримената моделовани су према *Langmuir-Hinshelwood* моделу.

На основу детаљно спроведених експерименталних процедура и добијених резултата могу се извести следећи закључци:

- На основу SEM снимака може се закључити да су новосинтетисани наноматеријали лоптастог облика са средњом величином честица ~100 nm. Специфична површина наноструктурне мешавине је износила $4,7 \pm 0,1 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$. Нижа вредност ВЕТ површине је измерена у односу на вредности посебних прекурсора што указује на чињеницу да у наноструктурној мешавини доминира површина цинк оксида будући да TiO₂ испољава два пута већу површину у поређењу са ZnO.
- Кристална структура селектованих наноматеријала је одређена применом рендгенске дифракционе анализе (*X-Ray Diffraction* - XRD). У докторској дисертацији су представљени XRD снимци наноструктурне мешавине ZnO са In₂O₃ и TiO₂. Средње вредности величине кристалита су износиле 58,1(9) nm и 62(3) nm за ZnO и In₂O₃, респективно. У случају посматрања наноструктурне мешавине ZnO/TiO₂, XRD снимак указује на то да су средње вредности кристалита: 83(2) nm, 74(2) и 84(5) nm за ZnO, Zn₂TiO₄ и TiO₂, респективно. Раманов спектар наноструктурног фотокатализатора ZnO/TiO₂ указује на присутност широке позадине, што није случај код чистог TiO₂. UV-VIS дифузиони рефлексциони спектри чистог TiO₂ и мешаних оксида ZnO/TiO₂ су показали померање ивице апсорпције мешаних нанокристала до ~380 nm, што одговара ивици видљивог опсега и представља предност анализираног наноматеријала у будућим применама.
- На основу представљених резултата могу се приметити различити ефекти при промени рН

вредности акватичних медијума у случају фотокаталитичке декомпозиције индивидуалних фармацеутских једињења. Анализирани наноматеријали су испољавали различите утицаје на декомпозицију диклофенака. Алкални услови у случају $\text{ZnO}/\text{In}_2\text{O}_3$ фаворизују процес деградације диклофенака, док је у случају алкалне и киселе средине за ZnO/SnO_2 постигнута максимална деградација диклофенака. За ZnO/TiO_2 највећа разградња се постиже у немодификованом воденом медијуму. Утицај рН вредности у случају напроксена и $\text{ZnO}/\text{In}_2\text{O}_3$ је значајан. Најбољи резултати постигнути су при немодификованој рН вредности у случају ZnO/SnO_2 и ZnO/TiO_2 .

- Приказани резултати указују на то да је максимална декомпозиција диклофенака применом различитих концентрација наноматеријала постигнута до критичне вредности која је у случају примене ZnO/SnO_2 и $\text{ZnO}/\text{In}_2\text{O}_3$ износила $0,20 \text{ mg ml}^{-1}$, док је пораст концентрације у случају ZnO/TiO_2 проузроковао пад у ефикасности разградње. Комплетна декомпозиција напроксена је постигнута применом $\text{ZnO}/\text{In}_2\text{O}_3$ и ZnO/SnO_2 што није био случај применом ZnO/TiO_2 . Оптимална концентрација наноматеријала за ефикасан третман је износила $0,40 \text{ mg ml}^{-1}$.
- Комплетна декомпозиција при свим анализираним условима је постигнута за случај кетопрофена и диклофенака, док је најрезистентнији фармацеутик био ибупрофен.
- Степен минерализације у третираним акватичним растворима изражен преко укупног органског угљеника указује на то да није постигнута потпуна минерализација селектованих НСАИЛ иако је у случају диклофенака и кетопрофена постигнута комплетна фотокаталитичка декомпозиција.
- Резултати цитотоксичних тестова на вијабилност хуманих НерG2 ћелија су показали да наноматеријали не испољавују негативне ефекте као индивидуални и у систему мешаних оксида (ZnO , SnO_2 , ZnO/SnO_2). Диклофенак је једино показао умерено цитотоксичан ефекат при испитиваним концентрацијама од $50 - 100 \text{ mg l}^{-1}$ након изложености током 24 и 48 h. Приказани резултати указују на то да се приликом фотокаталитичке разградње диклофенака формирају токсични интермедијери. Остали резултати показују да напроксен, кетопрофен и ибупрофен не испољавују негативне ефекте на вијабилност НерG2 ћелија. Са аспекта биокомпатибилности, фотокаталитичка декомпозиција селектованих фармацеутских једињења са новосинтетисаним наноматеријалима представља погодан третман отпадних вода оптерећених НСАИЛ.
- Резултати конкуритивних реакција фотокаталитичког система селектованих НСАИЛ указују на то да је најинтезивнији процес деградације изражен код кетопрофена који је комплетно деградиран у првих 20 минута процеса. Брзина деградације у случају кетопрофена и диклофенака је израженија у конкуритивном систему у односу на индивидуалне системе, док је смањење у брзини деградације примећено код напроксена. Значајне промене нису примећене код ибупрофена. Утицај рН вредности је посебно изражен код напроксена при којем се инхибира процес фотокаталитичке декомпозиције. Најоптималнији услов за фотокаталитичку декомпозицију фармацеутске мешавине је немодификована рН вредност акватичног медијума када је реч о $\text{ZnO}/\text{In}_2\text{O}_3$ и ZnO/SnO_2 што представља предност са економског аспекта. Конкуритивни ефекат у случају различитог опсега концентрације фармацеутика је изражен код ибупрофена, диклофенака и напроксена, посебно у случају највише концентрације од 10 mg l^{-1} .
- Инхибиторски ефекат у случају примене различитих неорганских анијона је посебно изражен у случају нитратних јона чијим порастом концентрације долази до смањења деградационе константе. Фосфатни јони имају позитиван ефекат на деградацију диклофенака чијом се адицијом до оптималне концентрације повећава вредност деградационе константе. Негативан утицај је запажен у случају напроксена, кетопрофена и ибупрофена. Хлоридни јони су у случају диклофенака, напроксена и ибупрофена поспешили фотокаталитички процес, док у случају кетопрофена долази до смањења вредности деградационе константе. Добијени резултати указују на стабилност и ефикасност анализираних наноструктурних мешавина у фотокаталитичкој разградњи фармацеутика и тиме се потврђује ефикасна

примена при реалним условима услед третмана комуналних отпадних вода.

- Примењена економска анализа указује на то да је фотокатализа са анализираним наноматеријалима економски исплатив процес и представља предност у будућем коришћењу у постројењима за пречишћавање комуналних отпадних вода.
- Наноструктурни фотокатализатори анализирани у истраживању су успешне алтернативе за традиционалне наночестице титанијум диоксида у процесу пречишћавања вода.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу детаљног прегледа докторске дисертације Комисија закључује да су резултати експерименталног истраживања приказани и тумачени на јасан, систематичан и научно коректан начин у складу са дефинисаним циљевима, задацима и хипотезама истраживања. Резултати истраживања потврђују постављене хипотезе.

Извршена је софтверска провера докторске дисертације на плагијаризам (*iThenticate*) од стране Библиотеке Факултета техничких наука, Нови Сад, и утврђен је индекс сличности (Similarity Index) од 3 %.

У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Да, дисертација је у потпуности написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Да, дисертација садржи све битне елементе карактеристичне за докторску дисертацију из области техничко-технолошких наука. Дефинисани проблем и циљ истраживања, постављене хипотезе и потврда хипотеза урађени су у потпуности на систематичан и научни начин, у складу са захтевима и методом научног рада. Добијени резултати су адекватно приказани и детаљно дискутовани, на основу чега су изведени коректни и логични одговарајући закључци истраживања.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Оригиналан допринос докторске дисертације науци представља примена нових наноматеријала са побољшаним перформансима у односу на традиционални титанијум диоксид. Нови наноструктурни материјали су први пут коришћени за фотокаталитичку декомпозицију селектованих нестероидних антиинфламаторних фармацеутских полутаната (диклофенак, ибупрофен, напроксен и кетопрофен) у води.

Свеобухватни и детаљни резултати презентовани у докторској дисертацији указују на значајан потенцијал наноструктурних материјала за уклањање фармацеутских микрополутаната из воде и могу представљати адекватно технолошко решење у постројењима за пречишћавање комуналних отпадних вода контаминираним фармацеутским резидуама.

На основу наведеног, Комисија је закључила да је у раду остварен значајан и оригиналан научни допринос у области примене савремених напредних технологија за елиминацију фармацеутских једињења из акватичног матрикса.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

Докторска дисертација нема недостатке који би утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу наведеног, комисија предлаже:

- 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.**

Место и датум: Нови Сад, 09.07.2021.

1. др Јелена Радонић, редовни професор
_____, председник

2. др Срђан Ковачевић, научни сарадник
_____, члан

3. др Тања Брдарић, научни сарадник
_____, члан

4. др Савка Адамовић, доцент
_____, члан

5. др Ивана Михајловић, ванредни професор
_____, ментор

6. др Горан Штрбац, ванредни професор
_____, ментор

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.