

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/330

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

12.1.2023.

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

Фотокаталитичка деградација фунгицида употребом композитних катализатора на бази титан(IV)-оксида уз мониторинг екотоксикологије продуката деградације

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Александар (Андрија) Јовановић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Мастер студије, Мастер инжењер технологије

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2020.

4. Година уписа на докторске студије: 2020.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Инжењерство заштите животне средине

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 1 :

Име и презиме ментора: др Владимир Павићевић

Звање: ванредни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитет у Београду

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Lazarević S., Janković-Častvan I., D. Tanasković I., **Pavićević V.**, Janačković Đ., Petrović R.: *Sorption of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Sr^{2+} Ions on Calcium Hydroxyapatite Powder Obtained by the Hydrothermal Method*, J. Env. Engin., Vol 134, 2008, 683–688., ISSN 0733–9372, IF(2008) =1,371
2. **Pavićević V.**, Marković M., Milojević S., Ristić M., Povrenović D., Veljković V.: Microwave-assisted hydrodistillation of juniper berry essential oil: kinetic modeling and chemical composition, J Chem Technol Biot, Vol 91, No 4, 2016, 883–891., IF(2016)=3,135
3. Marković M., Radosavljević D., **Pavićević V.**, Ristić M., Milojević S., Bošković-Vragolović N., Veljković V.: Influence of common juniper berries pretreatment on the essential oil yield, chemical composition and extraction kinetics of classical and microwaveassisted hydrodistillation, Industrial Crops & Products 122 (2018), 402–413., IF(2018)=4,191
4. Milica Karanac, Maja Đolić, Đorđe Veljović, Vladana Rajaković-Ognjanović, Zlate Veličković, **Vladimir Pavićević** and Aleksandar Marinković, The removal of Zn^{2+} , Pb^{2+} , and As(v) ions by lime activated fly ash and valorization of the exhausted adsorbent, Waste Management, Elsevier, Vol. 78, 2018, pp. 366-378., ISSN 0956 053X, IF(2018)=5,431
5. Bojan Ranković, Andrea Sagatova, Ivica Vujčić, Slobodan Mašić, Đorđe Veljović, **Vladimir Pavićević**, Željko Kamberović, Utilization of gamma and e-beam irradiation in the treatment of waste sludge from a drinking water treatment plant, Radiation Physics and Chemistry, 177 (2020), Article109074. DOI:10.1016/j.radphyschem.2020.109174, ISSN 0969-806X, IF(2019)=2,226

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

Име и презиме ментора: др Марија Стевановић

Звање: научни сарадник Института за пестициде и заштиту животне средине

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Milaš 1 Radivojević, Lj., Gašić, S., Gajić Umiljendić, J., **Stevanović, M.**, Šantrić, Lj. (2015): Enhancement of bentazone efficacy with newly developed ecofriendly adjuvants. Romanian Agricultural Research, 33: 1-8, ISSN: 1222-4227, IF(2015) = 0.272.
2. **Stevanović, M.**, Gasic, S., Pipal, M., Blahova, L., Brkic, D., Neskovic, N., Hilscherova, K. (2017): Toxicity of clomazone and its formulations to zebrafish embryos (*Danio rerio*). Aquatic Toxicology 188: 54-63, ISSN: 0166-445X, IF(2017) = 3.884.
3. **Stevanović, M.**, Brkić, D., Tomić, T., Mihajlović, V., Dorđević, T., Gašić, S. (2021): Effects of the technical ingredient clomazone and its two formulated products on aquatic macrophytes. Environmental Pollution 277: 116753, ISSN: 0269-7491 IF(2021) = 9.988.
4. Dorđević, T., Đurović-Pejčev, R., **Stevanović, M.**, Sarić-Krsmanović, M., Radivojević, Lj., Šantrić, Lj., Gajić-Umiljendić, J. (2022): Phytotoxicity and allelopathic potential of *Juglandis regia* L. leaf extraxt. Frontiers in Plant Science 13: 986740, ISSN: 1664-462X, IF(2021) = 6.627.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф.дрПетарУскоковћ

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл.43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 29.12.2022. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Александра Јовановића**, број индекса 4010/20, под називом: **„Фотокаталитичка деградација фунгицида употребом композитних катализатора на бази титан(IV)-оксида уз мониторинг екотоксикологије продуката деградације“**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За менторе се одређују др Владимир Павићевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Марија Стевановић, научни сарадник Института за пестициде и заштиту животне средине.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, менторима, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Александра Јовановића, мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета бр. 35/274 од 22.11.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Александра Јовановића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: **„Фотокаталитичка деградација фунгицида употребом композитних катализатора на бази титан(IV)-оксида уз мониторинг екотоксикологије продуката деградације“.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Кандидат Александар (Андрија) Јовановић је рођен 25.12.1996. године у Београду (Република Србија). Основну школу и Девету гимназију завршио је у Београду. Дипломирао је на Технолошко–металуршком факултету Универзитета у Београду 2019. године (смер: Инжењерство заштите животне средине). Истраживања везана за завршни рад под називом: *„Испитивање адсорпционих својстава аминоксидованих микросфера на бази лигнина за уклањање диклофенака и метопролола из водених раствора“*, реализована су на Технолошко–металуршком факултету у Београду, под руководством ментора проф. др Александра Маринковића. Завршни мастер рад под називом: *„Употреба и оптимизација унапређених оксидационих процеса у пречишћавању отпадних вода из фабрике стрељачке муниције“*, одбранио је на Технолошко–металуршком факултету у Београду 2020. године (смер: Инжењерство заштите животне средине) под менторством проф. др Владимира Павићевића.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

У току 2019. године, као сарадник учествује на изради Иновационог ваучера „Производња еколошки прихватљивијих антикорозивних и других помоћних средстава за производњу антикорозивних премаза, боја и лакова“ ИД 295, добијеног од стране Фонда за иновациону делатност (период реализације 27.12.2018 – 27.06.2019 године). Октобра 2020. године уписао је докторске студије на смеру Инжењерство заштите животне средине, Технолошко-металуршког факултета у Београду. Победник је такмичења за Најбољу технолошку иновацију

2019. (вођа тима) и 2020. (члан тима) године у конкуренцији студентских тимова. Такође, учесник је Иновационог пројекта: „Improving polymer waste recycling process-1957”, - ИД 644 добијеног од стране Фонда за иновациону делатност (Програм Суфинансирање иновација, период реализације 01.03.2021. – 01.03.2023. године). Активно је учествовао и учествује у припреми експеримената, експерименталном раду, обради и тумачењу добијених резултата неколико мастер и завршних радова студената на Катедри за органску хемију и Катедри за Инжењерство заштите животне средине у току 2019/2020, 2020/2021. и 2021/2022.

Положио је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, укључујући енглески језик и завршни испит, постигавши следећи успех:

Р. бр.	Предмет	Оцена	ЕСПБ
1.	Економија животне средине и одрживи развој	10	4
2.	Одабрана поглавља математичке анализе	10	5
3.	Индустријска екологија	9	5
4.	Електрокатализа	10	5
5.	Технологија пречишћавања отпадних вода	10	5
6.	Хемија пестицида	10	5
7.	Структурна анализа органских молекула	10	6
8.	Хемијска кинетика	6	5
9.	Технологија припреме воде	10	5
10.	Хемијска термодинамика	10	5
11.	Одабрана поглавља инструменталне анализе	10	7
12.	Енглески језик	положио	
13.	Завршни испит	10	30
Средња оцена/Укупно		9,58	87

Од маја 2022. године запослен је у Институту за технологију нуклеарних и других минералних сировина у Центру за металуршке технологије, у Београду, као истраживач приправник. Његов научноистраживачки рад усмерен је на пречишћавање отпадних вода, унапређене оксидационе процесе, фотокатализу и адсорпцију, синтезу и карактеризацију природних и минералних материјала у инжењерству заштите животне средине. Александар Јовановић је као коаутор до сада учествовао у изради и публикацији укупно три научна рада објављена у часописима од међународног значаја. Један рад категорије M21 и два рада категорије M24. Из области истраживања којој припада предложена тема докторске дисертације, кандидат је аутор и коаутор деветнаест саопштења приказаних на скуповима међународног и националног значаја (M33, M34, M63, M64). Такође је коаутор рада у истакнутом националном часопису.

Библиографија научних и стручних радова

Рад објављен у врхунском међународном часопису (M21)

1. Ana L. Popović, Jelena D. Rusmirović, Zlate Velicković, Tihomir Kovačević, **Aleksandar Jovanović**, Ilija Cvijetić, Aleksandar D. Marinković, Kinetics and column adsorption study of diclofenac and heavy-metal ions removal by amino-functionalized lignin microspheres, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, vol 93, 2021, pp 302-314, ISSN 1226-086X, IF (2021) = 6.760, <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2020.10.006>.

Рад објављен у националном часопису међународног значаја (M24)

1. Jovana. M. Bošnjaković, Mladen D. Bugarčić, Natalija Čutović, Aleksandar A. Jovanović, Srećko Manasijević, Aleksandar D. Marinković, Zlate S. Velićković, Eco-friendly Elderberry

- based sorbent for removing Pb^{2+} ions from aqueous solutions. Metallurgical and Materials Engineering, vol 28, 2022, pp 391–401, ISSN: 2217-8961, <https://doi.org/10.30544/710>;
2. Kaled M. Benomran, Salem I. Shwika, Marija Vuksanovic, Aleksandar Marinkovic, Aleksandar Jovanović, Nevena Prlainović, Dragana Vasilski, Circular economy implementation in the development of fire-retardant materials used in construction, industry, and general-purpose products. Metallurgical and Materials Engineering, vol 28, 2022, pp 369–379, ISSN: 2217-8961, <https://doi.org/10.30544/768>.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Jovana Bošnjaković, Nataša Knežević, Natalija Čutović, Mladen Bugarčić, **Aleksandar Jovanović**, Zlate Veličković, Srećko Manasijević, (2021). Evaluation of adsorption performance of phosphates removal using Cell-Mg hybrid adsorbent, 52nd International October Conference on Mining and Metallurgy, 29 – 30 Nov., Bor, Serbia, pp 213-217, ISBN 978-86-6305-119-5;
2. **Aleksandar Jovanović**, Nataša Knežević, Natalija Čutović, Maja Đolić, Nevena Prlainović, Zlate Veličković, Marija Vuksanović, Improved technology for production of PE and PP regranulates, 29th International Conference Ecological Truth and Environmental Research, 21 – 24 June 2022, Soko Banja, Serbia, pp186-189, ISBN 978-86-6305-123-2;
3. Nataša Knežević, **Aleksandar Jovanović**, Rabab Salih, Zlate Veličković, Ana Popović, Petar Batinić, Aleksandar Marinković, Jelena Gržetić, Modified lignin-based microspheres as a green sorbent for the removal of chromium ions, 29th International Conference Ecological Truth and Environmental Research 21 – 24 June 2022, Soko Banja, Serbia, pp 180-185, ISBN 978-86-6305-123-2;
4. Nataša Knežević, **Aleksandar Jovanović**, Jovana Bošnjaković, Milena Milošević, Milica Rančić, Aleksandar Marinković, Jelena Gržetić, Fire-resistant composites based on acrylic-functionalized lignin and recycled polyester resin, 10th International Scientific Conference on Defensive Technologies, Belgrade, 13-14 October 2022, Military Technical Institute, Belgrade, Serbia, pp 405-411, ISBN 978-86-81123-85-0.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Anđelka Tomašević, **Aleksandar Jovanović**, Jovana Bošnjaković, Marija Stevanović, Jelena Rusmirović, Aleksandar Marinković, Removing of Chromium(IV) and Arsenic(V) from water solution using modified lignin microspheres, 21st European Meeting on Environmental Chemistry, Novi Sad, Serbia, 30.11. – 03.12.2021, pp 151, ISBN 978-86-7132-078-8;
2. Marija Stevanović, **Aleksandar Jovanović**, Maja Đolić, Zlate Veličković, Natalija Čutović, Anđelka Tomašević, Aleksandar Marinković, The Embryotoxic Potential and Photocatalytic Degradation of Thiophanate-Methyl, 21st European Meeting on Environmental Chemistry, Novi Sad, Serbia, 30.11. – 03.12.2021, pp 42, ISBN 978-86-7132-078-8;
3. Nataša Knežević, Natalija Čutović, **Aleksandar Jovanović**, Mladen Bugarčić, Jovana Bošnjaković, Aleksandar Marinković, Sorption properties of oxidized cotton linters according to cation color MB, „International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies – CNN TECH 2022“, Zlatibor, July 05- July 08, 2022, pp 18, ISBN: 978-86-6060-120-1;
4. **Aleksandar A. Jovanović**, Natalija M. Čutović, Mladen D. Bugarčić, Nataša Dj. Knežević, Jovana M. Bosnjaković, Maja B. Djolić, Aleksandar D. Marinković, Advanced oxidation processes for treatment of industrial wastewater, „International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies – CNN TECH 2022“, Zlatibor, July 05- July 08, 2022, pp 26, ISBN: 978-86-6060-120-1;

5. Nela Petronijević, Gvozden Jovanović, Miroslav Sokić, **Aleksandar Jovanović**, Dragana Radovanović, Željko Kamberović, Srđan Stanković, Sustainable Mining and Acid Mine Water Treatment, 22nd European Meeting on Environmental Chemistry, pp 62, ISBN 978-961-297-034-5;
6. **Aleksandar Jovanović**, Marija Stevanović, Mladen Bugarčić, Miroslav Sokić, Anđelka Tomašević, Aleksandar Marinković, The Removal of Thiophanate-Methyl Using Novel Synthesized Catalysts CeO₂-P25 Under Simulated Sunlight: Structural Characterisation and Photocatalytic Activity, 22nd European Meeting on Environmental Chemistry, 5 – 8 December 2022, Ljubljana, Slovenia, pp 68, ISBN 978-961-297-034-5.

Истакнути национални часопис (M52)

1. Marija M. Vuksanović, **Aleksandar A. Jovanović**, Milena Milošević, Jelena Gržetić, Ivana Stajčić, Radmila M. Jančić Heinemann, Aleksandar D. Marinković, Ispitivanje mehaničkih svojstava bitumenskih proizvoda dobijenih korišćenjem plastifikatora na bazi polietilen tereftalata, Tehnika, vol. 77, 2022) str. 413-417, ISSN: 0040-2176, <http://doi.org/10.5937/tehnika2204413V>.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. **Aleksandar Jovanović**, Maja Đolić, Maja Stevanović, Zlate Veličković, Aleksandar Marinković, Ispitivanje kinetike i termodinamike adsorpcije jona Zn²⁺ na granulisanom aktivnom uglju, 1. naučno-stručna konferencija „Kongres studenata tehnoloških fakulteta“, Banja Luka, 11-13. oktobar 2018. godine, str. 46-59, ISBN 978-99938-54-75-3;
2. **Aleksandar Jovanović**, Slavko Mijatov, Maja Đolić, Zlate Veličković, Aleksandar Marinković, Kinetika i termodinamika procesa adsorpcije As(V) iz vodenih rastvora na modifikovanom adsorbentu SiO₂/APTES/GT, VII memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine "Docent dr Milena Dalmacija", 1-2.4.2019, Novi Sad, str. 24-31, ISBN 978-86-7031-510-5;
3. Maja Đolić, Ljiljana Janković-Mandić, **Aleksandar Jovanović**, Aleksandar Marinković, Vladimir Pavićević, Vladana Rajaković-Ognjanović, Antimikrobno dejstvo prirodnog zeolita aktiviranog jonima metala srebra, bakra i cinka (Antimicrobial activity of natural zeolite activated by silver, copper and zinc ions), 49. konferencija "Otpadne vode, komunalni čvrsti otpad i opasan otpad", 2–4. april 2019. god, Kragujevac, Zbornik radova, str. 129–133, ISBN: 978-86-82931-86-7;
4. Jovanka Kovačina, Milena Milošević, Aleksandra Božić, **Aleksandar Jovanović**, Aleksandar Marinković, Antonije Onjia, Dragan Povrenović, Prečišćavanja otpadnih voda primenom ozonizacije, Peti naučno-stručni skup Politehnika, Beograd, 2019. godine, str. 142-147, ISBN: 978-86-7498-081-1;
5. Jovana Bošnjaković, Nataša Knežević, Jovana Milanović, **Aleksandar Jovanović**, Mladen Bugarčić, Aleksandar Marinković, Sorpciona svojstva tempo - oksidovanih pamučnih lintera prema jonima olova, Šesti naučno-stručni skup Politehnika, Beograd, 10. decembar, 2021, strane: 105 – 111, ISBN-978-86-7498-087-3;
6. **Aleksandar Jovanović**, Tijana Adžić, Mladen Bugarčić, Nataša Knežević, Jovana Bošnjaković, Aleksandar Marinković, Fotokatalitička degradacija tiofanat metila, Šesti naučno-stručni skup Politehnika, Beograd, 10. decembar, 2021, strane: 155 – 160, ISBN-978-86-7498-087-3;
7. Nataša Knežević, Dejan Bezbradica, Mladen Bugarčić, **Aleksandar Jovanović**, Jovana Bošnjaković, Aleksandar Marinković, Imobilizacija celulaza na polimetakrilatne nosače, Šesti

naučno-stručni skup Politehnika, Beograd, 10. decembar, 2021, strane: 215 – 220, ISBN-978-86-7498-087-3;

8. **Aleksandar Jovanović**, Mladen Bugarčić, Marija Stevanović, Maja Đolić, Anđelka Tomašević, Aleksandar Marinković; Primena procesa fotokatalize za razgradnju pesticida u industrijskim otpadnim vodama; IX memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine "Docent dr Milena Dalmacija" 31.03. - 01.04.2022., Novi Sad, str. 37-41, ISBN: 978-86-7031-604-1.

Саопштење са скупа националног значаја штампано у изводу (M64)

1. **Aleksandar Jovanović**, Mladen Bugarčić, Natalija Čutović, Jovana Bošnjaković, Nataša Knežević, Aleksandar Marinković, Modification of titanium-dioxide surface with silver(I)-oxide as a catalyst for photocatalytic degradation of fungicide, 3rd International Convention of Scientists, Specialist Employees and Students on the Topic of Environmental Protection in the Republic of Croatia, Faculty of Chemistry and Technology, Split, 28-29 April, 2022, pp 26, ISBN 978-953-7803-16-2.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и постигнутих резултата током докторских студија и у оквиру научноистраживачког рада, комисија оцењује да је Александар Јовановић показао мотивацију, професионалност, експедитивност и способност за бављење научноистраживачким радом, како самостално тако и тимски. У току експерименталног рада, показао је велику одговорност у реализацији истраживања као и обради добијених резултата. У области истраживања предложене теме, резултати се огледају кроз више објављених саопштења и радова међународног и националног карактера (M21-1, M24-2, M33-4, M34-6, M52-1, M63-8, M64-1). Комисија из свега наведеног сматра да Александар Јовановић испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет предложене дисертација је усмерен ка добијању и испитивању нових или побољшаних композитних фотокатализатора базираних на титан(IV)-оксиду и његовим модификацијама оксидима метала, за проучавање ефикасности фотодеградације присутног загађења (фунгицида тиофанат-метила) под дејством УВ зрачења. Развој и примена ефикасних оксидационих процеса у пречишћавању отпадних (санитарних и индустријских) вода представља будућност у области Инжењерства заштите животне средине. До сада коришћени материјали, као што је титан(IV)-оксид, за унапређене оксидационе процесе (пре свих фотокатализа) представљају добру основу за даља истраживања. Његовом структурном модификацијом би се добили материјали побољшаних морфолошких карактеристика, што је јако битно у погледу ефикасности и оптимизације процеса разградње органских загађујућих материја из отпадних вода. Све строжији критеријуми у погледу квалитета испуштених отпадних вода у реципијент захтевају сталну потребу за добијањем новијих, композитних материјала побољшаних карактеристика који ће на одговарајући начин прешити предметни проблем.

Негативне последице људског деловања огледају се у загађењу свих медијума животне средине. Стога је неопходно пронаћи оптимална решења за најзначајније проблеме, међу којима се издвајају смањење резерви пијаће воде [1] и недовољан број постројења за третман отпадних вода [2]. Процеси који се активно примењују за третман отпадних вода показују недовољну ефикасност према широкој класи органских полутаната, и као такви не могу представљати будућности у поступку пречишћавања. Проблеми неселективности као и смањеног афинитета примењеног процеса према полутанту органског порекла изазивају

повећану забринost. Посебну пажњу заузимају пестициди. Пестициди обухватају групу, углавном, органских молекула који својим дејством треба да заштите биљке од различитих нежељених утицаја. Међу њима, једну велику групу обухватају фунгициди, као инхибитори раста и развоја гљива на биљним културама [3].

Предвиђа се да би у будућности могло доћи до повећања концентрације пестицида у површинским и подземним водама, услед испирања са обрадивих површина и испуштања отпадних вода из фабрика за производњу средстава за заштиту биља. То би водило потенцијалном нарушавању еколошке равнотеже, а негативни ефекти били би испољени на свим нивоима биолошке организације. Различитим истраживањима је показано да оваква средства могу имати тератоген, токсичан и канцероген утицај на организме који су им изложени [4], [5].

Уклањање пестицида могуће је извршити разним конвенционалним техникама као што су адсорпција [6] и филтрација [7], међутим ниједна од њих не поседује капацитет да присутно загађење преведе у неопасан облик. Проблеми са стандардним техникама јесу следећи: заостали талог који је потребно збринути (коагулација и флокулација, таложење), пад притиска и протока у систему услед задрљаност филтера (различити типови филтрација), честа потреба за регенерацијом адсорбента (адсорпција), итд. Стога је потребно применити процесе који, као продукте свог механизма, стварају готово само воду, угљеник(IV) оксид и минералне соли. Хетерогена фотокатализа као процес [8] поседује способност да на ефикасан начин реши овај проблем. Пуно је процесних услова који могу да утичу на фотодеградацију присутног полутанта, и потребно је оптимизовати параметре како коришћеног катализатора, тако и медијума у којем се одиграва посматрана реакција [9]. У погледу третмана отпадних вода, овај процес недовољно је искоришћен.

Циљ докторске дисертације обухватиће испитивање могућности примене комерцијалног титан(IV)-оксида *P25 Degussa* и његових модификација површине различитим оксидима метала као фотокатализатора за деградацију фунгицида, првенствено тиофанат-метила под утицајем УВ зрачења. У складу са тим, биће испитана упоредна својства немодификованог и модификованих материјала на бази титан(IV)-оксида као фотокатализатора. Након модификације биће урађена детаљна карактеризација како би се утврдила структура и морфологија присутних оксида на површини применом инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR) и високорезолуционе трансмисионе електронске микроскопије купловане са енергетски дисперзивном рендгенском спектроскопијом (HR-TEM/EDS), док ће се кристаличност фотокатализатора након модификације утврдити рендгенском дифракцијом праха (XRD). Фотокаталитички тестови биће изведени у шаржним условима уз оптимизацију процесних параметара попут: почетне концентрације фунгицида, времена контакта, концентрације катализатора и различитих јона присутних у природним водама, који могу имати велики утицај на процес третмана. Могућност поновне употребе фотокатализатора у више циклуса биће такође испитан. Биће мерен квантни принос реакција деградације фунгицида при различитим условима средине. Додатно, биће одређиван ембриотоксични потенцијал добијених продуката разградње на зебрици (*Danio rerio*), како би се утврдили еколошки аспекти коришћеног процеса.

Научни циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- синтеза и карактеризација композитних фотокатализатора на бази титан(IV)-оксида модификованих оксидима сребра и церијума у циљу побољшања ефикасности разградње присутних полутаната из водених раствора;
- карактеризација добијених фотокатализатора (елементарни састав, фазни састав, морфологија, специфична површина узорака);
- испитивање ефикасности микро и нано фотокатализатора за разградњу фунгицида из водених раствора под утицајем УВ зрачења, оптимизацијом процеса што ће укључити варирање параметара као што су: време реакције, количина катализатора, почетна концентрација фунгицида у раствору, рН вредност раствора, утицај присутних јона;

- одређивање кинетичких параметара реакција фотокатализе;
- одређивање квантних приноса реакција деградације фунгицида;
- одређивање хемијске потрошње кисеоника раствора фунгицида пре, током и након третмана;
- испитивање могућности регенерације и поновне употребе добијених фотокатализатора у више циклуса;
- одређивање путева и продуката деградације фунгицида;
- испитивање ембриотоксичности добијених раствора фунгицида пре и након деградације полутанта присутног у воденом раствору.

Списак референци:

- [1] N. Ungureanu, V. Vlăduț, and G. Voicu, "Water Scarcity and Wastewater Reuse in Crop Irrigation," *Sustainability*, vol. 12, no. 21, 2020, doi: 10.3390/su12219055.
- [2] E. R. Jones, M. F. P. Bierkens, N. Wanders, E. H. Sutanudjaja, L. P. H. van Beek, and M. T. H. van Vliet, "Current wastewater treatment targets are insufficient to protect surface water quality," *Commun Earth Environ*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.1038/s43247-022-00554-y.
- [3] M. Correia, M. Rodrigues, P. Paíga, and C. Delerue-Matos, "Fungicides," B. Caballero, P. M. Finglas, and F. B. T.-E. of F. and H. Toldrá, Eds. Oxford: Academic Press, 2016, pp. 169–176. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00342-1>.
- [4] N. Bustos, A. Cruz-Alcalde, A. Iriel, A. Fernández Cirelli, and C. Sans, "Sunlight and UVC-254 irradiation induced photodegradation of organophosphorus pesticide dichlorvos in aqueous matrices," *Science of the Total Environment*, vol. 649, pp. 592–600, 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.254.
- [5] J. L. Li, D. W. Sun, H. Pu, and D. S. Jayas, "Determination of trace thiophanate-methyl and its metabolite carbendazim with teratogenic risk in red bell pepper (*Capsicum annuum* L.) by surface-enhanced Raman imaging technique," *Food Chem*, vol. 218, pp. 543–552, 2017, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.09.051.
- [6] M. Andrunik and T. Bajda, "Removal of pesticides from waters by adsorption: Comparison between synthetic zeolites and mesoporous silica materials. A review," *Materials*, vol. 14, no. 13, 2021, doi: 10.3390/ma14133532.
- [7] H. Qin, W. Guo, X. Huang, P. Gao, and H. Xiao, "Preparation of yttria-stabilized ZrO₂ nanofiltration membrane by reverse micelles-mediated sol-gel process and its application in pesticide wastewater treatment," *J Eur Ceram Soc*, vol. 40, no. 1, pp. 145–154, 2020, doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2019.09.023.
- [8] S. A. Younis and K. H. Kim, "Heterogeneous photocatalysis scalability for environmental remediation: Opportunities and challenges," *Catalysts*, vol. 10, no. 10, pp. 1–8, 2020, doi: 10.3390/catal10101109.
- [9] O. Carp, C. L. Huisman, and A. Reller, "Photoinduced reactivity of titanium dioxide," *Progress in Solid State Chemistry*, vol. 32, no. 1–2, pp. 33–177, 2004, doi: 10.1016/j.progsolidstchem.2004.08.001.

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе за израду ове дисертације су:

- комерцијали катализатор титан(IV)-оксид *P25 Degussa*, као лако доступан материјал (релативно мала енергија забрањеног зоне, способност лаког генерисања позитивних шупљина и електрона), добра је полазна основа за хемијску модификацију његове површине увођењем различитих оксида метала (сребра, церијума) у циљу побољшања фотокаталитичких способности;
- модификација површине титан(IV)-оксида таложењем оксида метала допринеће побољшању фотодеградационог капацитета и побољшању морфолошких својстава;
- модификацијом постојећег катализатора биће повећана ефикасност (краће времене реакције и концентрације коришћених реактаната);
- проучавање утицаја параметара процеса на деградациони капацитет синтетисаних материјала у шаржним условима (количина катализатора, рН вредност, време контакта, почетна концентрација полутанта), квалитативно и квантитативно описивање процеса фотокатализе, разјасниће механизам деградације;
- испитивање утицаја концентрације полутанта, температуре и времена реакције фотокатализе помоћи ће да се одреде кинетички параметри система;
- дубље и детаљније разумевање ових механизма и процеса разјасниће се помоћу теоријског моделовања (DFT прорачуни);
- показатељ успешности фотодеградационог процеса биће одсуство негативних ефеката (токсичних и тераторгених) на ембрионе *D. rerio*.

4. Научне методе истраживања

Посебне и опште научне методе истраживања биће коришћене како би се потврдиле постављене хипотезе.

Карактеризација фотокатализатора биће извршена применом различитих инструменталних метода:

- морфологија материјала биће испитана методом скенирајуће електронске микроскопије (FE–SEM) и високорезолуционе трансмисионе електронске микроскопије (HR–TEM);
- фазни састав биће одређен применом рендгенско дифракционе анализе (XRD);
- идентификација функционалних група биће одређена применом инфрацрвене спектроскопске анализе са Фуријеовим трансформацијама (FTIR);
- потврда таложења различитих оксида метала на површини титан(IV)-оксида биће испитивана помоћу високорезолуционе трансмисионе електронске микроскопије купловане са енергетски дисперзивном рендгенском спектроскопијом (HR–TEM/EDS);
- специфична површина материјала биће испитана BET техником;
- оптичка својства материјала биће испитана применом УВ-Вис дифузионо-рефлексционе спектроскопије (UV–DRS).

Концентрације фунгицида у раствору пре, током и након третмана биће одређене применом ултраљубичасте-видљиве апсорпционе спектроскопије (UV–Vis) и хроматографије високих перформанси на високом притиску (HPLC). Одређивање путева деградације фунгицида биће одређивано помоћу хроматографије високих перформанси спрегнуте са масеном спектрометријом (HPLC–MS). Разматрање могућности регенерације коришћених фотокатализатора након процеса фотодеградације допринеће испуњавању захтева циркуларне економије у циљу смањења негативног утицаја на животну средину. Утицаја тиофанат-метила и дегрдационих продуката на ембрионе зебрице (*D. rerio*) биће испитано одређивањем средње леталне концентрације, као и утврђивањем сублеталних ефеката, према смерницама стандардизоване OECD методе (OECD 210, 2013).

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос се огледа у следећем:

- добијање ефикасних микро и нанокомпозитних фотокатализатора на бази титан(IV)-оксида модификованих оксидима метала (сребра, церијума) за разградњу и уклањање фунгицида;
- дефинисање оптималних услова за извођење фотокатализе, у циљу ефикасне разградње присутног фунгицида из водених раствора;
- одређивање механизма и путева деградације фунгицида;
- примена квантно-хемијских израчунавања у циљу појашњења механизма фотокатализе потпомогнутих експериментално добијеним резултатима;
- дефинисање кинетике деградационих процеса и објашњење утицаја различитих јона на фотодеградацију;
- оптимизацији услова за примену добијених фотокатализатора за пречишћавање отпадних вода контаминираних органским полутантима;
- тумачењу међусобног утицаја параметара процеса фотокатализе и својства материјала на ефикасност уклањања полутаната из водених раствора;
- испитивање оперативне (могућности примене у више циклуса) и структурне стабилности синтетисаних фотокатализатора;
- потврда еколошке прихватљивости примењеног процеса тремана;
- очекује се да ће нови фотокатализатори на бази модификованог титан(IV)-оксида дати значајан допринос у смањењу загађења животне средине.

6. План истраживања и структура рада

Предмет истраживања у оквиру ове докторске дисертације јесте разградња фунгицида из отпадних вода под синергетским дејством УВ зрачења и фотокатализатора на бази титан(IV)-оксида. Предмет ће обухватити детаљну карактеризацију фотокаталитичких својстава добијених композита титан(IV)-оксида и оксида метала (сребра, церијума).

У следећој фази биће извршена припрема композита титан(IV)-оксида и оксида метала преципитационом методом уз утврђивање оптималних параметара за извођење синтезе. Добијени композити биће карактерисани физичкохемијски а потом ће бити утврђена њихова фотокаталитичка својства према фунгицидима.

У оквиру предложене докторске дисертације биће обрађена следећа поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.

У поглављу *Увод* биће сумирани подручје испитивања, дефинисани предмет и циљеви истраживања, као и очекивани научни допринос дисертације. Укратко ће бити представљене теоријске поставке на којима је базиран рад, а које се конкретно односе на титан(IV)-оксид и његове структурне модификације са функцијом деградације органских полутаната.

Поглавље *Теоријски део* обухватиће детаљну анализу до сада постигнутих и објављених истраживања из области примене и модификације фотокатализатора на бази титан(IV)-оксида са применом ових материјала у поступцима фотокатализе.

У оквиру *Теоријског дела* докторске дисертације биће дат литературни преглед релевантних истраживања, везаних за:

- структуру, физичкохемијска и фотокаталитичка својства материјала на бази титан(IV)-оксида и његових модификација различитим оксидима метала;
- методе припреме фотокатализатора и утицај параметара синтезе на својства полазних материјала;

- поступке уклањања различитих полутаната органског порекла применом фотокатализе и поновног коришћења фотокатализатора у више циклуса пречишћавања;
- теоријска моделовања и прорачуне.

У *Експерименталном делу* биће наведени материјали и методе коришћене у експерименталном раду. *Експериментални део* ће обухватити следеће:

- Детаљан опис припреме и модификације узорака титан(IV)-оксида одговарајућим оксидима метала (сребра и церијума) у циљу добијања материјала са побољшаним карактеристикама;
- Физикохемијску карактеризацију свих припремљених материјала;
- Методе структурног и хемијског карактерисања добијених композита (XRD, SEM, HR-TEM, HR-TEM/EDS, FTIR, BET);
- Испитивање фотокаталитичког капацитета материјала добијених модификацијом;
- Праћење вредности хемијске потрошње кисеоника (ХПК);
- Пuteви деградације присутних фунгицида;
- Теоријско моделовање (DFT);
- Праћење ембриотоксичност раствора фунгицида на *D. rerio* током процеса фотокатализе.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и анализирани резултати карактеризације полазног титан(IV)-оксида као и добијених композита, фотокаталитичка својства и оптимални параметри система. Урадиће се теоријско моделовање (DFT) ради објашњења механизма фотодеградације присутног полутанта. Такође ће бити приказани и дискутовани резултати испитивања утицаја различитих концентрација фунгицида са аспекта ембриотоксичности.

У *Закључку* ће бити сумирани сви постигнути резултати добијени на основу испитивања, биће истакнута њихова примена и иновативност.

Литература ће садржати наводе цитиране у дисертацији.

7. Закључак и предлог

На основу података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидат **Александар Јовановић**, мастер инжењер технологије, испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом: **„Фотокаталитичка деградација фунгицида употребом композитних катализатора на бази титан(IV)-оксида уз мониторинг екотоксикологије продуката деградације“** научно утемељена и да ће резултати овог рада представљати значајан допринос научној области Инжењерство заштите животне средине, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Стога, Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидату Александру Јовановићу одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За менторе се предлажу др Владимир Павићевић, ванредни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Марија Стевановић, научни сарадник Института за пестициде и заштиту животне средине.

Београд, 16. децембар 2022.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

др Владимир Павићевић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Марија Стевановић, научни сарадник
Института за пестициде и заштиту животне средине

др Александар Маринковић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Драган Повреновић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

др Мирослав Сокић, научни саветник
Института за технологију нуклеарних и других минералних сировина