

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/262

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

13.11.2023.

(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:

“Одржива технологија производње лигноцелулозних мембрана за уклањање анјонских и катјонских загађујућих материја из воде“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

ИНЖЕЊЕРСТВО ЗАШТИТЕ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Наташа (Ђуро) Кнежевић

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: 2019.
-

4. Година уписа на докторске студије: 2019.
-

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Инжењерство заштите животне средине

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ :

Име и презиме ментора: др Александар Маринковић

Звање: Редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Vesna Nikolić, Nataša Tomić, Mladen Bugarčić, Miroslav Sokić, **Aleksandar Marinković**, Zlate Veličković, Željko Kamberović, *Amino-modified hollow alumina spheres: effective adsorbent for Cd²⁺, Pb²⁺, As(V), and diclofenac removal*, Environmental Science and Pollution Research, Vol. 28 No. 21, 2021, 27174 -27192, ISSN 0944-1344, IF(2020)=4,223, <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12157-1>
2. Mladen Bugarčić, Zorica Lopičić, Tatjana. Sostarić, **Aleksandar Marinković**, Jelena D. Rusmirović, Dragana Milošević, Milan Milivojević, *Vermiculite enriched by Fe(III) oxides as a novel adsorbent for toxic metals removal*, Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 9 No. 5, 2021, 106020, ISSN 2213-2929, IF(2021)=7,968, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106020>,
3. Maja Đolić, Milica Karanac, Dragana Radovanović, Ana Umićević, Ana Kapidžić, Zlate Veličković, **Aleksandar Marinković**, Željko Kamberović, *Closing the loop: As(V) adsorption onto goethite impregnated coal-combustion fly ash as integral building materials*, Journal of Cleaner Production, Vol. 303, 2021, 126924, ISSN 0959-6526, IF(2020)=9,297, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126924>
4. Ana Popović, Zlate Veličković, Željko Radovanović, Maja Djolić, Vera Pavlović, **Aleksandar D. Marinković**, Jelena D Grzetić, *Hybrid amino-terminated lignin microspheres loaded with magnetite and manganese oxide nanoparticles: an effective hazardous oxyanions adsorbent*, Journal of Environmental Chemical Engineering, Vol. 10 No. 3, 2022, 108009, ISSN 2213-2929, IF(2021)=7,968, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2022.108009>
5. Vesna Marjanović, Radmila Marković, Mirjana Steharnik, Silvana Dimitrijević, **Aleksandar D. Marinković**, Aleksandra Perić-Grujić, Maja Đolić, *Lignin Microspheres Modified with Magnetite Nanoparticles as a Selenate Highly Porous Adsorbent*, INTERNATIONAL JOURNAL OF MOLECULAR SCIENCE Vol. 23 No. 22, 2022, 13872, ISSN 1422-0067, IF(2020)=6,208, <https://doi.org/10.3390/ijms232213872>

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2 :

Име и презиме ментора: др Милена Милошевић,

Звање: научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију -
Институт од националног значаја за Републику Србију

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Salih R., Veličković Z., **Milošević M.**, Pavlović V. P., Cvijetić I., Sofrenić I. V., Gržetić J. G., Marinković A.: *Lignin based microspheres for effective dyes removal: Design, synthesis and adsorption mechanism supported with theoretical study*, Journal of Environmental Management, Vol. 326, 2023, 116838, Online ISSN: 1095-8630, Print ISSN: 0301-4797, IF (2022) = 8,7, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116838>.
2. Milanovic J., Lazic T., Zivkovic I., Vuksanovic M., **Milosevic M.**, Kostic M.: *The Effect of Nanofibrillated Tempo-oxidized Cotton Linters on the Strength and Optical Properties of Paper*, Journal of Natural Fibers, Vol.19, No. 11, 2022, pp. 3993-4006, Online ISSN: 1544-046X, Print ISSN: 1544-0478, IF (2022) = 3,5, <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1848742>.
3. Milanovic J. Z., **Milosevic M.**, Jankovic-Castvan I., Kostic M. M.: *Capillary rise and sorption ability of hemp fibers oxidized by non-selective oxidative agents: hydrogen peroxide and potassium permanganate*, Journal of Natural Fibers, Vol.19, No. 12, 2022, pp. 4567-4582, Online ISSN: 1544-046X, Print ISSN: 1544-0478, IF (2022) = 3,5, <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1870609>.
4. Perendija J., Veličković Z. S., Cvijetić I., Lević S., Marinković A. D., **Milošević M.**, Onjia A.: *Bio-membrane based on modified cellulose, lignin, and tannic acid for cation and oxyanion removal: Experimental and theoretical study*, Process Safety and Environmental Protection, Vol. 147, 2021, pp. 609–625, Online ISSN: 1744-3598, Print ISSN: 0957-5820, IF (2021) = 7,926, <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.12.027>.
5. Milanovic J. Z., **Milosevic M.**, Korica M., Jankovic-Castvan I. Kostic M. M.: *Oxidized Hemp Fibers with Simultaneously Increased Capillarity and Reduced Moisture Sorption as Suitable Textile Material for Advanced Application in Sportswear*, Fibers and Polymers, Vol. 22, No. 7, 2021 pp. 2052-2062, Online ISSN: 1875-0052, Print ISSN: 1229-9197, IF (2021) = 2,347. <https://doi.org/10.1007/s12221-021-0450-y>.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

- 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 09.11.2023. 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 **Наташе Кнежевић**, број индекса 4001/19, под називом: **„Одржива технологија производње лигноцелулозних мембрана за уклањање анјонских и катјонских загађујућих материја из воде“**.

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

За менторе се одређују др Александар Маринковић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Милена Милошевић, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију

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 Наташе Кнежевић за израду докторске дисертације

Одлуком 35/229 бр. од 21.09.2023. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Наташе Кнежевић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **“Одржива технологија производње лигноцелулозних мембрана за уклањање анјонских и катјонских загађујућих материја из воде”**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Наташа Кнежевић је рођена 16. 12. 1994. године у Глини, Република Хрватска. Завршила је средњу школу у Београду, Земунску гимназију (смер: природно-математички) и школске 2013/2014. године уписала Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду (студијски програм: Биохемијско инжењерство и биотехнологија). У октобру 2017. године, уписала је мастер академске студије на истом студијском програму, изборно подручје Биохемијско инжењерство. Мастер студије је завршила у року са просечном оценом 9,50, под менторством професора др Дејана Безбрадице. Током основних студија је била на стручној пракси у компанији “Puratos” у Београду. Како је увек интересовала заштита животне средине и њена веза са биотехнологијом, у октобру 2018. године је уписала друге мастер академске студије, студијски програм Инжењерство заштите животне средине на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду. У периоду од марта до јуна 2019. године, била је на стручној пракси у компанији “IMG - Engineering & Construction” у Београду, где је учествовала на изради Студија утицаја на животну средину пројеката Рафинерије нафте Панчево.

Наташа је због оствареног успеха током основних студија и првих мастер академских студија, била корисник студентске стипендије коју додељује Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије. Као и добитница награде Технолошко-металуршког факултета за успех у студирању, Панта С. Тутунџић. Школске 2019/2020. добитница је стипендије на докторским студијама од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја (бр. уговора за 2022. 451-03-1270/2022-14/2685).

Поред научних скупова, Наташа је током треће године, похађала и 25. Школу за заштиту животне средине “WaterWorkshop 2022.”, организовану од стране Природно-математичког факултета у Новом Саду.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Докторске академске студије Наташа је уписала школске 2019/2020. године на Технолошко-металуршком факултету, студијски програм Инжењерство заштите животне средине, под менторством проф. др Александра Маринковића. Положила је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија на Технолошко-металуршком факултету (Виши курс аналитичке хемије, Економија животне средине и одрживи развој, Индустријска екологија, Одабрана поглавља математичке анализе, Хемијска кинетика, Енглески језик, Воде у термоенергетици, Анализа трагова специфичних загађујућих материја, Санитарна микробиологија, Хемија пестицида, Структурна анализа органских молекула, Завршни испит), са просечном оценом 10,00.

Од фебруара до октобра 2021. године као члан тима учествовала је на такмичењу које организује Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије под називом “Најбоља технолошка иновација 2021”, где се пласирала у финале.

У априлу 2021. године докторандкиња је стекла истраживачко звање **истраживач-приправник** на Технолошко-металуршком факултету у Београду.

Наташа је 01. новембра 2022. године засновала радни однос са Институтом за нуклеарне науке “Винча”- Институт од националног значаја, у Лабораторији за хемијску динамику и перманентно образовање – 060.

Област научноистраживачког рада Наташе Кнежевић обухвата примену адсорбената на бази лигноцелулозних материјала за уклањање полутаната из водених раствора. Предложена дисертација је усмерена на истраживања којима се површина природног, најчешће отпадног материјала модификује различитим функционалним групама како би се добили адсорбенти са побољшаним адсорпционим својствима.

Из области истраживања којој припада предложена тема докторске дисертације, кандидат је аутор и коаутор 19 саопштења приказаних на скуповима међународног и националног значаја (M33, M34), као и аутор једног рада у врхунском међународном часопису и коаутор 2 рада у истакнутом националном часопису.

Библиографија научних и стручних радова:

Радови објављени у часописима међународног значаја – M20

M21 - Рад у врхунском међународном часопису

1. **Knežević N.**, Milanović J., Veličković Z., Milošević M., Vuksanović M. M., Onjia A., Marinković A.: *A closed cycle of sustainable development: Effective removal and desorption of lead and dyes using an oxidized cellulose membrane*, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Vol 126, 2023, pp. 520-536, Online ISSN: 1876-794X, Print ISSN: 1226-086X, IF (2022): 6.1, <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2023.06.041>.

М33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Bošnjaković J., **Knežević N.**, Čutović N., Bugarčić M., Jovanović A., Veličković Z., Manasijević S.: *Evaluation of adsorption performance of phosphates removal using Cell-Mg hybrid adsorbent*, Proceedings of the 52th International October Conference on Mining and Metallurgy, Bor, Serbia, 2021, pp. 213-217, ISBN 978-86-6305-119-5.
2. **Knežević N.**, Jovanović A., Salih R., Veličković Z., Popović A., Batinić P., Marinković A., Gržetić J.: *Modified lignin-based microspheres as a green sorbent for the removal of chromium ions*, Proceedings of the 29th International Conference of Ecological Truth and Environmental Research 2022, Sokobanja, Serbia, 2022, pp. 180-185, ISBN 978-86-6305-123-2.
3. Jovanović A., **Knežević N.**, Čutović N., Đolić M., Prlainović N., Veličković Z., Vuksanović M.: *Improved technology for production of PE and PP regrgranulates*, Proceedings of the 29th International Conference of Ecological Truth and Environmental Research 2022, Sokobanja, Serbia, 2022, pp. 186-189, ISBN 978-86-6305-123-2.
4. **Knežević N.**, Bošnjaković J., Jovanović A., Bugarčić M., Manasijević S., Marinković A.: *Utilization of construction material and unsaturated resin from waste pet as a stabilizer for desorbed metal ion Pb^{2+}* , Proceedings of the 14th Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, 2022, pp. 247-251, ISBN: 978-99938-54-90-6.
5. Jovanović A., Bugarčić M., **Knežević N.**, Bošnjaković J., Lukić J., Onjia A., Marinković A.: *Removal of Xenobiotics from wastewaters using photolysis under sun-light irradiation: experimental approach and process design*, Proceedings of the 14th Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, 2022, pp. 206- 210, ISBN: 978-99938-54-90-6,
6. Bošnjaković J., **Knežević N.**, Manasijević S., Jovanović A., Bugarčić M., Marinković A.: *Photocatalytic decomposition of difenoconazole from wastewaters*, Proceedings of the XIV Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina, pp. 21-22, oktobar 2022, ISBN: 978-99938-54-90-6, 242-246.
7. **Knežević N.**, Bošnjaković J., Vuksanović M., Milanović J., Janković-Mandić Lj., Egelja A., Marinković A.: *Testing of the adsorption-degradation capacity of crystal violet dye with oxidized cotton linters*, Proceedings of the 5th Metallurgical and Materials Engineering Congress of South-East Europe 2023, Trebinje, Bosnia and Herzegovina , pp 388-394, 2023, ISBN: 978-86-87183-32-2.
8. Bošnjaković J., **Knežević N.**, Marinković A., Manasijević S., Savić A., Milošević M.: *Removal of mesotrione by heterogeneous photocatalytic treatment using UV-Vis lamp as light source*, Proceedings of the 5th Metallurgical and Materials Engineering Congress of South-East Europe 2023, Trebinje, Bosnia and Herzegovina , pp 383-387, 2023, ISBN: 978-86-87183-32-2.
9. Milošević M., Jovanović A., Batinić P., Grujić D., **Knežević N.**, Marinković A., Milanović J.: *In vitro antioxidant activity of cotton fabric treated with ethanol and water Thymus serpyllum l. (wild*

thyme) extracts, Proceedings of the VIII International Congress - Engineering, Environment and Materials in Process Industry, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, pp. 128-135, 2023, ISBN: 978-99955-81-45-9.

10. **Knežević N.**, Bošnjaković J., Vuksanović M., Jovanović-Radovanov K., Manasijević S., Egelja A., Marinković A.: *Adsorption and degradation potential of imidacloprid insecticide through chemically modified cellulose material*, Proceedings of the VIII International Congress - Engineering, Environment and Materials in Process Industry, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, pp. 303-309, 2023, ISBN: 978-99955-81-45-9.

M34 – Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. **Knežević N.**, Simović M., Bezbradica D., Bošnjaković J., Marinković A.: *Enzymatic synthesis of galacto-oligosaccharides from whey lactose*, Book of Abstract of the UNIFood Conference, Belgrade, Serbia, 2021, p. 167, ISBN 978-86-7522-066-4.

2. **Knežević N.**, Čutović N., Jovanović A., Bugarčić M., Bošnjaković J., Marinković A.: *Sorption properties of oxidized cotton linters according to cation color MB*, Book of Abstract of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies – CNN TECH 2022, Zlatibor, Serbia, pp. 18, 2022, ISBN: 978-86-6060-120-1.

3. Jovanović A., Čutović N., Bugarčić M., **Knežević N.**, Bošnjaković J., Đolić M., Marinković A.: *Advanced oxidation processes for treatment of industrial wastewater*, Book of Abstract of the International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies – CNN TECH 2022, Zlatibor, Serbia, pp. 26, 2022, ISBN: 978-86-6060-120-1.

4. Jovanović A., Vuksanović M., **Knežević N.**, Bošnjaković J., Bugarčić M., Milošević M., Marinković A.: *Innovative Technology for Recycling Polyethylene Terephthalate: Climate Changes, Approaches, Solutions*, Book of Abstract of the International Conference on Hydro-Climate Extremes and Society, Novi Sad, Serbia, pp. 35, 2023, ISBN 978-86-7031-622-5.

5. Bošnjaković J., **Knežević N.**: *Application of Carbon Capture and Utilization (CCU) Technology to Reduce Greenhouse Gas Emissions*, Book of Abstract of the International Conference on Hydro-Climate Extremes and Society, Novi Sad, Serbia, pp. 34, 2023, ISBN 978-86-7031-622-5.

Радови у часописима националног значаја – M50

M52 – Рад у устакнутом националном часопису

1. **Knežević N.**, Jovanović A., Bošnjaković J., Milošević M., Rančić M., Marinković A., Gržetić J., Gamoudi H.: *Fire-resistant composites based on acrylic-functionalized lignin and polyester resin obtained from waste poly(ethylene terephthalate)*, Scientific Technical Review, Vol 72 , No 2, 2022, pp. 32-37, ISSN 1820-0206, <https://doi.org/10.5937/str2202032K>.

2. Vuksanović M., Milošević M., **Knežević N.**, Egelja A., Janković-Mandić Lj, Mladenović I., Marinković A.: *Testing of the mechanical properties of reggranulate PVC with the addition of plasticizer from waste PET*, Tehnika, Vol 78, 2023, pp. 389-394, ISSN 0040-2176, <https://doi.org/10.5937/tehnika2304389V>

Предавања по позиву на скуповима националног значаја – M60

M63 – Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини

1. **Knežević N.**, Bezbradica D., Bugarčić M., Jovanović A., Bošnjaković J., Marinković A.: *Imobilizacija celulaza na polimetakrilatne nosače*, Zbornik radova sa konferencije Šesti naučno-stručni skup Politehnika, Beograd, Srbija, 2021, pp. 215–220, ISBN-978-86-7498-087-3.
2. Bošnjaković J., **Knežević N.**, Milanović J., Jovanović A., Bugarčić M., Marinković A.: *Sorpciona svojstva tempo-oksidovanih pamučnih lintera prema jonima olova*, Zbornik radova sa konferencije Šesti naučno-stručni skup Politehnika, Beograd, Srbija, 2021, pp. 105–111, ISBN-978-86-7498-087-3.
3. Jovanović A., Adžić T., Bugarčić M., **Knežević N.**, Bošnjaković J., Marinković A.: *Fotokatalitička degradacija tiofanat metila*, Zbornik radova sa konferencije Šesti naučno-stručni skup Politehnika, Beograd, Srbija, 2021, pp. 155-160, ISBN-978-86-7498-087-3.
4. Jovanović A., Bugarčić M., **Knežević N.**, Sokić M., Pavićević V., Marinković A.: *Prečišćavanje otpadnih voda primenom MBBR sistema*, Zbornik radova sa konferencije 10. Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine "Docent dr Milena Dalmacija", Novi Sad, Srbija, 2023, pp. 53-59, ISBN:978-86-7031-623-2.

Изведена дела, награде, студије, изложбе, жирирања и кустоски рад од међународног значаја – M100

M104 – Награда на изложби

1. Knežević V., Knežević B., Marinković A., Egelja A., **Knežević N.**, Janković-Mandić Lj., Vuksanović M.: *Postupak dobijanja bitumenskih materijala poboljšanih svojstava sa reaktivnim stabilizatorima za kompatibilizaciju kalcijum-karbonata*, Tradicionalna međunarodna izložba pronalazaka, novih tehnologija i industrijskog dizajna, Pronalazaštvo - Beograd 2023, Beograd Srbija, 2023, **Zlatna medalja**.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и постигнутих резултата током докторских студија, комисија оцењује да је Наташа Кнежевић показала спретност и опредељеност ка научно-истраживачком раду и стручним усавршавањима. У току експерименталног рада, показала је велику одговорност, педантност и самосталност у реализацији истраживања као и обради добијених резултата. У области истраживања предложене теме, резултати се огледају кроз више објављених радова и саопштења међународног и националног карактера (M21, M33, M34, M52, M63). Комисија из свега наведеног сматра да Наташа Кнежевић испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Последњих деценија загађење водених екосистема представља један од највећих проблема човечанстава и животне средине [1]. Загађивачи као што су тешки метали, пестициди, боје из

тексилне индустрије и остале органске супстанце остављају велике последице на здравље људи и цео живи свет. Као споредни производи у пољопривреди, текстилној индустрији, рударству, металургији, индустрији целулозе, аутомобилској и ваздухопловној индустрији јесу отпадне воде са повећаним садржајем боја и тешких метала који су веома токсични и стабилни [2]. Захваљујући адсорпционој способности природних материјала пољопривредног отпада на бази лигноцелулозе [3] пречишћавање отпадних вода је могуће. Међутим, примена овако немодификованих природних материјала може бити неефикасна. Због тога је у већини случајева потребна њихова модификација применом механичких метода или хемијских реагенаса. Модификације применом механичког третирања материјала су јефтиније и захтевају мање времена, док су друге сложеније али ефикасније. Пречишћавања материјала различитим органским растварачима, киселинама, базама и растворима соли, као и увођење функционалних група (амино, карбоксилне, карбонилне, фосфатне, сулфо групе, итд.) [4, 5] различитим хемијским поступцима спадају у предтретмане природног материјала за побољшање сорпционог капацитета.

Циљ истраживања је испитивање могућности примене природног материјала на бази целулозе (нпр. памук, конопља и др.) као сорбента за анјонске/катјонске полутанате попут: тешких метала (олово) [6], текстилних боја (метиленско плаво (МП), кристал виолет (КВ)) и др. [7, 8]. Различити физички и хемијски поступци ће се користити у циљу побољшања сорпционог капацитета. Биће испитивана морфолошка и хемијска својства немодификованог и модификованог материјала на бази целулозе, и лигнина. Адсорпциони процес биће обављен у шаржним и континуалним условима уз оптимизацију процесних параметара попут: почетне концентрације адсорбата, рН вредности, времена контакта, температуре и масе адсорбента, који могу имати велики утицај на процес сорбовања. Могућност и степен регенерације материјала ће бити испитан у десорпционим експериментима након чега ће стабилизација десорбованих полутаната бити у виду биодеградабилности целулозне мембране [9], фотодеградације боја уз помоћ катализатора под утицајем ултраљубичастог (UV) зрачења (енгл. *Ultraviolet (UV) radiation*) [10] и умрежавања са синтетисаном полиестарском смолом од отпадног полиетилен терефталата, ПЕТ-а. Десорбовани јони олова ће у облику олово(II)-фталата бити употребљени као пуниоци за новоформиране композите са циљем испитивања механичких и ватроотпорних својстава.

Литература:

1. Au W., Pathak S., Collie C., Hsu T.: *Cytogenetic Toxicity of Gentian Violet and Crystal Violet on Mammalian Cells in Vitro*, Mutation Research/Genetic Toxicology, Vol 58, 1978, pp. 269–276, ISSN: 0165-1218, [https://doi.org/10.1016/0165-1218\(78\)90019-8](https://doi.org/10.1016/0165-1218(78)90019-8).
2. Perendija J., Veličković Z., Cvijetić I., Rusmirović J., Ugrinović V., Marinković A., Onjia A.: *Batch and Column Adsorption of Cations, Oxyanions and Dyes on a Magnetite Modified Cellulose-Based Membrane*, Cellulose, Vol 27, 2020, pp. 8215-8235, ISSN 1572-882X, <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03352-x>.
3. Demirbas A.: *Heavy Metal Adsorption onto Agro-Based Waste Materials: A Review*, Journal of Hazardous Materials, Vol 157, 2008, pp. 220–229, ISSN: 1873-3336, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.01.024>.
4. Fomina M., Gadd G. M.: *Biosorption: Current Perspectives on Concept, Definition and Application*, Bioresource Technology, Vol 160, 2014, pp. 3–14, ISSN: 1873-2976, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.12.102>.
5. Nilsson R., Olsson M., Westman G., Matic A., Larsson A.: *Screening of hydrogen bonds in modified cellulose acetates with alkyl chain substitutions*, Carbohydrate Polymers, Vol 285, 2022, pp. 119188, ISSN

0144-8617, <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119188>.

6. Abou-Zeid R., Dacrory S., Ali K., Kamel S.: *Novel Method of Preparation of Tricarboxylic Cellulose Nanofiber for Efficient Removal of Heavy Metal Ions from Aqueous Solution*, International Journal of Biological Macromolecules, Vol 119, 2018, pp. 207–214, ISSN: 1879-0003, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.07.127>.

7. Batmaz R., Nishil M., Masuduz Z., Minhas G., Richard B., Kam T.: *Cellulose Nanocrystals as Promising Adsorbents for the Removal of Cationic Dyes*, Cellulose, Vol 21, 2014, pp. 1655–1665, ISSN 1572-882X, <https://doi.org/10.1007/s10570-014-0168-8>.

8. AL-Shehri H., Almudaifer E., Alorabi A., Alanazi H., Alkorbi A., Alharthi F.: *Effective Adsorption of Crystal Violet from Aqueous Solutions with Effective Adsorbent: Equilibrium, Mechanism Studies and Modeling Analysis*, Environmental Pollutants and Bioavailability, Vol 33, 2021, pp. 214–226, ISSN: 2639-5940, <https://doi.org/10.1080/26395940.2021.1960199>.

9. Skujiņš, J., Burns R. G.: *Extracellular Enzymes in Soil*, CRC Critical Reviews in Microbiology, Vol 4, 1976, pp. 383–421, ISSN: 1549-7828, <https://doi.org/10.3109/10408417609102304>.

10. Akbari A., Sabouri Z., Ali Hosseini H. A., Hashemzadeh A., Khatami M., Darroudi M.: *Effect of Nickel Oxide Nanoparticles as a Photocatalyst in Dyes Degradation and Evaluation of Effective Parameters in Their Removal from Aqueous Environments*, Inorganic Chemistry Communications, Vol 115, 2020, pp. 107867, ISSN: 1879-0259, <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2020.107867>.

У овом раду предвиђена су следећа истраживања:

- Механичка припрема природног материјала – избор адекватне методе уситњавања;
- Оптимизација поступака хемијске модификације лигноцелулозних материјала: ТЕМПО оксидација (енгл. 2,2,6,6-Tetramethylpiperidinyloxy) и модификација применом НАДЕС реагенаса (енгл. *Natural deep eutectic solvents*);
- Производња мембране на бази ТЕМПО оксидоване целулозе умрежавањем са лимунском киселином за ефикасно уклањање катјонских загађујућих материја, Pb(II), молекула боја КВ и МП из воде;
- Производња адсорбента на бази целулозе модификоване НАДЕС реагенсима која садржи кватернарне амонијумове групе за уклањање анјонских загађујућих материја, боје из воде;
- Оптимизација порозности и структурних карактеристика у циљу смањења дифузионих ограничења а тиме и ефикаснијег уклањања загађујућих материја из воде;
- Карактеризација добијених адсорбената (морфолошка и структурна анализа, одређивање тачке нултог наелектрисања и др.);
- Проучавање ефикасности адсорбената за уклањање загађујућих материја уз оптимизацију параметара који утичу на процес адсорпције: време контакта и однос количине адсорбата и адсорбента, почетна концентрација, рН вредност раствора, температура;
- Одређивање кинетичких параметара, као и избор кинетичког модела адсорпције;
- Обрада експерименталних резултата различитим моделима адсорпционих изотерми, на основу којих ће бити одређени адсорпциони параметри;
- Испитивање ефикасности адсорпције у компетитвним условима;
- Одређивање термодинамичких параметара процеса адсорпције на основу адсорпционих резултата добијених на различитим температурама;

- Испитивање могућности регенерације и поновне употребе мембрана у више циклуса, и испитивање биодеградабилности након истека периода експлоатације;
- Оптимизација процеса фотокаталичке деградације раствора боја добијених поступком десорпције;
- Синтеза олово(II)-фталата коришћењем десорбованог Pb(II) јона и *o*-фталне киселине изоловане из отпадног диизонил-фталата;
- Производња и карактеризација композитних материјала на бази незасићене полиестарске смоле (НПС) синтетисане из отпадног ПЕТ-а, и реактивног мономера Крафт лигнина модификованог са акрилном киселином и нереактивног пуниоца олово(II)-фталата;

3. Полазне хипотезе

Полазне хипотезе битне за започињање и успешно извођење експерименталног дела дисертације су следеће:

- Различита својства лигноцелулозних материјала (памук, конопља и др.) пружају могућност избора технологија третмана и модификација у циљу добијања влакана жељених карактеристика (геометрије, морфологије, површинских и механичких својстава итд.) за производњу мембрана;
- Структура и својства целулозе пружају могућност модификације у циљу увођења различитих функционалних група чиме ће се дефинисати површинска својства, реактивност и функционалност материјала;
- Увођењем карбоксилних група допринеће постизању високог афинитета према катјонским загађујућим материјама (катјони и катјонске боје);
- Увођењем кватернарних амонијум група допринеће постизању високог афинитета према анјонским загађујућим материјала (оскианјони и анјонске боје);
- Оптималним поступцима физичких и хемијских третмана полазних материјала добијају се адсорпциони материјали који имају побољшана адсорпциона својства и кинетику услед смањених дифузионих ограничења;
- Испитивањем утицаја параметара процеса модификације, као што су температура, време трајања реакције и концентрација коришћених реагенса утицаће на побољшану адсорпцију и десорпцију, као и успешност одлагања искоришћене мембране у циљу остваривања смањења утицаја на животну средину и принципа одрживости;
- Испитивање утицаја уобичајено присутних јона и других органских загађујућих материја, природног или антропогеног порекла, даће увид о ефикасности уклањања у компетитивним условима;

4. Научне методе истраживања

У циљу добијања материјала примењивих у шаржном и проточном систему примениће се одговарајуће технологије добијања адсорпционих материјала коришћењем модификоване целулозе (ТЕМПО оксидоване умрежавањем са лимунском киселином и модификоване НАДЕС растварачима) према оригиналним или модификованим поступцима из литературе. Сви добијени адсорбенти ће бити окарактерисани и биће испитани адсорпциони процеси.

Структурна и морфолошка карактеризација добијених адсорбената извршиће се применом скенирајуће електронске микроскопије (енгл. *Scanning Electron Microscopy, SEM*), инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (енгл. *Attenuated Total Reflectance Fourier-Transform Infrared Spectroscopy, ATR-FTIR*), као и тачке нултог наелектрисања (енгл. *The Point of Zero Charge, pH_{pzc}*). Концентрација карбоксилних и алдехидних група на површини модификованог материјала биће одређена стандардним методама титрације. Порозност добијених мембрана биће одређена гравиметријском методом. Концентрације јона метала и оксианјона у раствору биће одређене применом атомско апсорпционе спектроскопије (енгл. *Atomic Absorption Spectroscopy, AAS*). На основу ових мерења израчунаће се вредности промене концентрације, адсорпционог капацитета и степена уклањања јона метала у зависности од времена трајања адсорпције. Концентрације органских загађивача (боја) у раствору пре и након третмана биће одређене применом ултраљубичасте-видљиве апсорпционе спектроскопије (енгл. *Ultraviolet-Visible Spectroscopy, UV-Vis*) и хроматографије високих перформанси на високом притиску (енгл. *High Performance Liquid Chromatography, HPLC*). Статистичка обрада експериментално добијених резултата биће одређена коришћењем математичке функције грешке. Резултати добијени коришћењем програмског пакета Visual MINTEQ ће бити коришћени за анализу утицаја различитих параметара и присутних јона у води на процес адсорпције, као и поређење са експерименталним резултатима. Применом адсорпционих изотерми које приказују услове на којима се остварују највећи адсорпциони капацитети биће описана интеракција између адсорбата и адсорбента у стању равнотеже испитиваног система. У описивању процеса адсорпције за добијене материјале биће анализирани следећи модели: Ленгмир (енгл. *Langmuir*), Фројндлих (енгл. *Freundlich*), Дубинин-Радушкевич (енгл. *Dubinin-Radushkevich*), Темкин (енгл. *Temkin*). Квалитет регресије експерименталних података и параметара различитих модела, за добијене материјале, биће оцењен на основу вредности функција: R^2 и χ^2 . На основу вредности математичких функција грешака биће одабрани најприкладнији модели за описивање адсорпционих изотерми и модели који покажу најбоље слагање са експерименталним подацима биће представљени у раду. У обзир ће бити узет број параметара који фигуришу у једначини адсорпционе изотерме и разлика између линеарног и нелинеарног извођења регресионе анализе. Да би се боље анализирао механизам адсорпције, потребно је одредити брзину адсорпције и кораке који контролишу целокупни процес. За моделовање кинетичких података биће коришћене различите једначине закона брзине: модел псеудо-првог реда (енгл. *Lagergreen*), модел псеудо-другог реда (енгл. *Ho-McKay*) применом линеарне и нелинеарних метода. Подешавање кинетичких резултата, биће урађено коришћењем Вебер-Морисовог (енгл. *Weber-Morris*) дифузионог модела, Дунвалд-Вагнеровог (енгл. *Dunwald-Wagner*) модела и модела хомогене дифузије (енгл. *HSDM*). Резултати који ће се добити треба да покажу да ли испитивани материјали поседују висок афинитет у погледу катјонских и анјонских загађујућих материја као и да ли представљају брзе адсорпционе процесе. Поређењем кинетичких параметара адсорпције са литературним подацима који се односе на резултате адсорпције применом различитих целулозних/лигноцелулозних материјала дискутоваће се утицај својстава материјала на ефикасност адсорпције. Анализа термодинамичког аспекта процеса адсорпције на основу резултата адсорпционих експеримената добијених на температурама 25, 35 и 45 °C биће урађена рачунањем Гибсове слободне енергије (ΔG°), енталпије (ΔH°) и ентропије (ΔS°) применом Вант-Хофових (енгл. *Van't Hoff*) једначина. Процес адсорпције биће примењен и у проточном систему. Да би се предвидела природа транспорта и адсорпције загађивача кроз адсорбент, биће коришћени

Бохарт-Адамсови (енгл. *Bohart-Adams*), Томасови (енгл. *Thomas*) и Џон-Нелсонови (енгл. *Yoon- Nelson*) модели. Резултати адсорпције добијени у колони са фиксним слојем треба да укажу на место (спољна/унутрашња површина) одвијања интеракције између загађивача и адсорбента.

Студије десорпције су од суштинског значаја за разјашњавање природе процеса адсорпције, за регенерацију адсорбената и могућност опоравка адсорбатних јона. Сходно томе биће урађена десорпција како би се дефинисао адсорпционо-десорпциони потенцијал адсорбената. Такође, разматраће се могуће одлагање истрошеног адсорбента у природу. С тим у вези, мембране ће бити подвргнуте тестовима биоразградљивости како би се доказала еколошка прихватљивост произведених материјала. Тестови ће се спроводити методом потапања узорака у земљиште у контролисаним, лабораторијским условима. Након тестирања десорпционог капацитета, потребно је и стабилизovati ослобођене јоне/молекуле и на тај начин смањити њихов негативан утицај на животну средину. Из тог разлога примениће се процес фотодеградације у присуству фотокатализатора за органске загађиваче попут боја и процес стабилизације метала у виду нерастворних соли и њихова примена за добијање материјала на бази незасићених полиестарких смола (НПС) који могу бити применљиви у грађевинској индустрији. Узорци ће бити тестирани стандардним методама истезања и испитивање запаљивости пластичних материјала (UL-94) у циљу добијања материјала са побољшаним механичким и ватроотпорним својствима. Синтеза НПС ће се базирати на сировинама из обновљивих и рециклираних материјала, а њихова карактеризација ће се вршити применом ATR-FTIR и нуклеарне магнетне резонантне спектроскопије (енгл. *Nuclear magnetic resonance spectroscopy, NMR*).

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће резултати истраживања у оквиру ове докторске дисертације дати вишеструки научни допринос који се огледа у следећем:

- Функционализацији природних лигноцелулозних материјала поступком ТЕМПО оксидације и производњом мембране са побољшаним адсорпционим својствима за ефикасно уклањање катјонских загађујућих материја из воде;
- Функционализацији природних лигноцелулозних материјала поступком модификације са НАДЕС реагенсима у циљу добијања адсорбента са побољшаним адсорпционим својствима за ефикасно уклањање анјонских загађујућих материја из воде;
- Карактеризацији немодификованих и модификованих материјала пре и после процеса адсорпције применом различитих инструменталних техника у циљу дефинисања адсорпционог механизма;
- Испитивање процеса адсорпције у шаржном и проточном систему;
- Тумачењу и дефинисању адсорпционих резултата применом одговарајућих адсорпционих модела и израчунавању термодинамичких параметара, као и кинетичких модела;
- Испитивању могућности регенерације адсорбената и стабилизације адсорбата као еколошки прихватљивог метода одлагања отпада;
- Потврда еколошке прихватљивости примењеног процеса третмана са становишта биодеградације искоришћених мембрана;

- Одређивање механизма деградације десорбованих катјонских и анјонских боја применом поступка фотокаталитичке деградације;
- Синтези незасићене полиестарске смоле (НПС) и модификацији лигнина на бази обновљивих и рециклираних сировина као полазних компоненти за добијање композитних материјала побољшаних механичких и ватроотпорних својстава;
- Употреба синтетисане НПС као матрица за производњу композита са десорбованим полутантом и хемијски модификованим лигнином с циљем добијања нових материјала побољшаних механичких својстава и отпорности на горење.

Поред тога очекује се да ново добијени лигноцелулозни сорбенти допринесу бољем и ефикаснијем решавању проблематике уклањања катјонских и анјонских загађујућих материја из воде.

6. План истраживања и структура рада

Предмет рада ове докторске дисертације је оптимизација процеса третмана и модификације лигноцелулозних материјала, карактеризација и примена добијених материјала као адсорбената за уклањање јона метала и органских полутаната из водених раствора. Извршиће се оптимизација поступака добијања адсорбената и испитивање утицаја параметара процеса адсорпције на процес уклањања полутаната.

Предвиђа се да ће у докторској дисертацији бити приказана следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература.*

У поглављу *Увод* биће речи о проблематици везаној за загађење вода, порекло загађења, значај у добијању модификованих лигноцелулозних материјала, њиховим својствима, циљу рада и потенцијалној примени добијених адсорбената, као и регенерисаних полутаната.

Теоријски део дисертације обухватиће преглед, литературно приказаних релевантних података и садржаће следеће:

- Опис проблематике везане за присуство полутаната у води, последице по људско здравље и актуелне законске регулативе;
- Приказ постојећих метода које се користе у уклањању јона метала и органских полутаната из воде;
- Приказ природних материјала који су се користили као адсорбенти за уклањање јона метала и текстилних боја;
- Преглед литературних података који се односе на поступке модификације лигноцелулозних материјала, оптимизације и карактеризације;
- Преглед литературних података који се односе на збрињавање десорбованих полутаната и њихова поновна еколошки прихватљива употреба;

У *Експерименталном делу* дисертације биће наведени материјали и хемикалије коришћени током синтеза и производње адсорбената, приказани поступци модификације, као и поступци производње адсорбената у облику мембране.

Експериментални део ће обухватити:

- Услове и поступак добијања модификованих лигноцелулозних материјала, као и добијање различитих форми адсорпционих материјала (мембрана);
- Услове адсорпционих експеримената за уклањања јона метала, катјонских и анјонских боја у шаржном и проточном систему;

- Одређивање концентрације јона метала *AAS* методом, и органских полутанта *UV-Vis* и *HPLC* метода;
- Математичке моделе адсорпционих изотерми, кинетичких и термодинамичких параметара, као и методе за одређивање механизма адсорпције;
- Методологију коришћену за статистичку обраду експерименталних података;
- Методе које ће се користити за карактеризацију адсорбената;
- Методе које ће се користити за карактеризацију нових композита направљених од отпадног ПЕТ-а и рециклираног олово-фталата (UL-94, ASTM D882).

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и дискутовани експериментални резултати. Ово поглавље ће садржати:

- Приказ и дискусију резултата оптимизације поступака модификације материјала која ће се пратити применом инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (ATR-FTIR), и морфолошке и површине анализе на основу резултата скенирајуће електронске микроскопије (SEM);
- Испитивање адсорпционих резултата добијених материјала у шаржном и проточном систему;
- Одређивање капацитета адсорпције применом адсорпционих модела и термодинамичких величина;
- Одређивање кинетичких параметара процеса у једнокомпонентним или у мултикомпонентним системима како би се дефинисала селективност коришћеног адсорбента;
- Одређивање кинетичких параметара на различитим температурама ће послужити за рачунање активационих параметара;
- Дискутоваће се ефикасност уклањања јона метала, Pb^{2+} и обојених полутаната (боја) и описаће се механизми адсорпције;
- Резултате статистичке анализе успешности обраде експерименталних резултата.

У *Закључку* ће бити сумирани добијени резултати, уз осврт на најважније резултате добијених у истраживањима.

Литература ће садржати наводе цитиране у дисертацији, као и радове проистекле истраживањем у оквиру ове докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидат **Наташа Кнежевић**, мастер инжењер технологије, испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом: „**Одржива технологија производње лигноцелулозних мембрана за уклањање анјонских и катјонских загађујућих материја из воде**“ научно заснована и предлаже Наставно–научном већу да је прихвати. За менторе се предлажу **др Александар Маринковић**, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко–металуршки факултет и **др Милена Милошевић**, научни сарадник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију - Институт од националног значаја за Републику Србију. Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области **Инжењерство заштите животне средине**, ужа област **Инжењерство заштите животне средине**, за коју је Технолошко–металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа.

Београд, 06.11.2023. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Александар Маринковић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Милена Милошевић, научни сарадник, Универзитет у Београду,
Институт за хемију, технологију и металургију - Институт од националног значаја за
Републику Србију

.....
Др Александара Перић-Грујић, редовни професор, Универзитет у
Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Антоније Оџа, редовни професор, Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Љиљана Јанковић-Мандић, виши научни сарадник,
Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке “ВИНЧА” - Институт од
националног значаја за Републику Србију