

**НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ХЕМИЈСКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ**

ПРЕДМЕТ: Извештај о оцени научне заснованости и оправданости предложене теме за израду докторске дисертације кандидаткиње Тање Једнак Берић, мастер биохемичара

На седници Наставно-научног већа Хемијског факултета Универзитета у Београду, одржаној 09.09.2021. године, изабрани смо за чланове Комисије за подношење извештаја о оцени научне заснованости и оправданости предложене теме за израду докторске дисертације кандидаткиње **Тање Једнак Берић**, мастер биохемичара, под називом:

„Биоремедијација сложених рафинеријских супстрата насталих инцидентно или намерном деструкцијом инсталација: испитивања на модел супстрату”

На основу поднете документације и увида у досадашњи рад кандидаткиње Тање Једнак Берић, Комисија подноси Наставно-научном већу Хемијског факултета следећи

ИЗВЕШТАЈ

А. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТКИЊИ

Тања (Радмила) Једнак Берић рођена је 25. јуна 1988. године у Глини, Република Хрватска. Основну школу и средњу медицинску је завршила у Ваљеву. Хемијски факултет Универзитета у Београду уписала је 2007. године као редован студент, а дипломирала у априлу 2013. године са просечном оценом 7,42 са завршним радом под насловом “Испитивање микробицидног дејства метала, из катализатора за десулфуризацију нафте, на конзорцијуму микроорганизама изолованих из различитих отпадних материјала”. Мастер студије на истом факултету завршила је у септембру 2014. године са просечном оценом 8,60 и одбранила мастер рад под насловом: “Испитивање форми метала из отпадних катализатора нафтне индустрије током биоремедијације”. Докторске студије уписала је 2015. године на Хемијском факултету Универзитета у Београду, студијски програм Биохемија.

Од 2013. до 2020. године била је запослена у биоремедијацијоној компанији БРЕМ ГРОУП ДОО Београд као Руководилац заштите животне средине, а од 2015. до 2020. године у компанији НРК ИНЖЕЊЕРИНГ ДОО Београд обављала је и послове техничког руководиоца лабораторије за испитивање према *ISO 17025:2017*. Од 2020. до данас запослена је у консултантској компанији КВАДРИКОМ ДОО Београд као стучњак за заштиту животне средине где се бави и пословима безбедности и здравља на раду и заштите од пожара, уз имплементацију *ISO* стандарда.

Б. ОБЈАВЉЕНИ НАУЧНИ РАДОВИ И САОПШТЕЊА

Тања Једнак Берић је до сада презентовала резултате свог научно-истраживачког рада у оквиру 7 библиографских јединица: један рад у врхунском међународном часопису (категорија M21), један рад у међународном часопису (категорија M23), једно саопштење

са међународног скупа штампано у целини (категорија М33), једно саопштење са међународног скупа штампано у изводу (категорија М34), три саопштења са скупа националног значаја штампано у изводу (категорија М64). Библиографија категорисана према критеријумима Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије дата је у **Прилогу** овог извештаја.

В. ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ

- 1. Научна област:** Хемија
Ужа научна област: Биохемија

2. Предмет рада

Предмет рада предложене докторске дисертације је испитивање процеса биоремедијације у сложеним рафинеријским супстратима који настају инцидентно или намерном деструкцијом инсталација, као што су бомбардовања или терористички напади. У овом раду планирано је да се биоремедијација испита на модел супстрату који представља вештачку смешу направљену од тешке нафтне фракције, отпадног катализатора на бази кобалта и молибдена који се користи у процесу хидродесулфуризације нафте, затим пиљевине и неиспраног речног песка. Пре мешања свака од компоненти ће бити посебно окарактерисана, као и коначни супстрат. При одређивању односа тешког нафтног деривата и катализатора на бази кобалта и молибдена водиће се рачуна да концентрације полутаната буду такве да модел супстрат буде у категорији опасног отпада у односу на све полутанте, односно на укупне угљоводонике нафте, кобалт и молибден. У раду ће се одређивати укупни садржај метала, као и облици у којима се они налазе на почетку и на крају експеримента (секвенционална анализа). Биће утврђен степен деградације испитиване нафтне фракције праћењем садржаја и састава угљоводоника. У ту сврху биће коришћене протонска нуклеарна магнетна резонанца (NMR) и хроматографија са пламено јонизујућим детектором (GC-FID). За праћење интезитета биоремедијације користиће се и гасна хроматографија са масеном спектрометријом (GC-MS) и дводимензионална гасна

хроматографија са масеном спектрометријом (GCxGC-MS). Сем тога, одређиваће се садржај, и пратиће се трансформације хуминских киселина. У ту сврху биће примењена инфрацрвена спектроскопија (FTIR). Планирано је и одређивање броја физиолошки важних група микроорганизама, посебно оних који разграђују нафтне угљоводонике. Фазни састав узорака утврдиће се класичним аналитичким методама и рендгенском дифракционом анализом (RDA).

3. Научни циљ истраживања

Главни циљ ове дисертације је да се утврди утицај кобалта и молибдена на активност конзорцијума зимогених микроорганизама, да се дефинише њихова интеракција са органским молекулима пре и након извршене биоремедијације, да се одреди степен разградње укупних нафтних загађујућих супстанци, као и да се утврде промене у садржају хуминских киселина, и генерисање секундарних алумосиликатних минерала (глина) током процеса биоремедијације.

Како би циљеви били остварен, формулсани су следећи задаци:

1. идентификација микроорганизама који учествују у биоремедијацији;
2. процена степена биоремедијације;
3. секвенцијална анализа метала пре почетка и на крају биоремедијације;
4. анализа хуминских киселина;
5. анализа појединачних биодеградираних класа једињења;
6. испитивање састава и дефинисање трансформација загађујућих помоћних супстанци за биоремедијацију (органска и неорганска компонента).

4. Методе истраживања

У првом делу експеримента биће припремљен супстрат. Пре хомогенизације ће свака од компоненти бити посебно окарактерисана. При одређивању односа тешког нафтног деривата и катализатора водиће се рачуна да концентрације полутаната буду такве да вештачки отпад буде у категорији опасног отпада у односу на све полутанте. Узорци би се радили у поливинил-хлоридним (PVC) контејнерима са перфорираним дном, а запремина супстрата би требало да буде око 50-60 литара. Након тога, би се изоловао и умножио конзорцијум зимогених микроорганизама којим би изводили биоремедијацију. Одређиваће се број укупних микроорганизама (аеробне и факултативно анаеробне хемоорганохетеротрофне бактерије, квасци и споре плесни, анаеробне хемоорганохетеротрофне бактерије и микроорганизми који разграђују угљоводонике). Идентификација микроорганизама ће се изводити одређивањем индекса аналитичког профила (API тестови). Екстракција хуминских киселина ће се радити по стандардној методи са натријум-пирофосфатом и натријум хидроксидом (*ISO 5073* из 1999. године). Од инструменталних метода користиће се оптичка емисиона спектрометрија (OES) куплована индуковано куплованом плазмом (ICP) за одређивање метала, затим рендгенска дифракциона анализа (RDA), елементарна органска микроанализа, FTIR, GC-FID, GC-MS, GCxGC-MS, UV-Vis-спектрофотометрија и NMR. Осим инструменталних метода користиће се и класичне аналитичке методе.

5. Актуелност проблематике у свету

Друштво се свакодневно суочава са последицама идустијализације и технолошког напретка. Ослобађање штетних супстанци у животну средину, нагомилавање великих количина чврстог отпада и нетретирање индустријских и комуналних отпадних вода представљају велики ризик по здравље људи и животну средину [1,2]. Биоремедијација је већ дуго препозната као економски исплатива, поуздана и еколошка метода за уклањање загађујућих супстанци из животне средине. У овом процесу микроорганизми деградују или трансформишу загађујуће супстанце користећи их као изворе угљеника и енергије [2,3].

Нафтна индустрија је једна од највећих индустрија и чини кичму многих националних индустрија. Састав нафте је готово немогућно у потпуности дефинисати, јер она садржи

огроман број различитих органских једињења (алкани, аромати и различита азот, сумпор кисеонична једињења), у различитим количинама и у различитим конфигурационим облицима.

Отпад који настаје у петрохемијској индустрији има велики негативни утицај на животну средину. Потрошени катализатори чине главни део чврстог отпада у петрохемијској индустрији [4,5]. Прописи и регулативе о заштити животне средине налажу уклањање сумпора, азота и метала из сировина. То се сматра кључним кораком у производњи еколошки прихватљивих горива. Регулаторна тела Сједињених Америчких Држава и Европске Уније налажу да је неопходно смањити садржај сумпора у течним нафтним дериватима о до десет пута. То доводи до значајног повећања количине катализатора за хидродесулфуризацију, што се манифестује и повећањем његове количине као опасног рафинеријског отпада. Он је загађујућа супстанца јер садржи токсичне метале као што су, најчешће, молибден и кобалт.

Највеећа количина загађујућих супстанци у рафинеријама настају током акциденатаа, као што су пожари, експлозије, кварови на инсталацијама, али некад и намерном деструкцијом.

1. Sakshi, Singh S.K., Haritash A. K. *Int. J. Environ.* **16** (2019) 6489-6512.
2. Quintella C. M., Mata A.M.T., Lima L.C.P. *J. Environ. Manage.* **241** (2019) 156-166.
3. O'Brien P.L., DeSutter T.M., Casey F.X.M., Wick A.F., Khan E. *Curr. Pollution Rep.* **3** (2017) 192-205.
4. Ye X., Guo S., Qu W., Yang L., Hu T., Xu S., Zhang L., Liu B., Zhang Z.; *Journal of Hazardous Materials* **366** (2019) 432–438
5. Saleha T.A., AL-Hammadi S.A., Abdullah I.M., Mustaqeem M.; *Journal of Molecular Liquids* **272** (2018) 715-721

6. Очекивани резултати

Као кључни резултат очекује се потврда могућности ефикасне биоремедијације на моделу комплексног рафинеријског отпада, на пилот скали, насталом у ирегуларним, случајним

или намерним условима, што ће бити потврђено трансформацијама нафтних угљоводоника, токсичних метала и загађујућих помоћних супстанци органског и неорганског порекла, као и објашњењем интеракција, нафтних супстрата, токсичних метала и конзорцијума зимогених микроорганизама, који ће бити идентификовани. Посебно ће бити важни резултати, који се односе на хумификацију и настанак секундарних алумо-силикатних минерала.

Колико је познато из доступне литературе, испитивање овако сложених интеракција у комплексним рафинеријским отпадима до сада није рађено.

Г. ЗАКЉУЧАК

На основу свега изложеног, Комисија доноси закључак да предложена тема има научну заснованост. Она се уклапа у савремене трендове истраживања. Дефинисана методологија тезе може дати значајан научни допринос у области, биоремедијације, и заштите животне средине, као области примењене биохемије. У изради докторске тезе предвиђена су опсежна истраживања која су по мишљењу потписника одговарајућа за решавање темом дефинисаних задатака.

На основу изнетог мишљења о оцени научне заснованости и оправданости предложене теме за израду докторске дисертације кандидаткиње **Тање Једнак Берих** (на докторским студијама сакупила укупно 150 ЕСПБ), Комисија сматра да су испуњени сви услове за почетак израде докторске тезе за стицање академског звања ДОКТОР БИОХЕМИЈСКИХ НАУКА. Сагласно томе, а у складу са Законом о Универзитету и Статутом Хемијског факултета, именована Комисија предлаже Наставно-научном већу Хемијског факултета Универзитета у Београду да се **Тањи Једнак Берих**, мастер биохемичару, одобри израда докторске дисертације под насловом:

„Биоремедијација сложених рафинеријских супстрата насталих инцидентно или намерном деструкцијом инсталација: испитивања на модел супстрату”

За менторе се предлажу: др Бранимир Јованчићевић, редовни професор Хемијског факултета Универзитета у Београду и др Срђан Милетић, виши научни сарадник Универзитета у Београду - Института за хемију, технологију и металургију, Института од националног значаја.

У Београду,

Чланови комисије:

Др Бранимир Јованчићевић, редовни професор, ментор
Универзитет у Београду, Хемијски факултет

Др Срђан Милетић, виши научни сарадник, ментор
Универзитет у Београду,
Институт за хемију, технологију и металургију,
Институт од националног значаја

Др Горан Роглић, редовни професор
Универзитет у Београду, Хемијски факултет

ПРИЛОГ

Радови и саопштења кандидаткиње

Тања Једнак, мастер биохемичар

1. Радови у часописима међународног значаја:

M21, Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. **Jednak, T.**, Avdalović, J., Miletić, S., Slavković-Beškoski, L., Stanković, D., Milić, J., Ilić, M., Beškoski, V., Gojgić-Cvijović, G., Vrvic, M.M. (2017). Transformation and synthesis of humic substances during bioremediation of petroleum hydrocarbons. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 122, 47-52.
doi:10.1016/j.ibiod.2017.04.009
(IF₂₀₁₇ = 3,562)

M23, Rad u međunarodnom časopisu

1. Milic, J., Avdalovic, J., Solevic-Knudsen, T., Gojgić-Cvijovic, G., **Jednak, T.**, Vrvic, M. (2016). Initial microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons. *Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly*, 22(3), 293-299.
doi:10.2298/ciceq150606043m
(IF₂₀₁₆ = 0,664)

2. Саопштења са домаћих и међународних скупова

M33, Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini

1. Miletić, S., **Jednak, T.**, Avdalović, J., Beškoski, V., Ilić, M., Gojgić-Cvijović, G., & Vrvic, M. M. (2017). Bioremediation of Complex Pollutants from the Oil Industry Containing Cobalt and Molybdenum Catalysts. *Solid State Phenomena*, 262, 622-625. doi:10.4028/www.scientific.net/ssp.262.622
(http://www.mineravita.com/gmbh/ref/887002IBS_2017.pdf)

M34, Saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u izvodu

1. **Jednak, T.**, Avdalović, J., Miletić, S., Beškoski, V., Ilić, M., Gojgić-Cvijović, G., Vrvic, M.M. (2013). Green chemistry and bioremediation: Investigation of metal influence from catalysts on microorganism consortia which is used in bioremediation. 1st EuCheMS Congress on Green and Sustainable Chemistry, Budapest, Hungary, October 13-15, Programme & Book of Abstracts, 91
(http://www.chem.bg.ac.rs/~p43004/ref/2013/2013_budapest_green_chemistry.pdf)

M64, Saopštenje sa skupa nacionalnog značaja štampano u izvodu

1. Joksinović, K., Žerađanin, A., Ilić, M., Avdalović, J., Miletić, S., **Jednak, T.**, Beškoski, V.P. (2018). Primena sveobuhvatne dvodimenzionalne gasne hromatografije sa masenom spektrometrijom (GCxGC-MS) za rešavanje nerazložne složene smeše (Unresolved Complex Mixture-UCM) naftnih ugljovodonika u procesima bioremedijacije; 8. Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine sa međunarodnim učešćem Envirochem 2018; Srpsko hemijsko društvo, Knjiga izvoda st. 129-130, Kruševac 29.05.-01.06.2018
(http://www.mineravita.com/gmbh/ref/510958KJoksimovic_Envirochem_2018.pdf)
2. Žerađjanin, A., Lukić, M., Ilić, M., Avdalović, J., Milić, J., **Jednak, T.**, Beškoski, V. (2018). Ispitivanje naftnih zagadjujućih supstanci u uzorcima sedimenta na lokalitetu Toplane Novi Beograd; 8. Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine sa međunarodnim učešćem Envirochem 2018; Srpsko hemijsko društvo, Knjiga izvoda st. 135-136, Kruševac 29.05.-01.06.2018
(http://www.mineravita.com/gmbh/ref/330189AZeradjanin_Envirochem_2018.pdf)
3. Avdalović, J., Slavković-Beškoski, L., Miletić, S., **Jednak, T.**, Ilić, M., Gojgić-Cvijović, G., Beškoski, V.P. (2013). Ispitivanje humifikacionih transformacija tokom

bioremedijacije ugljovodonika na pilot postrojenju; 6. Simpozijum Hemija i zaštita životne sredine »Envirochem 2013«, Srpsko hemijsko društvo, Knjiga izvoda st. 364-365, Vršac 21-24. maj 2013.

(<http://www.chem.bg.ac.rs/~p43004/ref/2013/2013-vrsac-javdalovic.pdf>)

Радови Ментора:

Проф. др Бранимир Јованчићевић

1. Burazer, N., Šajnović, A., Kašanin-Grubin, M., Radisavljević, M., **Jovančićević, B.** (2021). Polycyclic aromatic hydrocarbons and their relationship to maturity and paleoenvironmental settings in lacustrine sediments of the Neogene Toplica Basin, Serbia. *Journal of Paleolimnology*, 2021, 66(3), pp. 187–205. doi: 10.1007/s10933-021-00199-5
2. Samelak, I., Balaban, M., Antić, M., Šolević Knudsen, T., **Jovančićević, B.** (2020). Geochromatographic migration of oil pollution from a heating plant to river sediments. *Environmental Chemistry Letters*, 2020, 18(2), pp. 459–466. doi: 10.1007/s10311-019-00937-2
3. Kašanin-Grubin, M., Hagemann, L., Gajica, G., Štrbac, S., **Jovančićević, B.**, Vasić, N., Šajnović, A., Djogo Mračević, S., Schwarzbauer, J. (2020). Geochronological investigation of the Danube Djerdap Lake sediments (Serbia): sedimentology and inorganic composition. *Environmental Geochemistry and Health*, 2020, 42(2), pp. 693–707. doi: 10.1007/s10653-019-00403-6
4. Hagemann, L., Kašanin-Grubin, M., Gajica, G., Štrbac, S., Šajnović, A., **Jovančićević, B.**, Vasić, N., Schwarzbauer, J. (2019). Four Decades of Organic Anthropogenic Pollution: a Compilation for Djerdap Lake Sediments, Serbia. *Water, Air, and Soil Pollution*, 2019, 230(10), 246. doi: 10.1007/s11270-019-4277-8
5. Ilić M., Antić M., Antić V., Schwarzbauer J., Vrvic M., **Jovančićević B.** (2011). Investigation of bioremediation potential of zymogenous bacteria and fungi for crude oil degradation. *Environmental Chemistry Letters* 9(1), pp. 133-140. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10311-009-0257-3>

др Срђан Милетић

1. Joksimović, K., Žerađanin, A., Randjelović, D., Avdalović, J., **Miletić, S.**, Gojgić-Cvijović, G., & Beškoski, V. P. (2020). Optimization of microbial fuel cell operation using Danube River sediment. *Journal of Power Sources*, 476, 228739. doi:10.1016/j.jpowsour.2020.228739
2. Relić, D., Đorđević, D., Sakan, S., Anđelković, I., **Miletić, S.**, & Đuričić, J. (2011). Aqua regia extracted metals in sediments from the industrial area and surroundings of Pančevo, Serbia. *Journal of Hazardous Materials*, 186(2-3), 1893-1901. doi:10.1016/j.jhazmat.2010.12.086
3. **Miletić, S. B.**, Spasić, S. D., Avdalović, J., Beškoski, V., Ilić, M., Gojgić-Cvijović, G., & Vrvic, M. M. (2014). The Effect of Humic Acids on Zymogenous Microbial Consortia Growth. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 42(9), 1280-1283. doi:10.1002/clen.201300034
4. Beškoski, V. P., Takemine, S., Nakano, T., Beškoski, L. S., Gojgić-Cvijović, G., Ilić, M., **Miletić S.**, Vrvic, M. M. (2013). Perfluorinated compounds in sediment samples from the wastewater canal of Pančevo (Serbia) industrial area. *Chemosphere*, 91(10), 1408-1415. doi:10.1016/j.chemosphere.2012.12.079
5. Beškoski, V. P., Gojgić-Cvijović, G., Milić, J., Ilić, M., **Miletić, S.**, Šolević, T., Vrvic, M. M. (2011). Ex situ bioremediation of a soil contaminated by mazut (heavy residual fuel oil) – A field experiment. *Chemosphere*, 83(1), 34-40. doi:10.1016/j.chemosphere.2011.01.020