

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- Веће научних области техничких наука -

БЕОГРАД
Студентски трг бр. 1

Достављамо вам:

- Образац захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације Срђана Станковића, дипл. молекуларни биолог и физиолог, ради поступка у смислу важећих законских прописа.
- Одлуку Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду о усвајању извештаја Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације.
- Подаци о ментору
- Извештај Комисије за оцену подобности предложене теме за израду докторске дисертације.

Шеф Одељења за студентска
и наставна питања

Љиљана Колоња, дипл. инж. рударства

Факултет : Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука
(Назив већа научних области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације**

Молимо да, сходно члану 46. ст.5 тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„МИКРОБИОЛОШКИ ДИВЕРЗИТЕТ КИСЕЛОГ ЈЕЗЕРА РОБУЛЕ И УТИЦАЈ ЈЕЗЕРСКЕ ВОДЕ НА ОКСИДАЦИЈУ

СУЛФИДНИХ МИНЕРАЛА“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Гео-науке

Студијски програм: Геологија

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Срђан (Борислав) Станковић, дипл. молекуларни биолог и физиолог

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао високо образовање: Универзитет у Београду-Биолошки факултет

3. Година дипломирања: 2001.

4. Назив магистарске тезе кандидата:

Уписан на докторске студије школске 2010/11 год.

5. Назив факултета на коме је магистарска теза одбрањена: /

6. Година одбране магистарске тезе: /

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 21.05.2015.године размотрило предложену тему и закључило да је тема
подобна за израду докторске дисертације

ДЕКАН**Рударско-геолошког факултета**

Проф. др Иван Обрадовић

Прилог: 1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем

Прилог: 2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације

На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 117. Статута Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.05.2015. године, сходно члану 175. став 4. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Срђана Станковића**, дипл. молекуларни биолог и физиолог.
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Микробиолошки диверзитет киселог језера Робуле и утицај језерске воде на оксидацију сулфидних минерала“*.
3. За менторе се именују др Владица Цветковић, ред. проф. и др Ивана Морић, научни сарадник Института за молекуларну генетику и генетички инжењерство.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

проф. др Иван Обрадовић

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Менторима
- Именованом
- Одељењу за студентска питања

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: **Срђан Станковић**

Име и презиме ментора: **др Владица Цветковић**

Звање: **редовни професор**

Списак радова објављених у часописима са Science Citation Index, (SCI) листе, који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Borojević-Šoštarić, S., Palinkaš, A.L., Neubauer, F., **Cvetković, V.**, Bernroider, M., Genser, J. (2014): The origin and age of the metamorphic sole from the Rogozna Mts., Western Vardar Belt: New evidence for the one-ocean model for the Balkan ophiolites. **Lithos**, 192, 39-55. IF 3.654, ISSN 0024-4937. (M21).
2. Stanković, S., Morić, I., Pavić, A. B., Vasiljević, B. Z., Johnson, D. B., **Cvetković, V.** (2014): Investigation of the microbial diversity of an extremely acidic, metal-rich water body (Lake Robule, Bor, Serbia). **Journal of the Serbian Chemical Society**, 79, 6, 729-741, IF 0.889, ISSN 0352-5139. (M23).
3. Randjelović, D., **Cvetković, V.**, Mihailović, N. L., Jovanović, S.D. (2014): Relation Between Edaphic Factors and Vegetation Development on Copper Mine Wastes: A Case Study From Bor (Serbia, SE Europe). **Environmental Management**, 53, 4, 800-812, IF 1.648, ISSN 0364-152X. (M23).
4. Borojević Šoštarić, S., Palinkaš, L.A., Neubauer, F., Hurai, V., **Cvetković, V.**, Roller-Lutz, Z., Mandić, M., Genser, J. (2013): Silver-base metal epithermal vein and listwanite hosted deposit Crnac, Rogozna Mts., Kosovo, part II: A link between magmatic rocks and epithermal mineralization. **Ore Geology Review**, 50, 98-117, IF 3.383, ISSN 0169-1368. (M21).
5. Kolb, M., von Quadt, A., Peytcheva, I., Heinrich, C.A., Fowler, S.J., **Cvetković, V.** (2013): Adakite-like and Normal Arc Magmas: Distinct Fractionation Paths in the East Serbian Segment of the Balkan–Carpathian Arc. **Journal of Petrology**, 54 3, 421-451, IF 4.485, ISSN 0022-3530. (M21).
6. **Cvetković, V.**, Šarić, K., Prelević, D., Genser, J., Neubauer, F., Höck, V., von Quadt, A. (2013): An anorogenic pulse in a typical orogenic setting: The geochemical and geochronological record in the East Serbian latest Cretaceous to Palaeocene alkaline rocks. **Lithos**, 180–181, 181–199, IF 3.654, ISSN 0024-4937. (M21).
7. Lazić, B., Krueger, H., Kaindl, R., Perfler, L., Kremenović, A., **Cvetković, V.**, Withers, R.L. (2013): Superstructure of Mullite-type KAl9O14. **Chemistry of Materials**, 25, 3, 496-502, IF 8.535, ISSN 0897-4756 (M21).
8. Pavićević, M.K., Bosch, F., Amthauer, G., Aničin, I., Boev, B., Brüchle, W., **Cvetković, V.**, Đurčić, Ž., Henning, W.F., Jelenković, R., Pejović, V., Weiss, A. (2012): Status and new data of the geochemical determination of the pp-neutrino flux by LOREX. **Advances in High Energy Physics**, 274614, 1-15, DOI: 10.1155/2012/274614, IF 3.500, ISSN 1687-7357 (M22).

9. Borojević Šoštarić, S., **Cvetković, V.**, Neubauer, F., Palinkaš, L. A., Bernroider, M., Genser, J. (2012): Oligocene shoshonitic rocks of the Rogozna Mts. (Central Balkan Peninsula): evidence of petrogenetic links to the formation of Pb-Zn-Ag ore deposits. **Lithos**, 148, 176-195, IF 3.654, ISSN 0024-4937 (**M21**).
10. Pavićević, M.K., **Cvetković, V.**, Amthauer, G., Bieniok, A., Boev, B., Brandstaetter, F., Goetzinger, M., Jelenković, R., Prelević, D., Prohaska, T. (2006): Quartz from Allchar as monitor for cosmogenic ^{26}Al : Geochemical and petrogenetic constraints. **Mineralogy and Petrology**, 88, 527–550, IF 1.598, ISSN 0930-0708 (**M22**).

Датум: 4.3.2015.

М.П.

Декан

др Иван Обрадовић, ред. проф.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ
за кандидата: **Срђан Станковић**

Име и презиме ментора: **др Ивана морић**

Звање: **научни сарадник**

Списак радова објављених у часописима са Science Citation Index, (SCI) листе, који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Pavić A, Ilić-Tomić T, Pačevski A, Nedeljković T, Vasiljević B, **Moric I**. Diversity and biodeteriorative potential of bacterial isolates from deteriorated modern combined-technique canvas painting, *Int. Biodeterior. Biodegradation* (2015) 97, 40–50 (IF 2.235, M22)
2. Stanković S, **Moric I**, Pavić A, Vojnović S, Vasiljević B, Cvetković V. Bioleaching of Copper From Old Flotation Tailings Samples (Copper Mine Bor, Serbia), *J. Serb. Chem. Soc.* (2014) doi: 10.2298/JSC140411097S (IF 0.912, M23)
3. Stanković S, **Moric I**, Pavić A, Vasiljević B, Johnson BD, Cvetković V. Investigation of the microbial diversity of an extremely acidic, metal-rich water body (lake Robule, Bor, Serbia). *J. Serb. Chem. Soc.* (2014) 79, 729–741 (IF 0.912, M23)
4. Bajkić S, Narančić T, Đokić L, Đorđević D, Nikodinović-Runić J, **Moric I**, Vasiljević B. Microbial diversity and isolation of multiple metal-tolerant bacteria from surface and underground pits within the copper mining and smelting complex Bor. *Arch. Biol. Sci.* (2013) 65, 375-386 (IF 0.791, M23)
5. Vojnović S, Ilić-Tomić T, Savić M, Bajkić S, **Moric I**, Vasiljević B. Comparative analysis of 16S rRNA methyltransferases conferring resistance to aminoglycoside antibiotics in producing strains, in: *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology Vol. 1* (Ed. A. M. Vilas), Formatex Research Center, Spain, 2010, pp. 501-508. (M14)
6. **Moric I**, Savić M, Ilić-Tomić T, Vojnović S, Bajkić S, Vasiljević B. rRNA methyltransferases and their role in resistance to antibiotics. *J. Med. Biochem.* (2010) 29, 165-174 (M24)
7. Vojnović S, Ilić-Tomić T, **Moric I**, Vasiljević B. Analysis of secondary structure within Sgm and KgmB mRNA. *Arch. Biol. Sci.* (2010) 26, 515-524 (IF 0.356, M23)
8. Jha SS, Danelishvili L, Wagner D, Maser J, Li YJ, **Moric I**, Vogt S, Yamazaki Y, Lai B, Bermudez LE. Virulence-related *Mycobacterium avium* subsp. hominissuis MAV_2928 gene is associated with vacuole remodeling in macrophages. *BMC Microbiol.* (2010) 10,100 (IF 2.960, M22)
9. **Moric I**, Bajkić S, Savić M, Ilić-Tomić T, Conn GL, Vasiljević B. Heterologous *Escherichia coli* Expression, purification and characterization of the GrmA aminoglycoside-resistance methyltransferase. *Protein J.* (2009) 28, 326-332 (IF 1.017, M23)
10. Ilić-Tomić T, **Moric I**, Conn GL, Vasiljević B. Aminoglycoside resistance genes *sgm* and *kgmB* protect bacterial but not yeast small ribosomal subunits in vitro despite high conservation of the rRNA A-site, *Res Microbiol.* (2008) 159, 658-662 (IF 2.504, M22)
11. Wagner D, Maser J, **Moric I**, Vogt S, Kern WV, Bermudez L. Elemental analysis of the *Mycobacterium avium*-containing phagosomes in macrophages

- from Balb/c mice. *Biochem Biophys Res Commun* (2006) 344, 1346-1351 (IF 3.000, M22)
12. Wagner D, Maser J, **Moric I**, Boechat N, Vogt S, Gicquel B, Lai B, Reyart JM, Bermudez L. Changes of the phagosomal elemental concentrations by *Mycobacterium tuberculosis* Mramp. *Microbiology* (2005) 151, 323-32 (IF 3.173, M21)
 13. Maser J, Wagner D, Lai B, Cai Z, Legnini D, **Moric I**, Bermudez L. Trace metals and their relation to bacterial infections studied by X-ray microscopy. *J. Phys. IV France* (2003) 104 (IF 0.401, M23)
 14. Simpson JL, **Moric I**, Wark PA, Johnston SL, Gibson PG. Use of induced sputum for the diagnosis of influenza and infections in asthma: a comparison of diagnostic techniques. *J Clin Virol.* (2003) 26, 339-46 (IF 2.568, M22)
 15. Wark PAB, Johnston SL, **Moric I**, Simpson JL, Hensley MJ, Gibson PG. Neutrophil activation and cell lysis is associated with clinical severity in virus infection and acute asthma. *Eur Respir J.* (2002) 19, 68-75 (IF 2.590, M21)
 16. Seemungal T, Harper-Owen R, Bhowmik A, **Moric I**, Sanderson G, Message S, MacCallum P, Meade TW, Jeffries DJ, Johnston SL, Wedzicha JA. Symptoms, inflammatory markers and respiratory viruses in acute exacerbations and stable COPD. *Am J Respir Crit Care Med* (2001) 164, 1618-1623 (IF 5.956, M21)
 17. Stojićević N, **Morić I**, Begović J, Radoja S, Konstantinović M. DNA Architecture and Transcriptional Regulation of the *Escherichia coli* Penicillin Amidase (pac) Gene. *Biomolecular Engineering* (2001) 17, 113-117 (IF 1.214, M22)
 18. Radoja S, Francetić O, Stojićević N, **Morić I**, Glišin V, Konstantinović M. DNA region responsible for transcriptional regulation of the *Escherichia coli* penicillin amidase (pac) gene by CRP and PAA. *Genetic Analysis: Biomolecular Engineering* (1999) 15, 235-239 (IF 1.269, M22)

Датум: 4.3.2015.

М.П.

Декан

др Иван Обрадовић, ред. проф.

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Рударско-геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о подобности теме и кандидата Срђана Станковића за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду која је донета на седници одржаној дана 29.01.2015. године (бр. 1/29 од 30.01.2015. године), именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Срђана Станковића, дипломираног молекуларног биолога и физиолога, за израду докторске дисертације и оцену научне заснованости теме под насловом: **„Биогеохемијски модел екстремно киселог језера Робуле и испитивање процеса оксидације сулфидних минерала уз помоћ аутохтоних ацидофилних микроорганизама“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Биографски подаци о кандидату

Срђан (Борисав) Станковић је рођен 1975. године у Ливну, Босна и Херцеговина. Основну школу је похађао у Купресу (Босна и Херцеговина) а затим у Панчеву Гимназију ”Урош Предић”. Дипломирао је на Биолошком факултету Универзитета у Београду на студијској групи Молекуларна биологија и физиологија 2001. године са просечном оценом 8,89. Након што је кратко волонтерски радио у Институту за биолошка истраживања „Синиша Станковић”, 2002. године запослио се у предузећу „Божић и синови” у Панчеву на месту предавача у школи рачунара, да би касније прешао на место директора продаје рачунарске опреме. У јулу 2005. године оснива предузеће „Кубит” које се бавило развојем интернет апликација и имплементацијом пословног

софтвера. Од 2008. године ради као наставник биологије, екологије и заштите животне средине у Електротехничкој школи „Никола Тесла” у Панчеву, а од 2009. године и као наставник биологије у Основној школи „Борисав Петров Браца” у Панчеву. Од 2010. године Срђан Станковић је студент докторских студија Рударско-геолошког факултета на студијској групи Геологија.

1.1. Стечено научно-истраживачко искуство и процена подобности кандидата

Иако је кандидат Срђан Станковић стекао извесно искуство у научно-истраживачком раду током израде дипломског рада и у кратком периоду волонтерског рада, највећи део научно-истраживачког искуства је стекао на докторским студијама.

Као докторанд, он је показао велику посвећеност и одговорност положивши све испите предвиђене програмом докторских студија са просечном оценом десет. У Лабораторији за молекуларну генетику и екологију микроорганизама у Институту за молекуларну генетику и генетичко инжењерство Универзитета у Београду, савладао је основне и напредне технике микробиологије и молекуларне генетике микроорганизама. Одређена практична и теоријска знања из области микробиологије стекао је и на Катедри за микробиологију Биолошког факултета Универзитета у Београду.

На Рударско-геолошком факултету кандидат је стекао теоријска и практична знања из области минералогije, електронске микроскопије и рентгенске структурне анализе. Током 2012. године кандидат Срђан Станковић био је на стручном усавршавању у Лабораторији за истраживање ацидофилних микроорганизама Универзитета у Бангору, Велика Британија (Bangor Acidophile Research Team – College of Natural Sciences, School of Biological Sciences, Bangor University, United Kingdom). Руководилац ове лабораторије је професор Бари Џонсон, који је на основу броја и цитираности научних радова сврстан у водеће светске истраживаче у области екологије и физиологије ацидофилних микроорганизама, као и њихове примене у биотехнологији. Током боравка у лабораторији професора Џонсона, кандидат је стекао специфична знања и вештине потребне за култивацију и идентификацију ацидофилних микроорганизама.

Током докторских студија кандидат је положио следеће испите:

Назив	Оцена	ЕСПБ
Диверзитет, екологија и еволуција микроорганизама	10	5
Микробиологија одабраних станишта	10	5
Геомедицина	10	10
Геохемија земљишта	10	10
Микроорганизми у биотехнологији и заштити животне средине	10	5
Минералологија и заштита животне средине	10	10
Методе у микробиологији-виши курс	10	8
Теренска или лабораторијска активност	10	10
Израда докторске дисертације	10	20
Семинарски рад (везан за тему докторске дисертације)	10	10
Студијски истраживачки рад (везан за тему докторске дисертације)	10	10
Посебна поглавља из биогеохемије	10	10
Студијски истраживачки рад (везан за докторску дисертацију)	10	10
Израда докторске дисертације	10	20
Студијски истраживачки рад (везан за докторску дисертацију)	10	10
Рендгенска структурна анализа - одабрана поглавља	10	10
Укупно ЕСПБ		163

На основу Уговора о учењу потписаног између матичног Рударско-геолошког факултета (број 14/116 од 30.05.2011.) и Биолошког факултета (број 382/1 од 03.06.2011.) кандидату је омогућено да на Биолошком факултету полаже следеће испите: Методе у микробиологији – виши курс, Диверзитет, еволуција и екологија микроорганизама, Микробиологија одабраних станишта, Микроорганизми у биотехнологији и заштити животне средине. На основу Уговора кандидат је ослобођен полагања два испита предвиђена курикулумом докторских академских студија Рударско-геолошког факултета на студијској групи Геологија који укупно носе 20 ЕСПБ бодова.

Током студија кандидат је показао да уме да користи научну литературу, поставља хипотезе и испитује их и експериментално и теоријски, као и да самостално пише научне радове и презентује резултате истраживања.

1.3. Списак објављених радова

Кандидат је до сада објавио три научна рада.

Међународни часописи M23

1. S. Stanković, I. Morić, A. Pavić, B. Vasiljević, D.B. Johnson, V. Cvetković (2014) *Investigation of the microbial diversity of an extremely acidic metal-rich water body (Lake Robule, Bor, Serbia)*, Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 79, No 6, pp. 729-741. (IF 0,889, ISSN 0352-5139)
2. S. Stanković, I. Morić, A. Pavić, S. Vojnović, B. Vasiljević, V. Cvetković (2015) *Bioremediation of copper from samples of Old flotation tailings (Copper mine Bor, Serbia)*, Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 80, No 3, pp. 391-405 (IF 0,889 - ISSN 0352-5139)
3. D. Randelović, S. Stanković, N. Mihailović, D. Leštan (2015) *Bioremediation of Cu from copper mine wastes and contaminated soils using EDDS and acidophilic bacteria*, Bioremediation Journal, DOI: 10.1080/10889868.2014.995370 (IF 0,714- ISSN 1088-9868).

Научна критика и полемика у међународном часопису (M26)

S. Stanković, B. Vasiljević, V. Cvetković (2014) *Reply on the commentary on paper «Investigation of microbial diversity of an extremely acidic metal-rich water body lake Robule (Bor, Serbia)» published in Journal of the Serbian Chemical Society, Volume 79, Issue 6, 729–741*, Journal of the Serbian Chemical Society, Vol 79, No 12, pp. 1575-1578 (IF 0,889 - ISSN 0352-5139)

Све наведене чињенице указују да је кандидат Срђан Станковић оспособљен за самосталан истраживачки рад и да задовољава како формалне тако и суштинске услове за израду докторске дисертације.

2. Предмет и циљеви истраживања

2.1. Полазне основе

Од почетка рада рудника бакра у Бору (1903) до данас, у борском рударском басену је депоновано око 673,5 милиона тона раскривке и флотацијске јаловине. Депоније раскривке и флотацијске јаловине су извор киселих рудничких вода које садрже велике концентрације катјона метала и загађују надземне и подземне водотокове. Процењено је да ове депоније садрже око милион тона бакра, па су оне, осим извора загађења, потенцијално и значајан извор овог метала (Богдановић и сар., 2011).

Киселе рудничке воде спадају у групу најзначајнијих еколошких ризика на глобалном нивоу. Стотине хиљада хектара земљишта и хиљаде километара водотокова широм света угрожени су отицањем киселих рудничких вода (Johnson and Hallberg, 2005). Напуштени рудници и рудничка јаловишта могу генерисати киселе рудничке воде чак и хиљадама година (Димитријевић, 2012). Тако је, на пример, процењено да напуштени рудник пирита Ричмонд у Калифорнији (САД) може генерисати екстремно киселе воде чија ће рН вредност наредних 3000 година бити мања од 1, док је за мали рудник цинка и бакра у северозападном Онтарију (Канада) процењено да ће стварати киселе рудничке воде у наредних 10 000 – 35 000 година (Димитријевић, 2012). Иако су у питању екстремни примери, није неуобичајено да напуштене јаме рудника подземне експлоатације и јаловишта имају капацитете за стварање киселих рудничких вода у периоду који се мери деценијама. Процењује се да у Европи постоји десет хиљада активних и напуштених рудника из којих годишње истиче $5\text{--}10 \times 10^9 \text{ m}^3$ веома загађене воде (Димитријевић, 2012).

Језеро Робуле, које се налази у непосредној близини града Бора, представља вештачку акумулацију воде коју карактерише ниска вредност рН и висока концентрација метала. Акумулација је настала средином седамдесетих година прошлог века, као последица наношења велике количине рудничке раскривке која је формирала Оштрељски планир (Високи планир). Наношењем раскривке затрпани су надземни водотокови, па је вода избила испод депоније и формирала језеро Робуле дужине 450 m и ширине 150 m на најширем месту.

Изложеност сулфидних минерала присутних у раскривци (пре свега пирита) кисеонику и води, иницирала је хемијске и биолошке процесе који су

довели до стварања киселих рудничких вода које се након обилних киша сливају у језеро. На тај начин је вода језера Робуле постала екстремно кисела и загађена великим концентрацијама катјона метала, највише гвожђа, затим мангана, бакра и цинка (Korać and Kamberović, 2007, Beškoski et al., 2009, Stevanović et al., 2012). Спирење површинских, оксидисаних слојева раскривке након јаких киша открива слојеве јаловишта у којима су сулфидни минерали и даље неоксидисани; на тај начин јаловиште већ скоро четири деценије снабдева воду језера киселим рудничким водама.

Ово језеро већ дуго представља предмет изучавања (нпр. Beškoski et al., 2009). Објављени су детаљни подаци о физичко-хемијским особинама језера (Korać and Kamberović, 2007), као и подаци о вишегодишњим и сезонским променама физичко-хемијских особина језерске воде (Beškoski et al., 2009, Stevanović et al., 2012). Beškoski et al. (2009) су објавили резултате који су тичу промене броја ацидофилних бактерија у води језера током дужег временског периода (1975-2008).

За боље разумевање процеса који доводе до настанка киселих рудничких вода неопходно је, између осталог, и познавање микробиолошких заједница које настају јаловишта (Bryant, 2006). Bajkić et al. (2013) су објавили резултате испитивања микробиолошког диверзитета узорака тла узетих са површинских и подземних копова Рудника бакра Бор. Користећи методе култивације микроорганизама на чврстим подлогама и молекуларну методу секвенцирања гена за 16S рРНК амплификованих из метагеномске ДНК, аутори су идентификовали основне филогенетске групе микроорганизама присутне у анализираним узорцима. Добијени подаци су указали на присуство ацидофилних бактерија, које су узрочници настанка киселих рудничких вода. Међутим, примењене методе нису омогућиле идентификацију бактерија до нивоа врсте (Bajkić et al., 2013).

Старо флотацијско јаловиште Рудника бакра Бор било је у употреби од 1933. до 1987. године. За то време у јаловиште је одложено око 27×10^6 тона флотацијске јаловине. Према доступним подацима, Старо флотацијско јаловиште садржи просечно 0,2-0,3 % бакра, 0,3-0,6 g/t злата и 2,5-3 g/t сребра (Бугарин и сар., 2011, Богдановић и сар., 2011, Antonijević et al., 2008, Стевановић, 2012, Stevanović et al., 2013). До сада је објављено неколико научних радова који се баве валоризацијом бакра из Старог флотацијског јаловишта применом метода киселинског лужења (Antonijević et al., 2008,

Stevanović, 2012, Stevanović et al., 2013) и урађено је више комерцијалних тестова ради процене могућности добијања бакра из овог материјала методом киселинског лужења (Antonijević et al., 2008). Значајна количина бакра коју садржи ово флотацијско јаловиште оправдава истраживања у циљу идентификовања оптималног приступа за лужење бакра из овог материјала. У сврху лужења бакра би се могла искористити вода језера Робуле која је кисела, садржи велику концентрацију Fe^{3+} јона (који су најзначајнији оксиданси у процесу оксидације сулфидних минерала) и знатан број ацидофилних микроорганизама који су катализатори процеса оксидације сулфидних минерала. Такође, битно је проценити и степен оксидације пирита након излагања јаловине деловању воде узорковане из језера Робуле. Смањење садржаја пирита у јаловини може значајно редуковати капацитет јаловине за генерисање киселих рудничких вода и скратити временски период током којег ће јаловиште генерисати киселе рудничке воде.

2.1. Предмет и садржај дисертације

Испитивања које ће бити урађена током израде докторске дисертације имаће за циљ испитивање биодиверзитета и екологије језера Робуле, са акцентом на диверзитету ацидофилних бактерија. Након тога, биће испитан утицај језерске воде на оксидацију сулфидних минерала у узорцима флотацијске јаловине и минералног концентрата.

2.2. Научни циљеви дисертације

Резултати истраживања објављени последњих неколико година указују да су надземна кисела станишта изложена сунчевој светлости далеко комплекснија него што се претпостављало – поред ацидофилних микроорганизама, ова станишта насељавају и алге, гљиве и протозое (Gonzalez-Toril et al., 2003, Rowe et al., 2007, Chunbo et al., 2010, Falagan et al., 2013). У плиткој води језера Робуле уочљиво је присуство густог зеленог “тепиха”. Зелена боја “тепиха” потиче од алги. То указује да је језеро Робуле сложен екосистем којег, поред ацидофилних бактерија, настањују и еукариотски организми.

До сада нису објављени научни радови у којима је детаљно анализиран биодиверзитет језера Робуле, стога ће један од циљева истраживања бити испитивање микробиолошког диверзитета овог станишта.

Други важан циљ истраживања биће испитивање утицаја киселе воде језера Робуле богате фери јонима и ацидофилним гвожђе-оксидујућим бактеријама на оксидацију сулфидних минерала присутних у узорцима минералног концентрата и флотацијске јаловине. Посебна пажња ће бити посвећена праћењу промене концентрације пирита пре и након експеримента, с обзиром да је пирит који је присутан у јаловиштима основни узрочник настанка киселих рудничких вода.

2.3. Основне хипотезе истраживања

- Језеро Робуле је екстремно кисели екосистем којег настањују различите врсте прокариотских и еукариотских организама. Међу организмима који настањују језеро постоје различите еколошке интеракције које треба испитати.
- Разумевање микробиолошког диверзитета језера ће помоћи у разумевању биогеохемијских процеса који омогућују циклус гвожђа у језеру, промет органске материје и одржавање популације прокариотских и еукариотских организама у овом екосистему.
- Вода језера садржи велику концентрацију Fe^{3+} јона и ацидофилне микроорганизме који су адаптирани на живот у условима ниске рН вредности средине и велике концентрације метала, стога би се вода језера могла употребити у процесу оксидације сулфидних минерала у узорцима флотацијске јаловине.
- Третман флотацијске јаловине језерском водом би довео до оксидације пирита и других сулфидних минерала, што би за последицу имало ослобађање економски вредних метала (бабра) и смањени утицај третиране јаловине на животну средину.

2.4. Очекивани научни допринос

Резултати предложених истраживања - који ће свакако омогућити потпуније сагледавање биолошког диверзитета језера Робуле (при чему ће

акценат бити на присутном диверзитету ацидофилних бактерија које доминирају у овом станишту) – произвешће конкретан научни допринос који се огледа у следећем:

- На основу познавања микробиолошког диверзитета језера, у комбинацији са познатим подацима о физичким и хемијском особинама језера и подацима о испитивањима сличних станишта која су објавили други аутори, биће предложен биогеохемијски модел који објашњава циклус гвожђа и промет органске материје у језеру.

- Поред фундаменталног научног значаја, боље разумевање микробиолошког диверзитета и екологије овог екстремно киселог станишта је значајно и са аспекта примене ацидофилних микроорганизама у биотехнолошком процесу лужења бакра. Оптимизација процеса биолужења се заснива на познавању диверзитета и физиологије ацидофилних микроорганизама, као и њихових еколошких интеракција;

- Биће остварени услови за суштински боље разумевање хемијских и биолошких процеса који утичу на оксидацију пирита и других сулфидних минерала, мобилизацију метала и настанак киселих рудничких вода. Присуство пирита је основни узрок настанка киселих рудничких вода, стога је са аспекта заштите животне средине битно проценити степен оксидације пирита након деловања ацидофилних бактерија, пошто се смањењем количине пирита у јаловини смањује потенцијал за стварање киселих рудничких вода, што је један вид ремедијације јаловишта;

- До сада није било објављених података о испитивању могућности примене методе биолужења ради добијања бакра из узорака старе флотацијске јаловине Рудника бакра Бор, тако да ће резултати који буду објављени у дисертацији бити пионирски корак у том правцу истраживања;

- Резултати предложених истраживања ће омогућити процену оправданости даљег испитивања могућности примене методе биолужења за екстракцију бакра из старе флотацијске јаловине Рудника бакра Бор.

2.5. Методе које ће бити примењене током истраживања

За процену микробиолошког диверзитета језера биће коришћене класичне микробиолошке методе изолације и култивације микроорганизама на селективним чврстим подлогама, као и методе молекуларне биологије које се

заснивају на анализи гена за 16S рРНК укупне (метагеномске) ДНК изоловане из узорака узетих из животне средине. Комбиновање ових метода пружа потпунију слику микробиолошког диверзитета средине.

За одређивање концентрације метала у води биће коришћене познате спектрофотометријске методе које се занимају на мерењу апсорбанце раствора на одређеним таласним дужинама и одређивању непознате концентрације помоћу стандардне криве.

Одређивање кристалних фаза у узорцима јаловине и процентуалне заступљености појединих кристалних фаза биће урађено применом метода квалитативне и семи-квантитативне рендгенске структурне анализе.

На узорцима јаловине биће извршена петрографска испитивања и анализа помоћу електронског микроскопа са енерго-дисперзивним спектрометром.

2.6. План истраживања

Током истраживања су планиране следеће активности:

- Прикупљање узорака воде из језера Робуле и јаловишта које окружује језеро.
- Одређивање физичко-хемијских особина воде: рН вредности, проводљивости, Eh, температуре, концентрације Fe(II), Fe(III) и Cu.
- Засејавање и култивација микроорганизама на различитим селективним чврстим подлогама.
- Молекуларна анализа гена амплификованих из метагеномске ДНК ради процене микробиолошког диверзитета узорака.
- Рендгенска квалитативна и семиквантитативна структурна анализа узорака флотацијске јаловине пре третмана језерском водом.
- СЕМ-ЕДС анализа узорака флотацијске јаловине пре третмана.
- Третирање узорака флотацијске јаловине који ће бити прикупљени са различитих дубина Старог флотацијског јаловишта (5, 10, 15, 20 m) киселом водом узоркованом из језера у ерленмајерима на сталној температури уз стално мешање (лабораторијска скала).
- Праћење промене рН вредности и концентрација Fe(II), Fe(III) и Cu током експеримента.

- Процена приноса bakра nakon третмана узорака киселом рудничком водом.
- Рендгенска структурна анализа узорака флотацијске јаловине nakon третмана ради процене степена оксидације пирита и других минерала.
- СЕМ-ЕДС анализа узорака флотацијске јаловине nakon третмана.

3. Релевантни полазни библиографски извори

- 1) Antonijević M.M., Dimitrijević M.D., Stevanović Z.O., Serbula S.M., Bogdanović G.D. (2008) *Investigation of the possibility of copper recovery from the flotation tailings by acid leaching*, Journal of Hazardous Materials 158, 23-34
- 2) Bajkić S., Narančić T., Đokić L., Đorđević D., Nikodinović-Runić J., Morić I., Vasiljević B. (2013) *Microbial diversity and isolation of metal-tolerant bacteria from surface and underground pits of the Copper Mining and Smelting Complex Bor*, Archives of Biological Sciences 65, 375-386
- 3) Beškoski V.P., Papić P., Dragišić V., Matić V., Vrvić M.M. (2009) *Long term studies on the impact of thionic bacteria on the global pollution of waters with toxic ions*, Advanced Materials Research 71-73, 105-108
- 4) Bogdanović G., Trumić M., Trumić M., Antić D.V. (2011) *Upravljanje otpadom iz rudarstva - nastanak i mogućnost prerade*, Reciklaža i održivi razvoj 4, 37-43
- 5) Bugarin M., Stevanović Z., Gardić V., Marinković V. (2012) *Pregled dosadašnjih geoloških istraživanja starog flotacijskog jalovišta i EU regulativa iz oblasti zaštite voda*, Rudarski radovi 4, 1-4
- 6) Bryant C. (2006) *A study of the microbiological populations of mine wastes*, PhD thesis, University of Wales, United Kingdom
- 7) Chunbo H., Lihua W., Yanan G., Lina Z., Hailiang D. (2010) *Microbial diversity in acid mine drainage of Xiang Mountain sulfide mine (Anhui province, China)*, Extremophiles 14, 465-474
- 8) Dimitrijević M.D. (2012) *Kisele rudničke vode*, Bakar 37, 33-44
- 9) Falagan C., Sanchez-Espana J., Johnson D. B. (2013) *New insights into the biogeochemistry of extremely acidic environments revealed by a combined cultivation-based and culture-independent study of two stratified pit lakes*, FEMS Microbiology Ecology, **87**(1), 231 Gonzalez-Toril E., Llobet-Brossa

- E., Casamayor E.O., Amann R., Amils R. (2003) *Microbial ecology of an extreme acidic environment, the Tinto River*, Applied and Environmental Microbiology 69, 4853-4865
- 10) Johnson D.B., Hallberg K.B. (2005) *Acid mine drainage remediation options: a review*, Science of the Total Environment 338, 3-14
- 11) Nancucheo I., Johnson D.B. (2011) *Significance of microbial communities and interactions in safeguarding reactive mine tailings by ecological engineering*, Applied and Environmental Microbiology 77, 8201-8208
- 12) Rowe O., J. Sánchez-España, K. B. Hallberg, D. B. Johnson (2007) *Microbial communities and geochemical dynamics in an extremely acidic, metal-rich stream at an abandoned sulfide mine (Huelva, Spain) underpinned by two functional primary production systems*, Environmental Microbiology 9, 1761–1771
- 13) Stevanović Z. (2012) *Luženje teških metala iz flotacijske jalovine*, doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru
- 14) Stevanović Z., Antonijević M., Bogdanović G., Bugarin M., Trujić V., Marković R., Nedeljković D. (2013) *The effect of oxidants through a tailing dump depth and the leaching of copper*, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 8, 29-38
- 15) Stevanović Z., Obradović Lj., Marković R., Jonović R., Avramović Lj., Bugarin M., Stevanović J., in *Waste Water – Treatment Technologies and Recent Analytical Developments*, F. S. G. Einschlag, L. Carlos, Eds., InTech, Rijeka, 2013, Ch. 2

4. Закључак комисије

На основу анализе поднетог материјала у вези са предложеном докторском дисертацијом, њених циљева, очекиваних резултата, предложене методологије и програма истраживања, као и на основу наведених података о научно-истраживачкој активности кандидата Срђана Станковића, дипломираног молекуларног биолога и физиолога, Комисија доноси следеће закључке

1. Кандидат **Срђан Станковић**, дипломирани молекуларни биолог и физиолог, испуњава Законом предвиђене услове за пријаву теме и израду докторске дисертације;

2. Предложена тема докторске дисертације кандидата Срђана Станковића научно је заснована и може да буде предмет докторске дисертације. Комисија предлаже да се наслов теме промени у **„Микробиолошки диверзитет киселог језера Робуле и утицај језерске воде на оксидацију сулфидних минерала”**;

3. Тема ове докторске дисертације спада у научну област **Биогеологија** која проучава интеракције између биосфере и литосфере. Уже научне области рада су: **геомикробиологија и биогеохемија**;

4. За менторе Комисија предлаже **проф. др Владицу Цветковића, редовног професора Универзитета у Београду и др Ивану Морић, научног сарадника**, који испуњавајају све законом прописане услове

Чланови комисије

проф.др Владица Цветковић, редовни професор
Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

др Ивана Морић, научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт за молекуларну генетику и
генетичко инжењерство

проф. др Веселин Драгишић, редовни професор
Универзитет у Београду - Рударско-геолошки факултет

др Бранка Васиљевић, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт за молекуларну генетику и генетичко
инжењерство