

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

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

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације за кандидата на докторским студијама**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 162/11-пречишћени текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

„Функционисање и утицај епикарста на режим, биланс и квалитет подземних вода источног дела карстног система Суве планине“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ

Геолошко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Бранислав (Зоран) Петровић, дипл. инж. геологије

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

Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет3. Година дипломирања: 2005.4. Година уписа на докторске студије: школска 2011/12. година

5. Назив студијског програма докторских студија:

Хидрогеологија

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду
(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 21.06.2018. године размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Проф. др Душан Поломчић

Прилог

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем.
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације.
3. Електронска верзија

На основу члана 93. став 4. Статута Универзитета у Београду (Гласник Универзитета у Београду – пречишћен текст, број 186/15) и члана 49. Статута Рударско-геолошког факултета, декан Факултета доноси

ОДЛУКУ

Студентима Рударско-геолошког факултета може се на лични захтев, поднет пре истека рока предвиђеног за завршетак студија (члан 93. став 1. и 2. Статута Универзитета у Београду) одобрити продужење рока за завршетак студија за два семестра, под условима утврђеним општим актом Универзитета, односно Факултета.

ДЕКАН

Рударско-геолошког факултета

Др Душан Поломчић, ред. проф.

Доставити:

- Продекану за наставу
- Одељењу за студентска и наставна питања
- А/а

На основу члана 30. Закона о високом образовању, члана 111. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 57. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 21.06.2018. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Бранислава Петровића, дипл. инж. геологије**.
2. Одобрава се именованом израда докторске дисертације под насловом *„Функционисање и утицај епикарста на режим, биланс и квалитет подземних вода источног дела карстног система Суве планине“*.
3. За менторе се именују др Зоран Стевановић, редовни професор и др Саша Милановић, научни сарадник.
4. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Душан Полочић, ред. проф.

Достављено:

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

Подаци о ментору

за кандидата Бранислав З. Петровић

Име, презиме и звање ментора: Зоран Стевановић, редовни професор

Списак радова у последњих 10 година објављених у часописима са SCI листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Stevanović Z.**, Iurkiewicz A., Maran A., 2009: New insights into karst and caves of northwestern Zagros (northern Iraq), *Acta Carsologica*, 38/1: 83-96, (UDC 911.2:551.44(567-179), ISSN 0583-6050, IF 0.590 (2009)
2. Saljnikov A., Vučićević B., Komatina M., Gojak M., Goričanec D., **Stevanović Z.**, 2009: Spectroscopic research on infrared emittance of coal ash deposits. *Experimental Thermal and Fluid Science*, Elsevier, 33 (8):1133-1141, DOI: 10.1016/j.expthermflusci.2009.07.002, **IF 1.557 (2009)**
3. **Stevanović Z.**, Iurkiewicz, A. 2009 : Groundwater management in northern Iraq. *Hydrogeology Journal*, 17 (2): 367-378, ISSN: 1431-2174 (Print), DOI:10.1007/s10040-008-0331-0, Springer, **IF 1.922 (2009)**
4. Milanović S., **Stevanović Z.**, Jemcov I., 2010: Water losses risk assessment: an example from Carpathian karst. *Environmental Earth Sciences* (former: *Environmental Geology*), Springer, 60 (4): 817-827, ISSN 1866-6280, DOI: 10.1007/s12665-009-0219-x, **IF 0.678 (2010)**
5. **Stevanović Z.**, Milanović S., Ristić V., 2010: Supportive methods for assessing effective porosity and regulating karst aquifers, *Acta Carsologica*, 39/2: 313-329, ISSN 0583-6050, **IF 0.750 (2010)**
6. Iurkiewicz A., **Stevanovic Z.**, 2010: Reconnaissance study of active sulfide springs and cave systems in the southern part of the Sulaimani Governorate (NE Iraq). *Carbonates and Evaporites*, Springer-Verlag. 25 (3): 203-216 **IF 0.250 (2010)**
7. **Stevanović Z.**, Eftimi R., 2010: Karstic sources of water supply for large consumers in southeastern Europe – sustainability, disputes and advantages, *Geologica Croatica*, 63/2, pp-179-186 (M23), **IF 0.575 (2011)**
8. Radulović MM., **Stevanovic Z.**, Radulović M., 2012: A new approach in assessing recharge of highly karstified terrains – Montenegro case studies, *Environmental Earth Sciences* (former: *Environmental Geology*). Springer-Verlag. vol. 65 br. 8, pp. 2221-2230, ISSN 1866-6280 DOI: 10.1007/s12665-011-1378-0. (M23) **IF 0.678 (2010)**
9. Stauder S., **Stevanovic Z.**, Richter S, Milanović S., Tucović A., Petrović B., 2012: Evaluating bank filtration as an alternative to current water supply from deeper aquifer: the case study from the Pannonian Basin, Serbia. *Water Resources Management*. Springer-Verlag. 26:581–594, DOI 10.1007/s11269-011-9932-9, (M21) **IF 2.201 (2010)**
10. Antonijević D., Komatina M., **Stevanovic Z.**, 2012: Energetic and Environmental Sustainability of Sub-Geothermal Heat Pump Heating in Serbia. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, vol. 13/3: 1625-1633 (M23) **IF 0.102 (2011)**
11. Polomčić D., Hajdin B., **Stevanović Z.**, Bajić D., Hajdin K., 2013: Groundwater management by riverbank filtration and an infiltration channel, the case of Obrenovac, Serbia. *Hydrogeology Journal*. Vol 21. pp.1519-1530. DOI 10.1007/s10040-013-1025-9 (M22) **IF 1.675 (2012)**
12. Milanović S., **Stevanović Z.**, Vasić Lj., Ristić-Vakanjac V., 2014: 3D Modeling and monitoring of karst system as a base for its evaluation and utilization – A case study from eastern Serbia, *Environmental Earth Science*. Volume 71, Issue 2, pp 525-532. , ISSN 1866-6280, DOI 10.1007/512665-013-2591-9. (M22) **IF 1.471 (2012)**
13. Polomčić D., Hajdin B., Ćuk M., Papić P., **Stevanović Z.** 2014: Groundwater supply in Serbia's southeast Pannonian basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*,

14. Radulović MM., Radulović M., **Stevanović Z.**, Sekulić G., Radulović V., Burić M., Novaković D., Vako E., Blagojević M., Dević N., Radojević D., 2015: Hydrogeology of the Skadar Lake basin (Southeast Dinarides) with an assessment of considerable subterranean inflow. *Environmental Earth Science*, 74/1: 71-82. DOI 10.1007/s12665-015-4090-7. (M22) **IF 1.765 (2014)**
15. **Stevanović Z.**, Ristić-Vakanjac V., Milanović S., Vasić Lj., Petrović B., Čokorilo Ilić M., 2015: Karstification depth and storativity as main factors of karst aquifer regimes: some examples from southern Alpine branches (SE Europe and Middle East). *Environmental Earth Science*, 74/1: 227-240. DOI 10.1007/s12665-015-4046-y (M22) **IF 1.765 (2014)**
16. Ristić Vakanjac V., **Stevanović Z.**, Maran Stevanović A., Vakanjac B., Čokorilo Ilić M., 2015: An example of karst catchment delineation for prioritizing the protection of an intact natural area. *Environmental Earth Science*. DOI 10.1007/s12665-015-4390-y. **IF 1.765 (2014)**
17. Fiorillo F., **Stevanović Z.**, 2015: Introductory editorial thematic issue: Mediterranean karst hydrogeology. *Environmental Earth Science*. 74/1 (2015): 1-3, DOI 10.1007/s12665-015-4548-7 (M22) **IF 1.765 (2014)**
18. Parise M., Closson D., Gutierrez F., **Stevanović Z.**, 2015: Anticipating and managing engineering problems in the complex karst environment. *Environmental Earth Science*. 74/12: 7823-7835 DOI. 10.1007/s12665-015-4647-5, **IF 1.765 (2014)**
19. **Stevanović Z.**, Milanović P., 2015: Engineering challenges in karst, *Acta Carsologica*, 44/3: 381–399, ISSN: 0583-6050, **IF 0.590 (2015)**
20. **Stevanović Z.**, 2016: Damming underground flow to enhance recharge of karst aquifers in the arid and semi-arid worlds. *Environmental Earth Science*. 75:35 DOI 10.1007/s12665-015-5086-z, **IF 1.765 (2014)**
21. Čokorilo Ilić, M., **Stevanović, Z.**, Ristić Vakanjac, V. 2016: Environmental aspect and potential impact of proposed water transfer scheme in east Herzegovina, *Environmental Earth Science*. Springer, 75:35, DOI: 10.1007/s12665-015-5147-3 **IF 1.765 (2014)**
22. Milenić D., **Stevanović Z.**, Dragišić V., Vranješ A., Savić N., 2016: Application of renewable energy sources along motorway infrastructures on high karst plateaus-West Serbia case study, *Environmental Earth Science*. Springer, 75:35, DOI: 10.1007/s12665-016-5635-0 **IF 1.765 (2014)**
23. Chen, Z., Auler, A.S., Bakalowicz, M., Drew, D., Griger, F., Hartmann, J., Jiang, G., Moosdorf, N., Richts, A., **Stevanović, Z.**, Veni, G., Goldscheider, N. 2017: The World Karst Aquifer Mapping Project – Concept, Mapping Procedure and Map of Europe. *Hydrogeology Journal*, 25/3: 771–785, DOI 10.1007/s10040-016-1519-3 (M21) **IF 2.028 (2015)**

U Beogradu,
03.05.2018 god.

Dekan
Rudarsko-geološkog fakulteta

Prof. Dr Dušan Polomčić

Подаци о ментору

за кандидата Бранислав З. Петровић

Име, презиме и звање ментора: Др Саша Милановић, научни сарадник

Списак радова у последњих 10 година објављених у часописима са SCI листе који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Milanović S.**, Stevanović Z., Jemcov I., 2010: Water losses risk assessment: an example from Carpathian karst. *Environmental Earth Sciences*, Springer, 60 (4): 817-827, ISSN 1866-6280, DOI: 10.1007/s12665-009-0219-x, (M22) **IF 0.678 (2010)**
2. Stevanović Z., **Milanović S.**, Ristić V., 2010: Supportive methods for assessing effective porosity and regulating karst aquifers, *Acta Carsologica*, 39/2: 313-329, ISSN 0583-6050, (M23) **IF 0.750 (2010)**
3. Stauder S., Stevanovic Z., Richter S, **Milanović S.**, Tucović A., Petrović B., 2012: Evaluating bank filtration as an alternative to current water supply from deeper aquifer: the case study from the Pannonian Basin, Serbia. *Water Resources Management*. Springer-Verlag. 26:581–594, DOI 10.1007/s11269-011-9932-9, (M21) **IF 2.201 (2012)**
4. Jemcov I., **Milanović S.**, Milanović P., Dašić T., 2011: Analysis of the utility and management of karst underground reservoirs: case study of the Perućac karst spring, *Carbonates and Evaporites*, Vol. 26. pp. 61–68. DOI : 10.1007/s13146-011-0048-3. (M23) **IF 0.320 (2012)**
5. **Milanović S.**, Stevanović Z., Vasić Lj., Ristić-Vakanjac V., 2014: 3D Modeling and monitoring of karst system as a base for its evaluation and utilization – A case study from eastern Serbia, *Environmental Earth Science*. Volume 71, Issue 2, pp 525-532. , ISSN 1866-6280, DOI 10.1007/s12665-013-2591-9. (M22) **IF 1.471 (2012)**
6. Stevanović Z., Ristić-Vakanjac V., **Milanović S.**, Vasić Lj., Petrović B., Čokorilo Ilić M., 2015: Karstification depth and storativity as main factors of karst aquifer regimes: some examples from southern Alpine branches (SE Europe and Middle East). *Environmental Earth Science*, 74/1: 227-240. DOI 10.1007/s12665-015-4046-y (M22) **IF 1.765 (2014)**

U Beogradu,
03.05.2018 god.

Dekan
Rudarsko-geološkog fakulteta

Prof. Dr Dušan Polomčić

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Бранислава З. Петровића за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа на седници одржаној дана 19.04.2018. по бр. 1/87 (од 23.04.2018), именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности кандидата Бранислава З. Петровића за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Функционисање и утицај епикарста на режим, биланс и самопречишћавајући потенцијал источног дела карстног система Суве планине“**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Бранислав З. Петровић, рођен је 27. марта 1981. године у Београду. Другу Крагујевачку гимназију завршио је 2000. са просечном оценом 5,0. Дипломирао је на Рударско-геолошком факултету (РГФ) у Београду на Департману за хидрогеологију 2005. године, са просечном оценом 9,50. Уписао је магистарске студије и био стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја (МПНТР), а потом је од 2011. прешао на акредитоване докторске студије из научне области Хидрогеологија на Департману за хидрогеологију РГФ. Определио се за ужу специјалност хидрогеологију карста.

Након дипломирања, сарађивао је као волонтер/хонорарни сарадник на Департману за хидрогеологију, а 2011. засновао је радни однос на одређено време као истраживач-приправник на истом департману РГФ у склопу реализације научног пројекта основних истраживања 176022 („Потенцијал и подлоге за одрживо коришћење подземних вода“) који Департман за Хидрогеологију реализује код МПНТР. Стручни испит за обављање послова израде пројеката и елабората за извођење геолошких истраживања, за дипломираног геолога – хидрогеолога, положио је децембра 2008. а од априла 2012. је у звању истраживача сарадника на РГФ, где је и сада запослен.

Још као средњошколац похађао је курсеве у истраживачкој станици Петница код Ваљева. Након дипломирања похађао је курсеве и радионице на домаћим и интернационалним институтима и универзитетима. Учесник је: спелеолошке експедиције „Бељаница – Бусовата '06“, (август 2006.); међународне интернационалне школе карста „Класични карст“ (*International Karstological School*; 2007, 2008 и 2009, Постојна, Словенија); међународног тренинг курса „Водоснабдевање у променљивом природном окружењу“ (*Water Supply in a Changing Environment*), у оквиру пројекта „Климатске промене и утицај на водоснабдевање“ (*Climate Change And Impact On Water Suplly – CC-WaterS*; Солун, Грчка

април 2011.); међународног тренинг курса „Проблеми и решења у нумеричком моделирању карстних издани“ (*Problems and Solutions in Numeric Modeling of Karst Aquifers*; Требиње, Босна и Херцеговина, јуни 2013.); међународног тренинг курса „Увод у ГИС“ (*Introduction to GIS*) (Београд, Србија, октобар 2013. године); међународног VII IRCK (*International Research Centre on Karst, under UNESCO auspices*) тренинг курса под називом „Карстна геоморфологија, геопаркови, природно наслеђе, геолошко картирање животне средине и претрага података у великим базама података“ (*International Training Course on Karst Landscape, Geopark, Natural Heritage, Environmental Geology Mapping and Data Mining*; Нанинг, Кина, септембар - октобар 2015.).

Учесник је међународне мреже CEEPUS, и као студент докторских студија током периода фебруар - март 2016. боравио је на Eötvös Loránd University (ELTE), Будимпешта, Мађарска.

Учествовао је у организацији међународних конференција „Karst 2005 - *Water Resources and Environmental Problems in Karst*“, 13-19. септембар 2005, у Београду и Котору, СЦГ, као и „*Karst without Boundaries*“, 11-15. јун 2014. године, Требиње (БиХ) и Дубровнику (ХР), а од школске 2013/2014. године учествује у организацији курса Карактеризација и инжењеринг карстних издани (*Characterization and Engineering of Karst Aquifers* - СЕКА), који се под покровитељством UNESCO-а, традиционално одржава у Требињу, БиХ.

Члан је Српског Геолошког Друштва (СГД) од кога је за своје ангажовање добио захвалнице током 2014. и 2016. као и Интернационалне асоцијације хидрогеолога (IAH).

1.2. Стечено научно-истраживачко искуство

Током докторских студија учествовао је у изради више пројеката (укупно 14) од којих су три реализована за потребе министарстава Републике Србије:

1. Група стратешких пројеката: „Истраживање, оптимално коришћење и одрживо управљање подземним водним ресурсима Србије“, (Министарство животне средине, рударства и просторног планирања, 2007-2011) у оквиру које су се реализовали пројекти:
 - a. Мониторинг подземних водних ресурса Србије;
 - b. Заштита изворишта подземних вода;
 - c. Оцена резерви регионалних изворишта подземних вода за водоснабдевање – регулација издани и повећање капацитета.
2. Пројекат „Потенцијал и подлоге за одрживо коришћење подземних вода“ (бр. 176022, МПНТР РС, 2011-2018) на коме обавља и дужност секретара пројекта.
3. Пројекат оперативног мониторинга подземних вода Републике Србије, Партија 2 националног пројекта „Оперативни мониторинг површинских и подземних вода Републике Србије“ (Министарство заштите животне средине, 2017-2018)

Значајно је и његово учешће у пројектима међународног карактера - хидрогеолошких истраживања алувијалних наслага Тисе за утврђивање могућности захватања подземних вода за водоснабдевање Општине Кикинда (са TZW, Karlsruhe); хидрогеолошких истраживања лежишта бора и литијума Јадар (Западна Србија) са Rio Sava Exploration (Rio Tinto Minerals); хидрогеолошких истраживања лежишта бакра и злата Чукару Пеки (Источна Србија) и хидрогеоеколошке студије истражних простора „Јасиково Дурлан“ и „Брестовац-Метовница“ са Rakita Exploration (Freeport-McMoRan Copper & Gold). Своје истраживачке активности остварује као члан Центра за хидрогеологију карста (СКН) на Рударско-геолошком факултету и тренутно ради на пројектима оцене резерви и заштите вода на неколико изворишта на подручју западне Србије (Динарски карст).

До данас је објавио, самостално и коауторски, 24 научна и стручна рада, у различитим категоријама.

Списак до сада објављених радова:

Радови објављени у часописима са СЦИ листе (M20) и поглавља у монографијама (M10):

1. (M21) Stauder S., Stevanovic Z., Richter C., Milanovic S., Tucovic A., **Petrovic B., 2012:** *Evaluating bank filtration as an alternative to the current water supply from deeper aquifer: a case study from the Pannonian Basin, Serbia*, Water Resources Management, vol. 26, issue 2, Springer Netherlands, pp: 581-594, DOI:10.1007/s11269-011-9932-9
2. (M22) Dokmanović P., Nikić Z., Krunic O., **Petrović B., 2012:** *Water-management failure under complex hydrogeological conditions in the Kolubara District, Serbia*, Hydrogeology Journal, vol. 20, issue 6, Springer-Verlag, pp: 1169-1175, DOI 10.1007/s10040-012-0856-0
3. (M22) Pantić T.P., Birke M, **Petrović B.**, Nikolov J., Dragišić V., Živanović V., **2015:** *Hydrogeochemistry of thermal groundwaters in the Serbian crystalline core region*, Journal of Geochemical Exploration, DOI: 10.1016/j.gexplo.2015.08.009, pp: 101-114
4. (M22) Stevanović Z., Ristić-Vakanjac V., Milanović S., Vasić Lj., **Petrović B.**, Čokorilo-Ilić M. **2015:** *Karstification depth and storativity as main factors of karst aquifer regimes: some examples from southern Alpine branches (SE Europe and Middle East)*, Environmental Earth Sciences, ISSN: 1866-6280, Vol. 74/1, pp 227–240
5. (M14) Vasić L., Stevanović Z., Milanović S., **Petrović B., 2014:** *Attenuation of Bacteriological contaminants in karstic siphons and relative barrier purifiers: case examples from Carpathian Karst in Serbia*. In: Andreo B, Carrasco F, Durán J J, Jiménez P, LaMoreaux J W. (eds.), Hydrogeological and Environmental Investigations in Karst Systems. Environmental Earth Sciences 1, Springer, pp. 449-456, ISBN: 978-3-642-17434-6, DOI: 10.1007/978-3-642-17435-3_51

Радови објављени у научним и стручним (националним и међународним) часописима (M24, M51, M53):

1. (M53) **Petrović B.**, Vasić Lj., Čokorilo Ilić M., Stevanović Z., Milanović S., Ristić Vakanjac V., **2015:** *Izveštaj o održanoj Međunarodnoj školi karsta "Characterization and Engineering of Karst Aquifers (International course and Field seminar)" i međunarodnoj konferenciji "Karst without boundaries", Trebinje, jun, 2014. godine*; Записници Српског Геолошког Друштва за 2014. годину, Српско геолошко друштво, Београд, ISSN: 0372-9966, pp. 75-89
2. (M24) **Petrović B.**, Živanović V., **2015:** *Impact of river bank filtration on alluvial groundwater quality - a case study of the Velika Morava River in central Serbia*, Geološki anali Balkanskog poluostrva, Vol. 76, pp. 85-91, ISSN: 0350-0608, DOI: 10.2298/GABP1576085P
3. (M51) Васић Љ., Милановић С., **Петровић Б.**, Стевановић З., **2013:** *Утицај циркулације подземних вода у карсту на појаву бактериолошког загађења*, Водопривреда, 45 (2013) 264-266, пп. 219-229, УДК: 551.491.5, ИСРН: 0350-0519
4. (M53) **Петровић Б., 2008:** *Један пример примене ЕПИК методе у одређивању угрожености подземних вода*, Записници Српског геолошког друштва за 2007.

Радови објављени на научним и стручним скуповима (националним и међународним) (M33,34,63,64):

1. **(M34) Petrović B.,** Marinović V., Stevanović Z., Milanović S., Vasić Lj., **2017:** *EPIK Intrinsic Groundwater Vulnerability Assessment and Statistical Sensitivity Analysis: Case Studies from Serbian Karst*, Book of Abstracts 44th Annual Congress of the International Association of Hydrogeologist (IAH) "Groundwater Heritage and Sustainability", Dubrovnik, Croatia, ISBN: 978-953-6907-61-8, pp. 312
2. **(M34) Petrović B.,** Marinović V., Milanović S., Vasić Lj., **2016:** On the need to delineate the catchment area of the transboundary karst aquifer of South-Western Serbia and Northern Montenegro, Conference proceedings and book of abstracts / IWA Specialist Groundwater Conference, Jaroslav Černi Institute for the Development of Water Resources, Belgrade, ISBN: 978-86-82565-46-8, pp. 196-200
3. **(M63) Мариновић В., Петровић Б.,** Стевановић З., Милановић С., Васић Љ., **2016:** *Процена квалитативног притиска на подземне воде на примеру карстног платоа Бабине (ЈЗ Србија)*, Зборник радова XV српског симпозијума о хидрогеологији са међународним учешћем, РГФ, Копаоник, ISBN: 978-86-7352-316-3, pp. 167-176
4. **(M63) Петровић Б.,** Мариновић В., **2016:** *Оцена природне рањивости подземних вода карстне издани Суве планине*, Зборник радова XV српског симпозијума о хидрогеологији са међународним учешћем, РГФ, Копаоник, ISBN: 978-86-7352-316-3, pp: 401-406
5. **(M64) Milanović S.,** Stevanović Z., Vasić Lj., **Petrović B.,** Marinović V., **2015:** *Hidrogeološka osnova zaštite podzemnih voda u karstu primenom GIS-a - 3D fizičko modeliranje*, 8. Simpozijum o zaštiti karsta i skup speleologa Srbije, Pirot, p. 12
6. **(M33) Petrović B.,** **2014:** *Preliminary characterization of the karst groundwater flow of Suva Planina Mountain (Eastern Serbia)*, Proceedings of the DIKTAS Conference: "Karst without boundaries", Trebinje and Dubrovnik, (Kukurić N, Stevanović Z, Krešić N (eds)), ISBN: 978-99938-52-58-2, pp. 230-236
7. **(M63) Петровић Б.,** Живановић В., **2014:** *Анализа промене квалитета подземних вода у процесу прихрањивања алувијалног изворишта "Морава-Брзан"*, Зборник радова XVI конгреса геолога Србије „Оптимално истраживање и одрживо коришћење геолошких ресурса“, Доњи Милановац, ISBN: 978-86-86053-14-5, pp. 400-406
8. **(M63) Петровић Б.,** **2014:** *Основне карактеристике изданског тока карстних вода Сврљешких планина и Суве планине*, Зборник радова XVI конгреса геолога Србије „Оптимално истраживање и одрживо коришћење геолошких ресурса“, Доњи Милановац, ISBN: 978-86-86053-14-5, pp. 340-346
9. **(M33) Stevanović Z.,** Milanović S., Dokmanović P., Ristić Vakanjac V., **Petrović B.,** Vasić Lj., **2013:** *Engineering regulation of karst aquifer as a response to minimal flows in sensitive areas*, Proceedings of 3rd International Conference "Waters in sensitive and protected areas, Zagreb, Croatia, ISBN: 978-953-96071-3-3, pp: 109-112
10. **(M34) Stevanović Z.,** Ristić Vakanjac V., Milanović S., Vasić Lj., **Petrović B.,** Čokorilo M., **2013:** *Tectonic fabric as the main factor for privileged groundwater pathways, discharge regime and thermal properties within the same karstic system of Vidlič Mt. (Serbia)*, Book of Abstracts of the International Symposium on Hierarchical Flow Systems in Karst Regions, ISBN: 978-963-284-369-8, pp. 131

11. **(M63) Петровић Б.,** Сорајић С., **2012:** *Место и улога хидрогеолога у студијама процене утицаја на животну средину*, Зборник радова XIV Српског симпозијума о хидрогеологији, са међународним учешћем, ISBN: 978-86-7352-236-4. pp. 401-405
12. **(M63) Стевановић З.,** Ристић Вакањац В., Милановић С., Васић Љ., **Петровић Б., 2011:** *Значај мониторинга подземних вода у карсту Србије*, Рад у зборнику са 7 Симпозијума о заштити карста, Бела Паланка, ISSN 0354-4885; UDC 551.49:504.05(497.11) pp. 21-28
13. **(M34) Petrović B., 2009:** *Everlasting ice in Tisova jama, Beljanica Mountain – Eastern Serbia*, Guide Book & Abstracts of 17th International Karstological School “Classical Karst”, Postojna, Slovenia, pp: 79
14. **(M34) Petrović B., 2008:** *Protection of Lisine waterfall (Beljanica Mt, Eastern Serbia)*, Guide book & abstracts of 16th International Karstological School “Classical Karst”, Postojna, Slovenia, pp: 95
15. **(M34) Petrović B., 2007:** *Environmental Impact Assessment of a Dam Project in Southeastern Part of Kucaj Mountains (Serbia)*, Proceedings of 15th International Karstological School „Classical Karst“: Management of transboundary karst aquifers, Postojna, Slovenia, published on CD

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства закључено је да кандидат Б. Петровић поседује потребне способности за рад на предложеној теми докторске дисертације.

Подаци о току докторских студија:

Оцене кандидата на докторским студијама

Рб.	Назив предмета	година студија	Ознака	Оцена	ЕСПБ
1.	Семинар 1	1	09-3ХГ01	10	6
2.	Самостални публиковани рад Р1	1	09-3ХГ02	10	4
3.	Пројекат докторске дисертације	1	09-3ХГ03	10	10
4.	Практични истраживачки рад Р1	1	09-3ХГ04	10	10
5.	Претходна студија оправданости	1	09-3ХГ05	8	10
6.	Специјална поглавља из хидрогеолошких истраживања и менаџмента подземних вода отворених структура	1	09-3ХГ14	10	10
7.	Системи карбонатне седиментације	1	09-3ХГ18	10	10
8.	Семинар 2	2	09-3ХГ07	9	3
9.	Практични истраживачки рад Р2	2	09-3ХГ08	10	3
10.	Специјална поглавља из захвата и одрживог коришћења маломинерализованих вода	2	09-3ХГ25	10	20
11.	Специјална поглавља из хидрогеологије животне средине	2	09-3ХГ10	8	10
12.	Рад са СЦИ листе (ХГ)	2	09-3ХГ11	10	20
13.	Научно истраживачки рад (ХГ)	3	09-3ХГ2а	10	5
14.	Научно истраживачки рад (ХГ)	3	09-3ХГ26	10	5

Бранислав Петровић положио је испите предвиђене акредитованим програмом докторских академских студија, на студијском програму Хидрогеологија за пријаву дисертације (14/17 испита) и до сада остварио укупно 126 ЕСПБ, као и просечну оцену на студијама 9,64.

2. Предмет и циљ истраживања

Предмет истраживања

Подземне воде представљају есенцијални природни ресурс за задовољавање потреба највећег дела светског становништва, из разлога што су обновљиве и делимично или потпуно заштићене од утицаја спољашњих фактора, самим тим и директног загађења. Због свог бољег квалитета, потребног једноставнијег третмана, и у већини случајева и значајно мањих трошкова експлоатације, даје им се предност у искоришћавању у односу на површинске воде. Међутим, с обзиром да се налазе у подземљу и да један део вода залеже веома дубоко, тешко их је испитивати у смислу утврђивања зоне прихрањивања, услова циркулације и контакта са различитим стенским масама и потенцијалним загађивачима, као и времена које проведу у подземљу, а самим тим и одређивања самопречишћавајућих могућности издани.

Став Уједињених Нација (УН) је да вода постаје стратешка сировина 21. века. Европска унија (ЕУ) је, такође, усвојила заједнички основ управљања водама кроз докуменат „Оквирна директива о водама ЕУ“ 2000. године. Кључни принцип тог документа изражен је ставом да „вода није комерцијални производ као неки други, него наслеђе које треба чувати, заштитити и сходно томе поступати.“.

У многим европским државама, па тако и у Србији чак 75% воде која се користи у сврхе водоснабдевања потиче из различитих типова издани. Највеће резерве подземних вода у Србији се налазе у оквиру збијене средине углавном неогене и квартарне старости, као и у карстним теренима (Поломчић *et al.*, 2012), док се пукотински тип издани не карактерише значајним резервама подземних вода. Сумарне количине вода које се експлоатишу у Србији износе око 23 m³/с, при чему се највеће количине захватају из алувијалне издани. Мање количине захватају се из карстних издани (око 20%), затим из основног водоносног комплекса у Војводини (ОВК) и неогена, док су количине вода које се захватају из пукотинске издани практично занемарљиве у односу на алувијалну издан. Иако се највеће количине захватају из алувијалне средине, експлоатисање ових вода прате и одређени проблеми, као што су старење бунара и често неповољан хемијски састав вода, и често велика близина антропогених извора загађења.

Нажалост, и поред велике експлоатације подземних вода у Србији, поједина изворишта (издани) су и даље недовољно испитана, што је често доводило до мишљења да подземних вода нема у довољним количинама (Стевановић, 1991), а што је утицало на предлоге пројеката за изградњу бројних површинских акумулација, или је пак утицало на нерационално коришћење подземних вода. Поред тога што је утврђивања генезе и циркулације подземних вода у карсту довољно компликовано услед специфичности (хетерогеност и анизотропија карста), део проблема представља и дефинисање способности самопречишћавања – аутопурификације карстног система тј. способности подземне средине да пречисти воду од контаминаната. Постоји велики број методолошких поступака који су развијени за потребе истраживања карста и које се могу применити у циљу дефинисања зона прихрањивања, постојања везе између подземних и површинских вода, док су методе којима се одређују процеси који се одигравају у оквиру епикарста и његове улоге у карсту тек у повоју. Методе којима би се одредили процеси самопречишћавања

карстне издани (система), тј. интеракције подземне воде са тлом, епикарстом и стеном нису довољно развијене.

Термин *карст* означава комплексан геолошки феномен везан за терен са специфичним геолошким, геоморфолошким, хидрогеолошким и хидролошким карактеристикама. Такви терени су углавном изграђени од кречњака, доломита, гипса, халита и других стена које се под физичким и хемијским дејством воде растварају. Последица растворљивости је настанак процеса, појава и облика који терену дају специфичан изглед и карактеристике. Карстификација подразумева комплекс геолошких процеса који разарају растворљиве стене (Милановић П, 1979), формирајући специфичну морфологију на површини терена, а специфичне хидрогеолошке услове и тип порозности у подземљу. Због комплексности карста проучавање најчешће захтева истовремену или сукцесивну примену низа научних и инжењерских метода: геолошких, геоморфолошких, геоботаничких, геофизичких, хидролошких, спелеолошких, хидрогеолошких, еколошких и сл.

Са становишта акумулирања и кретања подземних вода у карсту порозност се може посматрати као апсолутна (укупна) и ефективна порозност. Уколико су ове нехомогене пукотине, каверне и канали међусобно повезани и испуњени водом настаје својеврсна подземна акумулација - карстна издан. Милановић П. (1979), даје једну од дефиниција овог типа издани: „Карстна издан је нехомогена подземна акумулација у којој се вода сакупља у мрежи међусобно спојених пукотина, каверни и канала.“ Сличне дефиниције дају и остали стручњаци који се баве овом облашћу у нашој земљи (Драгишић & Живановић, 2014; Стевановић, 2015). На основу новијих статистичких података којима располаже УН (литературни подаци, мишљења локалних стручњака и одређене апроксимације), број потрошача који се снабдева водом из карста процењен је 2016. године на око 678.000.000 или 9.16% светске популације (Стевановић, 2017).

Воде из карста углавном имају добре физичко-хемијске карактеристике, а унутар шупљина, каверни и канала у карбонатним стенама могу се акумулирати велике количине подземне воде, што је са аспекта водоснабдевања веома повољно. С друге стране карактерише их велика неравномерност истицања и изражена рањивост на загађивање због слабих самопречишћавајућих својстава средине. Како би се одрживо управљало подземним водним ресурсима у карсту, неопходно је добро познавање хидрогеолошких система, под којима се сматрају карбонатне или евапоритске формације са развијеном дисолуционом порозношћу, које на основу граничних услова, примају улазне компоненте (флуид) и врше њихов транспорт и трансформацију у излазне компоненте (Fleming, 1975; Јемцов, 2008).

За одрживи менаџмент подземног водног ресурса који је настао у условима постојања карстне (кавернозне) порозности, неопходно је са што већом поузданошћу и прецизношћу одредити услове прихрањивања (инфилтрације), начин филтрације/циркулације воде и услове истицања (дренирања) подземних вода. Поред тога, неопходно је познавати услове заштите подземних вода од загађујућих супстанци тј. одредити рањивост карстне издани да би се правилно и одрживо управљало овим „невидљивим“ природним ресурсом.

Природно прихрањивање карстне издани врши се инфилтрацијом површинских вода или атмосферских падавина кроз поноре, вртаче, пукотине већих и мањих димензија, или подземним прихрањивањем из неке суседне издани. За одређивање области прихрањивања користе се хидрогеолошке методе међу којима се најчешће примењују: спелеолошке методе, трасерске методе, хидрохемијске методе, изотопске методе, физичко моделирање, стохастичке методе.

Зона прихрањивања заједно са епикарстом даје сасвим другачије значење појму карстна издан, као и одређена својства које друге издани не поседују (Mangin 1974; Bakalowicz 1995,

2003.). Обогаћује се процеђена вода новим количинама CO₂, који је у овој зони присутан у већој концентрацији захваљујући дејству одређених микроорганизама, и када нове количине воде (након нових киша или отапања снега) доспеју у надизданску зону, вода „обогаћена“ угљен-диоксидом бива потиснута у издан и процес карстификације се даље одвија. Брзина процуривања инфилтрираних падавина у многومه може зависити и од влаге у тлу (Trček, 2003). „Старија“ вода ће прво бити потиснута „новом“ која ће извршити вертикални притисак на целу водом засићену површину, те ће стога доћи до вертикалног усмереног кретања воде и испирања целе зоне, што доводи до водозамене и јављања „ефекта клипа“ (*piston effect*) (Trček & Kroth, 2004).

Епикарст представља највиши део стенске масе који је изложен карстификацији, а у којој је пропусност (услед испуцалости) и дифузна циркулација воде значајно већа и равномерније распоређена у простору у односу на остатак карстификоване стенске масе (Klimchouk, 1997, 2000). Епикарст се обично протеже од изложеног дела карбонатних стена на површини земљишта или од контакта тло/матична стена наниже до неколико десетина метара. Епикарст може садржати лебдећу („висећу“) издан. Пропусност епикарста опада са дубином и ствара неку врсту уског грла за вертикално кретање подземних вода. Појам епикарста, од када се појавио па до данас, изазива доста пажње, а понекад и јако супротстављене ставове истраживача и он ће бити и централна тема предложених истраживања кандидата.

Истраживања у којима се епикарст јавља као основна тема и покретач припадају сфери хидролошких, хидрогеолошких, хемијских. Највећи број се ипак тиче функције епикарста у хидрогеолошком систему карстне издани, а идеја о постојању епикарста први пут се јавила током истраживања које је спровео Mangin (1973, 1975). Истраживања утицаја епикарста на прихрањивање карстне издани, уз помоћ трасера, вршена су у Великој Британији у неколико наврата Friederich & Smart, 1981 (из Williams, 2008) и Bottrell и Atkinson (из Williams, 2008). Даља истраживања (Williams, 1983) су довела у везу закашњење повећања протицаја пећинских токова на олујне падавине услед, како се испоставило, постојања слоја епикарста у повлати пећине. Разлика у пропусности између „горње“ и „доње“ зоне епикарста била је такође тема истраживања (Gunn, 1985; Williams, 1983). Поједини аутори увели су појам „ефекат левка“, односно успореног кретања инфилтриране воде у „доњој“ зони у односу на брзо кретање воде у „горњој“ зони, а тиме и могућност формирања тзв. епикарстне издани. Atkinson (1992) издваја три компоненте тока воде кроз епикарст: I) брзи ток који има време задржавања до 3 дана у слоју; II) компоненту тока који се задржава у оквиру слоја 60-70 дана; III) компоненту тока која се дуго задржава, до 160 дана и дуже.

Природно пречишћавање вода (самопречишћавање) представља процесе који доводе до умањења садржаја загађујућих супстанци у води. Можемо рећи да је самопречишћавање спонтан процес, који се одвија у природним условима под дејством биолошких и физичко-хемијских процеса. Процес самопречишћавања воде се завршава са мање или више потпуним успостављањем квалитета вода као пре мешања са загађујућим супстанцама. Специфичност настанка и развоја карстне издани и свеприсутна хетерогеност и анизотропија порозности, као и услови који у карстној издани владају (правци и брзине кретања подземне воде) представљају посебан изазов приликом одређивања степена самопречишћавања подземне воде и она је у карсту великој мери лимитирана димензијама порозног дела стенске масе, тј. кавернама и каналима којима се вода креће. Стога се предлажу и мање модификације наслова дисертације у односу на предложену.

Самопречишћавање обухвата све физичке и хемијске процесе, који се одвијају у води, често под утицајем организама који разлажу органске компоненте. Биолошки процеси измене квалитета воде су сви они процеси при којима организми, који живе у води уклањају супстанце или материјале из воде користећи их у процесу своје исхране. Процеси под

дејством микроорганизама се деле на аеробне и анаеробне. Аеробни процеси обично као производе дају нешкодљиве супстанце, док анаеробни доводе до грађења и штетних једињења (H_2S , CH_4 и др.). Најважнији чиниоци јесу аеробне бактерије, које разграђују органске компоненте уз потрошњу кисеоника. Степен активности аеробних бактерија зависи, пре свега, од:

- температуре (степен њихове активности расте са порастом температуре);
- присуства токсичних компонената у води (које могу успорити или чак зауставити процес самопречишћавања);
- присуства кисеоника (као ограничавајућег фактора разградње);
- процеса фотосинтезе, где се троши присутни CO_2 , а ослобађа O_2 ;
- присуства и дебљине епикарста, јер се вода много лакше инфилтрира у епикарст, него што се из њега дренира дубље у карстну издан;
- турбуленције струјања воде, као последице интензивних падавина или отапања снега;
- и других фактора.

Процеси измене квалитета воде који се дешавају у тлу и стенама највише зависе од геолошке средине у којој се процес одиграва, јер и састав тла зависи од петролошког састава и тектонских услова на терену који се посматра, па ће самим тим и процеси бити условљени геологијом терена. Климатски фактори значајно утичу на наведене трансформације. У последњих неколико година пажња је усмерена и на одређивање вертикалне компоненте кретања вода, којом се оцењује брзина преноса контаминанта кроз незасићену зону, нарочито у издани где често у понорским зонама долази до заобилажења заштитне функције коју пружају седименти (Живановић, 2016). У земљишту се додирују и прожимају литосфера, атмосфера, хидросфера и биосфера. Земљиште је комплексна смеша неорганског и органског материјала у чијим се порама и шупљинама налазе ваздух и вода. Такође, оно је животна средина великог броја организама. Кроз земљиште мигрирају и циркулишу различите супстанце у облику правих и колоидних раствора, а у њему се одвија и мноштво хемијских реакција. Миграција супстанци у облику правих и колоидних раствора углавном се врши наниже под утицајем силе Земљине теже. Током ове миграције земљиште се понаша као хроматографска колона на којој се одвијају адсорбциони и десорбциони процеси. Као резултат кретања супстанци и биолошке активности организама у земљишту се формирају слојеви одређених физичко-хемијских и биолошких особина. На тај начин у земљишту се одвија први корак у промени састава инфилтриране површинске воде и њен постепен прелаз у подземну воду.

Циљ и задаци истраживања

Циљ дисертације је утврђивање утицаја епикарста на функционисање карстног система у погледу режима квантитета и квалитета воде, као и одређивање способности карстног система да измени квалитет подземне воде. Стога је неопходно спровести различите методе истраживања на истражном простору ради утврђивања зоне прихрањивања подземних вода и количина које се инфилтрирају, услова циркулације, времена боравка воде у подземљу, као и повезаности површинских (атмосферских) и подземних вода и вода унутар карстног система, а са посебним освртом на епикарст и његову улогу, и на крају утицај састава тла и надизданске зоне на измену квалитета инфилтриране воде.

Посебан циљ истраживања ће бити дефинисање постојања, простирања, дебљине и одлика слоја епикарста, затим одређивање степена утицаја епикарста на режим квантитета и квалитета одабраног, репрезентативног карстног изданског система Суве планине, пре

свега дела који се дренира на врелима Мокра и Дивљана, и изворима Бежиште и Горња Коритница.

Један од очекиваних резултата истраживања ће бити дефинисање времена боравка воде у карстној издани, кроз одређивање садржаја стабилних изотопа у води и успостављање везе између површинских (атмосферских) и подземних вода (индиректно ће се одредити зоне и надморске висине на којима се врши прихрањивање вода), а тако ће бити могуће и проценити и време у оквиру кога је потребно да се процеси измене квалитета одиграју, као и да ли се одигравају у оквиру епикарста. Такође, истраживање би требало да помогне у дефинисању способности карстне издани да „преради“ одређене загађујуће супстанце на основу дужине боравка воде у подземљу, али и састава надизданске зоне (присуство/одсуство земљишног или епикарстног слоја). Истраживање ће се спровести током теренских истраживања, експериментом *in situ*, ради дефинисања параметара карстног система, пре свега епикарста, функционисања процеса самопречишћавања зависно од врсте и количине загађујуће супстанце, као и хидролошких услова који владају у природним условима. Затим ће резултати експеримента бити искоришћени за тарирање модела који ће симулирати рад карстног система у лабораторијским условима. На тај начин ће бити могуће, уколико се на прави начин прикажу (понове, представе) природни услови, симулирати дешавања у различитим екстремним ситуацијама, са различитим контаминантима или различитим комбинацијама контаминаната.

Један од циљева дисертације је и да се утврди измена хемијског састава вода у погледу основних физичко-хемијских параметара и садржаја јона од уласка у систем до њеног поновног јављања на површини терена, као и да се одреди растварачка моћ воде и богаћење воде јонима Ca^{2+} и HCO_3^- , а извршиће се и анализа одређених микроелемената заступљених у подземним водама. Такође, посветиће се и пажња микробиолошком саставу који преовлађује у подземљу.

Када се ради о дефинисању функционисања једног карстног система (прихрањивање, циркулација, процеси самопречишћавања, режим истицања и квалитета подземних вода), неопходно је применити мултидисциплинарни приступ истраживања, како би се сви елементи карстне издани обухватили и дефинисали.

Главни задаци истраживања ће бити одређивање:

1. везе између површинских и подземних вода;
2. зоне прихрањивања (дифузно, концентрично);
3. зона истицања (гравитационо, сифонално);
4. површина сливних подручја врела: Мокра, Дивљана, Бежиште, Горња Коритница и Ракош чесма; утицаја слоја епикарста на количине воде и њихов биланс и режим
5. старости воде и времена задржавања воде у подземљу тј. брзине изданског тока;
6. распрострањења, дебљине и функције епикарста;
7. промена хемијског састава воде током боравка у подземљу (улаз – излаз);
8. промена микробиолошког састава карстног система: земљишта, епикарста, подземне воде;
9. брзине процеса самопречишћавања, који се одигравају у карстном систему, а пре свега у надизданској зони (тло и епикарст) у зависности од загађујуће супстанце;
10. брзине процеса самопречишћавања, који се одигравају у изданској зони, у зависности од загађујуће супстанце.

Избор дела литературних извора релевантних за истраживање епикарста

1. Attkinson TC, 1977: *Carbon dioxide in the atmosphere of the unsaturated zone: An important control of groundwater hardness in limestones*, Journal of Hydrology, Vol. 35, Issue 1, pp. 111-123
2. Bakalowicz M., 2005: *Karst groundwater: a challenge for new resources*, Hydrogeology Journal, Vol. 13 (1), pp. 148-160
3. Bakalowicz M., 1975: *Géochimie des eaux karstiques et karstification. (Karst groundwater geochemistry and karstification)*. Annales de Spéléologie 30(4): 581–589
4. Bakalowicz M., 1995: *La zone d'infiltration des aquifères karstiques. Méthodes d'étude. Structure et fonctionnement. (The infiltration zone of karst aquifers. Study methods. Structure and functioning)*. Hydrogéologie 4: 3–21
5. Bakalowicz M., 2004: *The epikarst, the skin of karst*, In: Jones WK, Culver DC, Herman JS (eds), Proceedings of the symposium, Shepherdstown, West Virginia, USA, Karst Waters Institute, Charles Town, pp: 16-22
6. Batiot C, Emblanch C, Blavoux B., Simler R., Daniel M., 2000, *Organic matter in karstic aquifers: a potential tracer in the carbon cycle*, A small-scale laboratory model approach: "Tracers and modelling in hydrogeology (TraM'2000 Conference)", Liege, Belgium, IAHS
7. Benavente J, Vadillo I, Carrasco F, Soler A, Lián C, Moral F, 2010: *Air carbon dioxide contents in the vadose zone of a Mediterranean karst*. Vadose Zone Journal, Soil Science Society of America, Vol. 9, pp.126–136
8. Blecha M & Faimon J, 2014: *Spatial and temporal variations in carbon dioxide (CO₂) concentrations in selected soils of the Moravian Karst (Czech Republic)*, Carbonates and Evaporites, Springer Berlin Heidelberg, Vol. 29, Issue 4, pp 395–408
9. Bonacci O, 1987: *Karst Hydrology: With Special Reference to the Dinaric Karst*, Springer Series in Physical Environment, Springer-Verlag, Berlin
10. Faimon J, Ličbinská M, Zajíček P, Sracek O, 2012: *Partial pressures of CO₂ in epikarstic zone deduced from hydrogeochemistry of permanent drips, the Moravian Karst, Czech Republic*. Acta Carsologica 42, pp. 47–57
11. Ford D, Williams P, 2007: *Karst Hydrogeology and Geomorphology*, Wiley, p. 562
12. Gabrovšek F, 2000: *Evolution of early karst aquifers: from simple principles to complex models*, Založba ZRC, Ljubljana, p. 150
13. Goodwin, N.R., Coops, N.C., Wulder, M.A., Gillanders, S., Schroeder, T.A. and Nelson, T. 2008: *Estimation of insect dynamics using a temporal sequence of Landsat data*, Remote Sensing of Environment, Vol. 112, pp. 3680-3689
14. Herman JS, 2003: *The chemical character of water in epikarst: the transport of solutes and colloids to depth*, Karst Water Institute, Charles Town, Special Publication 9, pp. 36-41
15. Jones WK, 2013: *Physical structure of the epikarst*, Acta Carsologica, 42/2-3, pp. 311-314
16. Jones W, Culver D & Herman J, 2004: *Epikarst*, Karst Water Institute, Charles Town, Special Publication 9, p. 160

17. Jiang Z, Lian Y & Qin X, 2013: *Carbon cycle in the epikarst systems and its ecological effects in South China*, Environmental Earth Science, Volume 68, Issue 1, pp. 151–158
18. Klimchouk A.B., 2004: *Towards defining, delimiting and classifying epikarst: Its origin, processes and variants of geomorphic evolution*, Speleogenesis and evolution of karst aquifers, The Virtual Scientific Journal, pp. 1-13
19. Klimchouk A.B., 2000: *The formation of epikarst and its role in vadose speleogenesis*, In: Speleogenesis: Evolution of karst aquifers (Eds. Klimchouk AB, Ford DC, Palmer AN and Dreybrodt W), National Speleological Society of America, Huntsville, AL-USA, pp. 261-273
20. Kogovšek J, 2010: *Characteristics of percolation through the karst vadose zone*, Acta Carsologica 10, p. 168
21. Krešić N, 2012: *Water in karst, management vulnerability and restoration*, McGraw Hill, New York
22. Krešić N, Mikszewski A, 2013: *Hydrogeological conceptual site model: data analysis and visualization*, CRC Press, Boca Raton
23. Li W, Yu L, Yuan D, Wu Y, Zeng X, 2005: *A study of the activity and ecological significance of carbonic anhydrase from soil and its microbes from different karst ecosystems of Southwest China*, Plant and Soil, Springer Netherlands, Vol. 272, Issue 1, pp. 133–141
24. Lian B, Yuan D, Liu Z, 2011: *Effect of microbes on karstification in karst ecosystems*, Chinese Science Bulletin, Vol. 56, No. 35, pp. 3743-3747
25. Loop CM, White WB, 2001: *A Conceptual Model for DNAPL Transport in Karst Ground Water Basins*, Groundwater, National Ground Water Association
26. Mangin A, 1994: *Karst hydrogeology*. In: Stanford J, Gibert J, Danielopol D (eds), Groundwater ecology. Academic Press. pp: 43–67
27. Palmer AN, 2003: *Growth and modification of epikarst*, Karst Water Institute, Charles Town, Special Publication 9, pp. 56-61
28. Perrin J, 2003: *A conceptual model of flow and transport in a karst aquifer based on spatial and temporal variations of natural tracers*, PhD thesis presented to the Faculty of Sciences of the University of Neuchâtel, p. 227
29. Perrin J., Jeannin P. & Zwahlen F. 2003: *Implications of the spatial variability of infiltration-water chemistry for the investigation of a karst aquifer: A field study at Milandre test site, Swiss Jura*, Hydrogeology Journal, Springer-Verlag, vol. 11, issue 6, pp. 673-686
30. Pipan T & Culver DC, 2013: *Forty years of epikarst: what biology have we learned?* International Journal of Speleology, 42 (3), pp. 215-223, Tampa, FL-USA
31. Ravbar N, 2007: *The protection of karst waters, a comprehensive slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping*, Karst Research Institute at ZRC SAZU, ZRC Publishing, Postojna-Ljubljana, p. 254
32. Shiyi H, Genxing P, Jianhua C, Yuxiang T, Yongzhong T, 2000: *Research on characteristics of carbon cycle in epi-karst ecological system*, Quaternary Sciences, 2000-04
33. Stevanović Z, 2015: *Karst Aquifer – Characterization and Engineering*, Springer, p. 692

34. Trček, B., 2003: *Epikarst zone and karst aquifer behaviour* – A case study of the Hubelj catchment, Slovenia. - Geološki zavod Slovenije, p.100, Ljubljana.
35. Trček B. & Krothe N, 2004: *Oxygen isotope studies of major karst springs on the Mitchell plain (USA) and the Trnovski Gozd karst plateau (Slovenia)*.- In: Epikarst (Jones, W., Culver, D. & J. Herman Eds.), Karst Waters Institute, Charles Town, Special Publication 9, pp. 92–98
36. Vouillamoz J.M., Legchenko A., Albouy Y., Bakalowicz M., Baltassat J.M., and Al-Fares W., 2003: *Localization of Saturated Karst Aquifer with Magnetic Resonance Sounding and Resistivity Imagery*, Ground Water, Vol. 41, No. 5, pp. 578-586
37. Williams PW, 1983: *The role of the subcutaneous zone in karst hydrology*, Journal of Hydrology, 61, pp. 45-67
38. Williams PW, 1985: *Subcutaneous hydrology and the development of doline and cockpit karst*, Zetschrift fur Geomorphologie, 29, pp. 463-482
39. Williams PW, 2008: *The role of the epikarst in karst and cave hydrogeology: a review*, International Journal of Speleology, 37 (1), pp. 1-10
40. Williams PW, Fowler A, 2002: *Relationship between oxygen isotopes in rainfall, cave percolation waters and speleothem calcite at Waitomo, New Zealand*, Journal of hydrology, New Zealand Hydrological Society, vol. 41, No 1, pp. 53-70 (2 p.)

3. Полазне хипотезе

Истраживања би требало да обезбеде потребне подлоге и да доведу до значајног броја података на основу којих ће се извршити сагледавање система, анализирање резултата процеса, који се одвијају у систему, као и извођење закључака о функционисању карстног система, пре свега епикарстног слоја, чији је концептуални модел циркулације, као једна од полазних основа за конципирање истраживања приказан на слици у наставку.

Претпоставка је да циркулација подземне воде на источним падинама Суве планине, у оквиру уже зоне истраживања циркулише од места инфилтрирања ка свим изворима и врелима (Ракош чесма, Бежиште, Горња Коритница, Дивљана, Мокра), као и према подземним објектима (пећина Печ). Такође, циркулација се одвија и од места понирања кратког површинског тока Ракоша ка изворима и врелима у подножју и према подземним објектима. И на крају из подземних објеката, након процуривања и процеђивања, циркулација подземне воде се наставља ка врелима и изворима, која су хипсометријски ниже.

На овом путу вода се након првобитне инфилтрације атмосферских падавина неколико пута појављује на површини и поново понире или се враћа у атмосферу путем процеса евапотранспирације. Предложена концепција истраживања у циљу одређивања функционисања дела карстног система Суве планине и утицаја епикарстног слоја на квантитет издани и способности самопречишћавања карстног изданског система приказана је у облику алгоритма на слици у наставку. Мултидисциплинарним приступом истраживању и експериментима тежи се што прецизнијем дефинисању карактеристика једног карстног система.

4. Научне методе истраживања

Неопходно је применити више методолошких поступака у оквиру геолошких и негеолошких, хидрохемијских, изотопских и биохемијских метода, која ће се обавити кроз: теренска, лабораторијска и кабинетска истраживања.

- 1) Теренска проспекција епикарста, која ће се одвијати паралелно са неколико других теренских истражних радова, а у оквиру зона које ће бити дефинисане приликом кабинетских истраживања: даљинска детекција (сателитски снимци, топографске карте, фитоценолошке карте), структурно-геолошка анализа руптурног склопа и сл.
 - Мерења површине (пространства) коју епикарст покрива на истражном простору (тј. у оквиру зона прихрањивања осматраних врела), дебљине епикарста, врста „подине“ епикарста (испуцала стена, карстификована стена и сл.).
 - Одредиће се састав епикарстног слоја (односи између заступљених фракција материјала), присуство и врста вегетационог покривача, и узети узорци стена, тла и воде за даље анализе (као и за формирање лабораторијског опитног модела).
 - Прикупљени подаци ће се искористити за анализу режима истицања врела Мокра и Дивљана, анализом хидрограма у циљу дефинисања степена утицаја који епикарст (у зонама прихрањивања ових врела) има на количину истекле воде и промену њеног квалитета (замућење или обарање вредности специфичне електричне проводљивости и сл.).
 - Извршиће се категоризација епикарста на истражном простору у складу са прикупљеним подацима, што ће помоћи и приликом дефинисања зона санитарне заштите тј. израде карте рањивости.
- 2) Осматрање климатолошких и хидролошких параметара у оквиру негеолошких метода, ће помоћи код утврђивања величине прихрањивања подземних вода површинским (атмосферским) водама, па ће се разматрати расположиви подаци климатолошких и кишомерних станица на истражном подручју. Мониторинг мрежа количина истекле воде постоји на врелима која су захваћена за водоснабдевање Ниша и других насеља (постоји могућност и дневног читавања вредности), док ће се за преостала врела вршити квартална осматрања истицања.
- 3) Утврђивање: зоне прихрањивања (дифузна/концентрична инфилтрација падавина), пружања главних канала тј. утврђивање предиспонираних зона циркулације подземних вода и њиховог истицања (површинског или подземног) на основу геоморфолошких, спелеолошких и структурно-геолошких истраживања.
- 4) Опит трасирања, ће се обавити на истражном полигону и у оквиру ужег истражног подручја, показавће се да ли постоји директна веза између одређених понорских зона и зона истицања.
- 5) Дефинисање састава стене на улазу и излазу из система помоћу петролошких анализа, може указати на формирање хемијског састава подземних вода, као и на разлоге промена изотопског састава подземне воде.
- 6) Приликом припремних теренских (хидро)геолошких и геоморфолошких истраживања биће одабране локације за геофизичка истраживања, а пре свега геоелектричне методе (Стевановић & Милановић, 2017): специфични електрични отпор (СЕО) – сондирање (ВЕС) и картирање (ЕК), могуће и др. метода чији ће резултати помоћи да се много боље дефинишу дубине на којима се налази (карстификовани) кречњак, затим правце пружања карстних канала (испуцалих зона уопште), до које се дубине простиру

земљишни и епикарстни слој. Која ће комбинација метода бити примењена, зависи пре свега од претходно спроведених структурно-геолошких и геоморфолошких истраживања, као и резултата даљинске детекције.

- 7) Вршиће се и хидрохемијска, микробиолошка, изотопска и биохемијска истраживања. У оквиру хидрохемијских анализа, на кварталном нивоу ће се радити скраћене хемијске анализе, затим утврђивање микрокомпоненти у одређеним узорцима вода у циљу дефинисања хемијског састава. Док ће у оквиру изотопских анализа бити спроведене кампање узорковања стабилних изотопа и једно узорковање радиоактивних изотопа, на основу чијих резултата ће бити потврђене везе подземних и површинских вода, као и утврђено време боравка подземних вода у подземљу, што је од великог значаја за дефинисање генезе и услова циркулације вода. Микробиолошка истраживања ће заједно са хидрохемијским истраживањима помоћи да се одреде параметри квалитета воде у оквиру истражног подручја. Биохемијска истраживања ће се спровести ради утврђивања биолошких и хемијских процеса који се одвијају у оквиру система.
- 8) У оквиру истраживања земљишног покривача вршиће се истраживања: влажности тла, минералног састава, органске супстанце у земљишту, земљишних микроорганизама, као и физичко-хемијских и биолошких процеса који се у њему одвијају, а који утичу на мењање особина површинских (подземних) вода.
- 9) Током теренског и лабораторијског експеримента биће испитана брзина кретања „изданског“ тока помоћу инертног обележивача (Na-флуоресцеин и/или NaCl), као и брзина кретања загађујуће супстанце и процес мењања унешених „лакших“ контаминаната у функцији времена тј. дужине пута кроз подземље. Након (успешно) обављеног опита треба спровести квантитативну и квалитативну анализу добијених података.
- 10) Иако транспорт загађујућих материја кроз макропоре и микропоре тла и нижих слојева може да постоји у било којој средини, епикарст може да убрза процес транспорта путем циркулације воде наниже кроз тзв. дренаже, који су директно повезани са карстним каналима. Брза филтрација воде овим путевима узрокује проширивање канала услед растварања калцита који изграђује кречњак. Кроз те шире канале вода брже циркулише и може да пронесе и колоиде и супстанце које су адсорбоване на честицама. Такође, дисперговање супстанци у оквиру епикарста и касније испирање услед олујних киша може утицати на доспевање контаминанта и много даље од места првобитног ексcesa. Све ово утиче на јако спору или никакву биодеградацију загађујућих супстанци, а која у ствари представља једину прилику за ин ситу ремедијацију. Ова истраживања ће се обављати у природним условима (током теренског експеримента) чији ће се резултати искористити за тарирање лабораторијског модела, током експеримента симулације рада карстног изданског система.

5. Очекивани научни допринос

И поред значајног броја научних радова приказаних и у претходном поглављу извештаја, многа питања функционалности и улоге епикарста нису још увек довољно разјашњена. Посебно недостају практични теренски и лабораторијски истраживачки радови јер се велики број аутора ослања на анализе хидрограма и посредно тумачење о (не)присуству епикарста и његовом распрострањењу.

- Предложена дисертација треба да отвори и нове погледе и да да допринос на међународном плану класификацији епикарста и његовој улози у измени квалитета и квантитета водних ресурса у стенској маси (превасходно карбонатној).
- Очекивани научни допринос дисертације је и у одређивању утицаја епикарста на режим и биланс карстне издани дела карстног система Суве планине, као одабраног конкретног и пилот подручја, измене квалитативних карактеристика подземне воде и њене циркулације унутар система, и на крају утврђивање потенцијала процеса самопречишћавања, коју систем поседује, а кроз примену комплексних мултидисциплинарних истраживања на геоморфолошким и хидрогеолошким појавама и објектима, као и у оквиру земљишног слоја и вегетационог покривача.
- Научни допринос израде ове дисертације у највећој мери ће се испунити и исказати кроз посебност и специфичност истраживања познатим, али и методама које до сада нису биле предмет стандардних истраживања, а даће одговоре управо на она питања која су ранијим истраживањима остајала без јасне дефиниције и квантификације. Мултидисциплинарни приступ истраживању подразумева примену: структурно-геолошких, петролошких, геохемијских, педолошких, хидрогеолошких, хидрохемијских, изотопских, микробиолошких, фитоценолошких и других метода.
- Појам епикарста, који се у последње време користи као један од главних разлога одступања у „очекиваном“ истицању карстних врела (нарочито након олујних падавина или отапања снега), и његова улога у карстном систему ће бити детаљније објашњени и боље процењени. Нарочито ће се обратити пажња на утицај који епикарст има на количине воде које се инфилтрирају у издан, а самим тим и утицај епикарста на режим квантитета издани.
- Анализа хидрограма истицања врела Мокра и Дивљана (пре свега амплитуда истицања након олујних падавина или наглог топљења снега), заједно са дефинисањем присуства и особина (категиорија) епикарста ће помоћи у дефинисању степена утицаја епикарста на режим истицања осматраних врела. Резултате истраживања би онда било могуће применити и у случају других карстних врела, која су настала у сличним геолошким условима, а где је процењено да постоји присуство и слично развиће епикарста (метода аналогije).
- Заштита подземних вода применом превентивних мера, најчешће одређивањем зона санитарне заштите, представља један од основних предуслова за дуготрајно коришћење подземног водног ресурса. Досадашња пракса одређивања зона санитарне заштите углавном је заснована на примени метода за оцену рањивости подземних вода које су развијене како би се обезбедиле неопходне подлоге за спровођење превентивних мера. Примена метода се углавном заснива на коришћењу већ постојећих подлога које су настале као резултат „процене“ услова на терену, често без директног учешћа истраживача у теренским опитима којима би се верификовале подлоге. Такође, оцењивање рањивости издани углавном као подлогу користи хоризонталну компоненту кретања подземне воде тј. време потребно води да од тачке инфилтрирања доспе до водозахватног објекта.
- Истраживања ће пружити појашњење утицаја који епикарст и земљишни слој, заједно са вегетационим покривачем заиста имају на природну заштиту издани и како омогућити квалитетније и поузданије одређивање вертикалне компоненте кретања подземне воде, у којој епикарст има значајну улогу. Улога надизданског слоја у измени квалитативних карактеристика подземне воде, као и у заштити карстне издани од

загађивања ће бити посебно анализирани приликом припрема и спровођења експеримента у теренским условима, а на крају ће се проценити и удео који епикарст има у процесима самопречишћавања карстног система.

- Поред научног, дефинисање утицаја епикарста на режим квантитета, у измени квалитативних карактеристика подземне воде и на самопречишћавајуће особине карстне издани тј. подземних вода има и економски значај, јер ће помоћи да одређене превентивне мере за заштиту карстних изворишта буду боље дефинисане (зоне санитарне заштите-ЗСЗ), чиме би се оправдала улагања у заштиту изворишта у одређеним областима или са друге стране омогућила употреба „заштићеног“ простора за више намена (осим за сенокос). Такође, значај „заштитног слоја“ који се састоји од тла и вегетационог покривача, може бити умањен присуством добро развијеног епикарстног слоја, па познавање особина ових надизданих слојева може помоћи у планирању санационих мера приликом екстремних загађења.

6. План истраживања и структура рада

На основу наведене концепције и методологије истраживања за потребе дефинисања генезе карстних изданих вода, природних услова заштите карстне издани од загађења и процеса самопречишћавања у издани, прихвата се процена кандидата да ће за израду докторске дисертације и њену одбрану бити неопходно оквирно око 2 године.

Према изведеном предмеру истраживања и дефинисаним фазама и подфазама формиран је динамички план активности кроз 6 фаза.

ФАЗА 1 – Прикупљање, одабир, анализа и интерпретација фондовске, објављене и интернет документације и литературе ради израде пројекта докторске дисертације и одабира локација за истраживање

ФАЗА 2 – Теренски и лабораторијски радови; Теренски и лабораторијски експеримент

ФАЗА 3 – Обрада и анализа теренских и лабораторијских истраживања, и спроведених експеримената

ФАЗА 4 – Дефинисање својстава карстног система, улоге и функције епикарста и процеса самопречишћавања

ФАЗА 5 – Анализа резултата и закључна разматрања

ФАЗА 6 – Израда и одбрана докторске дисертације

Прва фаза истраживања своди се на полагање испита на докторским студијама, хидрогеолошко рекогносцирање и картирање терена, дефинисање подсливова, одабир локација на којима ће се вршити детаљна истраживања, као и рад на креирању геолошких и хидрогеолошких подлога.

Друга фаза истраживања обухвата непосредна теренска и лабораторијска истраживања (опите), и као таква је најобимнија у погледу теренске активности. Предложени период за израду ове фазе је око годину дана.

Трећа фаза, која обухвата обраду и анализу теренских и лабораторијских података ће се делимично обављати паралелно са трећом фазом истраживања, с обзиром да ће се по добијању резултата, након сваке кампање теренског узорковања и лабораторијске израде анализе, приступити обради и интерпретацији података.

Четврта фаза истраживања је резервисана за кабинетске радове у оквиру којих ће се дефинисати својстава карстног система, улога и функција епикарста и процеса самопречишћавања. Финална обрада и интерпретација података обухвата анализу, синтезу

и графичко и текстуално приказивање резултата, као и текстуалну и графичку рејонизацију источног дела карстног система Суве планине. За потребе графичке обраде података примениће се програм ArcGIS и екстензије.

Пета фаза се такође своди на кабинетске радове, током којих ће се извршити сумирање резултата и извођење закључака. Последња фаза одређена је за процедуру око израде дисертације и саму одбрану.

Процена садржаја докторске дисертације

На основу дефинисаних циљева, предложене методологије истраживања, као и очекиваних резултата, учињена је процена садржаја докторске дисертације, који се генерално састоји из два дела. Први део докторске дисертације представља излагање значаја и циљева докторске дисертације, степена истражености подручја, уз образложење актуелности теме, примењене методологије и њеног научног доприноса. Други део се односи на теренска и лабораторијска истраживања и експерименте, анализу добијених података, интерпретацију резултата и извођење закључака са давањем предлога даљих истраживања.

1. Увод
2. Циљ и сврха израде докторске дисертације
3. Досадашња сазнања из предметне проблематике
 - 3.1. Примењена методологија у оквиру истраживања
 - 3.2. Геолошке методе
 - 3.3. Негеолошке методе
 - 3.3.1. Изотопске методе
 - 3.3.2. Хидрохемијске методе
 - 3.3.3. Педолошке методе
 - 3.3.4. Биохемијске методе
4. Опште карактеристике истражног подручја
 - 4.1. Географски положај
 - 4.2. Климатске карактеристике
 - 4.3. Хидролошке карактеристике
 - 4.4. Геоморфолошке карактеристике
 - 4.4.1. Површински облици
 - 4.4.2. Подземни облици
 - 4.5. Геолошка грађа терена
 - 4.6. Хидрогеолошке карактеристике терена
 - 4.6.1. Карстни тип издани
 - 4.7. Хидрохемијске карактеристике карстних изданских вода
 - 4.8. Режим карстне издани
5. Епикарст
 - 5.1. Основне особине епикарста и структурне одлике
 - 5.2. Положај епикарста у простору
 - 5.3. Настанак епикарста
 - 5.4. Улога епикарста у настанку карстног рељефа и узајамна веза са тлом
 - 5.5. Еволуција епикарста
 - 5.6. Живи свет у епикарсту
 - 5.7. Епикарст и промене природних услова

- 5.8. Хемијске особине воде у епикарсту
- 5.9. Хидрогеолошка функција епикарста у карстном систему
- 6. Резултати истраживања
 - 6.1. Резултати мониторинга подземних вода
 - 6.1.1. Квантитативне карактеристике карстних вода
 - 6.1.2. Квалитативне карактеристике карстних вода
 - 6.1.3. Биланс и режим подземних вода
 - 6.2. Резултати примењених изотопских метода
 - 6.2.1. Повезаност површинских и подземних вода
 - 6.2.2. Време задржавања подземних вода у подземљу и њихова старост
 - 6.3. Резултати примењених хидрохемијских метода
 - 6.3.1. Основни физичко-хемијски параметри и јонски састав карстних вода
 - 6.3.2. Измена хемијског састава од улаза у систем до излаза из система
 - 6.4. Резултати примењених педолошких, микробиолошких и биохемијских метода
 - 6.4.1. Процеси и реакције које се одвијају у систему вода-тло-стена у надизданској зони карстне издани
 - 6.4.2. Измена састава подземних вода од улаза у систем до излаза из система
 - 6.5. Резултати спроведених експеримената
 - 6.5.1. Резултати теренског експеримента
 - 6.5.2. Резултати лабораторијског експеримента
- 7. Анализа добијених резултата и примена на део карстног система Суве планине, систем издани „Бежиште-Горња Коритница-Мокра-Дивљана“
- 8. Анализа резултата и закључци
 - 8.1. Улога и функција епикарста у делу карстног система Суве планине
 - 8.2. Самопречишћавајући потенцијал дела карстног система Суве планине
 - 8.3. Предлог мера заштите изворишта „Мокра“ и „Дивљана“
 - 8.4. Предлог даљих истраживања
- 9. Закључак
- 10. Литература

7. Закључак и предлог

На основу приложене и прегледане документације Бранислава Петровића, дипл. инж. геол. Комисија именована од стране Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета, закључила је да кандидат у потпуности испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације са донекле измењеним насловом у односу на предложени *„Функционисање и утицај епикарста на режим, биланс и квалитет подземних вода источног дела карстног система Суве планине“* и предлаже да Наставно-научно веће прихвати овај извештај и упути предлог Већу техничких наука Универзитета у Београду да одобри њену израду. С обзиром на комплексност теме и захтеване истраживачке активности и експерименте, за ментора на изради дисертације предлажу се Др Зоран Стевановић, редовни професор Рударско-геолошког факултета и Др Саша Милановић, научни сарадник који испуњавају све услове дефинисане важећим прописима Универзитета.

8. Потписници извештаја

Др Зоран Стевановић, редовни професор
Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета

Др Владимир Живановић, доцент
Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета

Др Саша Милановић, научни сарадник
Универзитета у Београду, Рударско-геолошког факултета

Др Милан Радуловић, доцент
Грађевинског факултета, Универзитета Црне Горе у Подгорици

Београд,
7.5.2018. године