

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- Веће научних области техничких наука -

БЕОГРАД
Студентски трг бр. 1

Достављамо вам:

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 Марине Ћук, дипл. инж. геологије.

- Образац захтева за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације, ради поступка у смислу важећих законских прописа.
- Подаци о ментору
- Извештај Комисије о научној заснованости 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:

„ХИДРОГЕОХЕМИЈА ПРИРОДНИХ РАДИОАКТИВНИХ ЕЛЕМЕНАТА У ПОДЗЕМНИМ ВОДАМА СРБИЈЕ“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Геолошко инжењерство Студијски програм: Хидрогеологија

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Марина (Душан) Ђук, мастер инж. геологије

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

3. Година дипломирања: 2011.

4. Назив магистарске тезе кандидата:

Уписана на докторске студије школске 2011/12.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 17.04.2014. 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

Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 17.04.2014. 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 Комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора предложене теме докторске дисертације **Марине Ћук**, мастер инж. геологије.
2. Одобрава се именованој израда докторске дисертације под насловом *„Хидрогеохемија природних радиоактивних елемената у подземним водама Србије“*.
3. За ментора се именује др Петар Папић, ред. проф.
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
- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата: **Марина Ћук**

Име и презиме ментора: **Др Петар Папић**

Звање: **редовни професор**

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

1. Nikić Z., Kovačević J., **Papić P.**, 2008: *Uranium in the groundwater of Permo-Triassic Aquifers of the Visok region, Stara Planina, Eastern Serbia*. Journal : **Water air and soil pollution**. No 192, p.47-58. Publisher SPRINGER, ISSN 0049-6979, DOI 10.1007/sl 1270-008-9633-z, IF 1.398 (**M21**)
2. Kovačević J., Nikić Z., **Papić P.**, 2009: *Genetic model of uranium mineralization in the Permo-Triassic sedimentary rocks of the Stara Planina, Eastern Serbia*. Journal: **Sedimentary Geology**. No 219, Publisher ELSEVIER. pp. 2522-261, DOI: 10.1016/j.sedgeo.2009.05.015, IF 1.957, ISSN 0037-0738 (**M21**)
- 3 Zoran Nikić, Danica Srećković-Batočanin, Milenko Burazer, Ratko Ristić, **Petar Papić** and Vesna Nikolić, 2013, *A conceptual model of mildly alkaline water discharging from the Zlatibor ultramafic massif, western Serbia*, **Hydrogeology Journal**, Vol.21, No 5, 1147-1163, Springer, ISSN 1431-2174, IF 1.798 (**M22**)
4. N. Atanacković, V. Dragišić, J. Stojković, **P. Papić** and V. Živanović, 2013, *Hydrochemical characteristics of mine waters from abandoned mining sites in Serbia and their impact on surface water quality*, **Environmental Science and Pollution Research**, Vol.20, pp. 7615-7626 DOI: 10.1007/s11356-013-1959-4, IF = 2,849, ISSN 0944-1344 (**M21**)
5. Jana S. Stojković, Goran H. Marinković, **Petar J. Papić**, Mihailo G. Milivojević, Maja M. Todorović, Marina D. Ćuk, 2013, *The analysis of the geothermal energy capacity for power generation in Serbia*, **Thermal Science**, vol.17, pp. 969-976, DOI: 10.2298/TSCI120215033S IF 0.838, ISSN 0354-9836 (**M23**)
6. **P.Papić**, M. Pušić and M. Todorović, 2012, *Water quality as an indicator of hydrogeological conditions: a case study of the Belgrade Groundwater Source (Sava/Danube confluence area)*, **Water Science & Technology**, Vol. 65 No. 12, pp. 2265–2271, DOI: 10.2166/WST 2012.219, ISSN 0273-1223, IF 1.102 (**M23**)
7. **Papić P.**, Ćuk M., Todorović M., Stojković J., Hajdin B., Atanacković N., Polomčić D., 2012, *Arsenic in Tape Water of Serbia's South Pannonian Basin and Arsenic Risk Assessment*, **Polish Journal of Environmental Studies**, Vol. 21, No 6, pp.1783-1790, IF = 0.462, ISSN 1230-1485 (**M23**)

8. G. Marinković, **P. Papić**, V. Dragišić, J. Stojković, V. Živanović, J. Andrijašević, 2013, *Lithostratigraphic CO₂ substrata and the depth of carbonated mineral water systems in the lithosphere of Serbia*, **TTEM – Technics, Technologies, Education, Management**, Vol. 8, No. 2, pp.550-557, IF 0,414 ISSN 1840-1503 (**M23**)
9. Ristić Vakanjac V., **Papić P.**, Golubović R., Damnjanović V., 2013, *Statistical evaluation of nitrates in precipitation and karst springflow: The Petnica spring in Western Serbia*, **TTEM – Technics, Technologies, Education, Management**, Vol. 8, No.2, pp. 896-903, IF = 0,414 ISSN 1840-1503 (**M23**)
10. Branko Miladinović, **Petar Papić**, 2012, *Effect of mining industry in Donja Rudnica near Raška on groundwater pollution in the Ibar alluvium (Serbia)*, **TTEM- Technics, Technologies, Education, Management**, Vol.7, No 4, pp 1588-1592, IF 0.414, ISSN 1840-1503 (**M23**)

Датум:

03.02.2014.

ДЕКАН

РУДАРСКО-ГЕОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф.Др Иван Обрадовић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Марине Ћук за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 1/76 од 25.02.2014. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Марине Ћук, мастер инж. геологије** за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Хидрогеохемија природних радиоактивних елемената у подземним водама Србије“**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Марина Ћук рођена је 18.06.1987. године у Зрењанину. Похађала је Зрењанинску гимназију, природно-математички смер, коју је завршила 2006. године. Исте године уписала је Рударско-геолошки факултет, Универзитета у Београду, смер за хидрогеологију. Основне академске студије завршила је у року, са просечном оценом 8.87 и у септембру 2010. године одбранила је завршни рад под називом „Еколошки аспект коришћења геотермалних вода“, са оценом 10. Школске 2010/2011. године уписала је мастер академске студије на Рударско-геолошком факултету, Универзитета у Београду, на смеру за хидрогеологију. Мастер академске студије је завршила у року, са просечном оценом 9.91 и у септембру 2011. године је одбранила завршни мастер рад под називом „Арсен у подземним водама Војводине“, са оценом 10. Школске 2011/2012. уписала је докторске студије на Рударско-геолошком факултету, Универзитета у Београду, на смеру за хидрогеологију.

Од октобра 2011. године је запослена као истраживач-приправник (тренутно запослена као истраживач-сарадник) на Департману за хидрогеологију, Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, на пројекту Министарства за науку и технолошки развој – Пројекат ИИИ 43004 – Симултана биоремедијација и соилификација деградираних простора, за очување природних ресурса биолошки активних супстанци и развој и производњу биоматеријала и дијететских производа (Пројекат ИИИ 43004/2: Заштита гео и био средина као природних ресурса и извора биолошки активних супстанци).

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Учешће у изради пројеката:

1. Министарство за науку и технолошки развој, 2011 - 2014. Симултана биоремедијација и соилификација деградираних простора, за очување природних ресурса биолошки активних супстанци и развој и производњу биоматеријала и дијететских производа (Пројекат ИИИ 43004/2: Заштита гео и био средина као природних ресурса и извора биолошки активних супстанци), руководилац пројекта проф. др Петар Папић.
2. Министарство животне средине, 2010, 2011. Студија радиоактивности подземних вода Србије, Аутор: Проф. др Петар Папић; сарадник: М. Ћук
3. Министарство животне средине, 2010, 2011. Хидрогеохемијски атлас подземних вода Србије, Аутор: Проф. др Петар Папић; сарадник: М. Ћук

Кандидат је од уписа докторских студија учествовао на неколико конференција и семинара:

1. IWA Specialist Groundwater Conference: Београд, септембар 2011.
2. 3rd INTERNATIONAL GEOSCIENCES STUDENT CONFERENCE: Београд, мај 2012.
3. XIV српски симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем: 17-20. мај 2012., Златибор
4. III симпозијум „Рударство 2012“: 7-10. мај, 2012. Златибор
5. LANDCON – Land conservation: 17-21. септембар, 2012. Доњи Милановац, Србија
6. AsRem Seminar, Arsenic-free Drinking Water; 23. април 2013., Суботица, Србија.

Кандидат учествује у одржавању наставе из предмета Хидрогеохемија, на Департману за хидрогеологију, као и у раду са студентима приликом израде завршних и мастер радова. Објавила је више радова, од којих су два објављена у часописима са СЦИ листе.

Референце:

Радови објављени у научним часописима међународног значаја - Рад у међународном часопису M23 (3) – SCI

1. Papić P., Ćuk M., Todorović M., Stojković J., Hajdin B., Atanacković N., Polomčić D.: *Arsenic in Tap Water of Serbia's South Pannonian Basin and Arsenic Risk Assessment*, - Polish Journal of Environmental Studies, Vol. 21, No 6, 2012, pp. 1783-1790. (IF 0.462, ISSN 1230-1485 printed edition)
2. Stojković J., Marinković G., Papić P., Milivojević M., Todorović M., Ćuk M.: *The analysis of the geothermal energy capacity for power generation in Serbia*, -Thermal Science, Vol. 21, No 6, 2013, pp. 1783-1790. (IF 0.838, ISSN 0354-9836 printed edition)

Часописи међународног значаја верификовани посебном одлуком - M24 (4)

1. Ćuk M., Papić P., Stojković J.: *Natural radioactivity of groundwater in Serbia*, -Geološki anali Balkanskoga poluostrva, Vol 74, 2013, pp. 63-70.
2. Todorović M., Papić P., Ćuk M., Stojković J.: *Rare earth elements in some bottled waters of Serbia*, -Geološki anali Balkanskoga poluostrva, Vol 74, 2013, pp. 71-81.
3. Stojković J., Papić P., Ćuk M., Todorović J.: *Application of factor analysis in identification of dominant hydrogeochemical processes of some nitrogenous groundwater of Serbia*, - Geološki anali Balkanskoga poluostrva, Vol 74, 2013, pp. 57-62.

Часописи националног значаја - Рад у часопису националног значаја M52 (1,5)

1. Папић П., Ћук М., Тодоровић М.: *Арсен у подземним водама Бачке*, -Техника, Вол. 6, Београд, 2011, стр. 939-947.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини M33 (1)

1. Папић П., Стојковић Ј., Никић З., Ћук М.: *Ecological aspects of geothermal water use*, - Proceedings of 3rd International Symposium ENERGY MINING 2010, Apatin 2010., pp. 80-85.
2. Папић П., Милијић З., Стојковић Ј., Милосављевић Ј., Тодоровић М., Ћук М., Камберовић Ж.: *Geoenviromental investigations at a smelter location in Bor (Serbia)*, -Proceedings of International conference on land conservation LANDCON 1209, Sustainable land management and climate changes, Conference Abstracts, Donji Milanovac 2012, p. 45.
3. Атанасковић Н., Драгишић В., Живановић В., Стојковић Ј., Ћук М., Папић П.: *Arsenic in mine waters from abandoned base-metal and gold mining sites in Serbia*, -Proceedings of 5th Jubilee Balkan Mining Congress, Ohrid 2013, Macedonia, pp. 581-585.
4. Ћук М., Тодоровић М., Милосављевић Ј.: *Arsenic occurrence in groundwater of Southern part of Pannonian basin (Serbia)*, -Proceedings of 3rd International geosciences student conference, Belgrade 2012, Serbia.
5. Тодоровић М., Ћук М., Милосављевић Ј.: *Nitrates in groundwater of Serbia*, -Proceedings of 3rd International geosciences student conference, Belgrade 2012, Serbia.
6. Милосављевић Ј., Тодоровић М., Ћук М.: *Pesticides in geoenvironment and influential factors on health*, -Proceedings of 3rd International geosciences student conference, Belgrade 2012, Serbia.

Зборници скупова националног значаја - Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини M63 (0,5)

1. Ћук М., Тодоровић М., Стојковић Ј.: *Арсен у подземним водама за водоснабдевање Војводине*, -Зборник радова XIV српског симпозијума о хидрогеологији са међународним учешћем, Златибор 2012, стр. 611-615.
2. Тодоровић М., Ћук М.: *Нитрати у подземним водама Србије*, -Зборник радова са XIV српског симпозијума о хидрогеологији са међународним учешћем, Златибор 2012, стр. 607-610.
3. Јемцов И., Поломчић Д., Петровић Р., Ћук М.: *Прилог познавању режима рада и услова експлоатације неогене издани на подручју централног поморавља – извориште Рибаре*, -Зборник радова XIV српског симпозијума о хидрогеологији са међународним учешћем, Златибор 2012, стр. 33 – 38.
4. Папић П., Милијић З., Стојковић Ј., Милосављевић Ј., Тодоровић М., Ћук М.: *Екогеохемијска испитивања за потребе изградње нове фабрике сумпорне киселине у РТБ Бор*, - Зборник радова III симпозијума са међународним учешћем Рударство 2012, Златибор 2012, стр. 425 – 430.

Према програму докторских студија Департмана за хидрогеологију, Геолошког одсека Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, кандидат је положио следеће испите из прве, друге и треће године предвиђене акредитованим програмом докторских академских студија:

Специјална поглавља из хидрогеолошких истраживања и менаџмента подземних вода и дубоких структура	10 ЕСПБ
Геохемија предела	10 ЕСПБ
Семинар 1	6 ЕСПБ
Практични истраживачки рад Р1	10 ЕСПБ
Самостални публиковани рад Р1	4 ЕСПБ
Специјална поглавља из захвата и одрживог коришћења минералних вода и геотермалне енергије	20 ЕСПБ
Специјална поглавља из хидрогеологије животне средине	10 ЕСПБ
Семинар 2	3 ЕСПБ
Практични истраживачки рад Р2	3 ЕСПБ
Истраживачка студија	4 ЕСПБ
Рад са СЦИ листе	20 ЕСПБ
Пројекат докторске дисертације	10 ЕСПБ
Претходна студија оправданости	10 ЕСПБ
Научно-истраживачки рад	5 ЕСПБ
Израда докторске дисертације (а)	25 ЕСПБ

Током досадашњег студирања кандидат је остварио 150 ЕСПБ бодова са просечном оценом 10.

У септембру 2013. године кандидат Марина Ћук одбранила је Пројекат докторске дисертације, пред комисијом у саставу: проф. др Петар Папић (ментор), проф. др Веселин Драгишић и др Јован Ковачевић, виши научни сарадник.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа резултата досадашњег рада и оствареног искуства, кандидат је способан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Подземне воде које су предмет истраживања ове дисертације подразумевају природна извирања и хидрауличке системе подземних вода са мањом или већом минерализацијом, различите температуре. Флаширане воде са територије Србије, такође представљају предмет истраживања ове дисертације.

Циљеви израде докторске дисертације:

- утврђивање квалитивних карактеристика подземних вода, посебно са аспекта радиоактивности вода,
- испитивање везе основног хемијског састава узоркованих подземних вода и садржаја U, Th и K, и активних концентрација радионуклида ^{40}K , ^{238}U , ^{235}U , ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{232}Th у подземним водама,

- израда јединствене базе података која ће омогућити квалитетну обраду хидрохемијских параметара подземних вода са територије Србије,
- издвајање и дефинисање геолошких формација у којима се формирају подземне воде са повишеним садржајем природних радиоактивних елемената,
- испитивање везе природних радиоактивних елемената у подземној води са садржајем елемената из стена; односно испитивање минералног састава стена на одабраним локацијама и издвајање основних процеса који утичу на миграцију радиоактивних елемената из стене у подземну воду.

Испуњавањем свих горе наведених циљева допуниће се сазнања о природној радиоактивности подземних вода са територије наше земље. Издвојиће се групе подземних вода које се одликују повишеном радиоактивношћу, као и хидрогеохемијски и геолошки процеси који доводе до појаве аномалних концентрација природних радиоактивних елемената у водама.

Територија Србије је богата појавама подземних вода које се одликују повишеном температуром и раствореним садржајем минералних материја. Највећи део минералних или термалних вода води порекло из магматских и метаморфних стена, због изразите вулканске и плутонске активности који је на на територији наше земље била узражена од горње креде до миоцена (Протић, Д., 1995). Велики број подземних вода (било да се ради о каптираним природним изворима или бушеним бунарима) се користе у медицинске терапије, у бројним бањама на територији Србије. Неке се пласирају као стоне (флаширане) воде, а неке од ових подземних вода готово да немају употребу. Састав вода које се користе у бањама или се флаширају је детаљније истраживан и објављиван. Међутим, мало има података о појављивању и садржајима радиоактивних елемената, и поред тога што су њихови садржаји значајни за процену квалитета вода, као и за процену различитих геохемијско-хидрогеолошких параметара (Дангић, А., Протић, Д., 1994).

Подаци о радиоактивности подземних вода могу да се нађу у старијој литератури. У монографији М. Лека је обухваћен велики број појава на простору наше земље, међутим, методе за испитивање садржаја елемената су данас далеко напредније и из тих разлога је неопходно истраживати новију литературу. Током деведесетих година истраживања садржаја радиоактивних елемената у подземним водама су углавном рађена од стране „Гео завода“, па се слични подаци могу наћи у монографијама и радовима А. Антоновића, Д. Протића, В. Омаљева (Антоновић, А. 1989, 2002; Протић, Д., 1995; Дангић, А., Протић, Д., 1994). У монографији Б. Филиповића наведени су основни типови најзначајнијих термалних и минералних подземних вода са територије Србије и садржаји специфичних минералних компоненти (Филиповић, Б. 2003).

Протић Д. је у монографији „Минералне и термалне воде Србије“ проучавао 182 појаве минералних и термалних вода на подручју наше земље, од тог броја у 149 појава су анализирани садржаји радиоактивних елемената, из 4 типа стена (области вулканогених масива, карстне области, области метаморфита и из хидрогеолошких басена). У оквиру нађених опсега садржаја урана, радона и радијума, за сваки од елемената је издвојено 3 нивоа садржаја: низак, повишен и значајно повишен. Значајно повишени садржаји су најчешћи код вода у области метаморфита, затим у области вулканогених масива, карстним подручјима, а најређи у хидрогеолошким басенима.

У иностраној литератури је публиковано више података везано за радиоактивност у природи, било да се ради о парагенези минерала урана и торијума (Hazen, R. M. et al. 2009, Finch, R. et al. 1999), или о хидрохемији ових елемената у подземним водама (Merkel, B. et al. 2002). Такође, у иностраној литератури су публиковани значајни подаци о истраживању квалитета воде за пиће са аспекта садржаја природних радионуклида (Birke, M. et al. 2002, Kozłowska, B. et al, 2007, Kralik, C. et al. 2003, Godoya, JM. et al. 2001, Karamanis, D. et al,

2007).

Референце:

- Birke, M., Rauch, U., Lorenz, H., Kringel, R.: Distribution of uranium in German bottled and tap water. -Journal of Geochemical Exploration, Vol 107, 2010, pp. 272–282.
- Finch, R., Murakami, T.: Systematics and paragenesis of uranium minerals. - Uranium: Mineralogy, Geochemistry and the Environment, 1999, Vol. 38, pp. 91-180.
- Godoya, J.M., Eliana C.da Amaral, S., Maria Luiza D. P. Godoy: Natural radionuclides in Brazilian mineral water and consequent doses to the population. -Environmental Radioactivity, Vol 53, 2001, pp. 175±182.
- Hazen, R. M., Ewing, R. C., Sverjensky, D. A.: Evolution of uranium and thorium minerals, - American Mineralogist, Vol. 94, 2009, pages 1293–1311.
- Karamanis, D., Stamoulis, K.C., Ioannides, K.G.: Natural radionuclides and heavy metals in bottled water in Greece, -Desalination, Vol 213, 2007, pp. 90–97.
- Kozłowska, B., Walencik, A., Dorda, J., Przylibski, T.A.: Uranium, radium and K40 isotopes in bottled mineral waters from Outer Carpathians, Poland. -Radiation Measurements, 2007, pp. 1380-1386.
- Kralik, C., Friedrich, M., Vojir, F.: Natural radionuclides in bottled water in Austria. -Journal of Environmental Radioactivity, Vol. 65, Issue 2, 2003, pp. 233–241.
- Merkel, B., Planer-Friedrich, B., Wolkersdorfer, C.: Uranium in the Aquatic Environment, - Springer-Verlag, Berlin, 2002.
- Антоновић, А.: *Торијум у Србији*, -Весник: Геологија, хидрогеологија и инжењерска геологија, Београд, 2002.
- Антоновић, А. 1990. *Радиоактивност у природи - значај за истраживања у геологији*, - Посебна издања Геоинститута. Београд, 12: 191.
- Дангић, А., Протић, Д.: *Минералне и термалне воде Србије: радиоактивни елементи и квалитет вода*. -Зборник адова међународне конференције Квалитет вода. Чачак, 1994, стр. 149-157.
- Омаљев, В., Антоновић, А.: *Сто година од открића радиоактивности*. Радови Геоинститута, књига 33, Београд, 1996, стр. 5-18.
- Протић, Д.: *Минералне и термалне воде Србије*, Посебна издања Геоинститута, књига 17, Београд, 1995.
- Филиповић, Б.: *Минералне, термалне и термоминералне воде Србије*, -Удружење бањских и климатских места Србије, Београд, 2003.

3. Полазне хипотезе

Претпоставке од којих се полази у решавању предметне проблематике ове докторске дисертације произилазе из до сада познатих чињеница о понашању и распрострањењу радиоактивних елемената у подземним водама:

- Формирање подземних вода са повишеним садржајем радиоактивних елемената условљено је хидрогеохемијским, тектонским, литолошко-минералошким и другим факторима.
- Природна радиоактивност подземних вода зависи од стенских формација из којих вода има порекло.
- Подземне воде из киселих магматским стена (угљокиселе воде) се одликују повишеном природном радиоактивношћу.
- Укупна бета активност највећим делом се веже за радиоактивни изотоп калијума – ^{40}K .

Докторска дисертација ће обухватити испитивање великог броја појава подземних вода (око 150 појава) и њихових хидрохемијских карактеристика (основни састав, укупна алфа и бета активност и активне концентрације радионуклида ^{40}K , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{238}U и ^{232}Th). На тај начин унапредиће се знање о природној радиоактивности подземних вода и издвојиће се појаве подземних вода значајне са аспекта радиоактивности.

Детаљно проучавање структурно-геолошких, хидрогеолошких и геохемијских карактеристика терена указује на најзначајније структуре у којима се појављују природно радиоактивне воде. Претпоставка је да ће се повишен садржај природних радионуклида појављивати у водама које имају повишен садржај гаса CO_2 . Односно, да ће повишене вредности, пре свега β -активности, бити индикатор угљокиселих вода. Из претходних резултата, могуће је закључити да CO_2 у литосфери Србије може да се генерише, пре свега из литостратиграфских јединица богатих карбонатима који се налазе у домену геолошки најмлађих магматских стена (Маринковић, Г. и сар. 2013). Највеће масе вулканита се јављају у простору између унутрашњих Динарида и Карпато-балканида (у најширем домену Вардарске зоне), где су тектонски процеси и структурне деформације били веома изражени. За вулканите унутрашњих Динарида и српско-македонске масе карактеристични су повишени садржаји U и Th уз преовладавање калијумске компоненте над натријумском. Ови вулканити припадају киселим магматским стенама (калко-алкалне магме) (Бацковић, Б., 1996). И управо се у подземним водама које се формирају у групи ових стена, очекују повишени садржаји природних радиоактивних елемената.

У Србији је дефинисано девет лежишта урана, око 52 рудне појаве и 70 минералних појава урана (Гржетић, И. Јеленковић, Р., 1995, Nikić et al., 2008). Највеће концентрације урана и његових потомака - радијума и радона, на подручју Србије налазе се на Букуљи (у оквиру гранитоидних масива) и Старој Планини. У контакту са рудном минерализацијом лежишта урана, захваљујући разним процесима, подземне воде се обогаћују радиоактивним елементима и преносе на одређена већа или мања растојања, у зависности од њихове мигративности у одређеним геохемијским, хидродинамичким и другим условима у подручју датих лежишта. (Маринковић, Г. 2007).

Референце:

- Marinković, G., Papić, P., Dragišić, V., Stojković, J., Živanović, V., Andrijašević, J.: *Lithostratigraphic CO₂ substrata and the depth of carbonated mineral water system in the lithosphere of Serbia*, TTEM – Technics, Technologies, Education, Management, Vol. 8, No. 2, pp.550-557 (IF 0.414, ISSN 1840-1503)
- Nikić Z., Kovačević J., Papić P.: *Uranium in the groundwater of Permo-Triassic Aquifers of the Visok region, Stara Planina, Eastern Serbia*, - Water air and soil pollution. Springer, No 192, pp. 47-58 (ISSN 0049-6979, IF 1.398).
- Бацковић, Б.: *Металогенија урана Врањског терцијарног басена*. Студија, Београд, Геоинстсут, 1996.
- Гржетић, И., Јеленковић, Р. *Природни радиоактивни елементи, геолошко порекло и облици појављивања и миграција*, Јонизујућа зрачења из природе, Институт за нуклеарне науке Винча, Београд, 1995, стр. 3-37.
- Јеленковић, Р.: *Минерализација урана Шумадије: Генетски и морфоструктурни типови*. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет, Катедра економске геологије. Посебно издање No 2, Београд 1991.
- Маринковић, Г.: *Хидрогеохемијске карактеристике лежишта урана Шумадије*. Магистарски рад. Београд: Универзитет у Београду; Рударско-геолошки факултет, 2007.

4. Научне методе истраживања

У процесу научног истраживања примењиваће се следећи методски поступци: анализа, синтеза, апстракција, генерализација, а у завршној фази истраживања и класификација. У почетном стадијуму истраживања доминантна ће бити употреба индукције (прикупљање чињеница, праћено генерализацијом), а у каснијим фазама вршиће се дедукција општег на посебно и појединачно (нове систематизације и класификације).

У циљу решавања проблема који је предмет ове докторске дисертације планирана је примена више савремених метода следећих геолошких наука: хидрохемије, геохемије, минералогije, петрологије, регионалне геологије итд. Први корак у истраживању свакако представља прикупљање података ранијих истраживања, проучавање публиковане и фондовске документације.

На основу великог броја појава подземних вода и анализираних хидрохемијских параметара, биће могуће направити јединствену базу података, из које ће се приступити детаљној анализи добијених резултата, коришћењем ESRI-јевог ArcGIS софтвера. Уклапајући основне геолошке карте са базом података, добиће се хидрогеохемијске карте расподеле радиоактивних елемената на територији Србије.

Применом основних статистичких анализа, али и мултиваријантних анализа, које су нашле велику примену у обради ове врсте података издвојиће се основни корелациони односи и зависности хемијских елемената и осталих хидрохемисјких параметара, али и локације које ће бити посебно детаљно проучавање. Детаљна проучавања ће обухватити сазнања о структурно-геолошким, хидрогеолошким и геохемијским карактеристикама издвојених појава подземних вода. Такође, очекује се да ће примена хемијске термодинамике (коришћење USGS-овог софтвера PHREEQC) довести до корисних информација о хидрохемији природних радиоактивних елемената.

5. Очекивани научни допринос

- Научни допринос докторске дисертације се огледа у систематизацији, обради и тумачењу великог броја нових резултата, којима ће се употпунити сазнања о генези подземних вода са територије Србије, а посебно сазнање о пореклу природних радиоактивних елемената у подземним водама Србије (појаве се налазе у свим геотектонским јединицама са подручја Србије).
- Обрадом хидрохемијских анализа посебно ће се анализирати локације (појаве подземних вода) на територији Србије које се одликују повишеном природном радиоактивношћу.
- На одабраним локацијама ће се испитати мигративност природних радиоактивних елемената и зависност природних радиоактивних елемената и хидрохемијским параметара.
- Израда карата са вредностима радиоактивности подземних вода на геолошкој и геотектонској подлози Србије ће представљати нови приступ у тумачењу везе угљокиселих вода и магматизма на подручју наше земље. Хидрогеохемијске карте расподеле радиоактивних елемената на подручју Србије имаће значај и као индикатори потенцијалних магматских активности.

- С обзиром на то да ће докторска дисертација допринети бољој истражености и потпунијем познавању подземних вода Србије, она ће уједно допринети и свеобухватнијем економском вредновању овог важног природног ресурса.

6. План истраживања и структура рада

Научно-истраживачке активности предвиђене у циљу решавања проблема који је предмет ове докторске дисертације, одвијале би се начелно у четири фазе: кабинетски радови, теренски радови, лабораторијска мерења и обрада и тумачење података.

Кабинетски радови: прикупљање и систематизација свих расположивих литературних извора и фондовске документације из области геологије, хидрогеохемије, минералних вода, лековитих и бањских вода, флашираних вода у Републици Србији. На тај начин би се сагледала целокупна проблематика радиоактивности подземних вода у ширем смислу. Обрада резултата и графичко представљање анализираних појава подземних вода ће бити урађено применом ESRI-јевог ArcGIS софтвера (израда специјалних карата, хидрохемијских карата, геоеколошких карата).

Теренски радови: теренска истраживања су обухватила прикупљање око 150 појава подземних вода са територије наше земље. Све појаве су регистроване у виду катастра. Узимање узорка вода, конзервисање, одређивање хидрохемијских параметара (физичке особине, физичко-хемијски параметри, растворени гасови), узорковање вода за одређивање радиоактивности, мерење издашности и капацитета хидрогеолошких појава (извори, бушотине и бунари).

Узорковање воде се вршило стандардним поступком у зависности од тога да ли се ради о отвореном изворишту (извор, каптажа) или затвореном изворишту (бушотина или бунар). За анализе радиоактивности је узорковано укупно 10-15 L воде у одговарајућим полиетиленским посудама. У истом периоду су узорковане подземне воде за израду специфичних хемијских анализа, као и одређивање координата свих појава које су биле предмет анализирања. Такође је урађена фотодокументација свих појава подземних вода. На терену су одређиване и физичке особине као и издашност. Због све веће употребе флашираних вода испитивано је и око 20 узорка минералних, изворских вода које постоје на тржишту (само флаширане воде са територије Републике Србије).

Лабораторијска мерења и анализе. Метода одређивања укупне алфа/бета активности воде и активности радионуклида гама-емитера су урађене у Институту за медицину рада Србије Др Драгомир Карајовић. За гамаспектрометријска мерења коришћени су HPGe детектори резолуције 1.95 keV и релативне ефикасности 25% на линији ^{60}Co од 1.33 MeV. Мерење укупне алфа/бета активности се вршило на нискофонском пропорционалном гасном бројачу PIC-WPC-9550. Садржаји U и Th су одређени методом HR-ICP/MS, High Resolution Magnetic Sector ICP/MS која користи Finnegan MAT element 2 инструмент у Activation Laboratories Ltd. (лабораторија у Канади).

Методе које су се примењивале за дефинисање физичких, физичко-хемијских и хемијских карактеристика минералних вода се заснивају на Стандардним методама за испитивање хигијенске исправности воде, као и према Правилнику о начину узимања узорка и методама за лабораторијску анализу воде за пиће (Сл. лист СФРЈ, 33/78). Опрема: термометар, турбидиметар, рН метар, кондуктометар (WTW, Немачка), IC хроматограф-DIONEX ICS 3000 DC, UV спектрофотометар, проточна мерна ћелија, аутоматски узоркивач.

У Лабораторији за хидрохемију, Рударско-геолошког факултета урађене су хемијске анализе ради подземних вода. Одређивани су следећи хидрохемијски параметри: натријум и калијум, калцијум, магнезијум, хлориди, хидрокарбонати, карбонати, сулфати, укупна минерализација, тврдоће, специфична проводљивост.

Обрада резултата и графичко представљање анализираних појава подземних вода ће бити урађено применом ESRI-јевог ArcGIS софтвера и IBM-овог програмског пакета SPSS 17. У обради хидрохемијских података користиће се USGS-ов софтвер PHREEQC, и програмски пакет AquaChem 5.1.

С обзиром на сложеност проучавање проблематике, овде ће се само навести оквирне области које ће се обрађивати у докторској дисертацији:

- Феномен природне радиоактивности (појам и порекло радиоактивности у природи, истраживања радиоактивности у природи)
- Хидрогеохемијске карактеристике анализираних радиоактивних елемената (циклус урана, торијума и калијума у природи)
- Хемијски састав испитиваних подземних вода (класификација подземних вода, природни радиоактивни елементи у подземним водама)
- Радиоактивност подземних вода (укупна α и β активност подземних вода, садржај урана, торијума и калијума у подземним водама Србије, хидрохемијски услови формирања подземних вода са повишеном радиоактивношћу на подручју Србије)
- Хидрогеолошки услови формирања природних радиоактивних особина вода Србије (хидрогеолошке структуре у којима се појављују воде са повишеном радиоактивношћу, хидрогеолошке карактеристике посебно издвојених области истраживања)
- Радиоактивност флашираних вода Србије (прорачун ефективних доза и здравствени утицај)
- Значај и могућности употребе подземних вода са повишеном радиоактивношћу.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације кандидат испуњава све потребне услове за рад на предложеној теми докторске дисертације **„Хидрогеохемија природних радиоактивних елемената у подземним водама Србије“** и комисија предлаже Научно-наставном већу Рударско-геолошког факултета, да одобри њену израду у оквиру научне области Хидрогеоекологија. За ментора на изради ове дисертације предлаже се др Петар Папић, редовни професор Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду, који испуњава све услове дефинисане важећим прописима Универзитета.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Петар Папић
Универзитета у Београду, Рударско – геолошки факултет

.....
Проф. др Веселин Драгишић
Универзитета у Београду, Рударско – геолошки факултет

.....
Проф. др Зоран Никић
Универзитета у Београду, Шумарски факултет