

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 прихватању извештаја комисије за оцену и одбрану докторске дисертације мр Тање Петровић-Пантић, дипл. инж. геологије.
- Реферат Комисије
- Образац захтева за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији
- Један укорићен штампани примерак докторске дисертације
- Електронска верзија докторске дисертације

Шеф Одељења за студентска
и наставна питања

Љиљана Колоња, дипл. инж. рударства

Факултет: Рударско-геолошки
(Број захтева)

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

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. ст.5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, бр.131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата

мр Тање (Мирко) Петровић-Пантић, дипл. инж. геологије
(име, име једног од родитеља и презиме)

КАНДИДАТ мр Тања (Мирко) Петровић-Пантић, дипл. инж. геологије
(име, име једног од родитеља и презиме)

пријавио је докторску дисертацију под називом:

„ХИДРОГЕОТЕРМАЛНИ РЕСУРСИ СРПСКОГ КРИСТАЛАСТОГ ЈЕЗГРА“

Научна област: Геолошко инжењерство

Универзитет је дана 30.01.2012. године својим актом под бр. 02 број: 06-162/13-12 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ХИДРОГЕОТЕРМАЛНИ РЕСУРСИ СРПСКОГ КРИСТАЛАСТОГ ЈЕЗГРА“

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата

мр Тање (Мирко) Петровић-Пантић, дипл. инж. геологије
(име, име једног од родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 20.02.2014. год. , одлуком факултета под бр. 1/73 , у саставу:

Име и презиме члана комисије

звање

научна област

- др Петар Папић, ред. проф. хидрогеоекологија
- др Веселин Драгишић, ред. проф. водоснабдевање и менаџмент подземних вода
- др Владица Цветковић, ред. проф. петрологија
- др Оливера Крунић, ред. проф. хидрогеоекологија
- др Зоран Никић, ред. проф. Универзитета у Београду-Шумарски факултет водоснабдевање и менаџмент подземних вода

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 17.04.2014. .

ДЕКАН
Рударско-геолошког факултета

Прилог: 1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт Наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедба било.

Проф. др Иван Обрадовић

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 Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације **мр Тања Петровић Пантић**, дипл. инж. геологије, под насловом *„Хидрогеотермални ресурси Српског кристалоног језгра“*, на који није било примедба.
2. Универзитет у Београду је дана 30.01.2012. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.
3. Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:
 - Petrović, T., Zlokolic-Mandić, M., Veljković, N., Vidojević, N., : Hydrogeological Conditions for the forming and quality of Mineral Waters in Serbia, Journal of Geochemical Exploration, 107, p.373-381, 2010. (IF= 2.125) (ISSN 0375-6742);
 - Petrović, T., Zlokolic-Mandić, M., Veljković, N., Papić, P., Poznanović, M., Stojković, J., Magazinović, S.,: Makro i mikroelementi u flaširanim vodama i vodama iz javnih vodovoda u Srbiji, Hemijska industrija, 66(1) 107-122, 2012. (IF=0.463) (ISSN 0367-598X)
4. Именована ће бранити докторску дисертацију пред комисијом у саставу: др Петар Папић, ред. проф.; др Веселин Драгишић, ред. проф.; др Владица Цветковић, ред. проф.; др Оливера Крунић, ред. проф.; др Зоран Никић, ред. проф. Универзитета у Београду – Шумарски факултет.
5. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке пододна је за одбрану након добијања сагласности од Већа научних области техничких наука.
6. О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Д Е К А Н

др Иван Обрадовић, ред. проф.

Достављено:

- Већу научних области техничких наука
- Комисији
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

Реферат комисије за преглед и оцену докторске дисертације докторанда мр Тање Петровић Пантић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Рударско-геолошки факултет

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата мр Тање Петровић Пантић

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, од 25.02.2014. године број 1/73, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Тање Петровић Пантић**, дипл.инж.геологије, под насловом

„Хидрогеотермални ресурси Српског кристалоног језгра“.

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1.УВОД

1.1. Хронологија одобравања израде дисертације

Докторанд мр Тања Петровић Пантић је дипломирала на Смеру за хидрогеологију 2005. године, а последипломске студије је уписала 2005. године. Магистарску тезу је одбранила 2010. године на Департману за хидрогеологију, са темом „Термалне воде терцијарних магматита југоисточне Србије“. Докторску дисертацију је пријавила 2011. године на Рударско-геолошком факултету, Департман за хидрогеологију, под називом „Хидрогеотермални ресурси Српског-кристалоног језгра“.

Одлуком Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета, од 31.10.2011. године бр. 1/181 утврђена је комисија за оцену подобности теме, кандидата и ментора докторске

дисертације. Позитиван извештај комисије је усвојен на седници Наставно-научног већа Рударско-геолошког факултета од 26.11.2011. године бр.1/253, а затим и од стране Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, од 30.01.2012. године, бр.06-162/13-12. За ментора је одређен др Петар Папић, редовни професор на Департману за хидрогеологију, Рударско-геолошког факултета у Београду.

Кандидат је докторску дисертацију окончао фебруара 2014. године, када је и поднета молба за именовање комисије за преглед и оцену докторске дисертације. Комисија је именована на седници Наставно-неучног већа Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, од 25.02.2014. (бр.1/73), и то у следећем саставу:

1. Др Петар Папић, редовни професор, ментор, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
2. Др Веселин Драгишић, редовни професор, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
3. Др Владица Цветковић, редовни професор, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
4. Др Оливера Крунић, редовни професор, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду
5. Др Зоран Никић, редовни професор, Шумарски факултет, Универзитет у Београду

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација по садржају припада техничким наукама и научној области геолошко инжењерство, у ширем смислу, док је ужа тематска област хидрогеоекологија. Специјалистички сегмент којим се бави докторска дисертација је хидрогеотермална енергија. За ментора докторске дисертације је изабран др Петар Папић, редовни професор Рударско-геолошког факултета који испуњава све услове који квалификују наставника као ментора за вођење докторанда у изради докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Тања Петровић Пантић је рођена 17.08.1981. године у Зрењанину. Похађала је Зрењанинску гимназију, општи смер, коју је завршила 2000. године. Исте године уписала је Рударско-геолошки факултет, Универзитета у Београду, смер за хидрогеологију. Дипломски рад је одбранила 2005. године, под називом „Хидрохемијске карактеристике миоценских кречњака централног дела Београда“. Године 2010. године је одбранила магистарску тезу под називом „Термалне воде терцијарних магматита југоисточне Србије“, а 2011. године је пријавила докторску дисертацију под називом

„Хидрогеотермални ресурси Српског кристаластог језгра“, на Департману за хидрогеологију, Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду.

Од фебруара 2005. до децембра 2007. године је била запослена као стручни сарадник на Катедри за примењено рачунарство и системско инжењерство, Рударско-геолошког факултета, Универзитета у Београду. Учествовала је као истраживач на пројекту Министарства науке и животне средине Развој ГПС подржаног, система за надзор и праћење енергетских и технолошких параметара у површинској експлоатацији и сличним привредно-технолошким целинама.

У периоду од децембра 2005. године до фебруара 2011. године ради као Хидрогеолог сарадник на Сектору за хидрогеологију и инжењерску геологију у Геолошком институту Србије. Од јануара 2011. године је била ангажована као истраживач на Пројекту 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). У периоду од фебруара 2011. до јула 2012. године ангажована је као истраживач сарадник у Истраживачко-развојном центру Геолошког института Србије. Од јула 2012. године је у звању самостални саветник на Сектору за хидрогеологију и инжењерску геологију, Геолошког завода Србије.

Чланство у организацијама: International Association of Hydrogeologists (IAH), EGSRI (EuroGeoSurveys, The Geological Surveys of Europe), СГД (Српско геолошко друштво), ИКС (Инжењерска комора Србије).

Компјутерске вештине: MS Office, Corel Draw, Photoshop, AquaChem, GlobalMapper, Autodesk Auto CAD certificate, 2005., ArcGIS (ESRI), Seminar/workshop: Моделирање загађења и ремедијације подземних вода, IAH, РФФ, Seminar/training: Introduction into conceptual issues of the Water Framework Directive (2000/60/EC).

2.ОПИС ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата **мр Тање Петровић Пантић**, дипл.инж.геологије, под називом **„Хидрогеотермални ресурси Српског кристаластог језгра“**, написана је у складу са Упутством за формирање репозиторијума докторских дисертација, донетог на Сенату Универзитета у Београду 14.децембра 2011. године.

Докторска дисертације је написана на 198 страна текста формата А4, у оквиру којих су приказане 54 слике и 27 табела. Текст дисертације је подељен у осам целина (поглавља), са 151 библиографском јединицом (публиковани радови) и 29 фондовских докумената. Приложен је сажетак рада на српском, односно енглеском језику. На крају рада дата је и

биографија аутора, за којом следи потписана изјава о ауторству, затим о истовестности штампане и електронске верзије докторске дисертације, као и изјава о коришћењу.

Сам текст дисертације је подељен у осам целина. То су:

- 1 Увод
- 2 Постојећа ситуација експлоатације и коришћења хидрогеотермалних ресурса
- 3 Методе истраживања
- 4 Хидрогеотермални ресурси Српског кристаластог језгра
- 5 Резултати и дискусија
- 6 Геотермални системи Српског кристаластог језгра
- 7 Критички осврт на податке ранијих истраживања
- 8 Закључак

Литература

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Након Увода, у делу дисертације (поглавље 2.) који се односи на постојећу ситуацију експлоатације и коришћења хидрогеотермалних ресурса, наводи се историјат коришћења ових ресурса у свету: у Италији, САД-у, Кини, Турској, Јапану, Исланду, Шведској, Новом Зеланду и др. На основу постојећих геотермалних постројења у свету за добијање електричне енергије, годишње се уштеди 38 милиона тона нафте, што спречава емисију 33 милиона тона угљеника, 107 милиона тона CO_2 , 0.74 милиона тона CO_x и 0.022 милиона тона NO_x . Када је реч о коришћењу ових ресурса у Србији, треба истаћи чињеницу да је Србија богата термалним водама. На подручју Панонског басена постоји 78 геотермалних бушотина. У осталим рејонима Србије постоји 159 природних термалних извора, температуре изнад 15 °C. Ови природни ресурси се углавном користе у балнеологији и за спортско-рекреационе сврхе. Иако постоји 59 бања, само 15 бања је развијено у модерне рехабилитационе центре. Коришћење за потребе грејања је веома скромно. Добијени подаци указују на то да се чак 48% приказаних објеката не користи. На подручју Србије највећа инсталисана топлотна снага је за балнео-рекреативне сврхе (39.8 MWt), затим за грејање стамбених објеката (20.9 MWt), за стакленике (18.5 MWt) и др. Укупно инсталисани термални капацитети у 2010. години износе 100.8 MWt.

У делу дисертације (поглавље 3.) који се односи на примењене методе, наводи се израда хемијских анализа вода, израда изотопских анализа и анализа радиоактивности, а

прорачунати су и: геотермални градијент, геотермални потенцијал, радиогена топлота, дубина залегања термалних вода, инкрустација и корозија. На крају су на основу добијених параметара одређене и могућности коришћења испитиваних термалних вода Српског кристаластог језгра.

У поглављу 4. које се односи на хидрогеотермалне ресурсе Српског кристаластог језгра обрађено је пет бања: Пролом Бања, Рибарска Бања, Сијаринска Бања, Врањска Бања и Бујановачка Бања. Овде се посебна пажња посветила општим карактеристикама, геолошким карактеристикама издвојених подручја (историја стварања терена, литостратиграфске јединице, тектоника, геофизичка истраживања), хидрогеолошким карактеристикама терена, са стањем и капацитетима објеката на испитиваним подручјима (температура, капацитет, притисак, дубина, врста хидрогеолошке објеката, литолошки стуб и конструкција бушотине).

У поглављу 5. дисертације дати су резултати истраживања уз дискусију добијених резултата свих истраживања и испитивања.

Због специфичности геолошке грађе терена, као и услова формирања вода, на подручју Српског кристаластог језгра појављују се подземне воде са температуром до 111 °C које су различите по вредности минерализације, садржаја гасова и хемијском саставу. Дисертацијом је обрађено 20 анализираних вода са испитиваног подручја.

Од гасова је угљен-диоксид доминантан у водама Сијаринске Бање, Бујановачке Бање и Тулара и Виче. Појава CO₂ је последица сложених геохемијских и магматских процеса који се дешавају на већим дубинама. На основу рН вредности анализираних термалних вода су неутралне до алкалне, а на основу електропроводљивости су у опсегу од 200 до 5880 $\mu\text{S}/\text{cm}$. На основу доминирајућих катјона испитиване воде су натријумске, док су у погледу анијона углавном хидрокарбонатне до сулфатне. Хидрокарбонатно-натријумске воде се формирају у оквиру магматских и метаморфних стена. За класификацију природних и геотермалних вода на основу концентрације анијона коришћен је Giggenbach-ов дијаграм. Термалне воде Српског кристаластог језгра класификоване су као хидрокарбонатне, док поједини узорци имају повишене садржаје сулфата и припадају групи прегрејаних пара. У циљу бољег разумевања порекла вода, примењен је и генетски дијаграм по D'Amore и др. Овај дијаграм као и Scholler-ов дијаграм указују на комплексност формирања хемијског састава вода, који је највећим делом последица циркулације воде кроз различите литолошке средине, затим старости вода и др. На подручју Српског кристаластог језгра доминантни су шкриљци, потом гранитоиди, у чијем минералном саставу доминирају K, Na, SiO₂, што објашњава високи садржај ових елемената у водама. Неке од анализираних вода се користе за пиће као флаширане воде. Повишени садржаји бора, германијума, рубидијума и флуора се јављају углавном у свим анализираним водама, и у генетској су вези са минералима магматских стена.

Сумирајући примењене методе, температуре у резервоарима Српског кристаластог језгра углавном се ослањају на кварцне и калцедонске геотермометре. На основу резултата и њихове анализе, може се закључити да су очекиване температуре у резервоарима: Пролом Бање 45-54 °C, Рибарске Бање 90-97 °C, Сијаринске Бање 115 °C, Тулара 104 °C, Виче 79 °C, Врањске Бање 118-146 °C и Бујановачке Бање од 90-123 °C.

Сагледавање корозивних и инкрустативних својстава воде веома је важно због планирања вида коришћења вода. Ова својства воде је могуће одредити помоћу Langelier-овог и Ryznar-овог индекса. За анализиране воде вредност Langelier-овог индекса је од -0.7 до 1.0, а Ryznar-овог индекса од 5.0 до 9.3.

У циљу одређивања прихрањивања геотермалног система коришћени су стабилни изотопи водоника и кисеоника. Вредности изотопа $\delta^{18}\text{O}$ и $\delta^2\text{H}$ налазе се уз глобалну метеорску линију, што потврђује да се анализиране термалне воде прихрањују од атмосферских падавина.

Када је реч о процени дубине циркулације термалних вода, на подручју Српског кристаластог језгра геотермални градијент је одређен за три бушотине и износи од 50 до 70 °C/km (Рибарска Бања, Сијаринска Бања и Врањска Бања). Прва вредност је усвојена за све изворе и бушотине на истражном простору. Прогнозна дубина циркулације термалних вода је од око 1 до 2.6 km.

На подручју Српског кристаластог језгра коришћење термалних вода се своди на балнеотерапију и загревање бањских објеката. У Пролом Бањи воде се користе за водоснабдевање насеља и флаширање, а малим делом и за грејање хотелског комплекса „Радан“. У Рибарској Бањи воде се користе за балнеотерапеутске сврхе, а делом и за топлификацију објеката и као санитарна вода. У Сијаринској Бањи се термална вода користи за пуњење отвореног базена, балнеотерапију и након тога се испушта у Бањску реку са температуром од око 40 °C. У Врањској Бањи се вода користи за балнеотерапеутске сврхе, као санитарна топла вода, за топлификацију бањских објеката, живинарске фарме, стакленике и сл. Бујановачка бања је позната по флашираним водама. На основу доступних података за све анализиране бање на подручју Српског кристаластог језгра директно коришћење геотермалних ресурса је око 300 TJ/god, односно 83 GWh, и може се енергетски представити, као 7138 тона еквивалентне нафте или 10197 тона еквивалентног угља.

Након поглавља дисертације које се односи на геотермалне системе Српског кристаластог језгра, у закључку се наглашава да су на истражном простору Српског кристаластог језгра спроведена геолошка и хидрогеолошка истраживања, урађене хемијске анализе вода и прорачуни. Укупно процењени хидрогеотермални ресурси (Т више од 20 °C) износе 186 l/s. Геотермални градијент је од 0.05 до 0.07 °C/m. Густина топлотног тока је од 136.6 до

163.8 mW/m². Изотопске анализе су доказале да се анализиране воде прихрањују од атмосферских падавина, а да је дубина залегање термалних вода од 1 до 2.3 km. Сложена геологија и тектоника Српског кристаластог језгра условиле су формирање термалних вода, различитих по температури, хемијском саставу, капацитетима, па самим тим и могућностима коришћења.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост, оригиналност и значај

Нови пројекти и најновији резултати развоја геотермалних технологија чине јасним да хидрогеотермална енергија представља енергију будућности, јер се убраја у обновљиве видове енергије, који немају последице на човекову околину са аспекта загађења. Резултати произашли из ове докторске дисертације показују да овај вид енергије може значајно да учествује у енергетском билансу, на датом истражном простору. То значи да је тема докторске дисертације *савремена* и да може дати свој допринос у планирању коришћења енергетских потенцијала истраживаних бања на простору централног дела јужне Србије.

Оригиналност ове докторске дисертације се огледа пре свега у развоју методологије истраживања и сагледавања хидрогеотермалних ресурса, на основу чијих резултата ће бити могућ одабир начина експлоатације и коришћења хидрогеотермалне енергије. Предложена методологија истраживања се може применити и на другим подручјима. На основу претходних сазнања, докторанд је свеобухватно дефинисао расположиве и потенцијалне хидрогеотермалне ресурсе Српског кристаластог језгра. Важни резултати су у одређивању температурног режима и геотермалне потенцијалности подручја истраживања. Докторском дисертацијом је обухваћена, по први пут, и еколошка валоризација са аспекта коришћења геотермалне енергије уместо мазута, која се огледа у спречавању емитовања 6307 t угљен-диоксида у ваздух, док се коришћењем исте количине геотермалне енергије уместо угља, спречава емитовање 6530 t угљен-диоксида.

Актуелност и савременост докторске дисертације је вишеструка. Са теоријског аспекта допринос дисертације је у свеобухватној методологији истраживања хидрогеотермалних ресурса, а применљиви аспект се односи на коришћење хидрогеотермалних ресурса на правилан начин, сходно примењеним научним метода.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У списку коришћене литературе докторанд наводи 151 библиографску јединицу (публиковани радови) и 29 фондовских докумената. Већи део публикованих радова су из области истраживања и коришћења хидрогеотермалне енергије. Временски период је обухватио радове од почетка 80-их година прошлог века до 2013. године. Фондовска

документација је објављена у периоду од 1978. до 2012. године, углавном из фондова „Геозавод-а“, „Геоинститут-а“ и Рударско-геолошког факултета из Београда.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У овој докторској дисертацији докторанд је применио методолошке поступке анализе, синтезе, апстракције, генерализације, индукције и дедукције. Ради сагледавања хидрогеотермалних ресурса Српског кристаластог језгра, научно-истраживачка активност се одвијала у три фазе.

Кабинетски радови подразумевају прикупљање, систематизацију и реинтерпретацију свих расположивих података, како из фондовске документације, тако и литературних података. Подаци су обухватили геолошка истраживања, геофизичка истраживања, хемијска испитивања, геотермална истраживања. Такође, израчунате су прогнозне температуре резервоара хидрогеотермалних система, Langelier-ов и Ryznar-ов индекс, геотермална потенцијалност, дубина циркулације подземних вода, снага и енергија која се добија коришћењем геотермалних бушотина.

Теренски радови су обухватили излазак на истражно подручје, проспекцију терена, одређивање издашности и капацитета хидрогеолошких појава, узимање узорка термалних вода за разне врсте анализа, *in situ* мерења непостојаних хидрохемијских параметара квалитета термалних вода.

Лабораторијска мерења и анализе су обухватила пре свега израду хемијских анализа на садржаје макро и микроелемената. Све хемијске анализе су урађене у лабораторији BGR у Берлину, и обухватиле су одређивање 71 параметра. Узорковано је 20 узорка термалних вода са истражног простора. Анализе су вршене методом ICP-QMS и ICP-AES, док су изотопске анализе рађене на Техничком Универзитету у Дресдену.

3.4. Примењивост остварених резултата

Резултати који су произашли из докторске дисертације, односно закључци, су најдиректније применљиви у пракси, тј. у истраживању и коришћењу хидрогеотермалне енергије. Допринос примени овог обновљивог вида енергије, се огледа у методолошком приступу у истраживањима хидрогеотермалне енергије, који је дат у овој докторској дисертацији. Дата методологија би требало да се примени као полазна у будућим истраживањима овог обновљивог вида енергетског ресурса.

Допринос ове докторске дисертације је у вишенаменском коришћењу термалних вода Српског кристаластог језгра, а то се пре свега односи на постојеће хидрогеолошке објекте

у Врањској Бањи, Бујановачкој Бањи, Пролом Бањи, Рибарској Бањи и Сијаринској Бањи. У неким од наведених бања термалне воде се користе за флаширање (Пролом Бања, Бујановачка Бања), а у неким као енергетски ресурс за загревање објеката, стакленика, базена и за потребе балнеотерапије.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Докторанд је током израде докторске дисертације овладао методологијом научно-истраживачког рада, и способан је за самосталан рад. Ово је показано и у реализацији планираних истраживања у оквиру дисертације. Докторанд је објавио више радова у међународним часописима и конгресима, како код нас тако и у иностранству, од којих су два у часописима са СЦИ листе.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Израдом ове докторске дисертације остварено је неколико важних научних резултата који се пре свега односе на упознавање хидрогеотермалних ресурса Српског кристаластог језгра.

* Један од главних резултата дисертације је унапређење општег нивоа знања о хидрогеотермалним ресурсима истражног подручја. Резултати досад изведених истраживања показују да коришћење геотермалне енергије у енергетске сврхе, може бити значајно у енергетском билансу датог истражног подручја, на коме се налазе важне појаве као што су Врањска Бања, Сијаринска Бања, Пролом Бања, Бујановачка Бања и Рибарска Бања.

* Резултати ове дисертације указују на расположиве и потенцијалне хидрогеотермалне ресурсе Српског кристаластог језгра. Укупно процењени хидрогеотермални ресурси (T више од $20\text{ }^{\circ}\text{C}$) износе 186 l/s . Геотермални градијент је од 0.05 до $0.07\text{ }^{\circ}\text{C/m}$. Густина топлотног тока је од 136.6 до 163.8 mW/m^2 . Изотопске анализе су доказале да се анализиране воде прихрањују од атмосферских падавина, а да је дубина залегање од 1 до 2.3 km . Сложена геологија и тектоника Српског кристаластог језгра, условиле су формирање термалних вода, различитих по температури, хемијском саставу, капацитетима па самим тим и могућностима коришћења. Углавном се испитиване термалне воде користе у балнеотерапеутске сврхе и за загревање простора. Наравно да се узимањем у обзир резултата ове докторске дисертације коришћење може проширити на загревање стакленика, топлификацију насеља, у индустрији и сл.

* У складу са вредностима радиогене топлоте, применом силицијумских хидрогеотермометара прорачунато је да се највише температуре очекују у Врањској Бањи

до 146 °C, у Рибарској Бањи до 97 °C, док се у Пролом Бањи не могу очекивати температуре веће од 55 °C. Максимално очекиване температуре у водама Сијаринске Бање су 115 °C, док се у Бујановачкој Бањи очекују температуре воде од 90 до 123 °C.

* У неким бањама постоји вишедеценијска традиција коришћења термалних вода, осим за потребе балнеотерапије, и за флаширање, као што су Пролом Бања и Бујановачка Бања („Пролом вода“, „Хеба“, „Би вода“). Најновијим хемијским анализама је добијена потпунија слика о квалитету ових вода, као и њиховом пореклу.

* Важни резултати су и у одређивању температурног режима и геотермалне потенцијалности подручја истраживања. На основу доступних података за све анализирани бање на подручју Српског кристаласог језгра директно коришћење геотермалних ресурса је око 300 TJ/god, односно 83 GWh, и може се енергетски претставити и као 7138 тона еквивалентне нафте или 10197 тона еквивалентног угља. Ако би се искористило свих 186 l/s хидрогеотермалних ресурса, просечне температуре 50°C, и омогућило вишестепено обарање температуре до 15 °C, остварило би се коришћење енергије од 858 TJ/god.

* Докторском дисертацијом је обухваћена и еколошка валоризација са аспекта коришћења геотермалне енергије уместо мазута, и огледа се у спречавању емитовања 6307 t угљен-диоксида у ваздух, док се коришћењем исте количине геотермалне енергије уместо угља, спречава емитовање 6530 t угљен-диоксида.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

У току израде ове докторске дисертације докторанд се суочавао са малим бројем података који су последица бушотина и извора на једној локацији.

Други проблем су били подаци, као и недостатак поузданих података. Бушотине су израђене углавном 70-их, 80-их и 90-их година двадесетог века, а о изради многих бушотина нађени су само основни подаци. Ови подаци су углавном прикупљени из елабората о хидрогеолошким истраживањима, док су оскудни подаци о бушењу, геофизичким истраживањима, петролошким и минералошким анализама и квалитету вода.

Због своје комплексности, подручје Српског кристаласог језгра је био прави изазов за докторанда. Наведени проблеми су свакако отежали израду ове дисертације, али су *нове хемијске анализе, примењене методе и сама методологија истраживања* при проучавању хидрогеотермалних ресурса, омогућиле да се ови проблеми значајно унапреде. По први пут су дефинисани хидрогеотермални потенцијали термалних вода Српског кристаласог језгра, и тиме постављено „нулто стање“ од кога ће се поћи у даља истраживања на истражном простору.

4.3 Верификација научних доприноса

Списак радова који су резултат истраживања у оквиру докторске дисертације.

Категорија M22:

1. **Petrović, T.**, Zlokolica-Mandić, M., Veljković, N., Vidojević, N., : Hydrogeological Conditions for the forming and quality of Mineral Waters in Serbia, *Journal of Geochemical Exploration*, 107, p.373-381, 2010. (IF= 2.125) (ISSN 0375-6742)

Категорија M23:

1. **Petrović, T.**, Zlokolica-Mandić, M., Veljković, N., Papić, P., Poznanović, M., Stojković, J., Magazinović, S.,: Makro i mikroelementi u flaširanim vodama i vodama iz javnih vodovoda u Srbiji, *Hemijska industrija*, 66(1) 107-122, 2012. (IF=0.463) (ISSN 0367-598X)

Остали радови

Категорија M13

1. Zlokolica-Mandić, M., **Petrović, T.**, Gulan, A., Veljković, N.,: in *Geochemistry of European Bottled Water.*, by Reimann, C, Birke, M., Stuttgart, Germany. 2010. (ISBN 978-3-443-01067-6)

Категорија M14

1. A. Demetriades, C. Reimann, M. Birke, S. Albanese, M. Andersson, D. Banks, M. J. Batista, A. Belan, L. Bityukova, D. Cicchella, M. Corral, B. De Vivo, W. De Vos, N. Devic, M E. Dinelli, D. Dimitriou, M. Duris, O. Eggen, P. Filzmoser, D. Flight, R. Flynn, B. Frengstad, U. Fugedi, A. Gilucis, M. Gosar, V. Gregorauskiene, A. Gulan, J. Halamic, E. Haslinger, A. Hatzikirou, P. Hayoz, G. Hobiger, H. Hrvatovic, S. Husnjak, C. Innocent, A. Ion, C. Ionesco, F. Jähne, J. Jarva, G. Jordan, L. Kaste, J. Kivisilla, V. Klos, F. Koler, L. Kutu, O. Karnachuk, K. Lax, A. Lima, J. Locutura, C. Lourenco, H. Lorenz, P. Malik, R. Maquil, I. Malyuk, N. Miosic, M. Nikas, E. Nicolaou, K. Onuzi, R. T. Ottesen, W. Petersell, **T. Petrovic**, N. Phillipov, E. Poyiadji, U. Rauch, S. Reeder, R. Salminen, I. Salpeteur, N. Samardzic, P. Sampatakakis, I. Schoeters, A. Schedl, F. Skopljak, P. Smedley, L. Smietanski, A. Šorša, N. Spanou, T. Stafilov, M. Stefouli, T. Tarvainen, M. Titovet, V. Trendavilov, P. Valera, M. Vavradou, P. Vekios, N. Veljkovic, D. Vidojevic, M. Vladymirovna, G. Vrachatis, M. Zlokolica-Mandic, B. J. Wigum, EUROPEAN GROUND WATER GEOCHEMISTRY USING BOTTLED WATER AS A SAMPLING MEDIUM, In: *Clean Soil and Safe Water, Part 1* (F.F. Quercia, D. Vidojevic, Eds.), NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, Springer, Dordrecht, pp. 115-139, 2012.

2. **Petrović, T.**, Zlokolica-Mandić, M., Veljković, N., Papić, P., Stojković, J.,: Geochemistry of Bottled Water in Serbia, Chapter 19. in F.F. Quercia and D. Vidojevic (eds.), *Clean Soil and Safe*

Water, NATO Science for Peace and Security Series C: Environmental Security, XVII, 247-266 p., 2012.

Категорија M34

1. Zlokolica-Mandić, M., Papić, P., **Petrović, T.**, Stojković, J.,: Hydrogeochemistry of Bottled Mineral Waters of Serbia., *XXXVIII IAH Congress: Groundwater quality sustainability*, Krakow, p 623-624, 2010.

2. Nikolov, J., Todorović, N., Bikit, I., **Petrović Pantić, T.**, Forkapić, S., Mrdja, D., Bikit, K.: Radon in Thermal Waters in South-East Part of Serbia, *Book of abstracts, 7th International Conference on Protection Against Radon at Home and at Work*, Prague, Czech Republic, 2013. (ISBN: 978-80-01-05324-9)

Категорија M 52

1. Demetriades, A., Reimann C., Birke M. and the EGG Team. The geochemical atlas of European ground water with Emphasis on Hellas, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, Vol. XLVI, p.39-80. 2012.

Категорија M63

1. **Petrović Pantić, T.**, Zlokolica-Mandić, M.,: Hidrogeotermalni sistemi Sijarinske banje, *Zbornik radova IV Kongresa banja*, Vrnjačka Banja, p154-164, 2012.

2. **Petrović Pantić, T.**, Zlokolica-Mandić, M.,: Kakvu vodu pijemo; *XIV Srpski simpozijum o hidrogeologiji*, Zlatibor, Srbija; p. 329-335, 2012. (ISBN: 978-86-7352-236-4)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација докторанда **мр Тање Петровић Пантић**, дипл.инж.геологије, под називом **“Хидрогеотермални ресурси Српског кристалоног језгра”**, представља документован, обиман и иновативан научно-истраживачки рад из области геотермалне енергије.

Израдом ове докторске дисертације остварени су важни научни резултати који се пре свега односе на упознавање хидрогеотермалних ресурса Српског кристалоног језгра. Један од главних резултата дисертације је унапређење општег нивоа знања о хидрогеотермалним ресурсима истражног подручја. Резултати досад изведених истраживања показују да коришћење геотермалне енергије може бити значајно у

енергетском билансу датог истражног подручја, на коме се налазе важне хидрогеотермалне појаве. Резултати ове дисертације указују на расположиве и потенцијалне хидрогеотермалне ресурсе Српског кристаластог језгра. Докторском дисертацијом је обухваћена и еколошка валоризација са аспекта коришћења геотермалне енергије уместо мазута.

Докторанд мр Тања Петровић Пантић има десет објављених радова који третирају проблематику докторске дисертације, од којих два у часописима са СЦИ листе.

Комисија је закључила да докторска дисертација мр Тање Петровић Пантић, дипл.инж.геологије представља оригинални научни допринос у области хидрогеоекологије, да је израђена по стандардима научно-истраживачког рада и важећим прописима, и да предлаже Наставно-научном већу Рударско-геолошког факултета да овај реферат прихвати, дисертацију стави на увид јавности и упути реферат Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду ради коначног усвајања, након чега би се приступило јавној одбрани пред комисијом у истом саставу.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф.др Петар Папић,

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф.др Веселин Драгишић,

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф.др Владица Цветковић,

Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф.др Оливера Крунић
Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет

Проф.др Зоран Никић
Универзитет у Београду, Шумарски факултет