

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Славице Томић, мастер инжењер технологије - мастер инжењер заштите животне средине.

Одлуком бр. 35/364 од 21.11.2013 године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Славице Томић под насловом

Примена природних зеолита у дисперзиним системима за припрему воде за пиће

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

2007/2008. Кандидат Славица Томић, уписала је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету у Београду, смер Инжењерство заштите животне средине.

28.06.2012 Кандидат Славица Томић пријавила је тему докторске дисертације под насловом Примена природних зеолита у дисперзиним системима за припрему воде за пиће

10.07.2012. Наставно научно веће је донело одлуку бр **35/204** о именовању чланова Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације Славице Томић под насловом Примена природних зеолита у дисперзиним системима за припрему воде за пиће

28.02.2013. Наставно научно веће је прихватило оцену Комисије о научној заснованости теме докторске дисертације Славице Томић под насловом Примена природних зеолита у дисперзиним системима за припрему воде за пиће, кандидата Славице Томић, по одлуци бр **35/43**, а за ментора је именован др Драган Повреновић, доцент ТМФ-а.

15.04.2013. На седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Славице Томић под

насловом Примена природних зеолита у дисперзиним системима за припрему воде за пиће бр **02 61206-1415/2-13**

26.09.2013. Наставно научно веће је донело одлуку бр **35/281** о продужењу рока за одбрану докторске дисертације Славице Томић под насловом Примена природних зеолита у дисперзиним системима за припрему воде за пиће до краја школске 2013/2014 године.

21.11.2013. Наставно научно веће је донело одлуку бр **35/364** о именовању чланова Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Славице Томић под насловом Примена природних зеолита у дисперзиним системима за припрему воде за пиће

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Инжењерство заштите животне средине, за коју је Технолошко-металуршки факултет матична установа. Ментор дисертације је др Драган Повреновић, дипл.инж., ванредни професор, који је биран за област инжењерство заштите животне средине, а на Технолошко-металуршком факултету држи курсеве из технологије припреме воде и пречишћавања отпадних вода.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Кандидат Славица Томић, дипл. инж. мастер, рођена је 16.05.1968. године у Рашки. У Медицинској школи-Звездара у Београду, стекла је звање фармацеутског техничара 1987. године и исте године је уписала основне студије Хемије на Хемијском факултету Универзитета у Београду, које је завршила 1993. године са просечном оценом 8.32 и оценом 10 на дипломском раду и стекла звање дипломирани хемичар. Мастер студије је уписала на Технолошко-металуршком факултету, где је мастер рад под насловом „Утицај комуналних отпадних вода града Рашке на квалитет воде у реци Ибар и предлог технолошког решења система за пречишћавање ових вода“ одбранила 2007.године. Докторске студије је уписала школске 2007/2008 године на Технолошко-металуршком факултету у Београду, на смеру Инжењерство заштите животне средине. Све предвиђене испите је положила са просечном оценом 9,9. Стручни испит у Инжењерској комори Србије, за пројектовање технолошких процеса је положила 2011.г. Током своје професионалне каријере радила је од 1994-1997. год. у РМХК „Трепча“ као шеф припреме сировина, од 1997-2000. год. као шеф лабораторије у оквиру флотације у ОЦ »Сува Руда«, Рашка. Паралелно са тим, хонорарно је од 1996-2000. у Машинској школи у Рашки радила као професор хемије. Од 2000-2012. год. радила је као Управник ППВ у ЈКП »Рашка«, а од 2012. год. ради на пословима техничког директора ЈКП »Рашка«. Током 2012. год. радила је хонорарно као грант-менаџер Општине Рашка за пројекте дониране од стране ЕУ, где је и данас координатор Општине Рашка на пословима припреме пројектне документације за аплицирање за донаторска средства из области комуналне инфраструктуре. У периоду 2012-2013 год. била је ангажована на Иновационом пројекту Министарства за просвету, науку и технолошки развој под називом "Уклањање амонијака из подземних вода и омекшавање сирове воде богате магнезијумом помоћу природног зеолита". Активни је

учесник бројних међународних саветовања и семинара о заштити животне средине, посебно из сектора вода и чврстог отпада.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Славица Томић, мастер инж.тех., написана је на 120 страна, у оквиру којих се налази 21 слика, 31 графикон, 18 табела, 21 једначина и 120 литературних навода. Структуру дисертације сачињавају следећа поглавља: Увод, Теоријске основе, Циљ истраживања, Материјал и методе, Резултати и дискусија, Закључак и Литература. На почетку дисертације дат је Резиме на српском и енглеском језику, док су након Закључака приказани Литературни наводи, Прилог, и на самом крају Биографија аутора.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Наслов докторске дисертације је јасно формулисан и указује на садржај обављених испитивања, док је у резимеу приказан кратак преглед самог рада, као и научни допринос спроведених истраживања. Увод јасно указује на циљ рада и аспекте реализованих истраживања.

У оквиру Теоријских основа дато је 6 поглавља: 1) Вода као природни ресурс, 2) Зеолити, 3) Квалитет воде изворишта „Поткоп“ у Рашки, 4) Магнезијум у води, 5) Методе омекшавања воде и 6) Опште карактеристике система „флуид-чврста фаза“.

Кандидат је на почетку тезе обрадио тему воде као природног ресурса, дао кратак приказ стања у овој области као и податке о захтеваном квалитету воде за пиће, и приказао очекиване трендове. Овде је указано на значај воде у природи као и на чињеницу да све мање количине воде задовољавају захтеване критеријуме квалитета што оправдава истраживања у области прераде воде као и тражење ефикасних решења за кориговање параметара који показују одступања од предвиђених стандарда квалитета.

Након тога, дат је приказ структуре природних зеолита као јефтиних и доступних адсорбенса, уз детаљно разматрање досадашњих истраживања и сазнања у овој области. Наведене су најважније врсте ових материјала, структурне специфичности и могућности различите примене. С обзиром да су зеолити нашли широку примену као јоноизмењивачи њихова примена у поступку уклањања јона магнезијума из воде потпуно је оправдана. Из овог разлога детаљно је разматрана примена зеолита у уклањању различитих јона из водених раствора, као и фактори који утичу на процесе везивања јона за зеолит.

Потом су детаљно анализирани механизми везивања јона из водених раствора за зеолит који укључују јонску размену, адсорпцију и површинско таложење. На ефикасност зеолита као адсорбента утиче велики број фактора међу којима су најважнији претходна припрема зеолита, величина зрна као и хемијски састав зеолитног туфа. Како

сваки туф има различит хемијски састав, истраживања у овој тези обухватила су и детаљно испитивање туфа из басена „Игрош Видојевић“ код Бруса, који је кориштен у истраживањима. Такође, у овом поглављу приказане су теоријске основе за испитивање адсорпционих изотерми.

Окусницу истраживања у овој дисертацији представљала је изворска вода изворишта „Поткоп“ у Рашки, па су у склопу теоријских основа, приказани и резултати предходних истраживања везани за квалитет воде у овом изворишту, подаци о досадашњем начину обраде воде као и осврт на проблеме који се најчешће јављају у процесу обраде изворске воде. Ово је посебно важно са аспекта оправданости самих истраживања и њихове практичне примене у преради воде.

Како су прелиминарна истраживања показала да је једини проблем у овој изворској води повећан садржај магнезијума, детаљно је приказан утицај магнезијума на здравље људи, законски нормативи у вези са концентрацијом магнезијума у води за пиће, као и методе које се данас најчешће користе за смањење концентрације магнезијума у води.

На крају теоријског дела анализиране су опште карактеристике система флуид - чврсте честице, као и понашање флуидизованих, фонтанских и фонтанско-флуидизованих слојева. Разматран је утицај карактеристика и гранулометријског састава пуњења на флуидо-механичке карактеристике које одређују примену ових система у процесима третмана воде.

У оквиру поглавља које се односи на Циљ истраживања јасно су приказани општи и појединачни циљеви који треба да буду резултат обављених истраживања и на основу којих се може дати оцена успешности самог рада.

Експериментални део дисертације приказан је у поглављу Материјали и методе. Јасно су описани коришћени материјали, услови под којим су извођени поједини експерименти, примењене методе и опрема, уз прецизне шеме апаратура и детаљан приказ начина извођења експеримената.

Добијени резултати су приказани у поглављу Резултати и дискусија. У овом поглављу најпре су изложени подаци о структурним карактеристикама употребљеног зеолита из налазишта “Игрош Видојевић”. Након тога су проучаване флуидо-механичке карактеристике зеолита уз утврђене минималне брзине флуидизације као и степена експанзије слоја зеолита услед повећања брзине воде, што је значајно за даљу анализу флуидо-механичких карактеристика самог система.

Истраживања јоноизмењивачког капацитета зеолита у односу на магнезијум, вршена су у шаржном систему. Употребљени су узорци зеолитног туфа различитих гранулација. Испитане су фракције са гранулацијом од 1, 4, 5 и 6 мм од којих се показала као најефикаснија фракција са гранулацијом 1 мм. Поред тога, испитиван је утицај вредности рН, времена контакта и почетне концентрације на ефикасност природног зеолита као адсорбента за уклањање магнезијума.

На основу добијених резултата из експеримената у шаржном систему, испитана је кинетика јонске измене која је потом и детаљно образложена.

Посебна пажња у овом раду била је посвећена испитивању сорпције магнезијума у проточном систему, са циљом да се добијени резултати примене резултата у реалним системима. Испитивања у проточном систему су вршена применом исте филтерске испуне: зеолита који је коришћен у облику какав је добијен (немодификован зеолит) и зеолита који је претходно третиран натријум-хлоридом (модификован зеолит). Приказан је утицај брзине протицања течне фазе кроз филтер применом три различите брзине. Након тога, детаљно су разматране могућности регенерације испуне применом раствора NaCl у истом проточном систему.

Осим могућности регенерације, приказана је и могућност искоришћења зеолита који је засићен магнезијумом. Зеолит обогаћен магнезијумом испитан је као подлога за развој специфичних бактеријских врста које везују фосфате па би као такав могао да се користи у поступку обраде отпадне воде богате фосфатима. Резултати указују да се зеолитни туф обогаћен магнезијумом из изворске воде може користити као подлога су за развој бактеријске врсте *A. junii*, која везује фосфате.

На основу добијених експерименталних резултата дат је предлог технолошког решења за примену природног зеолита у припреми воде за пиће, на нивоу пилот постројења које је и реализовано. Анализом рада овог пилот постројења у оквиру водоводног система у Рашки, потврђена је сврсисходност истраживања и постигнут је основни циљ, а то је и практична примена добијених резултата.

У поглављу Закључак, концизно су изнети постигнути резултати који су у потпуности сагласни са постављеним циљевима дисертације.

На крају рада дат је списак коришћене литературе, као и биографија кандидата, изјаве о ауторству и истоветности штампане и електронске верзије рада.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Проблематика дисертације се односи на савремене процесе примене природних и синтетичких зеолита у процесима јонске измене који се користе у технологији воде. Како је проблем повећане концентрације магнезијума у пијаћој води релативно ретка појава, у литератури није објављен већи број истраживања на ову тему те дисертација даје оригиналан допринос примени зеолита у постизању квалитета пијаће воде. Истраживања која су обухваћена дисертацијом такође дефинишу оптималне услове за извођење самог процеса. Србија је земља са квалитетним налазиштима зеолита, али овај природни ресурс још увек није у довољној мери искоришћен. Разлог се може тражити не само у недовољном познавању минералних ресурса, већ и непознавању хемијских карактеристика зеолитских туфова, као и могућности њихове примене у високоефикасним системима попут дисперзних система обрађених у овој тези. Приказани резултати истраживања с тога дају значајан и оригиналан допринос ширем коришћењу природног зеолита у блиској будућности.

Могућност једноставне регенерације искоришћеног зеолита чини овај материјал веома ефикасним, а његову примену економски оправданом.

Добијени резултати представљају и основ за даља истраживања на тему примене природних зеолита у дисперзним системима у циљу делимичног омекшавања воде, припреме воде за пиће, или прераде отпадних вода.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Приликом израде дисертације коришћена је релевантна литература која броји 120 библиографских референци. У питању су како најновије научни радови, тако и докторске дисертације, публикације и патенти. Наведени радови су коришћени приликом планирања експерименталног рада, као и током тумачења и анализе експерименталних резултата, дискусији добијених резултата и извођењу закључака. Број наведених референци указује на ширину и темељитост кандидата у приступу и обради саме дисертације. Из образложења предложене теме докторске дисертације и објављених радова у пријави коју је кандидат Славица Томић, поднела, као и из навода литературе коју је користила у истраживању, уочава се високо познавање предметне области истраживања.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У изради ове дисертације извршени су одређени третмани и примењене су одређене експерименталне методе и то:

- За карактеризацију узорака скенирајућом електронском микроскопијом коришћен је електронски микроскоп JEOL JSM-6610LV са модулом за елементну анализу („INCA energy-dispersion X-ray analysis”, ЕДС). У циљу добијања што прецизнијих резултата, зрна зеолита су затапана у епоксидну смолу и узорци даље припремани за детаљну минеролошку анализу.
- Термичка анализа је урађена коришћењем Инструмента SDT Q-600 (TA Instruments). Узорак је загреван у стандардној посуди запремине 60 μl од алуминијум-оксида, у присуству ваздуха, уз проток 0,1 dm^3/min , при брзини загревања од 10°C/min.
- За рендгенску анализу коришћен је дифрактометар Ital Structure APD 2000 (таласна дужина рендгенског зрачења износила је 1,5408 Å) у опсегу 2 θ од 5 до 60°, са кораком мерења 0,04 s⁻¹.
- За одређивање флуидо-механичких параметара коришћена је колона пречника 60 mm и висине 2 m. Ова колона је омогућавала режиме рада од насутог и флуидизованог слоја до услова хидрауличког транспорта. Кроз колону са насутим слојем зеолита кроз дистрибутор на дну довођена је вода из резервоара помоћу центрифугалне дозир пумпе. Мерење протока је вршено електромагнетним мерачем протока, а проток је регулисан помоћу вентила са фином регулацијом. Вредности падова притисака на дну колоне и на висини од 1 m, мерене су помоћу пиезометарских цеви. Вода је из колоне извођена преко преливника који је имао функцију и сакупљања честица у режиму рада са хидрауличким транспортом, а након тога поново враћана у резервоар.
- Код испитивања утицаја вредности рН на везивање Mg-јона за зеолит рН раствора је вариран од 5 до 9 подешавањем помоћу раствора HCl и NaOH концентрација 0,1

mol dm^{-3} . За мерење pH коришћен је пехаметар WTW 330. Суспензије су мућкане 3 h на 298 K.

- За испитивање утицаја почетне концентрације раствора на сорпцију направљена је серија раствора са концентрацијом Mg-јона у опсегу $20\text{--}100 \text{ mg dm}^{-3}$, док је концентрација Ca-јона подешавана увек на око 10 mg dm^{-3} , што одговара садржају калцијума у изворској води која је третирана. Време контакта износило је од 20 min до 24 h, узорковање је вршено на 20, 40, 60, 120, 180 min и 24 h. Суспензија је мућкана у термостатираном воденом купатилу, а чврста фаза одвајана филтрацијом.
- Испитивање кинетике спроведено тако што је 1 g зеолита суспендован у 100 cm^3 раствора који садржи јоне магнезијума у различитим концентрацијама: 20, 40, 60, 80 и $100 \text{ mg Mg dm}^{-3}$, а узорци су анализирани сваких 20, 40, 60, 120, 180 мин као и након 24 h. У сваком узорку одређиван је садржај Mg и Ca након одвајања зеолита филтрацијом.
- Адсорпционе изотерм одређене су у појединачним експериментима на 298 K, 313 K и 323 K у воденом купатилу са термостатом. У експериментима је 1 g зеолита суспендован у $100,0 \text{ cm}^3$ раствора који је добијен растварањем MgCl_2 .
- Концентрације Mg-јона у раствору су провераване помоћу AAS-Perkin Elmer AAnalyst 200, (E-70, C:C-0,0045, CF.C-0,99996) и комплексометријском титрацијом користећи EDTA и индикатора ериохромцрно Т и мурексид. Урађена су по најмање четири мерења за свако одређивање.
- Могућност регенерације истрошеног зеолита испитивана је помоћу раствора NaCl концентрације 2 mol dm^{-3} . Употребљен је однос раствор/чврста фаза 10/1. У експериментима вишеструке регенерације регенерација је узастопно понављана више пута ради провере ефикасности. Описани тестови су доказали да се ефикасност зеолита не мења након вишеструке регенерације.
- Испитивање у проточном систему је вршено помоћу колоне са испуном масе 1000 g. Примењена колона је цилиндричног облика пречника $R=11 \text{ cm}$, $h=13,8 \text{ cm}$, запремина испуне износила је 1310 cm^3 ; проток воде одвијао се одоздо на горе ради регулације брзине протока кроз испуну. Ефекат филтрирања је испитиван за три брзине протока: 0,05; 0,08 односно $0,14 \text{ mm s}^{-1}$.
- Реагенси - У експериментима су коришћене хемикалије за припрему раствора: NaCl, MgCl_2 и $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (p.a. Aldrich); за титрацију EDTA, мурексид и ериохромцрно Т (p.a. Aldrich); за корекцију pH раствори NaOH и HCl (p.a. Aldrich).
- Квалитет воде из изворишта „Поткоп“, која је испитивана током истраживања, праћен је у периоду од пет година како би се утврдио хемијски састав и евентуално одступање појединих параметара од максимално дозвољених концентрација прописаних за воду за пиће. Мерења су вршена сваког дана за 13 параметара, док су тешки метали контролисани по четири пута годишње.
- За утврђивање могућности искоришћења зеолитског материјала засићеног магнезијумом коришћене су бактеријске културе *A. junii* soj DSM 1532 добијен из Deutsche Sammlung von und Microorganismen Zellkulturen GmbH који је одржаван на храњивој подлози (Biolife). *A. junii* је преходно засејан на храњивим агар плочама и остављен да расте током 24 сата на $30 \pm 0,1^\circ\text{C}$. Раст биомасе је обустављен у стерилном раствору 0,3% NaCl и суспензија је затим премештена у боцу која садржи 50 cm^3 стерилне синтетичке отпадне воде. У једну боцу додато је 0,5 g зеолита, док је друга боца била без зеолита и служила је као контрола. Боце су биле запечаћене стерилним гуменим поклопцем са средишњим отвором кроз који је вршена аерација с филтрираним ваздухом. Инкубација је вршена на $30,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ у воденом купатилу (Mettmert WNB22) уз мешање (70 o/min) током 24 сата.

- Концентрација P ($P-PO_4^{3-}$) у води мерена је спектрофотометријски на спектрофотометру DR/2500 HACH по молибдованадатној методи (метода HACH 8114). Концентрације Mg одређене су методом атомске апсорпционе спектрометрије (AA-6800, Shimadzu). Број живих бактеријских ћелија одређен је као јединице које граде колоније (CFU) гајене на храњивом агару након инкубације при $30 \pm 0,1$ ° C у трајању од 24 h.
- Планктонске ћелије одређене су серијским разблаживањем (10^{-1} до 10^{-8}) једног узорка од 1 cm^3 супернанта и убризгавањем у храњиви агар. Након инкубације, бактеријске колоније су бројане и наведене као CFU-s по једном граму сувог носача. Директним микроскопским прегледом (Axiovert 200 MAT; Carl Zeiss MicroImaging, Inc) имобилизација ћелија на носачу.
- Статистичка анализа спроведена је помоћу Statistica Software 8.0. Број бактерија CFU је логаритамски трансформисан унапред ради нормализације дистрибуције и уједначавања разлике у мереним параметрима. Међу-групна упоређивања узорака обављена су помоћу једносмерне анализе варијансе (ANOVA) и након тога post-hoc Duncan тест је био коришћен за израчунавање. Корелација између варијабли процењена је преко Spearman корелационе анализе. Статистичке одлуке су донесене на нивоу значаја $<0,05$.

3.4. Применљивост остварених резултата

Примена добијених резултата изградњом пилот-постројења које је инсталисано у систем за водоснабдевање дела становништва у Рашки, потврдила је оправданост ових истраживања и њихову примењивост у циљу једноставније и ефикаснијее обраде изворске воде са високим садржајем магнезијума. Добијени резултати представљају одличну основу за даља истраживања у циљу оптимизације самог процеса као дела постројења за добијању пијаће воде за већа насеља.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат Славица Томић, је током израде ове докторске дисертације показала самосталност у креирању и реализацији експеримента, као и анализи и тумачењу резултата. Успешно владање савременим научним сазнањима и методама, као и захтевна научна зрелост коју кандидат поседује, указују да је кандидат способан за даљи самосталан научноистраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Досадашња истраживања у свету показала су да особине зеолите зависе од његових структурних катрактеристика и хемијског састава што је специфично за свако налазиште. Зеолитни туф из налазишта Игрош Видојевић код Бруса до сада није био детаљно истражен те је ова дисертација показала да зеолитни туф из налазишта Игрош Видојевић има карактеристике које заслужују даља испитивања и примену.

Резултати су показали да промена рН вредности воде нема значајнијег утицаја на степен везивања Mg за зеолит, и да се капацитивност зеолита повећава са повећањем концентрације Mg јона у води. Посебно је уочено да је код овог природног зеолита количина магнезијума која се из раствора веже за зеолит, пропорционална количини Са коју ослободи сам зеолит.

Проучавање кинетике везивања магнезијума из воде за зеолит утврђено је да долази до реакције јонске измене која прати Лагрегенов модел псеудо-другог реда, уз значајан утицај интрачестичне дифузије, посебно на вишим температурама. Утврђено је да то није најспорији ступањ у одвијању процеса јонске измене.

Испитивањем утицаја рН, температуре и почетне концентрације раствора закључено је да промена ових параметара утиче на степен везивања магнезијума за зеолит. Најзначајнији утицај има почетна концентрација са чијим се повећањем повећава и брзина реакције, а равнотежна концентрација уклоњеног магнезијума из воденог раствора износи 2,5 mg магнезијума по граму зеолита.

Примена зеолита у поступку третмана воде за пиче у свету је врло мало испитивана, а о смањењу концентрације магнезијума у води за пиће употребом природног зеолита готово да нема података. Како је у неким крајевима као што је Рашка садржај магнезијума у изворској води врло често изнад дозвољених концентрација, то се кроз израду ове дисертације дошло до једноставног и економичног решења које омогућава снижавање концентрације магнезијума у води за пиће на препоручену концентрацију.

Резултати истраживања такође указују на то да се примењени зеолит може једноставно регенерисати што поједностављује потенцијалну примену у индустријским условима. У тези су ипак приказани само неки од услова примене и пројектовања система филтрације кроз филтера са испуном од зеолита. Може се очекивати да даља истраживања у овој области доведу до још оптималнијих услова за ширу примену у конкретним условима. Доказано је и да се испуна може потпуно регенерисати у великом броју циклуса и да се тиме њена ефикасност не мења.

Као круна истраживања, остварени резултати су примењени у пракси, чиме је доказано да се зеолит може успешно примењивати у реалним процесима прераде воде, при чему су испуњени сви еколошки услови, уз минималан утрошак енергије и минимално загађење животне средине.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем циљева и постављених хипотеза, у односу на добијене резултате, спроведена истраживања у потпуности задовољавају критеријуме једне докторске дисертације. Увидом у доступну литературу из ове области, као и у добијене резултате може се констатовати да су у овој дисертацији коришћене методе у складу са савременом методологијом истраживања те да је кандидат дошао до врло вредних закључака.

Показана примена зеолитског туфа у континуалним системима, уз наизменичну регенерацију испуне, као и коришћење истрошеног и засићеног туфа у третману отпадних вода, оправдава спроведена истраживања и омогућава практичну примену добијених резултата.

Примена зеолита у проточним системима за третман воде пружају значајан научни и стручни допринос, како у решавању одређеног проблема који постоји у једном делу наше земље, тако и у бољем искоришћењу минералних сировина којима земља располаже.

Показано је да зеолитски туф из налазишта „Игрош Видојевић“ код Бруса може да има значајан економски потенцијал као природни јоноизмењивач и адсорбент.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Славица Томић, мастер инж. тех., је резултате произашле из докторске дисертације самостално и у сарадњи са другим ауторима публиковала (или саопштила) у следећим часописима:

Категорија M22:

1. **S. Tomic**, N. Rajic, J. Hrenovic and D. Povrenovic, Removal of Mg from spring water using natural clinoptilolite, Clay Minerals 47 (2012) 81–92. ISSN 0009-8558; IF(2012): 1.069

Категорија M23:

1. **Slavica Tomić**, Milena Knežević, Nevenka Rajić, Dragan Povrenović, Removal of magnesium in spring water using the natural zeolite in a continuous flow system, Hemijska industrija, DOI:10.2298/HEMIND130709073T

Категорија M33:

1. **S. Tomić**, D. Povrenović i N. Rajić, Use of Natural Zeolitic Tuff from Igroš Vidojević Deposit for Ground Water Softening Process, 5th Serbian-Croatian-Slovenian Symposium on Zeolites, May 30 – June, 2, 2013 Zlatibor, Srbija, N. Rajić, J. Bronić i N. Zabukovec-Logar (editori), Zeolitsko društvo Srbije, Beograd, 2013, str. 40-43. (ISBN 978-86-82139-41-6).

Категорија M63

1. Milena Knežević, **Slavica Tomić** i Dragan Povrenović, „Primena prirodnog klinoptiolita u cilju smanjenja sadržaja Mg u vodi za piće i mogućnost njegove dalje upotrebe kao nosača fosfat-akumulirajućih bakterija“, 11. Medjunarodna konferencija „Vodovodni i kanalizacioni sistemi, 25-27 maj, Jahorina 2011., 170-175.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Предметна докторска дисертација представља значајан и оригиналан научни допринос што је потврђено и публикавањем резултата произашлих из дисертације у виду једног рада у истакнутом међународном часопису, једног рада у међународном часопису, и кроз саопштења на домаћим и међународним скуповима, штампаним у целини. Добијени резултати су верификовани и у пракси, кроз израду постројења за припрему воде које је инсталирано у ЈКП „Рашка“ што овој дисертацији даје посебан квалитет. Кандидат Славица Томић показала је самосталност и потребне вештине у изради докторске дисертације као и да поседује све неопходне способности за бављење научноистраживачким радом. Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом **Примена природних зеолита у дисперзним системима за припрему воде за пиће** кандидата **Славице Томић** прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Драган Повреновић
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

.....
Проф. др Невенка Рајић
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет

.....
Проф. др Тибор Сабо
Универзитет у Београду,
Хемијски факултет