Образац 3.

Факултет Рударско-геолошки

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

З А Х Т Е В

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„Истраживање могућности валоризације отпада из процеса сагоревања лигнита у ложиштима термоелектрана и топлана у Републици Србији“

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

   Андријана (Милорад) Недељковић, маст. инж. заш. жив. средине

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм): Инжењерство заштите животне средине

   Универзитет у Београду– Рударско-геолошки факултет

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2018. год.

4. Година уписа на докторске студије: 2018/19. год.

5. Назив студијског програма докторских студија: Рударско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме ментора: Проф. др. Ивица Ристовић

Звање: Редовни професор, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Kragović, M., Stojmenović, M., Loredo, J., Nedeljković, A., Ristović, I., Influence of Aliginate Encapsulation on Point of Zero Charge (pH pcz) and Thermodynamic Propreties of the Natural and Fe (III) - Modified Zeolite (2019), Procedia Manufacturing, 32, pp. 286-293., DOI: 10.016/j.promfg.2019.02.216.

2. Krstić, M., Kragović, M., Pagnacco, M., Dodevski, V., Kaluđerović, B., Momčilović, M., Ristović, I., Stojmenović, M., Hidrothermal synthesized and alakaline activated carbons prepared from glucose and fructose – detailed characterization and testing in heavy metals and methlyene blue removal (2018), Minerals, 8 (6), art. no. 246, DOI: 10.3390/min8060246.

3.Nikolić, J.M., Vasović, D., Filipović, I., Mušicki, S., Ristović, I., Application of project management process on environmental management system improvement in minimg-energy complex (2016), Energies, 9 (12), art. no. 1071., DOI: 10.3390/en9121071.

4. Milentijević, G., Nedeljković, B., Lekić, M., Nikić, Z., Ristović, I., Đokić, J., Application of a Method for Intelligent Multi-Critereia Analysis of the Environmental Impact of Tailing Ponds in Northern Kosovo and Metohija (2019), Energies, 9 (11), art. no. 935., DOI: 10.3390/en9110935.

5. Nikolić, J.M., Ristović, I., Vasović, D., System modeling for environmental management of mining and energy complex based on the strategy principles of Sustainable balanced scorecard method (SBSC) (2015), Journal of Environmental Protection and Ecology, 16 (3), pp. 1082-1090.

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

на седници одржаној 17.06.2021. размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др. Зоран Глигорић

Прилог 1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена:Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

Име и презиме ментора: Милан Краговић

Звање Дипл.физ.хем, виши научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **M. Kragović**, A. Daković, Ž. Sekulić, M. Trgo, M. Ugrina, J. Perić, G. Diego Gatta, *Removal of lead from aqueus solutions by using the natuarl and Fe(III)-modified zeolite*, Applied Surface Science 258 (2012), 3667-3673.

2. **M. Kragović**, A. Daković, M. Marković, J. Krstić, G. Diego Gatta, N. Rotiroti, *Characterization of lead sorption by the natuarl and Fe(III)-modified zeolite,* Applied Surface Science 283 (2013), 764-774.

3. **M. Kragović**, S. R Pašalić, M. A Marković, M. S Petrović, B. Nedeljković, M. D Momčilović, M. D Stojmenović, Natural and Modified Zeolite-Alignate Composites. Application of Removal of Heavy MetalCations from Contaminated Water Solutions, Minerals (2018), 8 (1), 11, doi: 10.3390/min8010011

4. A. Terzić, L. Pezo, N. Mijatović, J. Stojanović, **M. Kragović**, Lj. Andrić, Lj. Milić, The effect of alternations in mineral additives (zeolite, bentonite, fly ash) on physico-chemical behaviour of Portkland cement based binders, Construction and Building Materials 180 (2018), 199-210, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.06.007

5. A. Nedeljković, S. Milićević, M. Stojmenović, J. Gulicovski, N. Ristić, J. Krstić, **M. Kragović,** *Waste Slag from heating Plants as a Partial Replacement for Cement in Mortar and Concrete Production. Part I – Physical – Chemical and Physical-Mechanical Characterization of Slag,* Minerals 10 (2020) 0992, doi: 103390/min10110992.

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

на седници одржаној 17.06.2021. размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА
Проф. др. Зоран Глигорић

Прилог 1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

Напомена:Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

На основу члана 40. Закона о високом образовању, члана 114. Статута Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и члана 34. Правилника о докторским студијама на Рударско-геолошком факултету, Наставно-научно веће Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, на својој седници одржаној 17.06.2021. године, донело је

О Д Л У К У

1. Усваја се извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације **Андријане Недељковић, маст. инж. заш. жив. средине**.
2. Одобрава се именованој израда докторске дисертације под насловом *„Истраживање могућности валоризације отпада из процеса сагоревања лигнита у ложиштима термоелектрана и топлана у Републици Србији"*.
3. Тема докторске дисертација је оригинална идеја, од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.
4. За менторе се именују др Ивица Ристовић, ред. проф. и др Милан Краговић, виши научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча".
5. Сагласност на предлог теме докторске дисертације из ове одлуке даје Веће научних области техничких наука.

Д Е К А Н

др Зоран Глигорић, ред. проф.

Достављено:
- Већу научних области техничких наука
- Ментору
- Именованој
- Одељењу за студентска питања

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

РУДАРСКО – ГЕОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ

НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Научна заснованост теме докторске дисертације кандидата Андријане Недељковић, мастер инжењера заштите животне средине

Научно наставно веће Рударско – геолошког факултета Универзитета у Београду на својој седници одржаној 20.05.2021. године, донело је Одлуку бр. 1/115од 24.05.2021. године којом су именовани чланови Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Андријане Недељковић, мастер инжењера заштите животне средине, под насловом **"Истраживање могућности валоризације отпада из процеса сагоревања лигнита у ложиштима термоелектрана и топлана у Републици Србији".** На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

1.1. Биографски подаци

Андријана Недељковић, мастер инжењер заштите животне средине, рођена је 29.09.1994. године у Београду, Република Србија. Основну школу "Кнез Лазар" завршила је 2009. године у Лазаревцу, а Гимназију Лазаревац завршила је 2012. године.

Основне академске студије завршила је 2017. године са просечном оценом 8,20 (осам и 20/100) на Рударско – геолошком факултету, Универзитета у Београду, студијски програм Рударско инжењерство, модул Заштита животне средине, одбранивши дипломски

рад под називом „Процена утицаја на животну средину површинског копа Цинка и Олова Западна Структура”.

Мастер академске студије уписала је 2017. године и завршила је 2018. године, такође на Рударско – геолошком факултету, Универзитета у Београду, са просечном оценом 9,70 (девет и 70/100) одбранивши мастер рад под називом „Моделирање дисперзије прашине у ваздуху на подручју површинског копа Велики Кривељ” и тако стекла звање мастер инжењер заштите животне средине.

Докторске студије уписала је школске 2018/2019. године, студијски програм Рударско инжењерство. Закључно са школском 2020/2021. године положила је испите предвиђене студијским планом и програмом са просечном оценом 9,42 (девет и 42/100) и постигнутим укупним бројем ЕСПБ бодова 120.

1.2. Стечено научно – истраживачко искуство

На докторским академским студијама положила је следеће испите:

Ознака	Назив	Оцена	ЕСПБ
13-ЗВКОР	Вишекритеријумско одлучивање у рударском инжењерству	10	10
13-ЗИДД1	Израда докторске дисертације	10	10
13-ЗГГИС	Геостатистика и геоинформациони системи	8	10
13-ЗПММР	Примена метода меког рачунарства у рударском инжењерству	8	10
13-ЗИДД2	Израда докторске дисертације	10	10
13-ЗИНФС	Информациони системи	7	10
13-ЗИДД3	Израда докторске дисертације	10	10
13-ЗУПОТ	Управаљање отпадом	10	10
13-ЗАЕРО	Аерозагађење	10	10
13-ЗИДД4	Израда докторске дисертације	10	10
13-ЗТПЛЕ	Теоријски принципи лужења и екстракције минералних и техногених сировина	10	10
13-ЗАНЖЦ	Анализа животног циклуса	10	10

Од августа 2019. године запослена је у Лабораторији за материјале (170) Институт за нуклеарне науке “Винча“ – Институт од националног значаја за Републику Србију Универзитета у Београду као истраживач приправник. Приликом истраживачког рада у Лабораторији за материјале Института за нуклеарне науке "Винча" ангажована је на

пословима који се односе на синтезу, карактеризацију и примену материјала у различите сврхе као што су: уклањање различитих органских и неорганских загађивача из контаминираних вода и водених ресурса (на пример: цијанобактерије, цијанотоксини, ксантати, тешки метали – олово, бакар, кадмијум, итд); као и на проналажењу употребне вредности и примени отпадних материјала у различитим индустријама. Такође, ангажована је и на пословима који се односе на развој и примену материјала у енергетици, а пре свега за добијање SOFC горивних ћелија. У оквиру рада у Лабораторији, овладала је свим неопходним експерименталним и различитим инструменталним техникама као што су: инфрацрвена спектроскопија (ФТИР), УВ/ВИС спектрофотометрија, рендгенска спектрометрија (XRD), а такође упознала се и са другим методама карактеризације. Од почетка рада у Лабораторији за материјале, Андријана Недељковић је ко-аутор укупно пет радова који су категорије М33 и М21.

До сада, према подацима индексне базе Scopus, публиковани радови Андријане Недељковић, цитирани су укупно 11 пута без аутоцитата, док вредност h-индекса износи 1 без аутоцитата.

Током докторских студија, Андријана Недељковић учествовала је у реализацији једног националног пројекта финансираног од стране Министарства Републике Србије, TR37021 **"**Испитивање и верификација метода за мултидисциплинарне форензичке анализе у функцији непролификације оружја за масовно уништење" и у реализацији пројеката сарадње науке и привреде финансираног од стране Европске банке за обнову и развој под називом **„**Waste materials generated during production of heating devices as material with usable".

Такође, учествовала је и на реализацији две теме: Нови материјали на бази алумосликата, отпадне биомасе и угљеничних материјала у функцији очувања животне средине 1702105 (6 месеци) и Примена керамичких, угљеничних и композитних материјала у чврстом стању у области енергетике и електронике 17021003 (6 месеци).

1.3. Списак објављених научних и стручних радова и теме радова

- **Међународни симпозијум:**

Андријана Недељковић била је један од чланова Организационог одбора седмог Међународног симпозијума рударства и заштите животне средине - MEP 19 који је

одржан од 25 - 28. септембра 2019. године - 7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM MINING AND ENVIRONMENTAL PROTECTION (MEP19)

1. **Научни часопис од међународног значаја (М21):**
    1. **Nedeljković, A**., Stojmenović, M., Gulicovski, J., Ristić, N., Milićević, S., Krstić, J., Kragović, M. (2020), Waste Slag from Heating Plants as a Partial Replacement for Cement in Mortar and Concrete Production. Part I—Physical–Chemical and Physical–Mechanical Characterization of Slag, *Minerals*, *10* (11), 992.

2. **Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33):**
    1. Alvarez R, Ordóñez A, Loredo J, **Nedeljković A**, Ristović I. The problem of contaminated land with Hg from mining activities through two case studies in Serbia and Northern Spain. 7th International Symposium Mining and Enviromental Protection, September 25-28, 2019,Vrdnik, Serbia, 1-8; ISBN: 978-86-7352-354-5
    2. Kragović M, **Nedeljković A**, Gulicovski J, Dodevski V, Mihajlović ,Stojmenović M, Sekulić Ž, Removal of heavy metals from contaminated aqueous solutions by using natural and eco-friendly materials based on mineral raw materials and waste biomass, 40. Međunarodna konferencijaVodovod i Kanalizacija 2019, 01 - 04. oktobar 2019, Novi Sad, Serbia, In press.
    3. M. Kragović, M. Stojmenović, J. Petrović, J. Loredo, S. Pašalića, **A. Nedeljković**, I. Ristović, Influence of alginate encapsulation on point of zero charge (pHpzc) and thermodynamic properties of the natural and Fe(III) - modified zeolite, **Procedia Manufacturing, Special issue, 32 (2019) 286–293.**
    4. Milena Lekić, **Andrijana Nedeljković**, Tomislav Šubaranović, Application of a method for multi-criteria analysis in phytoremediation of minespoil, II International symposium - Mining and Geology today, pp. 275 - 284, 978-86-82673-14-9(RI), Belgrade, 4 – 5 Dec, 2018.

1.4. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Андријана Недељковић, мастер инжењер заштите животне средине, положила је испите предвиђене акредитованим докторским академским студијама на студијском програму Рударско инжењерство.

У Институту у коме ради ангажована је на пословима који се односе на синтезу, карактеризацију и примену материјала у различите сврхе као што су: уклањање различитих органских и неорганских загађивача из контаминираних вода и водених ресурса (на пример: цијанобактерије, цијанотоксини, ксантати, тешки метали – олово, бакар, кадмијум, итд); као и на проналажењу употребне вредности и примени отпадних материјала у различитим индустријама. Такође, ангажована је и на пословима који се односе на развој и примену материјала у енергетици, а пре свега за добијање SOFC горивних ћелија.

Током докторских студија и извођења планираних истраживања, Андријана Недељковић представила се као темељан истраживач, који је током времена значајно унапредио свој истраживачки потенцијал.

На основу биографских података кандидата, њених стручних и научних активности, као и објављених радова, Комисија сматра да кандидат Андријана Недељковић, мастер инжењер заштите животне средине испуњава услове и да је подобна за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. ПРЕДМЕТ И ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

2.1. Предмет истраживања

У Србији постоје значајне резерве угља које далеко премашују резерве свих осталих фосилних горива на овим просторима и представљају уједно и стратешку енергетску сировину на којој се како у досадашњем, тако и у будућем периоду суштински заснива енергетски развој и економски раст Републике Србије. Угаљ се дуги низ година претежно користи као стратешки енергент у нашој земљи.

Угаљ је запаљиво црно – смеђа седиментна стена органског порекла и састоји се пре свега од угљеника и угљоводоника, али и од различитих других елемената (сумпора, кисеоника и азота). Постоји више врста угљева и то: тресет, мрки угаљ, камени угаљ и антрацит, док је графит познат као „dead carbon" последњи степен трансформације органске супстанце угљева.

Лигнит представља један од стратешких извора енергије у Србији и због своје примене и количине има изузетан потенцијал у енергетском смислу. Због ниске густине, сиромашног састава и високог садржаја влаге користи се готово искључиво као гориво у

процесима производње електричне и топлотне енергије. Поред примене као енергента, лигнит се у мањим количинама користити и у другим индустријама, као енергент у производњи цемента, челика итд.

Један од проблема који прати производњу електричне или топлотне енергије коришћењем угља јесте проблем тзв. "енергетског отпада". Сагоревањем лигнита добија се отпад као што су шљака и пепео који садрже сумпор - диоксид и алуминијум - оксид, али и тешке метале као што су волфрам, кадмијум, хром, олово, жива, итд., који имају утицај на загађење земљишта, као и површинских и подземних вода. Са друге стране, загађење ваздуха које настаје сагоревањем лигнита у ложиштима, може да потиче и од самозапаљења остатака угља који се налази као прослојак у непотпуно сагорелом делу шљаке. Непотпуно сагоревање доводи до стварања угљен - моноксида, који у комбинацији са суспендованим честицама, азотним и сумпорним оксидима прави физичку смешу гасова у којој се могу наћи и полициклични ароматични угљоводоници који имају иизузетно негативне ефекте на животну средину.

С обзиром на то да се у Србији већина електричне енергије (~ 65%) добија из термоелектрана сагоревањем лигнита, као и на то, да се у великом броју топлана лигнит користи као основни енергент, постоји значајно генерисање и емисија штетних супстанци. У Србији се годишње генерише летећег пепела и шљаке у количини од око шест милиона тона, од чега се шљака генерише у количини од око 500 - 600 хиљада тона, што представља око 10 % од укупне количине отпада из сагоревања лигнита. Из тог разлога се пажња мора усмерити ка смањењу количина овог отпада, тј. већем искоришћењу при сагоревању лигнита, као и ка безбедном одлагању шљаке и пепела као секундарних минералних сировина. Особине, састав и штетно дејство овог отпада је хетерогено и комплексно, па примена нових технологија у сврху решавања проблема отпада који настаје од сагоревања лигнита, захтева детаљно познавање карактеристика отпада и процеса кроз које енергенти пролазе како би се добили крајњи производи.

За разлику од пепела, чија је практична примена веома истражена, практична примена шљаке је још увек недовољно истражена. На основу прегледа литературе код нас и у свету, долази се до закључка да се веома мало користе велике количине генерисане шљаке, тј. да имају малу употребну вредност, док се знатно веће количине одлажу на депоније у близини места генерисања које често покривају значајне површине обрадивог

земљишта, што представља велики технички, економски и еколошки проблем. Са аспекта практичне примене, веома је важно да употреба шљаке нема негативне ефекте на животну средину, већ само ефекте који се позитивно огледају у заштити природних ресурса, смањењу емисије CO_2, уштеди енергије и пре свега, смањењу количина неискоришћеног отпадног материјала из рударства и енергетике. Честице шљаке су великих димензија и доказано је да се као такве могу користити као агрегат у изградњи путева, у индустрији опеке, као и у производњи такозваних блокова од шљаке. Примена шљаке у индустрији Србије је тек у почетној фази, тако да је удео искоришћене шљаке у односу на укупно генерисану количину шљаке веома мали.

Са друге стране, у Србији се често не поштују прописи који ограничавају емисију штетних материја у подземне и површинске воде, што је посебно изражено код отпадних вода из рударске индустрије: рудничке отпадне воде и воде са флотацијских и других рударских јаловишта и одлагалишта. Зато се процесу пречишћавања отпадних рудничких и индустријских вода мора приступити крајње озбиљно. У том смислу, развој еколошки прихватљивих адсорбената од материјала који у себи садрже отпадни материјал (шљаку) која сама по себи представља еколошки проблем, у циљу уклањања загађивача из отпадних вода представља добар корак у том правцу.

Јаловишта која настају прерадом руде садрже велику количину хемијских реагенаса, што резултира угрожавањем животне средине. Неки од реагенаса који се користе у процесу прераде минералних сировина су колектори, попут ксантата, који су важни у процесу флотације сулфидних минерала. Упркос тенденцији избацивања ксантата због њиховог негативног утицаја на животну средину, њихова употреба у индустријским постројењима још увек постоји, па и расте. Потрошња ксантата емпиријски износи око 10g по 0,1 mas % метала. Светска потрошња ксантата у рударској индустрији је значајна и износила је 52.000 t (1980. године) и процењује се да ће бити око 372.000 t (до 2025. године). Иако се ксантати користе за екстракцију корисних елемената из руде, значајна количина остаје у отпадном материјалу и одлаже се на депонијама. Заостали ксантати и њихови продукти разградње, чак и при веома ниским концентрацијама (<1mg/dm3) у отпадним водама, могу проузорковати велику штету и изазвати озбиљне последице по животну средину, здравље људи као и опстанак флоре и фауне у окружењу депонованог отпада.

По хемијским особинама, ксантати су анјонски колектори који се састоје од угљоводоничног неполарног радијалног дела и поларне групе који се сматра токсичним по животну средину и здравље људи. Утврђено је да присуство ксантата у животној средини, услед контакта са људима (директно или индиректно кроз конзумирање загађене воде или хране) може довести до бројних обољења и негативних последица по човеково здравље, каошто су: иритација коже, очију, дисајних органа, тежа или лакша тровања, дрхтавица, несвестица, пад притиска итд., док дуготрајна изложеност ксантатима може довести до ометања функција нервног система укључујући симптоме умора, несанице, главобоље, раздражљивост, можда чак довести и до срчаног удара, губитка слуха и трајног оштећења вида. Због тога је неопходно развити ефикасне методе за третман и уклањање ксантата из отпадних вода са депонија рударског отпада. Од свих техника, адсорпција је најједноставније и најефикасније решење, нарочито ако се користи у комбинацији са еколошки прихватљивим адсорбентима, посебно ако су добијени од отпадног материјала који сам по себи представља проблем по животну средину.

Фокус предложене докторске дисертације је развој савременог, еколошки прихватљивог, лако доступног и јефтиног материјала, добијеног од шљаке, генерисане сагоревањем лигнита у термоелектранама и топланама Републике Србије, за уклањање и адсорпцију ксантата из загађених вода које потичу из рудничких јаловишта. У циљу добијања материјала што бољих адсорпционих карактеристика, на отпадној шљаци биће примењене различите методе органиских и неорганских модификација и такође, биће испитивана и могућност комбиновања тако модификоване шљаке са другим еколошким материјалима као што су различите модификоване и немодификоване минералне сировине. Изабрани материјал ће затим бити детаљно окарактерисан различитим хемијским и физичко - хемијским методама и инструменталним техникама као што су одређивање хемијског састава помоћу класичне хемијске анализе, термогравиметријске (TGA) и диференцијалне термијске анализе (DTA), одређивања специфичне површине (BET), рендгенске дифракционе анализе (XRD), скенирајуће електронске микроскопије (ФСЕМ) и инфрацрвене спектроскопске анализе (ФТIР). Како би се остварила што боља предвидивост тако добијеног и окарактерисаног материјала, као и објаснио механизам везивања ксантата, биће испитивана његова ефикасност при различитим експерименталним условима (темпетарура, маса адсорбента, концентрација ксантата, pH,

време, итд) на вештачки синтетисаним као и на реалним узорцима, у статичким и динамичким условима.

Нови материјал добијен од шљаке из процеса сагоревања лигнита, а који би служио за уклањање и адсорпцију ксантата из загађених рудничких и индустријских вода, у сваком случају представљаће нови производ са високим садржајем ксантата као загађујућег елемента. У схврху оцене садржаја ксантата у таквом материјалу, биће урађена и детаљна карактеризација контаминираних узорака.

Имајући у виду да добијени материјал садржи загађујуће елементе, пре свега ксантате, на крају овог истраживања, урадиће се анализе и донети закључци о потенцијалној могућности употребе овог материјала у различитим индустријама (грађевинска индустрија, енергетика, итд.) чиме ће се заокружити циклус истраживања валоризације отпада из процеса сагоревања лигнита у ложиштима термоелектрана и топлана, тачније циклус: отпадна шљака - материјал са употребном вредношћу (адсорбент) - отпадни материјал (контаминирани адсорбент) – материјал са употребном вредношћу (грађевинска индустрија, енергетика, итд.) који ће у потпуности бити у складу са принципима одрживог развоја рударства и енергетике, примени zero – waste технологије и примени принципа циркуларне економије.

На овај начин, добијен материјал ће бити потпуно испитан, еколошки, високо ефикасан у уклањању ксантата, чија својства ће у потпуности бити испитана, а ефикасност предвидива при различитим условима.

2.2. Циљ истраживања

Општи циљ истраживања докторске дисертације јесте решавање еколошких проблема кроз проналажење употребне вредности отпаду. У том смислу, шљака настала од сагоревања лигнита из термоелектрана и топлана биће испитана као адсорбент ксантата из водених раствора и као додатак цементу у производњи малтера и бетона.

При томе, дефинисана су 3 специфична циља и то:

1. Решавање еколошког проблема – шљака као материјал без употребне вредности, кроз проналажење употребне вредности.
2. Испитивање могућности примене отпадне шљаке као материјала који ће бити ефикасан у уклањању ксантата из контаминираних водених раствора. Развој

јединствене методе модификације и испитивање ефикасности добијеног материјала у уклањању ксантата.

3. Испитивање могућности примене отпадне шљаке као додатак цементу при производњи малтера и бетона.

Релевантна литература

За потребе израде докторске дисертације ће бити коришћена сва релевантна публикована литература:

1. Mining Technology, https://www.mining-technology.com/features/feature-the-worlds-biggest-coal-reserves-by-country/(Date of access: 19/05/2020).
2. Milovanović Z., Chapter: 7 Edition: Monographs "Energy and process plants". Thermal power plants - Theoretical bases, University of Banja Luka, Faculty of Mechanical Engineering, Banja Luka, 2005; 385-392.
3. American geosciences institute, https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/what-are-the-different-types-of-coal; Date of access: (date of accessed: 19/05/2020).
4. Statista https://www.statista.com/statistics/605024/major-lignite-consuming-countries-globally/date 8/4/2020.
5. Dwivedi A., Jain M., Fly ash. Waste management and overview. Recent Research in Science and Technology : A Review, 2014, 6 (1), 30 - 35.
6. Terzić A., Mijatović N., Milićević LJ., Radojević Z., Slag from coal combustion process as a secondary raw material for use in building composites. Contemporary materials and constructions with regulations, Belgrade, Serbia, June 17, 2016; Dragica Jevtić; Society for Testing and Research of Materials and Structures, Belgrade, Serbia; 51-60.4.
7. Li R., Wang L., Yang.T., Raninger B., Investigation of MSWI fly ash melting characteristic by DSC–DTA, Waste Management 2007, 27, 1383–1392.
8. Ming-Chi W., Ming-Yen W., Jiann-Harng H., Jyh-Cherng C., Stability of heavy metals in bottom ash and fly ash under various incinerating conditions, Journal of Hazardous Materials 1998, 57, 145-154.

9. Terzić A. Pezo L., Mijatović N., Stojanović J., Kragović M., Miličić Lj., Andrić LJ., The effect of alternations in mineral additives (zeolite, bentonite, fly ash) on physico-chemical behavior of Portland cement based binders, Construction and Building Materials 2018, 180, 199–210.
10. Xinlei Sun, Yaolin Yi, pH evolution during water washing of incineration bottom ash and its effect on removal of heavy metals, Waste Management 2020, 104, 213–219.
11. European List of Waste, The classification of waste based on: the European List of Waste (Commission Decision 2000/532/EC – consolidated version) and Annex III to Directive 2008/98/EC (consolidated version), http://data.europa.eu/eli/dec/2000/532/2015-06-01
12. Guojing Wong, Xiaohui Fan, Min Gan, Zhiyun Ji, Hengdi Ye, Zhian Zhou, Zaocai Wang, Resource utilization of municipal solid waste incineration fly ash in iron ore sintering process: A novel thermal treatment, Journal of Cleaner Production In press, journal pre-proof 2/04/2020Article 121400
13. Hu C., Microstructure and mechanical properties of fly ash blended cement pastes. Construction and Building Materials, 2014, 73, 618–625.
14. K. Zabielska-Adamska., Laboratory compaction of fly ash and fly ash with cement additions. Journal of Hazardous Materials 2008; 151 (2–3), 481–489.
15. Nadesan M., Dinakar P., Mix design and properties of fly ash waste lightweight aggregates in structural lightweight concrete. Case Studies in Construction Materials2017, 7, 336–347.
16. Nadesan M., Dinakar P., Mix design and properties of fly ash waste lightweight aggregates in structural lightweight concrete. Case Studies in Construction Materials2017, 7, 336–347.
17. Terzić A., Pavlović LJ., Radojević Z., Pavlović V., Mitić V. Novel Utilization of Fly Ash for High-temperature Mortars: Phase Composititon, Microstructure and Performance Correlation. Internationl Journal of Applied Ceramic Technology 2015, 12:1, 133-146
18. Wang S., Baxter L., Fonseca F., Biomass fly ash in concrete: SEM, EDX and ESEM analysis 2008, Fuel 87 372–379.
19. Adu-Amankwah S., Zajac M., Stabler C., Lothenbach B. Influence of limestone on the hydration of ternary slag cements. Cement and Concrete Research 2017, 100, 96–109.

20. Sun H., Quian J., Yang Y., Fan C., Yue Y. Optimization of gypsum and slag contents in blended cement containing slag. Cement and Concrete Composites 2020, 112, 103674
21. Yoon H.N., Seo J., Kim S., Lee H.K., Park S. Characterization of blast furnace slag-blended Portland cement for immobilization of Co. Cement and Concrete Research 2020, 134, 106089.
22. Aydin S., Baradan.B., Effect of pumice and fly ash incorporation on high temperature resistance of cement based mortars, Cement and Concrete Research 2007,37(6), 988- 995
23. Dubinin M. M., Physical adsorption. Progress in Surface Press, and Membrane Science, Cadenead D.A., Danielli J.F., Rosenberg M.D., Academic Press New York, London, 1975; 9,1-70.
24. Dollimore D., Heal G.R., An improved distribution method for the calculation of pore size from adsorption data, Journal of Applied Chemistry 1964, 14, 109–114.
25. Marinković S., Trifunović P., Tokalić R., Matijašević S., Kostić-Pulek A., DTA/TGA studies of bottom ash from the „Nikola Tesla“ power plant from Serbia for the purpose of its utilization in road construction, 36th International Conference of SSCHE, Tatransk'eMatliare, Slovakia, May 25–29, 2009, p.p. 094-1-094-8.
26. Maroto-Valer M., Taulbee D., Hower J., Characterization of differing forms of unburned carbon present in fly ash separated by density gradient centrifugation, Fuel, 2001, 80 (6),759-800.
27. Hill R., Sarkar S., Rathbone R., Hower J., An examination of fly ash carbon and its interactions with air entraining agent, Cement and Concrete Research, 1997, 27 (2), 193-204.
28. Zeng Q., Li K., Chong T., Dangla P., Determination of cement hydration and pozzolanic reaction extents for fly-ash cement pastes. Construction and Building Materials, 2012, 27, 560–569.
29. Bertier P., Schweinar K., Stanjek H., Ghanizadeh A., Clarkson C. R., Busch A., Kampman N., Prinz D., Amann-Hildenbrabd A., Krooss B. M., and Pipich V., On the use and abuse of N_2 physisorption for the characterization of the pore structure of shales, In, The Clay Minerals Society Workshop Lectures 2016, 21. 2 151-161.
30. Wu H., XieH.,He G., Guan Y., Zhang Y., Effects of the pH and anions on the adsorption of tetracycline on iron-montmorillonite, Applied Clay Science 2016, 119, 161–16.

31. Bosch-Reig F., Gimeno-Adelantado J.V., Bosch-Mossi F., Doménech-Carbó A., Quantification of minerals from ATR-FTIR spectra with spectral interferences using the MRC method. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 2017; 181, 7–12.
32. Panayotova, M., Mintcheva, N., Gicheva, G.D., Panayotov, V., Djerahov, L., Ivanov, B., 2019. Xanthate removal from waste water by using silver nanoparticles - zeolite composite. Ecol. Saf. 13, 58–67.
33. Shen, Y., Nagaraj, D.R., Farinato, R., Somasundaran, P., 2016. Study of xanthate decomposition in aqueous solutions. Miner. Eng. 93, 10–15.
34. Sun, Z., Forsling, W., 1997. The degradation kinetics of ethyl-xanthate as a function of pH in aqueous solution. Miner. Eng. 10 (4), 389–400
35. Mustafa, S., Hamid, A., Naeem, A., 2004. Temperature effect on xanthate sorption by chalcopyrite. J. Colloid Interface Sci. 275 (2), 368–375.
36. Chen, X. H., Hu, Y. H., Peng, H., & Cao, X. F. (2015). Degradation of ethyl xanthate in flotation residues by hydrogen peroxide. *Journal of Central South University*,*22*(2), 495-501.
37. Elizondo-Álvarez, M. A., Uribe-Salas, A., Bello-Teodoro, S. (2021). Chemical stability of xanthates, dithiophosphinates and hydroxamic acids in aqueous solutions and their environmental implications. *Ecotoxicology and Environmental Safety*,*207*, 111509.
38. Rezaei, R., Massinaei, M., & Moghaddam, A. Z. (2018). Removal of the residual xanthate from flotation plant tailings using modified bentonite. Minerals Engineering, 119, 1-10.
39. Amrollahi, A., Massinaei, M., Moghaddam, A. Z. (2019). Removal of the residual xanthate from flotation plant tailings using bentonite modified by magnetic nano-particles. Minerals Engineering, 134, 142-155.
40. Montalti, M., Fornasiero, D., Ralston, J. (1991). Ultraviolet-visible spectroscopic study of the kinetics of adsorption of ethyl xanthate on pyrite.Journal of colloid and interface science,143(2), 440-450.

3. ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ

Докторска дисертација ће се заснивти на следећим хипотезама:

Полазна хипотеза – Решавање еколошких проблема валоризацијом и поновном употребом материјала који представљају отпад и имају велики негативан утицај на животну средину, а да се при томе добије и економска корист.

Хипотеза 1. – Шљака која настаје сагоревањем лигнита у термоелектранама и топланама која је еколошки проблем може имати употребну вредност. Кроз различите методе карактеризације, као и применом различитих метода модификације, потребно је доказати да је шљака настала сагоревањем лигнита у ложиштима термоелектрана и топлана, економски и еколошки погодна за употребу у разним гранама индустрије.

Хипотеза 2. – Отпадна шљака настала као продукт сагоревања лигнита, може се користити као адсорбент ксантата из контаминираних рударских и индустријских отпадних вода. Одговарајућим методама модификације, и испитавањем утицаја различитих параметара на ефикасност уклањања ксантата биће постигнуто добијање еколошког материјала, који ће бити потпуно предвидивих особина и ефикасан у уклањању ксантата.

Хипотеза 3. – Нови материјал (шљака као адсорбент) добијен након адсорпције ксантата из рударских и индустријских отпадних вода, може, као и шљака из процеса сагоревања лигнита, бити поново употребљен у разним индустријским применама.

4. НАУЧНЕ МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА

Приликом израде докторске дисертације биће коришћене следеће методе за физичко – хемијску карактеризацију узорака и то: одређивање хемијског састава помоћу класичне хемијске анализе, термогравиметријске (TGA) и диференцијалне термијске анализе (DTA), одређивање специфичне површине (BET), рендгенске дифракционе анализе (XRD), скенирајуће електронске микроскопије (ФСЕМ), одређивање тачке нултог наелектрисања, инфрацрвене спектроскопске анализе (ФТIР), итд.

Одређивање хемијског састава и садржаја тешких метала у шљаци биће урађено класичном хемијском анализом применом атомског апсорпционог спектрофотометра Aanalist 300 и спектрофотометра Specol 1300 применом стандардних и развијених метода.

Одређивање тачке нултог наелектрисања узорака биће урађено применом стандардних метода.

За испитивање термијских својстава узорака биће коришћена симултана термогравиметријска анализа (TGA) и диференцијална термијска анализа (DTA). За мерење ће бити коришћен инструмент Setaram Setsis Evolution.

Текстурална својстава шљаке биће добијена праћењем адсорпције азота на -196°C на уређају „Sorptomatic 1990 Thermo Finnigan". Специфична површина узорака шљаке биће одређена помоћу Brunauer – Emmett – Teller (BET) методе. За одређивање запремина микропора (Vmic-DR) биће коришћена Dubinin Radushkevich (DR) једначина. Запремине мезопора (Vmeso) биће одређене помоћу Dollimore и Heal метода.

Структурна својства и састав кристалне фазе узорака биће одређени помоћу рендгенске дифракционе анализе (XRD). За анализу узорака биће коришћен Philip PB-1710 рендгенски дифрактометар са сцинтилационим бројачем и закривљеним графитним монохроматором.

Испитивање морфолошких и микроструктурних својстава шљаке биће урађено употребом скенирајуће електронске микроскопије (ФСЕМ)) на инструменту TESC0AN Mira3 KSMU.

Инфрацрвена спектроскопска анализа шљаке и портланд цемента биће урађена на уређају „Thermo Scientific „NicoletiS50". Снимање ће бити рађено ATR (Attenuated Total Reflectance – ометана тотална рефлексија) техником у опсегу од 4000 до 400 cm-1.

Такође, за израду докторске дисертације користиће се и физичко - механичке методе које укључују: испитивање пуцоланске активности, потреба за водом, почетак везивања, сталност запремине, а такође ће бити урађен и тест испирања „leching test". Сва испитивања ће бити урађена у складу са одговарајућим стандардима које дефинишу прописи које малтери и бетони морају испунити да би могли да се користе.

Поред напред наведених, користиће се и методе испитивања које се односе на уклањање ксантата из водених раствора као што су: утицај почетног pH, утицај величине честица адсорбената и почетне концентрације ксантата, утицај реакционог односа

чврсто/течно, утицај температуре, кинетика, испитивање адсорпционо – десорпционих процеса, као и уређаји и методе за испитивање могућности примене једном искоришћених и ксантатима контаминираних узорака као извора енергије.

5. ОЧЕКИВАНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

У предложеној докторској дисертацији биће истражена и анализирана проблематика добијања еколошки прихватљивог материјала, валоризацијом шљаке генерисане сагоревањем лигнита у термоелелктранама и топланама Републике Србије.
Фокус дисертације јесте развој савременог, јефтиног и лако доступног материјала добијеног из шљаке који ће имати широку употребну вредност, док ће се са друге стране анализирати и донети закључци о могућностима примене шљаке која настаје сагоревањем лигнита у великим ложиштима и могућностима примене новог материјала који настаје у адсорпционо – десорпционим процесима уклањања ксантата из контаминираних рударских и индустријских отпадних вода.

Научни доприноси који се очекују су:

- Проналажење употребне вредности отпадне шљаке која настаје у процесу сагоревања лигнита у рударској, грађевинској и другим индустијама.
- Примена и развој различитих метода органских и неорганских модификација у циљу добијања што бољих адсорпционих карактеристика отпадне шљаке и могућности комбиновања тако модификоване шљаке са другим материјалима.
- Развоју савременог еколошки прихватљивог адсорбента од материјала који у себи садрже отпадни материјал (шљаку), у циљу уклањања загађивача из отпадних рударских и других индустријских вода.
- Примена добијеног материјала за ефикасно уклањање ксантата из рудничких и индустријских отпадних вода.
- Примена нових адсорпционих материјала насталих на бази отпадне шљаке у индустрији, који ће у потпуности бити у складу са принципима zero – waste технологијом.

6. ПЛАН ИСТРАЖИВАЊА И СТРУКТУРА РАДА

План истраживања докторске дисертације одвија се у три правца:

1. **Употребна вредност шљаке** – урадиће се следеће методе карактеризације: одређивање хемијског састава помоћу класичне хемијске анализе, термогравиметријска (TGA) и диференцијална термијска анализа (DTA), одређивање специфичне површине (BET), рендгенска дифракциона анализа (XRD), скенирајућа електронска микроскопија (ФСЕМ), одређивање тачке нултог наелектрисања, инфрацрвена спектроскопска анализа (ФТIР), итд. Биће урађена испитивања пуцоланске активности, упијања воде, време почетака везивања, сталности запремине, теста испирања „leaching test". Применом различитих метода модификације, може се показати да је шљака економски и еколошки погодна за коришћење у грађевинској индустрији и другим индустријама.
2. **Уклањање ксантата из водених раствора** – биће испитивана ефикасност новог материјала насталог модификацијом са другим материјалима и његова ефикасност при различитим експерименталним условима (температура, маса адсорбента, концентрација ксантата, pH, време, итд.). Материјал ће бити припреман различитим методама модифакције као што су: утицај почетног pH, утицај величине честица адсорбената и почетне концентрације ксантата, утицај реакционог односа чврсто/течно, утицај температуре, кинетика, испитивање адсорпционо – десорпционих процеса;

Као резултат наведеног рада, очекује се да ће основу структуре докторске дисертације чинити следећа основна поглавља:

- У уводном делу биће дефинисана проблематика која ће бити предмет тезе, преглед литературе, као и основне идеје које се желе потврдити и усвојити;
- У другом делу биће детаљно описане методе којеће се користити у циљу добијања коначних резултата;

- У трећем делу биће приказани резултати који се односе на моделе који су предмет експерименталних метода, (резултати о карактеристикама и особинама експерименталних модела - узорака);
- У четвртом делу биће приказан модел који ће се добити на основу резултата приказаних из претходног поглавља, и извршиће се поступак утврђивања – проверавања ваљаности готовог произовда;
- Последње поглавље ће указати на предности и мане примене модела, биће дати закључци и смернице даљег научног рада.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу увида у документацију за пријаву теме докторске дисертације **Андријане Недељковић,** мастер инжењера заштите животне средине, као и анализе наведене литературе која је подржава, Комисија сматра да кандидат испуњава све Законом предвиђене услове за пријаву теме докторске дисертације. Кандидат има положене испите предвиђене на докторским студијама, студијски програм „Рударско инжењерство“. Такође, кандидат има формирана истраживачка искуства која су неопходна за решавање предложене проблематике докторске дисертације. Комисија је мишљења да је предложена тема под насловом**“ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ОТПАДА ИЗ ПРОЦЕСА САГОРЕВАЊА ЛИГНИТА У ЛОЖИШТИМА ТЕРМОЕЛЕКТРАНА И ТОПЛАНА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ”** научно заснована и актуелна. Такође, да ће резултати планираних истраживања дати значајан допринос бољем познавању проблематике примене отпадних материјала у области заштите животне средине и да наведена тема може бити предмет предложене докторске дисертације.

За менторе ове докторске дисертације предлажу се Проф. др Ивица Ристовић, редовни професор на Катедри за пројектовање и планирање површинских копова Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду и др Милан Краговић, виши научни сарадник у Институту за нуклеарне науке "Винча" – Институт од националног значаја за Републику Србију Универзитета у Београду.

Комисија предлаже Наставно научном већу Рударско – геолошког факултета, Универзитета у Београду да одобри израду докторске дисертације под називом

“ИСТРАЖИВАЊЕ МОГУЋНОСТИ ВАЛОРИЗАЦИЈЕ ОТПАДА ИЗ ПРОЦЕСА САГОРЕВАЊА ЛИГНИТА У ЛОЖИШТИМА ТЕРМОЕЛЕКТРАНА И ТОПЛАНА У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ“, кандидата **Андријане Недељковић,** мастер заштите животне средине.

У Београду, 08.06.2021. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Ивица Ристовић, Редовни професор,
Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду

_____

Проф. Александар Цвјетић, Редовни професор,
Рударско-геолошки факултетУниверзитета у Београду

_____

Проф. Предраг Лазић, Редовни професор,
Рударско-геолошки факултетУниверзитета у Београду

_____

др Милан Краговић, виши научни сарадник,
Институт за нуклеарне науке “Винча“,
Институт од националног значаја за Републику Србију
Универзитета у Београду

_____

др Марија Стојменовић, виши научни сарадник,
Институт за нуклеарне науке “Винча“,
Институт од националног значаја за Републику Србију
Универзитета у Београду

_____