

**ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

**-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена**

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

**I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**

1. Датум и орган који је именовao комисију

Решењем бр. 012-199/41-2018 од 31.10.2019. године, на основу Одлуке Научно-наставног већа Факултета техничких наука, а у складу са Статутом Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.

2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:

1. др **Миодраг Хаџистевић**, редовни професор, УНО: Метрологија, квалитет, еколошко-инжењерски аспекти, алати и прибори, 22.04.2015., Факултет техничких наука, Нови Сад, председник.
2. др **Бојан Батинић**, доцент, УНО: Инжењерство заштите животне средине, 23.10.2015., Факултет техничких наука, Нови Сад, члан.
3. др **Драган Адамовић**, доцент, УНО: Инжењерство заштите животне средине, 10.07.2015., Факултет техничких наука, Нови Сад, члан.
4. др **Зоран Чепић**, доцент, УНО: Инжењерство заштите животне средине, 01.12.2018., Факултет техничких наука, Нови Сад, члан.
5. др **Милан Милотић**, доцент, УНО: Остала инжењерства и технологије, 2015., Саобраћајни факултет, Добој, члан.
6. др **Славко Ђурић**, редовни професор, УНО: Инжењерство заштите животне средине, 26.04.2017., гостујући професор, 27.12.2018., Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор.

**II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

1. Име, име једног родитеља, презиме:

**Драгиша, Милорад, Ђорђић**

2. Датум рођења, општина, држава:

**25.07.1969., Бијељина, Босна и Херцеговина**

3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив

**Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Инжењерство заштите животне средине, Специјалиста инжењер заштите животне средине и Мастер инжењер саобраћаја**

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија

**2015. год., Инжењерство заштите животне средине**

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -

### III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

**Ревитализација и сагоревање отпадних трансформаторских и моторних уља у функцији заштите животне средине**

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикана и сл.

Предмет истраживања у докторској дисертацији представљају отпадна трансформаторска уља (ОТУ) и отпадна моторна уља (ОМУ), те ревитализација и сагоревање отпадних уља, у функцији заштите животне средине. Наведени предмет истраживања је веома важан сегмент у различитим областима заштите, а приоритетно заштите животне средине, посебно због све већег загађења и угрожавања животне, али и радне средине.

Докторска дисертација је изложена кроз 6 поглавља на 139 страна, садржи 65 слика/графикана/шема/дијаграма, 21 табелу, 89 литературних референци и 29 прилога. Испред основног дела текста у раду су дати: наслов рада, резиме и кључна документацијска информација.

Докторска дисертација се састоји из следећих основних поглавља:

1. Увод;
2. Законске регулативе о управљању отпадом;
3. Физичко-хемијске особине трансформаторског и моторног уља;
4. Материјални и топлотни биланс процеса сагоревања отпадних трансформаторских и моторних уља;
5. Експериментално испитивање ревитализације отпадног трансформаторског уља, параметара сагоревања и емисије отпадног трансформаторског уља, отпадног моторног уља и њихових дизел мешавина;
6. Закључак.

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

#### 1. Увод

У **првом поглављу** су дате основне дефиниције, потенцијални утицаји на животну средину и безбедност, те су наведени владајући ставови и схватања у области истраживања отпадних уља. Описан је предмет и циљ истраживања докторске дисертације, дефинисане су полазне хипотезе истраживања, те описана методологија истраживања и коришћене научне методе.

Основни циљеви истраживања усмерени су на испитивање ревитализације отпадних уља и истраживање процеса сагоревања ОТУ и ОМУ, као потенцијалних извора енергије и остваривања оптималног степена корисности, уз елиминисање или смањење ризика од контаминације животне средине и потенцијалних ванредних ситуација, које могу бити генерисане услед различитих техничких и других пропуста и отказа система заштите, при различитим манипулацијама са отпадним уљима и управљању њиховим токовима.

Прегледом и анализом релевантне литературе из области отпадних уља дефинисане су полазне хипотезе истраживања у докторској дисертацији:

- Ревитализационим третманом ОТУ се масени удели  $H_2O$  у ОТУ значајно смањују, а вредности диелектричне чврстоће ОТУ повећавају, чиме се значајно побољшавају карактеристике трансформаторског уља, безбедност рада трафостаница, а тиме и утицај на животну средину.
- Високе температуре димних гасова ОТУ, мешавине ОТУ, као и ОМУ, са дизелом у односу на дизел гориво резултују већу брзину ослобађања топлотне енергије.
- ОТУ, ОМУ и њихове мешавине са дизелом, се могу ефикасно користити као гориво у генераторима топлоте мале снаге и у разним гранама процесне индустрије, те могу смањити проблеме у вези са заштитом животне средине.

Сходно напред реченом, за реализацију постављених циљева успешно је постављена концепција и методологија истраживања.

Детаљно је приказан преглед владајућих ставова и схватања у литератури, те преглед релевантне литературе, у подручју предмета истраживања.

## **2. Законске регулативе о управљању отпадом**

Законска регулатива о отпаду у Европској Унији (ЕУ), Србији и Босни и Херцеговини (БиХ) дата је у **другом поглављу**.

Наведени су најважнији прописи, директиве, одлуке и препоруке о третманима и управљању отпадом, а посебно отпадним уљима. Поред детаљно приказаних законских норми и директива, дат је укратко и коментар на законске одредбе ЕУ, Србије и БиХ, те надлежности институција у предметној области.

## **3. Физичко-хемијске особине трансформаторског и моторног уља**

У **трећем поглављу** су описане физичко-хемијске особине и карактеристике отпадних уља као горива. Поред тога, описан је састав ОТУ и ОМУ (техничка и елементарна анализа отпадних уља). Разматран је утицај хемијског састава ОТУ и ОМУ на топлотну моћ што је посебно значајно за термичку прераду отпадних уља.

Дат је приказ постројења за сагоревање отпада и емисија загађујућих материја из постројења за сагоревање отпада.

## **4. Материјални и топлотни биланс процеса сагоревања отпадних трансформаторских и моторних уља**

**Четврто поглавље** разматра материјални и топлотни биланс процеса сагоревања ОТУ и ОМУ, са емисијама продуката сагоревања, насталих сагоревањем ОТУ, ОМУ и њихових дизел мешавина.

У оквиру овог поглавља дати су примери прорачуна материјалног биланса процеса сагоревања ОТУ, ОМУ и дизел горива. Такође су дати примери прорачуна енталпије димних гасова ОТУ, ОМУ и дизел горива.

## **5. Експериментално испитивање ревитализације отпадног трансформаторског уља, параметара сагоревања и емисије отпадног трансформаторског уља, отпадног моторног уља и њихових дизел мешавина**

У складу са постављеним циљем, хипотезама и концепцијом истраживања у **петом поглављу** су представљени резултати истраживања докторске дисертације. Јасно су изложени општи услови при којима су спроведена експериментална истраживања.

Пето поглавље описује узорковање и припрему ОТУ и ОМУ, експериментално испитивање ревитализације ОТУ, те параметара сагоревања и емисије ОТУ и ОМУ, као и њихових дизел мешавина.

За потребе истраживања, у циљу проучавања утицаја различитих параметара на излазне перформансе, успешно су примењене различите технике планирања експеримента. Граничне вредности одговарајућих параметара преузете су из литературних извора.

Прва група експерименталних испитивања обухватала је експериментално испитивање ревитализације ОТУ. Дат је опис узорковања и припреме ОТУ, затим шема лабораторијског постројења, опис експеримента, резултати и дискусија експерименталног испитивања, те компарација промене вредности битних параметара.

Друга група експерименталних испитивања обухватала је експериментално испитивање параметара сагоревања и емисије ОТУ и ОМУ, као и њихових дизел мешавина. За наведена испитивања описано је узорковање и припрема отпадних уља и њихових дизел мешавина, дат је детаљан опис експеримента, те су презентовани резултати експерименталног испитивања: анализа сагоревања, емисиони параметри (емисија азот-оксида, угљен-моноксида, угљен-диоксида) и испирање димних гасова. На крају је дата компарација испитиваних параметара за ОТУ, ОМУ и њихове дизел мешавине.

## 6. Закључак

На основу изведених експерименталних истраживања и анализа резултата у оквиру ове дисертације, спознала су се научна сазнања која су адекватно сумирана у **шестом поглављу** кроз закључке и препоруке.

У закључку, као посљедњем поглављу, презентовани су главни резултати истраживања ревитализације и сагоревања ОТУ и ОМУ, а све у функцији заштите животне средине, безбедности и здравља људи.

Коришћена **литература** обухватила је велики број научних и стручних публикација, које представљају релевантан извор информација из области спроведеног истраживања. Највећи број цитираних публикација је новијег датума из међународних научних часописа са SCI листе. Такође, консултовани су и актуелни међународни стандарди, претежно ISO стандарди, у вези са предметном темом из истраживане области.

На крају су приказани **прилози** са свеобухватним резултатима и подацима који допуњују и кореспондирају текстуални садржај дисертације.

**Комисија је позитивно оценила сва поглавља докторске дисертације.**

## VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

*Радови објављени у међународним часописима (M23):*

1. **D. Djordjic**, S. Djuric, Z. Curguz, M. Hadzistevic: Experimental revitalisation test of waste transformer oil in Republika Srpska (Bosnia and Herzegovina). Journal of Environmental Protection and Ecology, Vol. 20(2), pp. 862-871 (2019).
2. N. Dragutinovic, B. Nakomcic-Smaragdakis, S. Djuric, **D. Djordjic**: Investigation of additives in combustion of wheat straw pellets in a small scale boiler. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 11, 043101, pp. 1-9 (2019).

*Радови објављени на међународним конференцијама (M33):*

1. **D. Djordjic**, S. Djuric, M. Hadzistevic: Analysis of transformer, motor and other types of oil flow in electric power distribution system in developing countries. VI International Conference-Industrial Engineering and Environmental Protection (IIZS 2016), Zrenjanin, Serbia, pp. 200-205 (2016).
2. **D. Djordjic**, S. Djuric, M. Hadzistevic: Transformer oil and potential risks for environment. VI International Conference - Industrial Engineering and Environmental Protection (IIZS 2016), Zrenjanin, Serbia, pp. 110-115 (2016).
3. **D. Djordjic**, S. Djuric, M. Hadzistevic: Analysis of flows and management of hazardous waste in complex systems. 13th International Scientific Conference "Flexible Technologies – MMA 2018", Novi Sad, pp. 313-318 (2018).
4. **D. Đorđić**, M. Milotić, S. Đurić: Testing revitalization of waste transformer oil in Bosnia and Herzegovina. VII International Symposium „NEW HORIZONS 2019“, Doboј, Bosnia and Herzegovina (Accepted 2019).

*Рад објављен у научном часопису од националног значаја (M52):*

1. **D. Djordjic**, S. Djuric, M. Hadzistevic: Analysis and treatment of waste motor and transformer oils for environmental protection, Original Scientific Paper. Journal of Production Engineering, Vol.19(2), pp. 89-94 (2016).

## VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У дисертацији су приказани резултати експерименталних истраживања (испитивања ревитализације ОТУ, те параметара сагоревања и емисије ОТУ, ОМУ и њихових дизел мешавина) спроведених са циљем реализације што већег степена заштите животне средине.

Ревитализацијом, после третмана ОТУ, редукција масеног удела  $H_2O$  у електроенергетским објектима Р.Српске (БиХ) кретала се од 64,89% у трафостаници Милићи до 76,46% у трафостаници Зворник. Повећање вредности диелектричне чврстоће трансформаторског уља након третмана у електроенергетским објектима кретало се од 6,67% у трафостаници Милићи до 64,38% у трафостаници Зворник, што представља најбољи ефекат ревитализације ОТУ, у оквиру трафостаница Р.Српске, гдје је реализован експеримент ревитализације. Промене вредности диелектричне чврстоће и садржаја воде у трансформаторском уљу, након третмана, у електроенергетским објектима у Србији су имале нешто боље резултате у односу на Р. Српску (БиХ) и Румунију. Диелектрична чврстоћа трансформаторског уља у највећем броју електроенергетских објеката Р. Српске и Босне и Херцеговине има тренд смањења, а старосна структура трансформатора, инсталираних по трафостаницама и другим објектима, је веома неповољна. Због тога је неопходно радити ревитализацију или друге третмане трансформаторских уља, ради продужења животног века трансформатора и повећања безбедности њиховог рада, те заштите животне и радне средине. Ово је веома битно, нарочито кад се има у виду чињеница да безбедност рада трансформатора, а тиме и утицај на животну средину, директно зависи од диелектричне чврстоће трансформаторског уља.

На основу добијених резултата истраживања заснованих на експерименталном испитивању процеса сагоревања дизела, ОТУ, ОМУ и њихових мешавина са дизелом, у пећи топлотне снаге 40kW, те анализе и синтезе бројних података, може се закључити да:

- Температура димних гасова у пећи и на излазу из пећи је висока за ОТУ и све мешавине ОТУ и дизела, у поређењу са дизел горивом, што указује на ефикасност улазне енергије. Температура димних гасова у пећи је знатно виша за све мешавине ОМУ и дизела у поређењу са дизел горивом, што такође указује на ефикасност улазне енергије.
- Коришћено ОТУ и његове мешавине, као и коришћене мешавине ОМУ, са дизелом могу се користити као гориво у генераторима топлоте мале снаге, пољопривредној механизацији, дизел моторима мање снаге као и у разним гранама процесне индустрије. ОТУ и ОМУ може се ефикасно користити у генераторима топлоте снаге 40kW и може смањити проблеме у вези са заштитом животне средине. Ово је посебно важно за развој циркуларне економије која користи обновљиве изворе енергије, што је посебно значајно за Босну и Херцеговину, која је веома ресурсно зависна земља.
- Емисија NO за коришћено ОТУ и мешавине ОТУ, као и за коришћене мешавине ОМУ, са дизелом су знатно више од емисије NO настале сагоревањем дизел горива.
- Емисија CO за коришћено ОТУ и његове мешавине, као и за коришћене мешавине ОМУ и дизела су знатно више од емисије CO настале сагоревањем дизел горива.
- Емисија CO<sub>2</sub> је незнатно виша за коришћено ОТУ и његове мешавине од емисије CO<sub>2</sub> настале сагоревањем дизела. Емисија CO<sub>2</sub> је виша за коришћене мешавине ОМУ и дизела од емисије CO<sub>2</sub> настале сагоревањем дизел горива.
- Однос CO<sub>2</sub>:CO у димним гасовима је мањи за ОТУ и мешавине ОТУ, као и за ОМУ и мешавине са дизелом, у односу на дизел гориво.
- Прањем димних гасова забележене су концентрације сулфата, сулфида, нитрата и нитрита и њихово присуство у димном гасу, кад се нађу у атмосфери, може неповољно да утиче на животну средину. Концентрације нитрата у раствору су много више од дозвољених вредности, а концентрације нитрита у раствору су само за дизел гориво много више од дозвољених вредности.

Може се закључити да су хипотезе постављене у уводном делу докторске дисертације потврђене.

Са сигурношћу се може истаћи да резултати истраживања који су представљени у дисертацији омогућавају смањење проблема у вези са заштитом животне средине и повећање безбедности.

#### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу прегледа и анализе докторске дисертације Комисија сматра да је докторска дисертација адекватно структурирана и систематизована у складу с пријављеном темом. Приказани резултати јасно потврђују постављене хипотезе дисертације. Дискусија резултата је на високом научном нивоу, а изведени закључци аргументовани и свеобухватни.

У том контексту, Комисија ПОЗИТИВНО оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

Рад је проверен у софтверу за детекцију плагијаризма *iThenticate*, у библиотеци ФТН-а.

#### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

**Дисертација је написана у складу са образложењем и циљевима истраживања наведеним у пријави теме.**

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

**Докторска дисертација својим насловом, садржајем, резултатима истраживања и начином тумачења добијених резултата садржи све битне елементе научног рада.**

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Ревитализација и сагоревање ОТУ и ОМУ у функцији заштите животне средине, презентована у докторској дисертацији, представља значајан и оригиналан допринос научном сазнању, јер омогућава остварење позитивних резултата у енергетском искоришћењу отпадних уља, уз безбедно одлагање на крају циклуса што мањих количина опасног отпада, повећање нивоа заштите животне и радне средине, као и смањење трошкова одлагања отпада. У том контексту, постављени циљеви дисертације су у потпуности достигнути.

Анализом литературе евидентно је да у њој нема довољно података о могућностима коришћења ОТУ, ОМУ и њихових мешавина са дизелом као горива: код генератора топлотне енергије снаге 40kW и више, пољопривредних машина и пољопривредне механизације, индивидуалних ложишта и разних ложишта која се користе у разним гранама процесне технике (сушаре, цементаре, производња опеке и друго). У вези са наведеним, а као оригиналан допринос науци, спроведена су експериментална испитивања и добијени резултати истраживања параметара сагоревања и емисија на ложишту мале топлотне снаге 40kW коришћењем ОТУ и четири његове дизел мешавине, те ОМУ и четири његове дизел мешавине, варирањем масених удела ОТУ и ОМУ од 20% до 50%.

Иновативни ревитализациони третман уља и коришћење отпадних уља као горива у разним гранама процесне технике, који су представљени у овом раду подижу заштиту животне средине на један виши ниво, посебно са аспекта смањења ризика по животну околину и здравље људи на прихватљив ниво, искоришћења и минимизације опасног отпада, управљања отпадом на начин који доводи до смањења трошкова пословања бољим искоришћавањем ресурса, поштовања захтева законске регулативе и међународних стандарда при збрињавању отпада.

На крају се са сигурношћу може рећи да резултати истраживања, који су представљени у дисертацији, воде ка безбеднијој и ефикаснијој заштити животне и радне средине. Истовремено, кроз истраживања у оквиру ове дисертације отворена су нека питања нових научних сазнања, која се намећу као правци даљег развоја и будуће примене иновативних метода у предметној области.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

**Дисертација нема недостатака који утичу на резултат истраживања.**

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

**Да се докторска дисертација под називом "Ревитализација и сагоревање отпадних трансформаторских и моторних уља у функцији заштите животне средине" прихвати, а кандидату Драгиши Ђорђевићу одобри одбрана.**

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ  
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

1. **Др Миодраг Хаџистевић, редовни професор**  
Факултет техничких наука, Нови Сад, председник

---

2. **Др Бојан Батинић, доцент**  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

---

3. **Др Драган Адамовић, доцент**  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

---

4. **Др Зоран Чепић, доцент**  
Факултет техничких наука, Нови Сад, члан

---

5. **Др Милан Милотић, доцент**  
Саобраћајни факултет, Добој, члан

---

6. **Др Славко Ђурић, редовни професор, гостујући професор,** Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.