

## ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ НОВИ САД

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
1. Датум и орган који је именовео комисију <b>24.01.2020. Наставно-научно веће Технолошког факултета, Универзитета у Новом Саду</b>
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:  – <b>Др Бојана Иконић</b> , ванредни професор, хемијско инжењерство, 01.06.2017. Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, председник; – <b>Др Александар Јокић</b> , ванредни професор, хемијско инжењерство, 01.06.2016. Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, ментор; – <b>Др Влада Вељковић</b> , редовни професор, хемијско инжењерство, 06. 03. 1995. Технолошки факултет Лесковац, Универзитет у Нишу, члан; дописни члан САНУ – <b>Др Оскар Бера</b> , ванредни професор, хемијско инжењерство, 01.02.2018. Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, члан; – <b>Др Арпад Кираљ</b> , доцент, хемијско инжењерство, 01.10.2017. Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, члан;
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Срђан, Слободан, Соколовић,</b>
2. Датум рођења, општина, држава: <b>13. 08. 1983. године, Нови Сад, Република Србија</b>
3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, нафтно-петрохемијске технологије, дипломирани инжењер технологије</b>
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија <b>2015. година, хемијско инжењерство</b>
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:

Истовремени утицај пермеабилности слоја, пречника влакна и улазне концентрације уљне фазе на сепарацију минералних уља из отпадних вода

### IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графика и сл. Докторска дисертација кандидата Срђана Соколовића изложена је у шест поглавља:

1. Увод и циљ (стр.1-2)
2. Теоријски део (стр. 4-74)
3. Експериментални део (стр. 75-86)
4. Анализа и дискусија резултата (стр. 87-139)
5. Закључак (стр. 137-139)
6. Литература (стр. 140-159)

Докторска дисертација је написана на 159 нумерисаних страна А4 формата, са 115 слика, 16 табела и 192 литературна навода. Кључна документацијска информација је написана на српском и енглеском језику и приложена је на почетку докторске дисертације

### V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У поглављу “Увод и циљ” описан је значај истраживања коалесценце филтрације кроз приказ примене ове операције у процесној индустрији, као и у услужним делатностима. Такође, су истакнути недостаци досадашњих истраживања и који су то феномени који нису довољно познати те отежавају пројектовање ових уређаја. На тај начин је приказана потреба за истраживањима која су била предмет ове дисертације. Такође, дефинисани су и циљеви планираних и реализованих истраживања.

У поглављу “Теоријски део” кроз четири подпоглавља дат је преглед истраживања доступних у публикованој литератури који представљају основ за повезивање са реализованим експерименталним резултатима и њиховом анализом. У подпоглављу “Механизми коалесценције у порозном слоју” сажето је приказан механизма заробљавања и одкидања дисперговане фазе у порама слоја, утицаја физичке и хемијске хетерогености чврсте површине на те механизме, као и утицаја паковања влакана. У подпоглављу “Особине влакнастог порозног слоја” приказане су основне информације о специфичности слоја влакана кроз заступљеност порозног простора у њему, специфичности паковања крутих и еластичних влакана у слоју, ефектима компресије влакана у одређеној запремини.

У подпоглављу “Геометрија влакана и њен утицај на сепарацију капи” дат је преглед истраживања утицаја дебљине влакана која су квашљива уљном фазом, као и влакана која нису квашљива уљном фазом. Такође, приказани су уочени недостаци тих истраживања. Подпоглавље “Утицај пермеабилности слоја” анализира истраживања реализована променом геометрије слоја компресијом влакнастог материјала чиме се не мења ни природа ни дебљина влакана у слоју. Дат је преглед доприноса увођења промене пермеабилности влакнастог слоја у разјашњавању опречних ставова у литератури. Подпоглавље “Утицај улазне концентрације дисперговане фазе на коалесцентну филтрацију” даје преглед постојећих истраживања и ефеката промене улазне концентрације на сепарацију капи. Такође, истакнути су опречни и неразјашњени ставови у литератури као и уочене мањкавости публикованих истраживања.

Поглавље “Експериментални део” организовано је у четири подпоглавља. У секцији “Експериментални програм” дат је преглед реализованих истраживања, као и услова под којима су

она реализована, дајући основне информације о коришћеним филтерским материјалима и условима извођења огледа. Подпоглавље “Методе рада, експерименталне технике и обрада резултата” даје информације о одређивању особина слоја, филтерског материјала, минералног уља и емулзије. Поред тога описан је и поступак одређивања ефикасности сепарације и критичне брзине струјања. У подпоглављу “Експерименталне технике и услови рада” шематски су приказани услови рада и описан је ток експеримента уз приказ фотографије експерименталних уређаја на којима су реализовани експерименти. У подпоглављу “Приказ резултата” дати су подаци особина филтерских материјала, као особине коришћених минералних уља.

У поглављу “Анализа и дискусија резултата” анализирани су резултати до којих се дошло током израде тезе. Резултати су приказани систематично дијаграмима који јасно и недвосмислен показују тврдње наведене у тексту. Поред тога су резултати су прегледно дати у табелама, и образложени на методолошки исправан начин. Приказ резултата прати задати циљ истраживања докторске дисертације. Поглавље је организовано у три подпоглавља. У секцији “Проучавање морфологије и особине влакана и слоја ” приказани су снимци влакана и пакованог слоја при различитим пермеаблностима урађене оптичким и електронским микроскопом. Снимцима приказују морфологију површине влакана, начин њиховог паковања, повезаност влакана као и облик њиховог попречног пресека. У овом подпоглављу дефинисана је експериментална зависност порозности и пермеабилности слојева влакана различите дебљине и различитог попречног пресека. Зависност омогућава припрему слоја једнаке и унапред одабране пермеабилности и порозности независно од геометрије влакана. Подпоглавље “Утицај геометрије слоја на коалесценцију” анализирани су резултати утицаја промене дебљине влакана уз истовремену промену пермеабилност слоја тако да је пермеабилност равномерна по дубини слоја, као и када је пермеабилност различита по дубини слоја било да она расте или опада. Поред наведеног усвојена је оптимална геометрија слоја са којом је реализована максимална критична брзина струјања уз минимални пад притиска. У подпоглављу “Утицај улазне концентрације на коалесцентну филтрацију” дају се резултати утицаја улазне концентрације при истовременој промени дебљине слоја при константној пермеабилности као и утицај улазне концентрације при промени пермеабилности уз константну дебљину слоја. Такође, дати су и резултати утицаја промене природе дисперговане уљне фазе на ефекат промене улазне концентрације.

У Поглављу “Закључак” јасно су изложени закључци до којих се дошло на основу анализе и дискусије резултата.

Поглавље “Литература” садржи 192 литературна навода по абecedном реду. Избор литературе је изведен на основу значаја за област истраживања ове дисертација.

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

Радови проистекли из истраживања у оквиру рада на докторској дисертацији

### **M23 - Рад у међународном часопису**

**Sokolović, S. S.**, Kiralj, A.I., Sokolović, D.S., Jokić, A.I. Application of waste polypropylene bags as filter media in coalescers for oily water treatment, *Hemijaska Industrija*, 2019, 73 (3) 147-154.

### **M24 – Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком**

Sokolović, D., Vulić, T., Kiralj A., Hadnađev-Kostić, M., **Sokolović, S.S.**, Investigation of separation efficiency of two waste polymer fibers for oily water treatment, *Acta Periodica Technologica*, 2016, 47, 167-174.

Sokolović, D., Kiralj, A., Hadnađev-Kostić, M., Lamingier, T., **Sokolović, S. S.**, Uticaj viskoznosti dispergovane faze na koalescentnu filtraciju, *Zaštita Materijala* (2017) 58, 3, 293-296.

**M33 - Саопштења са међународног скупа штампано у целости**

Sokolović, D., Kiralj, A., Hadnađev-Kostić, M., Laminger, T., **Sokolović, S. S.**, The Effect of Viscosity of Dispersed Phase on Coalescent Filtration, *V International Congress Engineering, Environment and Materials in Processing Industry*, March 2017 Jahorina, Bosnia and Herzegovina, 771-778.

**M34 – Саопштења са међународног скупа штампано у изводу**

Kiralj, A., Sokolović, D., **Sokolović, S. S.**, Hadnađev-Kostić, M., Investigation of stainless steel as filter media for oil droplets separation from water, *III International Congress „Food Technology, Quality and Safety“*, October, 2016. Novi Sad, Serbia, 228.

Kiralj, A., Vulić, T., **Sokolović S. S.**, Hadnađev-Kostić, M., Oily water treatment using bed of polymers fiber, *III International Congress „Food Technology, Quality and Safety“*, October, 2016. Novi Sad, Serbia, 227.

**M64 Саопштења са скупа националног значаја штампано у изводу**

Kiralj, A. I., **Sokolović, S. S.**, Sokolović, D. S., Jokić, A. I., Upotreba dva oblika otpadnih vlakana polipropilena kao filtarskog materijala u tretmanu zauljenih voda, *55. Savetovanje Srpskog hemijskog društva*, juni, 2018, Novi Sad, 28.

**VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

Истраживања спроведена у овој дисертацији систематизована су у три целине: проучавање влакана и њихових слојева, проучавање утицаја геометрије слоја на коалесцентну филтрацију и проучавање утицаја промене улазне концентрације на коалесцентну филтрацију.

- Проучавањем влакана оптичким и електронским микроскопом дошло се до следећих закључака. Проучавана влакна могу бити слободна или међусобно повезана. Влакна се разликују по облику попречног пресека. Највећи број влакана је кружног попречног пресека, два материјала имају влакна правоугаоног попречног пресека, а један елипсоидног.
- Са аспекта еластичности коришћена влакна се могу класификовати у две групе: крута и еластична. Начин паковања крутих и еластичних влакана је различит. Крута влакна формирају регије са мањим и регије са већим порам, док еластична влакна имају уграђене веће поре унутар мањих пора.
- Експериментално је утврђено да постоји зависност порозности слоја од пермеабилности. Сви коришћени материјали сем једног припадају истој кривој зависности порозности од пермеабилности неvezано за димензију влакана, њихову еластичност или облик попречног пресека. Дата зависност омогућава формирање слоја унапред дефинисане пермеабилности.
- Проучавање истовременог утицаја пермеабилности слоја и дебљине влакана хомогене структуре по дубини на ефикасност сепарације довело је до значајних закључака. Слој влакана од нерђајућег челика SS40 има најмање вредности критичне брзине за цео опсег примењене пермеабилности слоја.
- Када је реч о влакнима од нерђајућег челика SS20 и SS12 ситуација је условљена вредношћу пермеабилности слоја. У области мале пермеабилности слоја влакана SS20 остварује значајно веће вредности критичне брзине од слоја влакана SS12. Само за највећу пермеабилност слој влакана SS12 бољи је од слоја влакана SS20.
- Закључено је да за коришћена влакна од нерђајућег челика, у одабраним условима рада, постоји оптимална дебљина влакана при којој се постиже максимална критична брзина (већа од 65 m/h).

- Постојање оптималне дебљине влакана није до сада регистровано будући да су постојећа истраживања реализована при једној или непознатој пермеабилности слоја. У тим истраживањима није варирана пермеабилност слоја.
- Проучавање утицаја хетерогене структуре слоја по дубини на ефикасност сепарације постигнуто је променом величине пора по дубини слоја различитом компресијом. На тај начин пермеабилност слоја била је различита по дубини, а тиме и величина пора, а да је при томе задржана дебљина влакана. Оваква гемтерија слоја није, до сада, истраживана.
- Дошло се до закључка да мање поре на улазу, а веће на излазу, уз адекватну дебљину влакана повећавају ефикасност сепарације, али се на тај начин остварују и већи падови притиска.
- Слој хетерогене структуре формиран на описани начин од влакана SS20 реализовао је критичну брзину од 60 m/h.
- Циљ оптимизације рада коалесцера у овој докторској дисертацији је био да се постигне максимална критична брзина уз минимални пад притиска. Опсег вредности пада притиска је утврђен за слој влакана дебљине 5 cm и све коришћене пермеабилности слоја. Тај опсег за највећу пермеабилност слоја и брзине струјања флуида 30-70 m/h износи 108-255 Pa, док за најмању пермеабилност и једнак распон брзина износи 3236-7551 Pa. За најмању пермеабилност и брзину струјања од 70 m/h пад притиска је скоро 30 пута већи од оног који се постиже при највећој пермеабилности.
- Применом влакана од нерђајућег челика област малих пермеабилности је повољна за рад са аспекта вредности критичне брзине, али је потпуно неприхватљива са аспекта вредности пада притиска.
- Примена влакана отпадних полимера обезбеђује велике критичне брзине при малим вредностима пада притиска. Влакна отпадног полиетилентерафталата ознаке BA1 остварује велику критичну брзину при највећој пермеабилности слоја за сепарацију минералних уља независно од њихове вискозности. Ови закључци се односе на улазну концентрацију од 500 mg/l.
- Истраживања утицаја промене улазне концентрације на коалесцентну филтрацију реализована су коришћењем отпадног полиуретана ознаке PU у два сегмента. Први је реализован при константној пермеабилности слоја и то при максималној коришћеној пермеабилности уз промену дебелине слоја 3-15 cm при распону улазне концентрације 300 - 2000 mg/l.
- Утврђено је да је коалесцентна филтрација изузетно осетљива на промену улазне концентрације, за одабране услове рада. Критична брзина опада порастом улазне концентрације, независно до дебљине слоја, а највише за дебљину слоја 3 cm. За остале дебљине промена критичне брзине блиска је по облику и апсолутним вредностима. Из тих разлога дебљина слоја 5 cm може се усвојити за рад и даља истраживања. При тој дебљини остварени су мањи падови притиска у односу на дебљине 10 cm и 15 cm.
- Истовремени утицај промене улазне концентрације и промене пермеабилности слоја проучаван је коришћењем влакана PU при дебљини слоја 5 cm. Опсег промене улазне концентрације условљен је реализацијом експоненцијалне зависности излазне концентрације од улазне концентрације. Нису позната слична истраживања оваквог проучавања утицаја геометрије слоја и улазне концентрације диспергоане фазе на коалесцентну филтрацију.
- Критична брзина опада порастом улазне концентрације за све испитиване пермеабилности слоја. Утицај пермеабилности слоја драматично је условљен вредностима улазне концентрације. При улазној концентрацији мањој од 2000 mg/l пермеабилност слоја има мањи утицај на критичну брзину.
- Анализирана је и критична улазна концентрација. Њена вредност је условљена брзином струјања флуида и пермеабилношћу слоја. При малим брзинама струјања и најмањој пермеабилности, уређај дате конструкције при одабраним условима рада може да обради чак и до 20 000 mg/l уља на улазу. Повећањем брзине струјања смањује се вредност улазне

концентрације уља на 2000-4000 mg/l. У том опсегу утицај промене пермеабилности слоја је минимизован. При већим брзинама вредности критичне улазне концентрације су блиске.

- Истраживања утицаја природе минералног уља су показала да је промена вредности критичне брзине са променом улазне концентрације различита за два испитивана уља за опсег концентрације до 2000 mg/l.
- Уље В1 је, за посматрани опсег улазне концентрације практично неосетљиво на промену улазне концентрације, док је уље В2 изразито осетљиво и критична брзина опада порастом улазне концентрације од 45 m/h на 15 m/h.

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

Резултати истраживања докторске дисертације кандидата Срђана Соколовића су јасно, систематично и прегледно приказани графички и табеларно. Сваки приказ резултата прати њихова детаљна дискусија, уз коментар са релевантним литературним подацима. Закључци су изведени у складу са добијеним резултатима и њиховом дискусијом. У складу са тим, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

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

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе  
Докторска дисертација садржи све неопходне елементе за разумевање обрађене теме и добијених резултата.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци  
Оригиналан допринос науци ове дисертација су истраживања феномена који нису објашњени или чак нису ни проучавани у доступним истраживањима публикованим у литератури повезаним са коалесцентном филтрацијом. У дисертацији се као филтерски материјали користе отпадни материјали било да су од нерђајућег челика или полимера. Теза уводи промену пермеабилности слоја као истовремени утицај са променом дебљине влакана чиме се утврђује постојање оптималне дебљине влакана при којој се реализује максимална критична брзина. Поред тога испитиван је утицај хетерогености геометрије по дубини слоја која је постигнута применом различитих пермеабилности влакана једнаке дебљине. На тај начин је дат допринос истраживањима коалесцентне филтрације, будући да овакву структуру слоја нису користили претходни истраживачи. Поред тога испитиван је истовремени утицај промене улазне концентрације диспеговане фазе и промене пермеабилности слоја чиме су обезбеђени драгоцени закључци за пројектовање коалесцентних филтера. Увођењем пада притиска у анализу проучаваних истовремених утицаја дошло се до кључа за оптимизацију рада коалсцера за постизање максималне вредности критичне брзине. Минималан пад притиска обезбеђује и минималну потрошњу енергије за рад пумпе што представља допринос енергетској ефикасности рада коалесцера.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања  
У дисертацији нису уочени недостаци.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

На основу позитивне оцене докторске дисертације кандидата дипл. инж. Срђана Соколовића под називом “Истовремени утицај пермеабилности слоја, пречника влакна и улазне концентрације уљне фазе на сепарацију минералних уља из отпадних вода” Комисија предлаже да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана овог рада.

У Новом Саду, 03. 02. 2020.

**ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ**

---

Председник  
Др Бојана Иконић, ванредни професор  
Технолошки факултет Нови Сад

---

Члан-ментор  
Др Александар Јокић, ванредни професор  
Технолошки факултет Нови Сад

---

Члан  
Др Влада Вељковић, редовни професор,  
Технолошки факултет Лесковац, Универзитет у Нишу,  
дописни члан САНУ

---

Члан  
Др Оскар Бера, ванредни професор,  
Технолошки факултет Нови Сад

---

Члан  
Др Арпад Кираљ, доцент,  
Технолошки факултет Нови Сад

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.