

ТЕХНОЛОШКИ ФАКУЛТЕТ НОВИ САД

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ	
1.	Датум и орган који је именовано комисију 11.12.2020. године, Наставно-научно веће Технолошког факултета Нови Сад, Универзитета у Новом Саду.
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: - др Јелена Павличевић , ванредни професор, Хемијско инжењерство, 15.10.2017. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, председник; - др Драган Говедарица , ванредни професор, Хемијско инжењерство, 04.05.2016. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, ментор; - др Оскар Бера , ванредни професор, Хемијско инжењерство, 01.02.2018. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, члан; - др Мирјана Јовичић , ванредни професор, Инжењерство материјала, 01.05.2018. године, Технолошки факултет Нови Сад, Универзитет у Новом Саду, члан; - др Дамир Ђаковић , ванредни професор, Процесна техника, 01.04.2017. године, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан.
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ	
1.	Име, име једног родитеља, презиме: Новица, Ратко, Совтић
2.	Датум рођења, општина, држава: 10.08.1955. године, Призрен, Република Србија
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, Текстилно инжењерство, дипломирани инжењер технологије
4.	Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2013. година, Хемијско инжењерство
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: Утицај еколошки прихватљивих екстендер уља на својства гуме	
IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Докторска дисертација кандидата Новице Совтић изложена је у 7 поглавља: 1. Увод (стр. 1-2) 2. Теоријски део (стр. 3-82) 3. Експериментални део (стр. 83-91) 4. Резултати и дискусија (стр. 92-198) 5. Закључци (стр. 199-200) 6. Литература (стр. 201-217) 7. Списак скраћеница, ознака и симбола (стр. 218-221) Докторска дисертација је написана на 221 нумерисаној страници А4 формата, са 201 сликом,	

табеле и 302 литературна навода. Кључна документацијска информација је написана на српском и енглеском језику и приложена је на почетку докторске дисертације, док је План третмана података приказан на крају докторске дисертације.

У ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У оквиру Увода истакнут је значај проучавања екстендер уља за индустрију гуме, где служе као средство за омекшавање еластомерне смеше и омогућавају једноставнији процес прераде каучука и производње гуме. Објашњено је да се применом статистичких метода и правилном селекцијом екстендер уља могу постићи поуздана својства производа гуме и остварити значајна уштеда у потрошњи енергије при намешавању каучукове смеше. Наглашава се да није доступно много истраживања у којима је испитиван утицај екстендер уља на својства каучукове смеше, те да постоји потреба да се испита утицај природе екстендер уља и утврди симултани утицај појединих променљивих на својства каучукове смеше и гуме. Указано је на могућност постављања математичких корелација између удела и својстава екстендер уља и својстава каучукове смеше, гуме и утрошене снаге при намешавању, чиме се омогућава прорачун својстава гуме и снижавање трошкова производње гуме. Описан је значај замене минералних са биљним уљима са еколошког аспекта и заштите животне средине.

Као предмет истраживања ове докторске дисертације наведено је испитивање утицаја физичко-хемијских својстава еколошки прихватљивих минералних и биљних екстендер уља на својства производа гуме базираних на природном каучуку, као и на потрошњу електричне енергије потребну за намешавање таквих производа. Као циљ истраживања наводи се испитивање утицаја еколошки прихватљивих екстендер уља на својства гуме и дефинисање опсега вредности процесних услова који је од интереса за индустријско намешавање производа гуме, у складу са захтевима одрживог развоја и управљања заштитом животне средине.

Теоријски део докторске дисертације обухвата четири поглавља. У првом поглављу су обрађена минерална уља са различитих аспеката као што су трендови кретања производње, потрошње и цена на светском тржишту, савремени процеси производње еколошки прихватљивих минералних уља, хемијски састав, физичка својства, класификација и примена минералних уља у индустрији гуме. У овом поглављу је анализирана и систематизирана доступна литература о примени минералних екстендер уља у индустрији гуме. Друго поглавље је посвећено биљним уљима, њиховој производњи, потрошњи и ценама биљних уља на тржишту ЕУ 28 и Републике Србије, те могућностима примене биљних уља у индустрији гуме. На основу прегледа досадашњих истраживања о примени биљних уља у производњи гуме, класификована су истраживања утицаја биљних уља на својства гуме и каучукових смеша. У трећем поглављу Теоријског дела обрађени су природни каучук и процеси добијања гуме. Анализирани су трендови производње, потрошње и промене цене природног каучука на светском тржишту, те главне фазе технолошког поступка производње гуме: припрема сировина и формулација смеше, намешавање и контрола својстава каучукове смеше, вулканизација каучукове смеше и добијање гуме. Посебна пажња је посвећена интеракцијама каучука и осталих података при намешавању. У четвртном поглављу је анализиран Хансенов параметар растворљивости каучука у екстендер уљу, као и могућности израчунавања параметра растворљивости и компатибилности екстендер уља са каучуком.

Поглавље **Експериментални део** приказује стандардне методе које су коришћене за испитивање својстава екстендер уља и гуме. Затим су детаљно приказани експериментални програм, процедура намешавања каучукове смеше, материјали и методе који су коришћени у експерименталним испитивањима. Објашњена је методологија израчунавања утрошене снаге при намешавању каучукове смеше и параметра растворљивости природног каучука у минералним и биљним уљима.

У **Резултатима и дискусији** су најпре статистички анализирана својства испитиваних минералних и биљних уља. Приказане су зависности релативне густине, кинематичке вискозности, индекса рефракције, површинског напона и параметра растворљивости екстендер уља од температуре, које су затим фитоване једначинама са високим коригованим коефицијентима детерминације. Вредности својстава екстендер уља су упоређене са вредностима из литературе, а вредности индекса рефракције, површинског напона и једног броја су израчунате помоћу корелација из доступне литературе. Добијене су једначине зависности параметра растворљивости природног каучука у минералним и биљним уљима од површинског напона, као и других својстава уља, а њихова поузданост је потврђена помоћу различитих метода статистичке анализе. Затим је анализиран утицај минералних и биљних уља на различита својства каучукове смеше, вулканизата и утрошену снагу при намешавању компонената каучукове смеше. Истакнуте су и разлике и сличности утицаја

минералних и биљних уља, предности и недостаци њихове употребе, као и могућности замене минералних уља биљним уљима са технолошког аспекта. Истраживани су доминантни утицаји минералних екстендер уља на својства гуме и каучукових смеша. Утицаји минералних и биљних екстендер уља су приказани једначинама фитовања са високим коефицијентима детерминације. Такође су за својства гуме и каучукове смеси приказане једначине и резултати фитовања 3Д површинама.

Сва испитивана екстендер уља су допринела снижавању утрошене снаге у односу на намешавање без екстендер уља. Утврђени су доминантни утицаји својстава екстендер уља на утрошену снагу при намешавању каучукове смеси, који резултирају максималном утрошеном снагом при намешавању. За сва уља фитована је утрошена снага помоћу 3Д површина и вештачких неуралних мрежа. Доказано је да се вештачке неуралне мреже могу користити за поуздану процену утрошене снаге при намешавању каучукове смеси.

У поглављу **Закључак** сумирани су резултати докторске дисертације и прецизно формулисани закључци.

Поглавље **Литература** садржи 302 литературна навода. Посебан квалитет обрађеног литературног материјала је његова актуелност и свеобухватност.

На крају је дат списак скраћеница, ознака и симбола коришћених у истраживању.

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

1. Novica Sovtić, Predrag Kojić, Oskar Bera, Jelena Pavličević, Olga Govedarica, Mirjana Jovičić, Dragan Govedarica, A review of environmentally friendly rubber production using different vegetable oils, *Polymer Engineering & Science*, 60, 6, 2020, 1097-1117. (M22)
2. Dragan Govedarica, Novica Sovtić, Oskar Bera, Predrag Kojić, Olga Govedarica, Jelena Pavličević, Mirjana Jovičić, Influence of processing oil properties on rubber hardness and power consumption, SIMTERM 2019, 19th International Conference on Thermal Science and Engineering of Serbia, October 22-25, 2019, Sokobanja, Proceedings. (M33)
3. Dragan Govedarica, Novica Sovtić, Oskar Bera, Predrag Kojić, Olga Govedarica, Jelena Pavličević, Mirjana Jovičić, Uticaj prirode procesnog ulja na svojstva gume, XII Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, November 02-03, 2018, Teslić, Republic of Srpska, B&H, Proceedings, pp. 260-265. (M33)
4. Dragan Govedarica, Novica Sovtić N, Olga Govedarica, Oskar Bera, Mirjana Jovičić, Milovan Janković, Snežana Sinadinović-Fišer, Rheological properties of extender oils, V International Congress „Engineering, Environment and Materials in Processing Industry”, March 15-17, 2017, Jahorina, Republic of Srpska, Bosnia & Herzegovina, pp. 765-770. (M33)
5. Dragan Govedarica, Olga Govedarica, Novica Sovtić, Milovan Janković, Snežana Sinadinović-Fišer, Oskar Bera, Mirjana Jovičić, Characterisation of eco-friendly extender oils, 14th Euro Fed Lipid Congress „Fats, Oils and Lipids: Innovative Approaches Towards a Sustainable Future”, September 18-21, 2016, Ghent, Belgium, pp. 275. (M34)
6. Dragan Govedarica, Novica Sovtić, Oskar Bera, Predrag Kojić, Olga Govedarica, Mirjana Jovičić, Jelena Pavličević, The influence of extender oil properties on rubber performances, *Applied solid state chemistry*, 1, 2018, 2-6. (M53)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Истраживањима у оквиру ове докторске дисертације дошло се до следећих закључака:

Резултати истраживања дали су нова сазнања о оптималним условима за намешавање каучукове смеси и производњу гуме. Она су допринела утврђивању унапређене и економичније процедуре за лабораторијске анализе својстава екстендер уља, једноставнијем вођењу и оптимизацији намешавања каучукове смеси и одређивању утрошене електричне енергије.

- Приликом производње гуме настоји се да се оствари што већа флексибилност и мања потрошња електричне енергије, чиме се смањују инвестициона улагања и радни трошкови. На основу експерименталних и рачунских резултата ове докторске дисертације, изведен је закључак да се минимална потрошња електричне енергије може остварити правилним и поузданим одабиром екстендер уља.

- Крајња својства производа гуме добијена намешавањем са биљним уљима се одликују већом

отпорношћу на термичко старење, док остала својства не одступају много од смеша са минералним уљима. Биљна екстендер уља су допринела већој уштеди у потрошњи електричне енергије при намешавању каучукове смеше, нижим вредностима времена почетка вулканизације, као и нижим вредностима оптималног времена вулканизације и повећању економичности производње. Утицај биљних уља је допринео и нижим вредностима тврдоће, вишим вредностима затезне чврстоће и вишим вредностима прекидног издужења гуме. Остала својства каучукових смеша и гуме су била слична као и при намешавању са минералним уљима. Подешавањем формулација каучукових смеша (варирањем удела уља, пунила и средства за умрежавање) са биљним уљима могу се добити иста па чак и боља својства производа гуме.

- Утврђен је доминантан утицај параметра растворљивости каучука у уљу на својства гуме и утрошену снагу при намешавању каучукове смеше.
- Испитивањем тврдоће (*Shore A*) гуме утврђен је значајан утицај индекса рефракције, површинског напона и релативне густине минералних и биљних уља. За минерална уља, као значајан препознат је и утицај анилинске тачке и садржаја ароматских угљоводоника, док је код биљних уља то утицај једног броја. Од посебног значаја су добијене једначине 3Д површина које омогућавају израчунавање тврдоће гуме и дефинисање симултаног утицаја удела и индекса рефракције минералних уља ($R^2 > 0,92$), као и удела и индекса рефракције биљних уља ($R^2 > 0,98$). Сличне једначине за 3Д површи са високим вредностима коефицијента детерминације и ниским вредностима суме квадрата одступања, добијене су и за површински напон и релативну густину.
- Испитивањем затезне чврстоће гуме при различитим уделима уља утврђен је доминантан утицај вискозности минералних и биљних екстендер уља на 90°C, док је за минерална уља препознат утицај анилинске тачке, те садржаја ароматских угљоводоника. Добијене су једначине 3Д површине које приказују симултан утицај удела и кинематичке вискозности уља на 90°C на затезну чврстоћу гуме за минерална ($R^2 > 0,92$) и биљна уља ($R^2 > 0,91$).
- Испитивањем прекидног издужења гуме при различитим уделима минералних и биљних уља утврђен је значајан утицај вискозности екстендер уља на 90°C, као и анилинске тачке минералних уља на ово својство гуме. Добијене су две једначине 3Д површине које приказују симултан утицај удела и кинематичке вискозности минералних уља на 90°C на прекидно издужење гуме са $R^2 > 0,85$ и симултан утицај удела и анилинске тачке минералних уља са $R^2 > 0,76$.
- На модул при 100% издужењу намешаних узорака гуме при различитим уделима минералних и биљних уља доминантно утичу површински напон и вискозност екстендер уља на 90°C, као и анилинска тачка минералних уља. За симултани утицај удела и површинског напона уља на модул еластичности при 100% издужењу фитовањем су добијене једначине 3Д површине за минерална уља са $R^2 > 0,97$ и за биљна уља са $R^2 > 0,97$. 3Д површина за симултани утицај удела и анилинске тачке минералних уља на ово својство гуме има $R^2 > 0,96$.
- Када је реч о модулу еластичности при 300% издужењу намешаних узорака гуме при различитим уделима минералних и биљних уља утврђени су значајани утицаји индекса рефракције, површинског напона, вискозности екстендер уља на 90°C, садржаја ароматских угљоводоника и анилинске тачке минералних уља, те једног броја на ово својство гуме. За симултани утицај удела уља и индекса рефракције на модул еластичности при 300% издужењу добијене су 3Д површине за минерална уља са $R^2 > 0,97$ и за биљна уља са $R^2 > 0,98$.
- Испитивањем брзине вулканизације каучукових смеша при различитим уделима минералних уља утврђен је значајан утицај само анилинске тачке.
- Када је реч о времену почетка вулканизације, утврђен је утицај вискозности на 90°C, површинског напона на 90°C и анилинске тачке уља на ово својство каучукове смеше.
- На оптимално време вулканизације каучукових смеша при различитим уделима екстендер уља пронађен је значајан утицај кинематичке вискозности минералних уља на 90°C, површинског напона минералних и биљних уља на 90°C, релативне густине минералних и биљних уља на 90°C и једног броја биљних уља.
- Испитивањем разлике обртних момената каучукових смеша при различитим уделима екстендер уља потврђен је значајан утицај кинематичке вискозности минералних и биљних уља на 90°C и

садржаја ароматских угљоводоника минералних уља. Нарочиту вредност има високо поуздана једначина 3Д површине која приказује симултани утицај удела уља и садржаја ароматских угљоводоника на разлику обртних момената, која има коефицијент детерминације $R^2=0,98847$ и $Adj. R^2=0,98049$.

- Утицај природе екстендер уља на утрошену снагу приликом намешавања компонената каучукове смеше је мањи од утицаја удела, како минералних, тако и биљних уља. Утрошена снага током намешавања каучукових смеша значајно зависи од кинематичке вискозности минералних и биљних уља на 90°C, релативне густине на 90°C минералних и биљних уља, индекса рефракције минералних и биљних уља, површинског напона минералних и биљних уља на 90°C, средње моларне масе и параметра растворљивости минералних и биљних уља. Такође, утрошена снага је у корелацији са анилинском тачком, садржајем ароматских угљоводоника уља и јодним бројем.
- Утрошена снага при намешавању каучукове смеше се може поуздано израчунати фитовањем помоћу 3Д површина или вештачких неуралних мрежа.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Докторска дисертација дипл. инж. технологије Новице Совтића, под насловом „Утицај еколошки прихватљивих екстендер уља на својства гуме”, произашла је из обимног лабораторијског истраживања. Резултати истраживања су јасно и прегледно приказани (графички и/или табеларно) и правилно тумачени на основу литературних података и теоријских поставки. Сви експериментални резултати су статистички обрађени. На основу бројних статистичких метода, фитовања тродимензионалним површинама и вештачких неуралних мрежа, оцењивана су својства каучукове смеше и гуме, као и утрошене снаге при намешавању. Закључци су изведени у складу са добијеним резултатима и 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 у потпуности 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
Истраживања реализована у оквиру ове докторске дисертације доприносе не само бољем разумевању утицаја екстендер уља и међусобних интеракција уља са каучуком и другим активним и неактивним пунилима, него и омогућавају оптимизовање процесних услова намешавања каучукове смеше и унапређење процедура за тестирања екстендер уља намењених гумарској индустрији. Утврђене су корелације између својстава нових генерација екстендер уља и својстава каучукових и вулканизованих смеша, те су предложене могућности замене минералних помоћу биљних уља са технолошког становишта. Полазећи од чињенице да су ранија истраживања у овој области обухватила испитивања само појединих особина екстендер уља на својства гуме, ова докторска дисертација оригиналним приступом даје нова сазнања о сложеним симултаним утицајима природе и удела екстендер уља на својства гуме, те интеракција уља и природног каучука и њиховог ефекта на квалитет гуме и утрошену снагу при намешавању каучукове смеше. Значајан допринос ове докторске дисертације је и што су испитани утицаји особина уља које до сада нису биле препознате, што је и статистички потврђено. Са технолошког аспекта, резултати ове докторске дисертације биће поуздан извор информација нафтно-петрохемијској и гумарској индустрији, који ће служити за селекцију нових генерација екстендер уља и предвиђање потрошње електричне енергије при намешавању каучукове смеше, што ће омогућити ефективно управљање производњом, рационалније намешавање и поуздану производњу гуме.
4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
У докторској дисертацији нису уочени недостаци.

X ПРЕДЛОГ:

Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију дипл. инж. технологије Новице Совтића, под насловом: „Утицај еколошки прихватљивих екстендер уља на својства гуме” и предлаже да се Извештај о оцени докторске дисертације прихвати, а кандидату одобри одбрана рада.

У Новом Саду, 15.12.2020. године

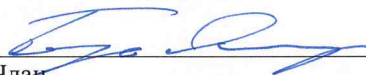
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



Председник Комисије
Др Јелена Павличевић, ванредни професор
Технолошки факултет, Нови Сад



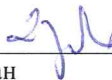
Ментор-члан
Др Драган Говедарица, ванредни професор
Технолошки факултет, Нови Сад



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



Члан
Др Мирјана Јовичић, ванредни професор
Технолошки факултет, Нови Сад



Члан
Др Дамир Таковић, ванредни професор
Факултет техничких наука, Нови Сад