

Факултет Технички факултет у Бору

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ МИЛИЦА (Благоје) ЗДРАВКОВИЋ

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму Металуршко инжењерство

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини

из научне области: Металуршко инжењерство

Универзитет је дана 18.11. 2024. својим актом под бр. 61206-4334/2-24 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини

Име и презиме ментора: Др Весна Грекуловић,
редовни професор, Технички факултет у Бор

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној 30.10.2025. године одлуком факултета под бр. VI/4-2-14, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Милан Горгиевски	редовни професор	Екстрактивна металургија и металуршко инжењерство	Технички факултет у Бору
2.	Др Нада Штрбац	редовни професор	Екстрактивна металургија и металуршко инжењерство	Технички факултет у Бору
3.	Др Милан Радовановић	редовни професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
4.	Др Ивана Марковић	редовни професор	Прерађивачка металургија и метални материјали	Технички факултет у Бору
5.	Др Далибор Станковић	ванредни професор	Аналитичка хемија	Хемијски факултет Београд

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 21.11.2025.године

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној 29.01.2026. године

Комисија за одбрану докторске дисертације именована на седници одржаној 29.01.2026. године

одлуком факултета под бр. VI/4-6-46, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Милан Горгиевски	редовни професор	Екстрактивна металургија и металуршко инжењерство	Технички факултет у Бору
2.	Др Нада Штрбац	редовни професор	Екстрактивна металургија и металуршко инжењерство	Технички факултет у Бору
3.	Др Милан Радовановић	редовни професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
4.	Др Ивана Марковић	редовни професор	Прерађивачка металургија и метални материјали	Технички факултет у Бору
5.	Др Далибор Станковић	ванредни професор	Аналитичка хемија	Хемијски факултет Београд

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилози:
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

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

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-6-4а
Бор, 29. 01. 2026. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору и чл. 44. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 29. 01. 2026. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену докторске дисертације **Милице Здравковић**, мастер инж. металургије, студента докторских академских студија студијског програма Металуршко инжењерство, под називом: „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини”, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана **18. 11. 2024. године** дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

Рад у међународном часопису (M22):

1. **M. Zdravković**, V. Grekulović, J. Suljagić, D. Stanković, S. Savić, M. Radovanović, U. Stamenković, Influence of blackberry leaf extract on the copper corrosion behaviour in 0.5 M NaCl, Bioelectrochemistry, 151 (2023) 108401. ISSN 1567-5394, IF (2023) = 4,8: Electrochemistry 14/45, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108401>

Рад у међународном часопису (M23):

1. **M. Zdravković**, V. Grekulović, J. Suljagić, N. Štrbac, I. Marković, M. Gorgievski, M. Marković, The *Rubus fruticosus* leaf extract as an eco-friendly copper corrosion inhibitor, Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces, 60 (2024), pp. 544-453. ISSN 2070-2051, IF (2024) = 0.8, Metallurgy & Metallurgical Engineering 77/97, DOI: <https://doi.org/10.1134/S2070205124701843>

IV Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

Доставити:

- именованом
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Дејан Таникић

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-6-4b
Бор, 29. 01. 2026. године

На основу члана 49. Статута Техничког факултета у Бору и члана 41. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 29. 01. 2026. године, донело је

О Д Л У К У

I Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације **Милице Здравковић**, мастер инж. металургије, студента докторских академских студија студијског програма Металуршко инжењерство, под називом: „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини”, у саставу:

1. **др Милан Горгиевски**, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору;
2. **др Нада Штрбац**, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору;
3. **др Милан Радовановић**, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору;
4. **др Ивана Марковић**, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору;
5. **др Далибор Станковић**, ванредни професор, Универзитет у Београду - Хемијски факултет у Београду.

II Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

Доставити:

- именованој
- студентској служби
- члановима Комисије
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Дејан Таникић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Милице Здравковић, мастер инж. металургије

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору бр. VI/4-2-14 од 30.10.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Милице Здравковић, под називом:

„Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини”

Након прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала, као и разговора са кандидаткињом, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Хронологија одобравања и израде дисертације одвијала се следећом динамиком:

- 09.09.2024. - Кандидаткиња Милица Здравковић, мастер инж. металургије, је након стицања свих неопходних услова предала захтев за формирање Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације Катедри за металуршко инжењерство Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору.
- 19.09.2024. - Одлуком бр. VI/4-23-12 Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору, одређена је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидаткиње Милице Здравковић.
- 31.10.2024. - Одлуком број VI/4-24-13 Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору, једногласно је усвојен извештај Комисије о испуњености услова о научној заснованости теме докторске дисертације под називом: „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини“, а за ментора је предложена др Весна Грекуловић, редовни професор Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору.
- 18.11.2024. - Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду прихватило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме и донело Одлуку бр. 61206-4334/2-24 којом је дата сагласност на предлог теме докторске дисертације Милице Здравковић, под називом: „Екстракт листа купине као

еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини” и одређивању проф. др Весне Грекуловић за ментора.

- 10.10.2025. - На седници Већа катедре за металуршко инжењерство Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору, потврђено је да је кандидаткиња Милица Здравковић завршила израду докторске дисертације и Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору, предложена је Комисија за оцену докторске дисертације и Комисија за одбрану докторске дисертације.
- 30.10.2025. - Одлуком број VI/4-2-14 Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору, именована је Комисија за оцену докторске дисертације кандидаткиње Милице Здравковић, мастер инж. металургије, у саставу: др Милан Горгиевски, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, др Нада Штрбац, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, др Милан Радовановић, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, др Ивана Марковић, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору и др Далибор Станковић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Хемијски факултет.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру докторске дисертације под називом „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини” припадају научној области Металуршко инжењерство и ужој научној области Екстрактивна металургија и металуршко инжењерство. За ментора докторске дисертације, одређена је др Весна Грекуловић, редовни професор Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору, која је на основу објављених радова, наставног и истраживачког искуства, компетентна да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Милица Здравковић (рођена Бошковић), рођена је 08.12.1993. године у Пећи. Основне академске студије је завршила 2016. године као студент генерације, на Универзитету у Београду – Техничком факултету у Бору, смер Неорганска хемијска технологија, са просечном оценом 9,78 (девет и 78/100). Мастер академске студије је завршила на Универзитету у Београду – Техничком факултету у Бору, на студијском програму Металуршко инжењерство, са просечном оценом 10,00 (десет и 00/100). Докторске академске студије на Универзитету у Београду – Техничком факултету у Бору, на студијском програму Металуршко инжењерство, уписала је школске 2018/2019. године где је током студија постигла просечну оцену 10,00 (десет и 00/100).

У току школовања је била носилац стипендија Министарства просвете, науке и технолошког развоја и Фонда за младе таленте „Доситеја”, Министарства омладине и спорта. Као студент се истицала ангажовањем у обављању многобројних ваннаставних активности, кроз манифестације „Тимочки научни торнадо” и „БОНИС – Борска ноћ истраживача”. Учествовала је на теренским истраживањима у оквиру JST SATREPS пројекта, под називом „Research on the Integration System of Spatial Environment Analyses and Advanced Metal Recovery to Ensure Sustainable Resource Development“, у периоду од 17 – 30.8.2016. године и током августа 2017. године.

Запослена је на Универзитету у Београду – Техничком факултету у Бору од 2016. године, у звање сарадника у настави са пуним радним временом за ужу научну област Екстрактивна металургија и металуршко инжењерство. Изабрана је у звање асистента са пуним радним временом 2018. године у истој институцији.

Била је ангажована као члан организационог одбора на међународним конференцијама 54th International October Conference on Mining and Metallurgy – IOC и 56th IOC и као и на међународним студентским конференцијама International Student Conference on Technical Sciences – ISC 2018, ISC 2019, ISC 2021, ISC 2023 и ISC 2025.

Похађала је семинаре и стручно се усавршавала у иностранству кроз ERASMUS+ мобилности: KA107 на Технолошком факултету Универзитета у Тузли, KA131 на Наравословнотехничка факултета, Универзитета у Љубљани, KA131 на Хемијско-технолошком Факултету, Универзитета у Сплиту и KA131 на Технолошко-металуршком факултету, Универзитета св. Кирил и Методиј у Скопљу.

Милица Здравковић је аутор или коаутор 6 радова публикованих у међународним часописима категорије M20 (1 рад категорије M21, 1 рад категорије M22 и 4 рада категорије M23), 23 саопштења на конференцијама међународног значаја категорије M30 (15 саопштења категорије M33 и 8 саопштења категорије M34), 3 рада публикована у часопису националног значаја категорије M50 (категиорија M51), 3 саопштења на конференцијама националног значаја категорије M60 (категиорија M64) и рецензент је 4 рада у часописима категорије M20. Била је сарадник у реализацији једног националног пројекта.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1 Обим дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Милице Здравковић, под називом: „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини” написана је на 151 страну, садржи 72 слике, 30 табела, и 373 литературна цитата. Дисертација је састављена из следећих поглавља и стандардних прилога (Обрасци 5, 6 и 7 из Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору):

- Увод;
- Превенција корозије;
- Инхибитори корозије;
- Преглед литературе;
- Купина;
- Циљеви истраживања;
- Научне методе истраживања;
- Експериментални део;
- Резултати и дискусија;
- Закључак;
- Литература;
- Биографија;
- Списак научних радова проистеклих из докторске дисертације;
- Прилози.

2.2. Кратак приказ појединих поглавља

У овој докторској дисертацији испитивана је могућност примене екстракта листа купине као могућег еколошког инхибитора корозије Cu-DHP у хлоридној средини.

У тексту првог поглавља, *Увод*, изложена су уводна разматрања о докторској дисертацији која се односе на корозионе процесе бакра у различитим корозионим срединама.

У другом поглављу, *Превенција корозије*, су дате теоријске основе о заштити од корозије у фази планирања пројекта и начини заштите метала од корозије, међу којима је и примена инхибитора корозије.

У трећем поглављу, *Инхибитори корозије*, су дата објашњења о дејству инхибитора корозије и поделе зависно од утицаја на корозионе процесе, при чему је указано на важност примене еколошких супстанци као инхибитора корозије метала,

У четвртом поглављу, *Преглед литературе*, је дат детаљан литературни преглед из области примене инхибитора корозије метала, при чему су прегледани радови који садрже испитивање могућности еколошких инхибитора корозије у корозионим срединама које садрже хлоридне јоне, применом метода коришћених у докторској дисертацији. Ради идентификације потенцијалног инхибитора корозије и примене адекватних метода за испитивање његовог дејства на процес корозије Cu-DHP извршена је детаљна анализа доступне литературе која се односи на биљне инхибиторе корозије бакра и бакарних легура. Приказан је утицај различитих биљних инхибитора корозије бакра у хлоридној средини. Такође, приказан је преглед електрохемијских, аналитичких, статистичких метода и метода карактеризације површине приликом испитивања ефикасности примене биљних екстраката на корозију бакра у хлоридној средини. Дате су адсорпционе изотерме, врсте инхибитора корозије, врсте адсорпције и фитохемијски састав биљних инхибитора корозије бакра у хлоридној средини. У анализираним радовима је уочено да су органска једињења која садрже биљни екстракти и уља добри инхибитори корозије бакра и бакарних легура у хлоридној средини. Примећено је да нема резултата о могућој примени екстракта листа купине као инхибитора Cu-DHP у било којој корозионој средини.

У петом поглављу, *Купина*, су дати општи подаци о купини са фокусом да се по производњи Република Србија сврстава међу четири водећа светска произвођача овог воћа. Приказан је хемијски састав и примена плода и листа купине, као најчешће коришћених делова ове биљке, при чему присуство великог садржаја танина и флавоноида, посебно кафеинске и галне киселине, указује на потенцијалну могућност примене листа купине као еколошког инхибитора корозије бакра у хлоридној средини.

У шестом поглављу, *Циљеви истраживања*, је указано на циљеве истраживања и основне полазне поставке.

У седмом поглављу, *Научне методе истраживања*, су детаљно објашњене основне методе научног истраживања које су примењене при изради докторске дисертације, као и

коришћени уређаји. Приказане су следеће методе: хемијска анализа екстракта листа купине (течна хроматографија високе ефикасности, Фуријеова трансформациона инфрацрвена спектроскопија), карактеризација електролита (ултраљубичаста – видљива спектроскопија, мерење рН електролита и електролитичке проводљивости), електрохемијске методе (подела електрохемијских метода, утицај окружења и уземљења на експеримент, мерење потенцијала отвореног кола, циклична волтаметрија, Е-рН дијаграми, електрохемијска модулација фреквенције, електрохемијска импедансна спектроскопија), метода губитка масе, методе моделирања (одређивање кинетике и механизма процеса инхибиције, термодинамички активациони параметри, оптимизација процеса применом методологије одзивне површине) и карактеризација површине метала.

У осмом поглављу, *Експериментални део*, је приказано на који начин је вршена припрема радне електроде и детаљни подаци о испитиваном бакарном лиму. Такође, описана је припрема раствора и екстракта листа купине. Приказани су параметри метода истраживања: течна хроматографија високе ефикасности, пригушена тотална рефлексација у комбинацији са Фуријеовом трансформационом инфрацрвеном спектроскопијом, ултраљубичаста – видљива спектроскопија, мерење рН електролита и електролитичке проводљивости. Описан је електрохемијски систем који је коришћен за примену електрохемијских метода и дати су параметри за мерење потенцијала отвореног кола, цикличну волтаметрију, потенциодинамичку поларизацију, електрохемијску модулацију фреквенције и електрохемијску импедансну спектроскопију. Такође, детаљно је описан начин примене методе губитка масе, скенирајуће електронске микроскопије са енергетско дисперзивном рендгенском спектроскопијом, методологије одзивне површине и оптимизације процеса инхибиције корозије.

У деветом поглављу, *Резултати и дискусија*, су приказани и анализирани добијени резултати. Идентификовани су полифеноли у екстракту листа купине и функционалне групе. Формирани су апсорпциони спектри и утврђени апсорпциони максимуми, на основу којих је утврђено присуство органометалних комплекса. Приказани су резултати мерења рН вредности и електролитичке проводљивости електролита коришћених за електрохемијска испитивања и методу губитка масе, на основу чега су дате и могуће реакције формирања комплекса. Резултати електрохемијских метода укључују вредности потенцијала отвореног кола, цикличне волтамограме, реакције које се одвијају на основу приказаних струјних пикова на цикличним волтамограмима и Е-рН дијаграма, анодне и катодне поларизационе криве, интермодулационе спектре добијене електрохемијском модулацијом фреквенције, корозионе параметре и ефикасност инхибиције, електрохемијске кинетичке параметре, Бодеов и Најквистов дијаграм, електрохемијска еквивалентна кола и корозионе параметре добијене електрохемијском импедансном спектроскопијом. Приказани су резултати мерења губитка масе бакра при различитом времену стајања у електролиту и при различитим температурама електролита, степен покривености површине, брзина корозије и проценат ефикасности инхибиције. Дате су адсорпционе изотерме добијене применом потенциодинамичке методе, електрохемијске модулације фреквенције и електрохемијске импедансне спектроскопије, као и адсорпционе изотерме при различитом времену стајања бакра у електролиту и при различитим температурама. Како би се детаљно указало на утицај температуре на процес корозије бакра у раствору 0,5 M NaCl, израчунати су активациони и термодинамички

параметри процеса корозије. Приказани су резултати карактеризације нетретиране површине бакра, као и површине са и без присуства екстракта. Примењена је методологија одзивне површине и извршена је оптимизација процеса инхибиције корозије бакра у присуству екстракта листа купине као инхибитора. На основу свих резултата у посебном поднаслову је предложен механизам адсорпције екстракта листа купине на површини бакра у раствору 0,5 M NaCl.

У десетом поглављу, *Закључак*, су дата закључна разматрања на основу добијених резултата.

У једанаестом поглављу, *Литература*, је дат литературни приказ.

У дванаестом, тринаестом и четрнаестом поглављу дати су биографија и списак научних радова проистеклих из докторске дисертације Милице Здравковић, мастер инж. металургије, као и приказ неопходних прилога.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Бакар и легуре бакра су у многим земљама најкоришћенији материјали за израду водоводних система. Cu-DHP је фосфорни бескисеонични бакар који не садржи арсен и углавном се користи за израду цевовода. Присуство хлора и у малим количинама доводи до корозије бакра, па је испитивање заштите од корозије у присуству хлоридних јона од великог значаја.

Досадашња истраживања научника су углавном усмерена на откривање нових зелених инхибитора гвожђа и челика у различитим срединама, док је број радова који се односе на бакар знатно мањи. Испитиване су могућности примене различитих нетоксичних једињења као што су аминокиселине, екстракти биљака и биљног отпада, уља биљака и некоришћених лекова као могућих зелених инхибитора корозије бакра у хлоридним условима, док екстракт листа купине није испитиван. Лист купине садржи велике количине танина, посебно галне и кафеинске киселине, што указује на потенцијалну могућност примене као инхибитора корозије бакра у хлоридним условима. Такође, купина представља важан ресурс Републике Србије, па је лист купине лако доступан након бербе плода купине. Екстракција је вршена дестилованом водом како би процес добијања екстракта био еколошки прихватљив.

Како би се утврдило да ли екстракт листа делује као инхибитор корозије бакра у хлоридној средини, која једињења и функционалне групе садржи, да ли долази до формирања органометалних комплекса и на који начин делује на корозију бакра када је инхибитор присутан у одређеним концентрацијама, примењене су различите методе. Примењена је методологија одзивне површине и оптимизација процеса инхибиције корозије, где су независне променљиве концентрација инхибитора, температура и време стајања бакра у електролиту, а зависне променљиве брзина корозије и ефикасност инхибиције корозије.

Добијени резултати истраживања у овој докторској дисертацији, указују да екстракт листа купине делује као ефикасан еколошки инхибитор корозије Cu-DHP у

раствору 0,5 M NaCl. При свим температурама и испитиваним временима стајања бакра у електролиту, екстракт листа купине се спонтано адсорбује на површину бакра физичком адсорпцијом, при чему делује као мешовити тип инхибитора корозије. Адсорпција се одвија према Ленгмировој адсорпционој изотерми. Идентификовано је присуство кафеинске киселине, кверцетин-3-О-глукозида и камферол-3-О-глукозида у екстракту. Потврђено је присуство следећих функционалних група: О-Н, С-Н флавоноида/фенола, С=С ароматичног прстена, секундарне –ОН групе и С-О-С.

При нижим концентрацијама инхибитора долази до стварања органометалног комплекса у раствору, док при већим концентрацијама инхибитора нема присутних комплекса или су они нестабилни. Механизам корозије је активационо/дифузионо контролисан у раствору 0,5 M NaCl и у растворима са додатком екстракта листа купине, док је при највећој концентрацији инхибитора механизам корозије контролисан преносом наелектрисања. Оваква промена се може приписати одсуству оксида бакра и знатно мањој количини хлорида бакра услед адсорпције молекула инхибитора и органометалних комплекса. Такође, у докторској дисертацији су детаљно описани активациони и термодинамички параметри процеса инхибиције корозије, као и оптимални услови при којима екстракт листа купине најбоље делује као инхибитор корозије бакра у хлоридним условима. Након одређивања статистички значајних параметара за процес корозије бакра, формиран су контурни и површински дијаграми оптималних услова деловања екстракта листа купине као инхибитора корозије бакра у хлоридној средини.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Кандидаткиња Милица Здравковић је током израде докторске дисертације „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини” истражила постојећу релевантну литературу са 373 литературна навода, при чему је навела радове објављене у часописима са SCI листе и другим међународним часописима, који су у вези са темом дисертације. У наставку Реферата наведена је најзначајнија литература коришћена и цитирана у дисертацији:

Ahmadi S., Khormali A., Optimization of the corrosion inhibition performance of 2-mercaptobenzothiazole for carbon steel in HCl media using response surface methodology, Fuel, 357, part A, 129783, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2023.129783>

Al-Mobarak N. A., Khaled K. F., Hamed M. N. H., Abdel-Azim K. M., Employing electrochemical frequency modulation for studying corrosion and corrosion inhibition of copper in sodium chloride solutions, Arabian Journal of Chemistry, 4, 2, 185-193, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.06.036>

Amin M. A., Khaled K. F., Mohsen Q., Arida H. A., A study of the inhibition of iron corrosion in HCl solutions by some amino acids, Corrosion Science, 52, 5, 1684-1695, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2010.01.019>

Badiea A. M., Mohana K. N., Effect of temperature and fluid velocity on corrosion mechanism of low carbon steel in presence of 2-hydrazino-4,7-dimethylbenzothiazole in industrial water

medium, Corrosion Science, 51, 9, 2231-2241, 2009.
<https://doi.org/10.1016/j.corsci.2009.06.011>

Bezerra M. A., Santelli R. E., Oliveira E. P., Villar L. S., Escaleira L. A., Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry, Talanta, 76, 5, 965-977, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2008.05.019>

Bosch R. W., Bogaerts W. F., Instantaneous corrosion rate measurement with small-amplitude potential intermodulation techniques, Corrosion, 52, 3, 204-211, 1996.
<https://doi.org/10.5006/1.3292115>

Chen S., Zhang H., Qiang Y., Tan B., Wu Y., Chen S., Self-assembled monolayers of Ginkgo biloba exocarp extract for corrosion protection of copper, Journal of Molecular Liquids, 382, 121941, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2023.121941>

Chraka A., Raissouni I., Benseddik N., Khayar S., Ibn Mansour A., Belcadi H., Chaouket F., Bouchta D., Aging time effect of Ammi visnaga (L.) lam essential oil on the chemical composition and corrosion inhibition of brass in 3% NaCl medium. Experimental and theoretical studies, Materials Today: Proceedings, 22, part 1, 83-88, 2020.
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.08.086>

De Souza Morais W. R., da Silva J. S., Queiroz N. M. P., de Paiva e Silva Zanta C. L., Ribeiro A. S., Tonholo J., Green corrosion inhibitors based on plant extracts for metals and alloys in corrosive environment: a technological and scientific prospection, Applied Sciences, 13, 13, 7482, 2023. <https://doi.org/10.3390/app13137482>

De Stefano C., Foti C., Giuffrè O., Sammartano S., Acid–base and UV behavior of 3-(3,4-dihydroxyphenyl)-propenoic acid (caffeic acid) and complexing ability towards different divalent metal cations in aqueous solution, Journal of Molecular Liquids, 195, 9-16, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2014.01.027>

Despić A., Osnove elektrohemijske 2000, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 2003.
Dhouibi I., Masmoudi F., Bouaziz M., Masmoudi M., A study of the anti-corrosive effects of essential oils of rosemary and myrtle for copper corrosion in chloride media, Arabian Journal of Chemistry, 14, 2, 102961, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.102961>

Grekulović V., Rajčić-Vujasinović M., Electrochemical behavior of AgCu alloy in alkaline medium in the presence of chloride ions, Corrosion, 68, 2, 025003-1-025003-8, 2012.
<https://doi.org/10.5006/1.3683225>

Grekulović V., Rajčić-Vujasinović M., Stević Z., Pešić B., Influence of BTA on electrochemical behavior of AgCu50 alloy, International Journal of Electrochemical Science, 7, 6, 5231-5245, 2012. [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)19617-9](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)19617-9)

Grudić V., Bošković I., Gezović A., Inhibition of copper corrosion in NaCl solution by propolis extract, Chemical and Biochemical Engineering Quarterly, 32, 3, 299-305, 2018.
<https://doi.org/10.15255/CABEQ.2018.1357>

Ikpi M. E., Udoh I. I., Okafor P. C., Ekpe U. J., Ebenso E. E., Corrosion inhibition and adsorption behaviour of extracts from *Piper guineensis* on mild steel corrosion in acid media, *International Journal of Electrochemical Science* 7, 12, 12193-12206, 2012. [https://doi.org/10.1016/S1452-3981\(23\)16536-9](https://doi.org/10.1016/S1452-3981(23)16536-9)

Jmiai A., El Ibrahimi B., Tara A., Chadili M., El Issami S., Jbara O., Khallaayoun A., Bazzi L., Application of *Zizyphus Lotuse*-pulp of Jujube extract as green and promising corrosion inhibitor for copper in acidic medium, *Journal of Molecular Liquids*, 268, 102-113, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.06.091>

Karimifard S., Moghaddam M. R. A., Application of response surface methodology in physicochemical removal of dyes from wastewater: A critical review, *Science of The Total Environment*, 640-641, 772-797, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.355>

Kosec T., Milosev I., Pihlar B., Benzotriazole as an inhibitor of brass corrosion in chloride solution, *Applied Surface Science*, 253, 22, 8863-8873, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2007.04.083>

Li Y., Yao J., Han C., Yang J., Chaudhry M. T., Wang S., Liu H., Yin Y., Quercetin, inflammation and immunity, *Nutrients*, 8, 3, 167, 2016. <https://doi.org/10.3390/nu8030167>

Mabrou J., Akssira M., Azzi M., Zertoubi M., Saib N., Messaoudi A., Albizane A., Tahiri S., Effect of vegetal tannin on anodic copper dissolution in chloride solutions, *Corrosion Science*, 46, 8, 1833-1847, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2003.10.022>

Miralrio A., Vázquez A. E., Plant extracts as green corrosion inhibitors for different metal surfaces and corrosive media: A review, *Processes*, 8, 8, 942, 2020. <https://doi.org/10.3390/pr8080942>

Onu C. E., Igbokwe P. K., Nwabanne J. T., Ohale, P. E., ANFIS, ANN, and RSM modeling of moisture content reduction of cocoyam slices, *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, 1, 2022. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16032>

Otmačić H., Telegdi J., Papp K., Stupnišek-Lisac E., Protective properties of An inhibitor layer formed on cooper in neutral chloride solution, *Journal of Applied Electrochemistry*, 34, 545-550, 2004. <https://doi.org/10.1023/B:JACH.0000021873.30314.eb>

Popoola L. T., Progress on pharmaceutical drugs, plant extracts and ionic liquids as corrosion inhibitors, *Heliyon*, 5, 2, e01143, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01143>

Radovanović M., Mihajlović M. P., Tasić Ž., Simonović A., Antonijević M., Inhibitory effect of L-Threonine and L-Lysine and influence of surfactant on stainless steel corrosion in artificial body solution, *Journal of Molecular Liquids*, 342, 116939, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116939>

Raja P. B., Sethuraman M. G., Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media - A review, *Materials Letters*, 62, 1, 113-116, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2007.04.079>

Rajawat A. S., Mohammed O., Shaw R. N., Ghosh A., Chapter six - Renewable energy system for industrial internet of things model using fusion-AI, Editor(s): Rabindra Nath Shaw, Ankush Ghosh, Saad Mekhilef, Valentina Emilia Balas, *Applications of AI and IOT in Renewable Energy*, Academic Press, 107-128, 2022. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91699-8.00006-1>

Rajčić-Vujasinović M., Grekulović V., Stević, Z., Potentiostatic oxidation of AgCu50 alloy in alkaline solution in the presence of chlorides, *Corrosion Science*, 70, 221-228, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2013.01.033>

Rajčić-Vujasinović M., Nestorović S., Grekulović V., Marković I., Stević Z., Electrochemical behavior of cast CuAg4at% alloy, *Corrosion*, 66, 10, 105004-105004-5, 2010. <https://doi.org/10.5006/1.3500832>

Sharma Y., Schaefer J., Streicher C., Stimson J., Fagan J., Qualitative analysis of essential oil from French and Italian varieties of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) grown in the midwestern United States, *Analytical Chemistry Letters*, 10, 1, 104-112, 2020. <https://doi.org/10.1080/22297928.2020.1720805>

Simunkova M., Barbierikova Z., Jomova K., Hudecova L., Lauro P., Alwasel S. H., Alhazza I., Rhodes C. J., Valko M., Antioxidant vs. prooxidant properties of the flavonoid, kaempferol, in the presence of Cu(II) ions: A ROS-scavenging activity, fenton reaction and DNA damage study, *International Journal of Molecular Sciences*, 22, 4, 1619, 2021. <https://doi.org/10.3390/ijms22041619>

Subramanian V. R., White R. E., A semianalytical method for predicting primary and secondary current density distributions: Linear and nonlinear boundary conditions, *Journal of the Electrochemical Society*, 147 (5), 1636, 2000. <https://doi.org/10.1149/1.1393410>

Suditu G. D., Blaga A. C., Tataru-Farmus R.-E., Zaharia C., Suteu D., Statistical analysis and optimization of the brilliant red HE-3B dye biosorption onto a biosorbent based on residual biomass, *Materials*, 15, 20, 7180, 2022. <https://doi.org/10.3390/ma15207180>

Tasić Ž. Z., Mihajlović M. B., Radovanović M. B., Simonović A. T., Antonijević M. M., Cephadrine as corrosion inhibitor for copper in 0.9% NaCl solution, *Journal of Molecular Structure*, 1159, 46-54, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2018.01.031>

Umoren S. A., Solomon M. M., Effect of halide ions on the corrosion inhibition efficiency of different organic species - A review, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21, 81-100, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2014.09.033>

Varvara S., Caniglia G., Izquierdo J., Bostan R., Gaina L., Bobis O., M. S. Ricardo, Multiscale electrochemical analysis of the corrosion control of bronze in simulated acid rain by horse-

chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.) extract as green inhibitor, *Corrosion Science*, 165, 108381, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2019.108381>

Vastag G., Nakomčić J., Shaban A., Thermodynamic properties of 5-(4'-isopropylbenzylidene)-2,4-dioxotetrahydro-1,3-thiazole as a corrosion inhibitor for copper in acid solution, *International Journal of Electrochemical Science*, 11, 10, 8229-8244, 2016. <https://doi.org/10.20964/2016.10.27>

Velazquez-Torres N., Martínez H., Porcayo-Calderon J., Vázquez-Vélez E., Gonzalez-Rodriguez J. G., Martinez-Gomez L., Use of an amide-type corrosion inhibitor synthesized from the coffee bagasse oil on the corrosion of Cu in NaCl, *Green Chemistry Letters and Reviews*, 11, 1, 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1080/17518253.2017.1404645>

Verma C., Alfantazi A., Quraishi M. A., Rhee K. Y., Are extracts really green substitutes for traditional toxic corrosion inhibitors? Challenges beyond origin and availability, *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 31, 100943, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100943>

Wang Q., Moser J. E., Gratzel M., Electrochemical impedance spectroscopic analysis of dye-sensitized solar cells, *The Journal of Physical Chemistry B*, 109, 31, 14945-14953, 2005. <https://doi.org/10.1021/jp052768h>

Wang Q., Tan B., Bao H., Xie Y., Mou Y., Li P., Chen D., Shi Y., Li X., Yang W., Evaluation of *Ficus tikoua* leaves extract as an eco-friendly corrosion inhibitor for carbon steel in HCl media, *Bioelectrochemistry*, 128, 49–55, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2019.03.001>

Zhang Z., Cui J., Zhang J., Liu D., Yu Z., Guo, D., Environment friendly chemical mechanical polishing of copper, *Applied Surface Science*, 467-468, 5-11, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.10.133>

Zia-Ul-Haq M., Riaz M., De Feo V., Jaafar H. Z. E., Moga M., *Rubus Fruticosus* L.: Constituents, biological activities and health related uses, *Molecules*, 19, 8, 10998-11029, 2014. <https://doi.org/10.3390/molecules190810998>

Zou Y., Wang J., Zheng Y. Y., Electrochemical techniques for determining corrosion rate of rusted steel in seawater, *Corrosion Science*, 53, 1, 208-216, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2010.09.011>

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У докторској дисертацији кандидаткиње Милице Здравковић „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини”, за испитивање екстракта листа купине као инхибитора корозије Cu-DHP у раствору 0,5 М NaCl, коришћене су најадекватније и најчешће коришћене методе у истраживаној области.

- Течна хроматографија високе ефикасности са детектором диодног низа је метода помоћу које су идентификована једињења присутна у испитиваном инхибитору

корозије, у овом случају полифенола у екстракту листа купине. Коришћен је уређај HPLC-DAD произвођача Thermo Ultimate 3000 RS, Немачка.

- Пригушена тотална рефлексија у комбинацији са Фуријеовом трансформационом инфрацрвеном спектроскопијом је метода помоћу које се потврђује присуство функционалних група, а на основу које је одређено које функционалне групе присутних једињења у екстракту листа купине утичу на процес адсорпције молекула инхибитора на површину бакра. Испитивања су вршена применом спектрофотометра FTIR Smart iTR Nicolet iS50 произвођача Thermo Fisher Scientific, САД.
- Ултразубичаста-видљива спектроскопија је примењена за добијање спектра за раствор са додатком инхибитора различитих концентрација, пре и након стајања плочице бакра, како би се на основу промене адсорпционог максимума утврдило да ли долази до формирања органометалног комплекса између молекула инхибитора и јона бакра у раствору. Коришћен је UV-VIS спектометар Lambda 25, произвођача Perkin Elmer, САД.
- Мерење рН вредности раствора 0,5 М NaCl без и са додатком екстракта листа купине различитих концентрација је вршено на собној температури применом уређаја Vision Plus pH6175, произвођача Jenco Instruments, САД.
- Мерење електролитичке проводљивости раствора 0,5 М NaCl без и са додатком екстракта листа купине различитих концентрација је вршено на собној температури применом уређаја Cond 720, WTW InoLab, Немачка.
- Методом мерења потенцијала отвореног кола су добијене вредности потенцијала отвореног кола за бакар у раствору 0,5 М NaCl без и са додатком екстракта листа купине различитих концентрација, које указују на тип инхибитора, односно да ли екстракт листа купине има израженији утицај на катодну или анодну реакцију. Сва електрохемијска испитивања су вршена на електрохемијском систему са потенциостатом Gamry interface 1010e potentiostat/galvanostat/zra, Gamry Instruments, САД.
- Методом цикличне волтаметрије је испитивана промена вредности густине струје бакра при брзини промене потенцијала од 20 mV/s у раствору 0,5 М NaCl без и са додатком екстракта листа купине различитих концентрација. Циклични волтамограми су снимани у опсегу потенцијала од -1,0 до 1,0 V у односу на zasiћену каломелову електроду. На основу резултата је потврђено дејство екстракта листа купине као инхибитора корозије Cu-DHP у хлоридним условима.
- Методом потенциодинамичке поларизације је испитиван утицај промене потенцијала у катодном или анодном смеру на понашање електроде Cu-DHP у испитиваним растворима. Снимања су вршена у опсегу потенцијала од -200 mV до +200 mV у односу на потенцијал отвореног кола. Тафеловом екстраполацијом поларизационих криви су одређивани корозиони параметри који карактеришу процесе који се одвијају у испитиваним системима и ефикасност инхибиције корозије.
- Методом електрохемијске модулације фреквенције у опсегу од 2 Hz до 5 Hz, са базном фреквенцијом од 1 Hz, су добијени корозиони параметри и ефикасност инхибиције корозије. На овај начин је применом новије и неструктивне електрохемијске методе потврђено дејство екстракта листа купине као ефикасног инхибитора корозије бакра мешовитог типа.

- Додатна електрохемијска испитивања су вршена применом електрохемијске импедансне спектроскопије, применом фреквенција од 100 kHz до 0,1 Hz при амплитуди од 10 mV. Резултати су приказани у облику Најквистовог и Боеовог дијаграма. Коришћена су два електрохемијска еквивалентна кола. Добијене су вредности отпора раствора, поларизационог отпора филма продуката, поларизационог отпора двојног слоја, капацитета филма продуката корозије, капацитета двојног слоја и Варбургове импедансе. На основу укупне поларизационе отпорности је израчунат проценат ефикасности инхибиције.
- Применом методе губитка масе одређена је промена масе узорака Cu-DHP након излагања растворима 0,5 M NaCl без и са додатком екстракта листа купине различитих концентрација, при различитим температурама и временима стајања узорака у електролиту. На основу резултата добијених при различитим температурама израчунати су термодинамички и активациони параметри процеса корозије бакра.
- Адсорпционе изотерме су одређене на основу резултата потенциодинамичке поларизације, електрохемијске модулације фреквенције и електрохемијске импедансне спектроскопије, као и на основу резултата методе губитка масе.
- Карактеризација површине бакра је вршена како би се утврдиле промене на површини бакра настале током процеса корозије у чистом раствору 0,5 M NaCl и на површини бакра у раствору 0,5 M NaCl са додатком екстракта листа купине. Коришћен је уређај SEM Vega 3LMU, Tescan, Чешка и EDS Oxford Instrumentst x-act, UK.
- Методологија одзивне површине је коришћена за одређивање синергетског утицаја независних променљивих: температуре, времена стајања бакра у електролиту и концентрације екстракта листа купине на процес инхибиције корозије Cu-DHP. Као одговори (зависне променљиве) су унете вредности брзине корозије и проценат ефикасности инхибиције добијени методом губитка масе. Примењена је метода централног композитног дизајна.
- Оптимизација процеса инхибиције корозије бакра применом екстракта листа купине у раствору 0,5 M NaCl је извршена на основу резултата методологије одзивне површине. Оптимизацијом процеса се смањује варијабилност процеса, постиже максимална ефикасност инхибиције корозије и примена инхибитора своди на примену у опсегу температуре и времена стајања бакра у електролиту при којима инхибитор најбоље делује.

У овој докторској дисертацији су примењене адекватне методе за дату врсту истраживања која се користе у резултатима објављеним у најновијим научним публикацијама.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати приказани у докторској дисертацији кандидаткиње Милице Здравковић су примењиви у пракси и имају значајан допринос у истраживаној области. Екстракт листа купине се може применити као ефикасан инхибитор корозије Cu-DHP у хлоридним условима, посебно у водоводним цевима које су изложене корозији услед присуства хлоридних јона и у цевима добијеним од Cu-DHP које долазе у контакт са морском водом.

Екстракцијом дестилованом водом се на еколошки начин добија екстракт листа купине, при чему идентификована једињења у овом екстракту имају доказана лековита дејства. Такође, органометални комплекси који настају од молекула инхибитора и јона бакра у раствору немају штетан утицај на живи свет. Применом листа купине за добијање инхибитора корозије постиже се ефекат циркуларне економије, зато што се осиромашена биљна материја може применити за биосорпцију или у индустрији целулозе. Још један нуспроизвод добијања екстракта листа купине је хидролат, који се може применити у козметичкој индустрији. Пошто је Република Србија један од највећих произвођача купине на свету, осим примене листа купине за производњу чаја, примена као инхибитора корозије би омогућила додатну намену ове секундарне сировине настале приликом примарне производње плода купине.

Резултати и закључци приказани у докторској дисертацији потврђују да екстракт листа купине делује као ефикасан инхибитор корозије бакра, па се на тај начин могу смањити трошкови проузроковани корозијом бакарних материјала и спречити несреће изазване корозионим процесима. Такође, велики економски утицај има то што је екстракт листа јефтинији од до сада коришћених токсичних инхибитора корозије бакра у хлоридним условима. На основу резултата методологије одзивне површине и оптимизације процеса корозије применом екстракта листа купине су утврђени реалнији услови примене, па се у пракси може применити као инхибитор корозије при температури, времену стајања и концентрацији инхибитора када се постиже највећа вредност ефикасности инхибиције. Резултати приказани у овој докторској дисертацији могу послужити као пример комбинације научних метода ради постизања свеобухватног разумевања начина деловања сложених биљних инхибитора корозије.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

Кандидаткиња Милица Здравковић мастер инж. металургије је оспособљена за самосталан научно-истраживачки рад, као и за активно учешће у тимском раду, што се може закључити на основу публикованих научних радова проистеклих из докторске дисертације и на основу анализе и дискусије добијених резултата.

Кандидаткиња је показала висок ниво стручности и самосталности у претраживању и анализи релевантне литературе, на основу којих је осмислила и применила експериментална истраживања, модернизовала ранија истраживања у области корозије метала, обрадила и анализирала резултате, на основу којих је формирала конкретне закључке приказане у докторској дисертацији. Комисија сматра да кандидаткиња Милица Здравковић, мастер инж. металургије, поседује све неопходне компетенције за самосталан рад у датој области научних истраживања.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација кандидаткиње Милице Здравковић, мастер инж. металургије, под називом „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини” има значајан научни допринос у области заштите материјала кроз свеобухватно истраживање екстракта листа купине као потенцијалног инхибитора корозије Cu-DHP у раствору 0,5 M NaCl. Приказ остварених научних доприноса се огледа у следећем:

- Процесом екстракције листа купине дестилованом водом је добијен екстракт листа купине који садржи активне компоненте које делују као инхибитори корозије бакра у раствору 0,5 M NaCl.
- Примењена је метода екстракције листа купине која је јефтина и еколошка.
- Експериментално су добијени подаци који потврђују хемијски састав екстракта листа купине и који доказују да екстракт листа купине делује као инхибитор корозије Cu-DHP у раствору 0,5 M NaCl.
- Утврђено је при којим концентрацијама инхибитора долази до настанка органометалних комплекса између јона метала у раствору и једињења присутних у екстракту листа купине.
- Применом различитих електрохемијских метода и методом губитка масе је потврђено деловање екстракта листа купине као ефикасног инхибитора корозије Cu-DHP у раствору 0,5 M NaCl, при различитим температурама и временима стајања метала у електролиту.
- Одређен су: механизам, кинетика, термодинамички и активациони параметри процеса корозије, као и начин на који инхибитор штити површину бакра од деловања хлоридних јона.
- Извршена је карактеризација површине Cu-DHP пре и након стајања у електролиту без и са додатком екстракта листа купине.
- Адекватним избором фактора који утичу на процес корозије формиран је модел методологије одзивне површине, који показује који параметри су статистички значајни за процес инхибиције корозије бакра применом екстракта листа купине и одређено је у ком опсегу статистички значајних параметара инхибитор најбоље делује.
- У ранијим истраживањима екстракт листа купине није испитиван као инхибитор корозије метала, па резултати приказани у докторској дисертацији доприносе бољем разумевању заштите бакра од корозије применом оваквог инхибитора и омогућавају процену могућности примене испитиваног инхибитора корозије у индустријским условима.

Резултати приказани у овој докторској дисертацији проширују постојећа научна знања и представљају основу за даља истраживања у области испитивања биљних инхибитора корозије метала.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Циљеви истраживања приказани у докторској дисертацији су у потпуности остварени. Резултати експерименталног истраживања пружају важне информације о могућности заштите од корозије Cu-DHP, који долази у контакт са раствором 0,5 M NaCl. Значај ових резултата се огледа у томе што је потврђено дејство екстракта листа купине као инхибитора овог метала у хлоридним условима. Утврђено је при којој концентрацији инхибитора, температури и времену стајања бакра у електролиту екстракт листа купине има највећи проценат ефикасности. Такође, утврђено је дејство екстракта при истовременој промени концентрације инхибитора, температуре и времена стајања бакра у електролиту и њихова статистичка значајност, како би се омогућио увид дејства при реалним условима. Примена адекватних метода испитивања указује на то да су приступ и методологија у дисертацији у складу са актуелним научним токовима, док анализа резултата указује да резултати имају значајну научну вредност.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације под називом „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини” кандидаткиње Милице Здравковић, мастер инж. металургије, верификован је публикацијама на којима је кандидаткиња првопотписани аутор, а које су проистекле као резултат истраживања која су спроведена у оквиру ове докторске дисертације.

Рад у међународном часопису (M22):

1. **M. Zdravković**, V. Grekulović, J. Suljagić, D. Stanković, S. Savić, M. Radovanović, U. Stamenković, Influence of blackberry leaf extract on the copper corrosion behaviour in 0.5 M NaCl, *Bioelectrochemistry*, 151 (2023) 108401. ISSN 1567-5394, IF (2023) = 4,8: *Electrochemistry* 14/45, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2023.108401>

Рад у међународном часопису (M23):

1. **M. Zdravković**, V. Grekulović, J. Suljagić, N. Štrbac, I. Marković, M. Gorgievski, M. Marković, The *Rubus fruticosus* leaf extract as an eco-friendly copper corrosion inhibitor, *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 60 (2024), pp. 544-453. ISSN 2070-2051, IF (2024) = 0.8, *Metallurgy & Metallurgical Engineering* 77/97, DOI: <https://doi.org/10.1134/S2070205124701843>

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33):

1. **M. Zdravković**, V. Grekulović, N. Štrbac, J. Suljagić, I. Marković, M. Gorgievski, M. Marković, The copper corrosion in chloride medium with addition of blackberry leaf extract, 30th International Conference Ecological Truth and Environmental Research – EcoTER'23, Stara Planina, Serbia, ISBN: 978-86-6305-137-9, 20.06.2023 - 23.06.2023, pp. 432 - 437.

2. **M. Zdravković**, V. Grekulović, E. Huseinović, R. Vianello, N. Štrbac, M. Huremović, M. Gorgievski, UV-VIS identification of copper complex with inhibitor organic components in the electrolyte, XVI International Mineral Processing and Recycling Conference, Belgrade, Serbia, ISBN: 978-86-6305-158-4, 28.5.2025-30.5.2025, pp. 226-231. DOI: 10.5937/IMPRC25226Z

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34):

1. **M. Zdravković**, V. Grekulović, N. Štrbac, M. Gorgievski, E. Huseinović, M. Marković, K. Božinović, Employing EFM as a nondestructive method for studying green corrosion inhibition of copper in chloride environment, Twentieth Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Beograd, Serbia, ISBN: 978-86-80321-37-0, 30.11.2022 - 02.12.2022, pp. 86 - 86.

2. **M. Zdravković**, V. Grekulović, N. Štrbac, B. Zdravković, M. Gorgievski, M. Marković, M. Marković, Malina i kupina gajene u Srbiji sa aspekta Zelene agende, Green Economy and Adaptation of Industry to Climate Changes - Ecologica, Beograd, Srbija, ISBN: 978-86-89061-20-8, 22.4.2024.-24.4.2024., pp. 120-121.

3. **M. Zdravković**, V. Grekulović, N. Štrbac, Lj. Bošković, M. Gorgievski, B. Zdravković, M. Marković, The experimental and modeling approaches toward the application of berry leaf plants as copper pipeline corrosion inhibitors, 36th Topical Meeting of the International Society of Electrochemistry, 26.5.2024-29.5.2024, Šibenik, Hrvatska.

4. **M. Zdravković**, M. Marković, M. Marković, V. Grekulović, M. Gorgievski, N. Štrbac, K. Božinović, Application of AI in environmental protection: corrosion and biosorption, International Scientific Conference Application of Artificial Intelligence in Environmental Protection and Agriculture - Ecologica, Belgrade, Serbia, 24th -25th April 2025, pp. 35.

Рад у водећем националном часопису (M51):

1. **M. Zdravković**, V. Grekulović, N. Štrbac, B. Zdravković, M. Gorgievski, M. Marković, M. Marković, Raspberry and blackberry grown in Serbia from the aspect of the green agenda, Ecologica, ISSN: 0354-3285, Vol. 31, No. 114, pp. 137-143, 2024. <https://www.ecologica.org.rs/wp-content/uploads/2025/01/EcologicaVol-31No-1142024.pdf>

2. **M. Zdravković**, M. Marković, M. Marković, V. Grekulović, M. Gorgievski, N. Štrbac, K. Božinović: Application of AI in environmental protection: corrosion and biosorption, Ecologica, ISSN: 0354-3285, Vol. 32, No. 118, pp. 135-142, 2025. <https://www.ecologica.org.rs/wp-content/uploads/2025/05/ZBORNIK-APSTRAKATA-20251.pdf>

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледане докторске дисертације под називом „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини” кандидаткиње Милице Здравковић, мастер инж. металургије, може се закључити да је кандидаткиња успешно реализовала истраживања усмерена на испитивање екстракта листа купине као новог, еколошког инхибитора корозије Cu-DHP у раствору 0,5 М NaCl. Дисертација је у сагласности са образложењем у пријави теме и садржи све елементе које предвиђа

Правилник о докторским студијама Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору.

На основу прегледане докторске дисертације и увида у научни допринос кроз два објављена рада у часописима (један рад у међународном часопису категорије M22 и један рад у међународном часопису категорије M23), Комисија за оцену докторске дисертације закључује да докторска дисертација кандидаткиње Милице Здравковић, мастер инж. металургије, испуњава све законске и остале услове за одбрану исте. Такође, Комисија закључује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима научно-истраживачког рада, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, Стандардима за акредитацију, као и Статутом и Правилником о докторским студијама на Техничком факултету у Бору и критеријумима Универзитета у Београду.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду - Техничког факултета у Бору, да прихвати позитиван Реферат о урађеној докторској дисертацији под називом „Екстракт листа купине као еколошки инхибитор корозије бакра у хлоридној средини” кандидаткиње Милице Здравковић, мастер инж. металургије и исти упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да након завршетка ове процедуре, позове кандидаткињу на јавну одбрану дисертације.

У Бору, 18.11.2025.

Чланови комисије

Др Милан Горгиевски, редовни професор
Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору

Др Нада Штрбац, редовни професор
Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору

Др Милан Радовановић, редовни професор
Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору

Др Ивана Марковић, редовни професор
Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору

Др Далибор Станковић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Хемијски факултет

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI-1/10-366
Бор, 28.12.2018. године

На основу чл. 107. Закона о високом образовању, чл. 100. Статута Универзитета у Београду и чл. 73. Статута Техничког факултета, декан доноси

Р Е Ш Е Њ Е

о мировању права и обавеза студента

I. БОШКОВИЋ МИЛИЦИ, бр. индекса 1/2018, мастер. инж. металургије, из Бора, студенту докторских академских студија на Техничком факултету у Бору, одобрава се мировање права и обавеза у школској 2018/19. години, због одржавања трудноће.

Образложење

Именована је поднела захтев за мировање права и обавеза у школској 2018/19. години на Техничком факултету у Бору.

Разматрајући поднети захтев, а на основу образложених предлога предметних наставника и Наставне комисије, од 28.12.2018. године, одлучено је као у изреци.



ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI-1/10-326
Бор, 16.10.2019. године

На основу чл. 107. Закона о високом образовању, чл. 100. Статута Универзитета у Београду и чл. 73. Статута Техничког факултета, декан доноси

Р Е Ш Е Њ Е

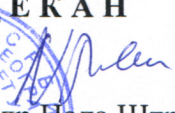
о мировању права и обавеза студента

I. БОШКОВИЋ МИЛИЦИ, бр. индекса 1/2018, мастер. инж. металургије, из Бора, студенту докторских академских студија на Техничком факултету у Бору, одобрава се мировање права и обавеза у школској 2019/20. години, због неге детета до годину дана живота.

Образложење

Именована је поднела захтев за мировање права и обавеза у школској 2019/20. години на Техничком факултету у Бору.

Разматрајући поднети захтев, а на основу образложених предлога предметних наставника и Наставне комисије, од 03.10.2019. године, одлучено је као у изреци.

ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

