

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 **ВАЊА (Славко) ТРИФУНОВИЋ**
(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму **Технолошко инжењерство**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи

из научне области: **Технолошко инжењерство**

Универзитет је дана 10.04. 2023. својим актом под бр. 61206-1249/2-23 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи

Име и презиме ментора: **Др Снежана Милић**
редовни професор, Технички факултет у Бор

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној **31.07.2025.** године одлуком факултета под бр. VI/4-33-4 , у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Милан Радовановић	редовни професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
2.	Др Маја Нујкић	ванредни професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
3.	Др Драгана Медић	доцент	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
4.	Др Љиљана Аврамовић	научни сарадник	Технолошко инжењерство	Институт за рударство и металургију у Бору
5.	Др Радмила Марковић	научни саветник	Инжењерство заштите животне средине	Институт за рударство и металургију у Бору

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

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 20.08.2025.године

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној 25.09.2025. године

Комисија за одбрану докторске дисертације именована на седници одржаној 25.09.2025. године

одлуком факултета под бр. VI/4-34-106, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Милан Радовановић	редовни професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
2.	Др Маја Нујкић	ванредни професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
3.	Др Драгана Медић	доцент	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
4.	Др Љиљана Аврамовић	научни сарадник	Технолошко инжењерство	Институт за рударство и металургију у Бору
5.	Др Радмила Марковић	научни саветник	Инжењерство заштите животне средине	Институт за рударство и металургију у Бору

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/4-34-10а
Бор, 25.09.2025. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, чл. 44. Правилника о докторским студијама на Техничком факултету у Бору, Наставно-научно веће Факултета на седници одржаној 25.09.2025. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену докторске дисертације кандидата **Вање Трифуновић**, мастер инж. технологије, студента докторских академских студија студијског програма Технолошко инжењерство, под називом: „**Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи**“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана **10.04.2023. 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 водећем међународном часопису категорије (M21)

1. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, M. Bugarin, S. Đorđević, M. Antonijević, M. Radovanović, Application of a Simple Pretreatment in the Process of Acid Leaching of Electric Arc Furnace Dust, Metals, 14 (2024) 426. IF (2022) = 2,9
ISSN: 2075-4701
<https://doi.org/10.3390/met14040426>

Рад у међународном часопису категорије (M23)

1. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, R. Jonović, V. Gardić, S. Đorđević, S. Dimitrijević, Investigation of Hazardous Waste - A Case Study of Electric Arc Furnace Dust Characterization, Chemical Industry, 76 (4) (2022) 237-249. IF (2022) = 0,774 ISSN: 0367-598X
<https://doi.org/10.2298/HEMIND220609018T>

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:

- именованој
- 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/4-34-106
Бор, 25.09.2025. 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 25.09.2025. године, донело је

О Д Л У К У

I Именује се Комисија за одбрану докторске дисертације кандидаткиње **Вање Трифуновић**, мастер инж. технологије, студента докторских академских студија, студијског програма Технолошко инжењерство, под називом: **„Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи”** у саставу:

1. др Милан Радовановић, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, председник комисије;
2. др Маја Нујкић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, члан комисије;
3. др Драгана Медић, доцент, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, члан комисије;
4. др Љиљана Аврамовић, научни сарадник, Институт за рударство и металургију Бор, члан комисије;
5. др Радмила Марковић, научни саветник, Институт за рударство и металургију Бор, члан комисије;

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
- 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

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат Комисије о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору бр. VI/4-33-4 од 31.07.2025. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидаткиње Вање Трифуновић, под називом:

„Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“

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:

- **13.02.2023.** - Кандидаткиња Вања Трифуновић, мастер инж. технологије, поднела је пријаву предлога теме докторске дисертације Катедри за хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.
- **14.02.2023.** - Катедра за хемију и хемијску технологију предложила је Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, Комисију за давање мишљења о научној заснованости предложене теме докторске дисертације.

- **23.02.2023.** - Одлуком бр. VI/4-5-5 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, одређена је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације кандидаткиње Вање Трифуновић.
- **30.03.2023.** - Одлуком број VI/4-6-4 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, једногласно је усвојен извештај Комисије о испуњености услова о научној заснованости теме докторске дисертације под називом: „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“, а за ментора је предложена др Снежана Милић, редовни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду.
- **10.04.2023.** - Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду прихватило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме и донело Одлуку бр. 61206-1249/2-23 којом је дата сагласност на предлог теме докторске дисертације Вање Трифуновић, под називом: „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ и одређивању проф. др Снежане Милић за ментора.
- **21.07.2025.** - На седници Већа катедре за Хемију и хемијску технологију Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, потврђено је да је кандидаткиња Вања Трифуновић завршила израду докторске дисертације и Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, предложена је Комисија за преглед и оцену предметне докторске дисертације.
- **31.07.2025.** - Одлуком број VI/4-33-4 Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду, именована је Комисија за оцену докторске дисертације кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије, у саставу: др Милан Радовановић, редовни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, др Маја Нујкић, ванредни професор, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, др Драгана Медић, доцент, Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору, др Љиљана Аврамовић, научни сарадник, Институт за рударство и металургију Бор и др Радмила Марковић, научни саветник, Институт за рударство и металургију Бор.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру докторске дисертације под називом „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ припадају научној области Технолошко инжењерство и ужој научној области Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство.

За ментора докторске дисертације, одређена је др Снежана Милић, редовни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, која је на основу објављених радова, наставног и истраживачког искуства, компетентна да руководи израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Вања Трифуновић, рођена је у Мајданпеку 06.07.1993. год. Основну школу „12. септембар“ и средњу „Техничку школу“, смер економски техничар, завршила је у Мајданпеку. Технички факултет у Бору, Универзитета у Београду, на студијском програму Технолошко инжењерство, завршила је 2017. године. Мастер академске студије завршила је 2018. године, на истом Факултету, са просеком 9,88 и стекла звање - мастер инжењер технологије. Докторске академске студије, уписала је школске 2018/2019. године на Техничком факултету у Бору, Универзитета у Београду, на студијском програму Технолошко инжењерство. Положила је све испите предвиђене планом и програмом студијског програма са просечном оценом 10,00.

Маја 2018. године почела је волонтерски рад у Институту за рударство и металургију Бор, у Центру за развојне технологије у металургији, у одељењу - Рафинација племенитих метала. У периоду волонтирања, од пет месеци, показала је значајно интересовање и посвећеност послу који јој је поверен, након чега је склопила Уговор о раду.

Од 01.11.2018. године до данас, запослена је у Институту за рударство и металургију Бор, у Центру за развојне технологије у металургији, у одељењу - Рафинација племенитих метала, тренутно у звању истраживача сарадника. Вања Трифуновић је ангажована на пословима хидрометалуршких третмана сировина које садрже племените метале, развоја метода процеса издвајања бакра из рударског отпада комбинованом методом лужење - солвентна екстракција - електрохемијско издвајање (L-SX-EW), развоја технологија за издвајање метала из индустријског отпада, развоја технологија за третман отпадних вода, развоја технологија за третман међупродуката процеса из процеса добијања фосфорне киселине, као и на изради пројектне документације.

Вања Трифуновић је аутор и коаутор значајног броја радова публикованих у међународним часописима, часописима националног значаја, као и саопштења са конференција међународног и националног значаја, већег броја студија (експертиза) и техничких решења.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије, под називом „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ написана је на 169 страна, садржи 59 слика и 34 табеле у тексту дисертације, 13 слика и 13 табела датих у прилозима и 234 литературних цитата. Дисертација је састављена из следећих поглавља и осталих пратећих садржаја:

- Увод;
- Литературни преглед;

- Предмет и циљ истраживања;
- Експериментални део;
- Резултати и дискусија;
- Закључак;
- Литература;
- Прилози.

На почетку дисертације налази се захвалница кандидаткиње, подаци о ментору и члановима Комисије, дат је сажетак на српском и енглеском језику. На крају дисертације дати су прилози са сликама и табелама (неопходних за анализу у поглављу 5. Резултати и дискусија), прилози који садрже изјаве о ауторству, истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и начину коришћења докторске дисертације, као и биографија кандидаткиње са радовима проистеклим из докторске дисертације.

По својој форми, садржају и постигнутим резултатима, ова дисертација у потпуности задовољава критеријуме и стандарде, како Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, тако и самог Универзитета у Београду.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У тексту првог поглавља, *Увод*, дат је опис шарже за електролучну пећ, као и опис саме електролучне пећи, њеног процеса рада и генерисања међупродукта производње челика - прашине електролучне пећи (ЕАФ прашине; *engl. Electric Arc Furnace - EAF*), која је била предмет истраживања у овој докторској дисертацији. Указано је и на могућност издвајања корисних компоненти из ове прашине, али и допринос заштити животне средине и одрживом управљању генерисаним отпадом.

У другом поглављу, *Литературни преглед*, дат је преглед досадашњих истраживања из области третмана ЕАФ прашине у свету. Анализирани су најзначајнији публиковани радови из области карактеризације и примене различитих поступака за третман ЕАФ прашине. Ово поглавље састоји се из четири потпоглавља у оквиру којих су детаљно сагледани механизам генерисања ЕАФ прашине, њене карактеристике, и разматрани најчешће коришћени поступци прераде у циљу валоризације корисних метала, превасходно цинка, уз приказ оптималних параметара процеса и степена ефикасности примењених поступака. У четвртном потпоглављу овог поглавља, сагледани су кинетика и механизми процеса лужења, као и процес излужења цинка из ЕАФ прашине сумпорном киселином.

У трећем поглављу, *Предмет и циљ истраживања*, дефинисани су предмет и циљ докторске дисертације. Као што је наведено у овом поглављу дисертације, предмет и циљ докторске дисертације у ширем смислу, представља карактеризацију, а затим и валоризацију, једног од међупродуката процеса добијања челика топљењем секундарних сировина на бази гвожђа у електролучној пећи, тј. прашине из електролучне пећи, пореклом из челичане у

Републици Србији. Обзиром да је ЕАФ прашина окарактерисана као опасан чврсти индустријски отпад, и представља претњу по животну средину и здравље људи, а услед садржаја токсичних елемената, циљ ове докторске дисертације у ужем смислу био је испитивање могућности валоризације цинка, као и других корисних компоненти, применом хидрометалуршких процеса, као и превођење ове врсте опасног индустријског отпада у неопасни отпад, у циљу заштите животне средине. Процесима лужења ЕАФ прашина третирана је водом и раствором сумпорне киселине, извршено је селективно издвајање компонената од интереса, а такође и добијање финалног чврстог отпада који припада категорији неопасног, са могућношћу његове даље примене или одлагања.

Четврто поглавље, *Експериментални део*, састоји се из четири потпоглавља. У првом потпоглављу описана је припрема репрезентативног узорка ЕАФ прашине. У оквиру експерименталног дела докторске дисертације, у другој и трећој целини овог поглавља приказане су коришћене методе за физичко-хемијску и минералошку карактеризацију, метода одређивања величине честица, методе коришћене за процену утицаја репрезентативног узорка ЕАФ прашине и других узорака на животну средину и здравље људи, као и коришћене хемикалије у дисертацији. Осим наведених метода, у другом и трећем потпоглављу описани су и апарати и уређаји који су коришћени за карактеризацију репрезентативног узорка ЕАФ прашине, али и свих течних и чврстих међупродуката и продуката насталих одређеним третманима ЕАФ прашине. У четвртом потпоглављу овог поглавља у дисертацији, дата је технологија прераде истраживане ЕАФ прашине која се заснива на хидрометалуршком третману, са две технолошке фазе. Прва фаза предложеног третмана подразумева једноставан и јефтин процес селективног лужења водорастворних компоненти и представља предтретман за следећу технолошку фазу. Друга фаза подразумева киселинско лужење чврстог остатка насталог након примењене прве фазе, чиме се омогућава даље издвајање компоненти које нису биле потпуно или уопште нису биле издвојене у првој фази. Такође, у овом потпоглављу је приказана и апаратура за лужење, коришћена за експериментална истраживања двофазног процеса лужења ЕАФ прашине, уз опис експерименталног рада, и анализирани основни фактори који значајно утичу на ефикасност процеса лужења (време лужења, однос чврсте и течне фазе, температура, почетна концентрација сумпорне киселине).

Пето поглавље, *Резултати и дискусија*, састоји се из више целина у којима су приказани резултати и дискусија експерименталних истраживања спроведених у докторској дисертацији. У првом потпоглављу приказани су и дискутовани резултати физичко-хемијске и минералошке карактеризације, као и гранулометријског састава репрезентативног узорка ЕАФ прашине. Друго потпоглавље односи се на дискусију резултата добијених након урађених тестова токсичности и лужљивости у циљу испитивања утицаја ЕАФ прашине на животну средину и здравље људи. У следећем, трећем потпоглављу, одређени су оптимални услови лужења ЕАФ прашине, у две технолошке фазе - у првој фази, фази предтретмана и другој фази, фази киселинског лужења и приказани хемијски и минералошки састав чврстих остатака насталих након сваке фазе лужења. У овом делу дата је и кинетичка анализа излужења цинка из ЕАФ прашине сумпорном киселином, као и резултати тестова лужљивости и токсичности чврстог остатка насталог процесом

киселинског лужења. Описан је процес стабилизације чврстог остатка и одређени оптимални услови процеса, а затим приказани резултати тестова лужљивости и токсичности урађени након стабилизације чврстог остатка у циљу безбедног одлагања на депонију неопасног отпада. На основу спроведених и презентованих резултата истраживања у докторској дисертацији, њихове анализе и обраде, предложена је технолошка шема третмана истраживане ЕАФ прашине.

У шестом поглављу, *Закључак*, након спроведених истраживања могућности примене хидрометалуршког поступка у процесу валоризације цинка и других корисних компоненти из ЕАФ прашине, изведени су најзначајнији закључци. Детаљном карактеризацијом репрезентативног узорка ЕАФ прашине утврђено је присуство значајних количина цинка, гвожђа, натријума, калцијума, олова, хлора, кадмијума и других елемената, што представља потенцијалну опасност по животну средину. Такође је утврђено и да, поред своје класификације као опасног отпада, истраживана ЕАФ прашина поседује потенцијал за валоризацију метала, првенствено цинка. Оптимизацијом параметара процеса двофазног лужења ЕАФ прашине постигнуто је селективно издвајање водорастворних примеса, као и селективно издвајање и валоризација цинка и других метала, уз истовремено смањење негативног утицаја ове врсте опасног отпада на животну средину. На основу спроведене кинетичке анализе процеса излужења цинка из ЕАФ прашине, закључено је да једначина Аврамија најбоље описује процес растварања цинка, и да је процес дифузионо контролисан. Експериментални резултати су указали на то да добијени чврсти остатак настао у процесу киселинског лужења мора да прође додатни третман стабилизације, уз употребу креча, како би се могао одложити на депонију неопасног отпада, без негативног утицаја на људско здравље и животну средину.

Након поглавља *Закључак*, у дисертацији је наведена коришћена литература са 234 литературна приказа у поглављу *Литература*, а затим у поглављу *Прилози*, биографија кандидаткиње Вање Трифуновић, радови проистекли из докторске дисертације и други обавезни прилози.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Савременост и оргиналност докторске дисертације под називом „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије, огледа се у новом приступу у третману опасног чврстог индустријског отпада пореклом из Републике Србије. Дисертација описује актуелну проблематику у контексту савремених захтева за одрживо управљање отпадом, смањење негативног утицаја индустријских процеса на животну средину, као и ефикаснију употребу секундарних сировина. Тема рада је у складу са принципима циркуларне економије и представља значајан допринос области секундарне металургије и заштите животне средине. Кандидаткиња је у оквиру дисертације спровела

свеобухватан и систематичан истраживачки приступ који је укључивао преглед значајног броја литературних приказа, а затим и физичко-хемијску и минералошку карактеризацију предметне ЕАФ прашине, као и гранулометријску анализу, чиме је омогућен детаљан увид у састав и карактеристике ове врсте отпада. Применом стандардних тестова токсичности (*engl. Toxicity Characteristic Leaching Procedure - TCLP test*) и лужљивости (*engl. Leachability test - LP test*) који симулирају реалне услове одлагања ЕАФ прашине на депонију, омогућено је разумевање и њеног понашања и утицаја који има на животну средину.

Посебна пажња је посвећена хидрометалуршком поступку, односно, процесу лужења ЕАФ прашине. Након великог броја експерименталних испитивања, добијени су поуздани и применљиви резултати. Оригиналност рада се огледа у развоју и оптимизацији селективног двостепеног процеса лужења ЕАФ прашине, у првој фази водом, ради уклањања водорастворних компоненти присутних у прашини, а затим, у другој фази - раствором сумпорне киселине, у циљу издвајања цинка и других корисних компоненти. Овај приступ омогућава циљано издвајање корисних метала уз минимизацију утицаја на остатак отпада након примењеног процеса. Додатну вредност овој докторској дисертацији даје спроведена кинетичка анализа излужења цинка, што доприноси бољем разумевању и потенцијалном унапређењу процеса лужења на индустријском нивоу. Још један значајан аспект оригиналности огледа се у решавању проблема токсичности и лужљивости чврстог остатка насталог након процеса киселинског лужења. Кандидаткиња је препознала потенцијалне ризике услед присуства тешких метала (Zn, Pb, Cd) у чврстом остатку насталом након двостепеног процеса лужења и применила процес стабилизације уз употребу креча, дефинисањем оптималних услова и даљу евалуацију резултата применом TCLP и LP тестова. На тај начин, дисертација не само да доприноси развоју технологије издвајања корисних компоненти из ЕАФ прашине, већ омогућава решавање питања безбедног одлагања преосталог материјала.

Захваљујући мултидисциплинарном присупу, примени одговарајућих метода карактеризације и третмана испитиваног отпада какав је ЕАФ прашина, као и развоју конкретних решења са адекватном индустријском применом, дисертација се може оценити као савремена и оригинална, са јасним научним и практичним доприносом.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији под називом „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ коришћена је релевантна литература са 234 литературних навода из области карактеризације и третмана прашине електролучне пећи. Највећи број наведених студија еминентних светских стручњака у овој области, објављен је у истакнутим међународним часописима са SCI листе, са високим импакт фактором. Детаљном анализом доступне литературе кандидаткиња је стекла потпуни увид у савремена достигнућа у овој области, сагледала актуелне проблеме у овом пољу истраживања, и на основу наведеног, поставила предмет и циљ

истраживања свог експерименталног рада. Такође, кандидаткиња је експерименталне резултате других аутора користила за поређење, анализу и дискусију резултата до којих је дошла у оквиру својих експерименталних истраживања, као и за доношење одговарајућих закључака.

У наставку Реферата наведена је најзначајнија литература коришћена и цитирана у дисертацији:

1. Abadi M.M., Tang H., Rashidi M.M., A review of simulation and numerical modeling of electric arc furnace (EAF) and its processes, *Heliyon*, 10 (2024) e32157.
2. Al-Harabsheh M., Orabi Y., Al-Asheh S., Comparative study on the pyrolysis and leachability of washed/unwashed electric arc furnace dust-PVC mixtures and their residues, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9 (2021b) 105410.
3. Altarawneh S., Al-Harabsheh M., Ali L., Altarawneh M., Ahmed O.H., Buttress A., Dodds C., Kingman S., Thermal degradation of polyvinyl chloride in the presence of lead oxide: A kinetic and mechanistic investigation, *Chemical Engineering Journal*, 493 (2024) 152873.
4. Borda J., Torres R., Lapidus G., Selective leaching of zinc and lead from electric arc furnace dust using citrate and H_2SO_4 solutions. A kinetic perspective, *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 21 (1) (2022) Cat2606.
5. Bruckard W. J., Davey K. J., Rodopoulos T., Woodcock J. T., Italiano J., Water leaching and magnetic separation for decreasing the chloride level and upgrading the zinc content of EAF steelmaking baghouse dusts, *International Journal of Mineral Processing*, 75 (2005) 1-20.
6. Bui A.H., Le D.C., Nguyen T.T., Synthesis of ZnO Nanoparticles from Electric Arc Furnace Dust, *Journal of Mining and Metallurgy, Section B: Metallurgy*, 58 (2) (2022) 253-260.
7. Chairaksa-Fujimoto R., Maruyama K., Miki T., Nagasaka T., The selective alkaline leaching of zinc oxide from Electric Arc Furnace dust pre-treated with calcium oxide, *Hydrometallurgy*, 159 (2016) 120-125.
8. De Buzin P.J.W.K., Heck N.C., Vilela A.C.F., EAF dust: An overview on the influences of physical, chemical and mineral features in its recycling and waste incorporation routes, *Journal of Materials Research and Technology*, 6 (2) (2017) 194-202.
9. Dvořák P., Vu H.N., Zinc Recovery from Flue Dust, *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, (2017) 195-199.
10. Faraji F., Alizadeh A., Rashchi F., Mostoufi N., Kinetics of leaching: a review, *Reviews in Chemical Engineering*, (2020) aop published online 1-36.

11. Fernández A.I., Chimenos J.M., Raventós N., Miralles L., Espiell F., Stabilization of Electrical Arc Furnace Dust with Low-Grade MgO Prior to Landfill, *Journal of Environmental Engineering*, (2003) 275-279.
12. Gamea E.G., Anwar A., Ezzat A.A., El-Rafey M.E., Utilization of electric arc furnace dust as a filler for unsaturated polyester resin, *Process Safety and Environmental Protection*, 159 (2022) 1194-1202.
13. Gamutan J., Koide S., Sasaki Y., Nagasaka T., Selective dissolution and kinetics of leaching zinc from lime treated electric arc furnace dust by alkaline media, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12 (2024) 111789.
14. Grudinsky P., Yurtaeva A., Pankratov D., Pasechnik L., Musaelyan R., Dyubanov V., The Waelz Slag from Electric Arc Furnace Dust Processing: Characterization and Magnetic Separation Studies, *Materials*, 17 (2024) 2224.
15. Halli P., Hamuyuni J., Leikola M., Lundström M., Developing a sustainable solution for recycling electric arc furnace dust via organic acid leaching, *Minerals Engineering*, 124 (2018) 1-9.
16. Halli P., Hamuyuni J., Revitzer H., Lundström M., Selection of leaching media for metal dissolution from electric arc furnace dust, *Journal of Cleaner Production*, 164 (2017) 265-276.
17. Hamann C., Piehl P., Weingart E., Stolle D., Al-Sabbagh D., Ostermann M., Auer G., Adam C., Selective removal of zinc and lead from electric arc furnace dust by chlorination–evaporation reactions, *Journal of Hazardous Materials*, 465 (2024) 133421.
18. Havlík T., G. Maruskinova G., Miskufova A., Determination of ZnO Amount in Electric Arc Furnace Dust and Temperature Dependence of Leaching in Ammonium Carbonate by Using of X-Ray Diffraction, *Archives of Metallurgy and Materials*, 63 (2) (2018) 653-658.
19. Havlík T., Turzakova M., Stopic S., Friedrich B., Atmospheric leaching of EAF dust with diluted sulphuric acid, *Hydrometallurgy*, 77 (2005) 41-50.
20. Hazaveh P.K, Karimi S., Rashchi F., Sheibani S., Purification of the leaching solution of recycling zinc from the hazardous electric arc furnace dust through an as-bearing jarosite, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 202 (2020) 110893.
21. Henriques J., Castro P.M., Dias R., Magalhães B., Estrela M., Potential Industrial Synergies in the Steelmaking and Metal-Processing Industry: By-Products Valorization and Associated Technological Processes, *Sustainability*, 15 (2023) 15323.
22. Jia L., Hu K., Jiang E., Feng J., Song X., Ning P., Yu Q., Wang H., A new strategy for the reuse of typical hazardous solid waste electric arc furnace dust (EAFD): Efficient desulfurization by EAFD slurry, *Separation and Purification Technology*, 308 (2023) 122980.

23. Kaya M., Hussaini S., Kursunoglu S., Critical review on secondary zinc resources and their recycling technologies, *Hydrometallurgy*, 195 (2020) 105362.
24. Khaidarov T.B., Khanna R., Khaidarov B.B., Li K., Suvorov D.S., Metlenkin D.A., Burmistrov I.N., Gorokhovskiy A.V., Volokhov S.V., Kuznetsov D.V., An Innovative Approach Toward Enhancing the Environmental and Economic Sustainability of Resource Recovery from Hazardous Zn-Bearing Dusts from Electric Arc Furnace Steelmaking, *Sustainability*, 17 (2025) 2773.
25. Kukurugya F., Vindt T., Havlík T., Behavior of zinc, iron and calcium from electric arc furnace (EAF) dust in hydrometallurgical processing in sulfuric acid solutions: Thermodynamic and kinetic aspects, *Hydrometallurgy*, 154 (2015) 20-32.
26. Lee J.H., Han K.S., Hwang K.T., Kim J.H., Recycling of steelmaking electric arc furnace dust into aqueous cyan ceramic ink for inkjet printing process and its printability, *Ceramics International*, 47 (2021) 16964-16971.
27. Li Y.C., Zhuo S.N., Peng B., Min X.B., Liu H., Ke Y., Comprehensive recycling of zinc and iron from smelting waste containing zinc ferrite by oriented transformation with SO_2 , *Journal of Cleaner Production*, 263 (2020) 121468.
28. Lozano-Lunar A., Silva P.R., Brito J., Fernández J.M., Jiménez J.R., Safe use of electric arc furnace dust as secondary raw material in selfcompacting mortars production, *Journal of Cleaner Production*, 211 (2019) 1375-1388.
29. Ma S., Zhang Z., Xing X., Xu S., Li X., Kinetic Analysis of Recovering Zinc from Electric Arc Furnace Dust by Vacuum Carbothermic Reduction at 20 Pa, *Minerals*, 12 (2022) 261.
30. Małecki S., Gargul K., Warzecha M., Stradomski G., Hutny A., Madej M., Dobrzyński M., Prajsnar R., Krawiec G., High-Performance Method of Recovery of Metals from EAF Dust—Processing without Solid Waste, *Materials*, 14 (2021) 6061.
31. Menad N., Ayala J. N., Garcia-Carcedo F., Ruiz-Ayúcar E., Hernández A., Study of the presence of fluorine in the recycled fractions during carbothermal treatment of EAF dust, *Waste Management*, 23 (2003) 483-491.
32. Miki T., Chairaksa-Fujimoto R., Maruyama K., Nagasaka T., Hydrometallurgical extraction of zinc from CaO treated EAF dust in ammonium chloride solution, *Journal of Hazardous Materials*, 302 (2016) 90-96.
33. Montenegro V., Agatzini-Leonardou S., Oustadakis P., Tsakiridis P., Hydrometallurgical Treatment of EAF Dust by Direct Sulphuric Acid Leaching at Atmospheric Pressure, *Waste and Biomass Valorization*, 7 (6) (2016) 1531-1548.

34. Nair A.T., Mathew A., A R A., Akbar M.A., Use of hazardous electric arc furnace dust in the construction industry: A cleaner production approach, *Journal of Cleaner Production*, 377 (2022) 134282.
35. Ollonqvist P., Riihimäki T., Koukkari P., New Hydrometallurgical Treatment to Recover Zinc and Iron from EAF Dust, *World of Metallurgy - ERZMETALL*, 75 (1) (2022) 1-8.
36. Omran M., Fabritius T., Effect of steelmaking dust characteristics on suitable recycling process determining: Ferrochrome converter (CRC) and electric arc furnace (EAF) dusts, *Powder Technology*, 308 (2017) 47-60.
37. Oustadakis P., Tsakiridis P.E., Katsiapi A., Agatzini-Leonardou S., Hydrometallurgical process for zinc recovery from electric arc furnace dust (EAFD) Part I: Characterization and leaching by diluted sulphuric acid, *Journal of Hazardous Materials*, 179 (2010) 1-7.
38. Palimaka P., Pietrzyk S., Stępień M., Ciećko K., Nejman I., Zinc Recovery from Steelmaking Dust by Hydrometallurgical Methods, *Metals*, 8 (2018) 547.
39. Pickles C.A., Marzoughi O., Thermodynamic analysis of metal speciation during the chlorosulphation of electric arc furnace dust, *Minerals Engineering*, 140 (2019) 105874.
40. Rinne M., Halli P., Aromaa J., Lundström M., Alternative Method for Treating Electric Arc Furnace Dust: Simulation and Life Cycle Assessment, *Journal of Sustainable Metallurgy*, 8 (2022) 913-926.
41. Rudnik E., Investigation of industrial waste materials for hydrometallurgical recovery of zinc, *Minerals Engineering*, 139 (2019a) 105871.
42. Ruiz O., Clemente C., Alonso M., Alguacil F. J., Recycling of an electric arc furnace flue dust to obtain high grade ZnO, *Journal of Hazardous Materials*, 141 (2007) 33-36.
43. Saeta J.M.T., Macías J.S., López E.R.M., Iglesias F.A.C., Leaching of Zinc for Subsequent Recovery by Hydrometallurgical Techniques from Electric Arc Furnace Dusts and Utilisation of the Leaching Process Residues for Ceramic Materials for Construction Purposes, *Metals*, 11 (2021) 1603.
44. Shawabkeh R.A., Hydrometallurgical extraction of zinc from Jordanian electric arc furnace dust, *Hydrometallurgy*, 104 (2010) 61-65.
45. Silva V.S., Silva J.S., Costa B. dos S., Labes C., Oliveira R.M.P.B., Preparation of glaze using electric-arc furnace dust as raw material, *Journal of Materials Research and Technology*, 8 (6) (2019) 5504-5514.

46. Song S., Sun W., Wang L., Liu R., Han H., Hu Y., Yang Y., Recovery of cobalt and zinc from the leaching solution of zinc smelting slag, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7 (2019) 102777.
47. Stathopoulos V.N., Papandreou A., Kanellopoulou D., Stournaras C.J., Structural ceramics containing electric arc furnace dust, *Journal of Hazardous Materials*, 262 (2013) 91-99.
48. Tang H., Wang L., Sun W., Hu Y., Han H., Zhai J., Electric arc furnace dust as magnetic carrier particles for removal of micro-fine particles from suspensions, *Separation and Purification Technology*, 176 (2017) 220-230.
49. Wan Y., Xin C., Ding W., Zhang H., Yang H., Bao S., Kinetics and mechanism of ultrasonic-enhanced mixed acid leaching of zinc from zinc-bearing dust, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12 (2024) 113246.
50. Wang H., Gao J., Liu W., Zhang M., Guo M., Recovery of metal-doped zinc ferrite from zinc-containing electric arc furnace dust: Process development and examination of elemental migration, *Hydrometallurgy*, 166 (2016) 1–8.
51. Wang H., Li J., Huo X., Yue C., Peng B., Zhang M., Guo M., Magnetic Ni-Zn spinel ferrite nanopowder from toxic Zn-bearing electric arc furnace dust: A promising treatment process, *Minerals Engineering*, 157 (2020a) 106540.
52. Wang J., Zhang Y., Cui K., Fu T., Gao J., Hussain S., AlGarni T. S., Pyrometallurgical recovery of zinc and valuable metals from electric arc furnace dust - A review, *Journal of Cleaner Production*, 298 (2021a) 126788.
53. Wang K., Lu C., Wei T., Xiong Y., Ren J., Qiu D., Yu Y., Influencing Factors and Mechanisms of Zinc Recovery from Electric Arc Furnace Dust via Microwave-Assisted Carbothermic Reduction, *Metals*, 15 (2025) 437.
54. Wang K., Lu C., Wei T., Xiong Y., Ren J., Qiu D., Yu Y., Influencing Factors and Mechanisms of Zinc Recovery from Electric Arc Furnace Dust via Microwave-Assisted Carbothermic Reduction, *Metals*, 15 (2025) 437.
55. Xanthopoulos P., Agatzini-Leonardou S., Oustadakis P., Tsakiridis P.E., Zinc recovery from purified electric arc furnace dust leach liquors by chemical precipitation, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 5 (2017) 3550–3559.
56. Yang C., She X., Wang R., Wang J., Xue Q., Melting and separation behaviors of electric arc furnace dust pellets under iron bath conditions, *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 34 (2024) 347-360.
57. Yang J., Huang R., He X., Lv X., Zhu R., Jin H., Deng X., Research for the recovery of Zn and Pb from electric arc furnace dust through vacuum carbothermal reduction, *Process Safety and Environmental Protection*, 170 (2023) 960-970.

58. Youcai Z., Stanforth R., Integrated hydrometallurgical process for production of zinc from electric arc furnace dust in alkaline medium, *Journal of Hazardous Materials*, B80 (2000) 223-240.
59. Zheng X., Li S., Liu B., Zhang L., Ma A., A Study on the Mechanism and Kinetics of Ultrasound-Enhanced Sulfuric Acid Leaching for Zinc Extraction from Zinc Oxide Dust, *Materials*, 15 (2022) 5969.
60. Zoraga M., Ilhan S., Kalpakli A.O., Leaching kinetics of electric arc furnace dust in nitric acid solutions, *International Journal of Chemical Kinetics*, 52 (12) (2020) 933-942.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За испитивање физичких, хемијских и минералошких карактеристика репрезентативног узорка ЕАФ прашине, као и течних и чврстих међупродуката и продуката у докторској дисертацији, коришћене су следеће методе:

- Методе одређивања насипне масе, влаге и густине употребљене су за физичку карактеризацију репрезентативног узорка ЕАФ прашине.
- Мерење рН вредности репрезентативног узорка ЕАФ прашине, узорка чврстог остатка насталог након лужења водом и узорка чврстог остатка насталог након киселинског лужења, извршено је по методи 9045D, која се користи за мерење рН вредности земљишта и отпада, уз употребу рН метра марке WTW inoLab, модел рН 7310 (Немачка). Сва остала мерења рН вредности суспензија и раствора у току експерименталних испитивања извршена су на дигиталном рН/ORP-метру, марке Hanna Instruments, модел HI 9125 (Италија), на амбијенталној или повишеној температури (у зависности од услова извођења експеримената).
- Атомска апсорпциона спектрофотометрија (AAS) примењена је за одређивање хемијског састава (концентрације метала са релативно високим вредностима, као што су: Fe, Pb, Cu, Ca и Mg) репрезентативног узорка ЕАФ прашине и насталих чврстих остатака, као и за одређивање хемијског састава насталих лужних раствора. За наведена испитивања коришћен је уређај марке Perkin Elmer PinAAcle 900F (САД).
- Техником атомске емисионе спектрометрије са индуктивно куплованом плазмом (ICP-AES) одређене су концентрације елемената (са релативно ниским вредностима) присутних у репрезентативном узорку ЕАФ прашине, али и у насталим лужним растворима, на уређају Spectro Ciros CCD/Vision (Немачка).
- Метода волуметрије (V) коришћена је за одређивање концентрације цинка из свих испитиваних зорака.
- Садржаји сумпора и угљеника у репрезентативном узорку ЕАФ прашине и у узорку чврстог остатка насталог након киселинског лужења, одређени су применом анализатора угљеника и сумпора (CSA) марке Horiba EMIA-920V2 (Јапан).

- За одређивање концентрације хлорида у репрезентативном узорку ЕАФ прашине, узорцима чврстих и течних продуката и међупродуката примењена је метода спектрофотометрије (SF). Концентрације хлорида у воденим екстрактима узорака мерене су на спектрофотометру, модел Nach DR3900 (Немачка).
- Метода рендгенске флуоросцентне спектрометрије (XRF) коришћена је за одређивање концентрације силицијума у чврстим узорцима. Анализе су урађене на инструменту марке Thermo Scientific Niton XL3t-950 (САД).
- Јон селективна електрода (ISE) употребљена је за испитивања концентрације флуоридних јона у чврстим и течним узорцима. Електрода на којој је вршено испитивање је произвођача Mettler Toledo (Швајцарска), а јонметар је EcoScan ION 6 (Сингапур).
- Методом пламене анализе племенитих метала (купелације) вршено је одређивање концентрације злата и сребра у репрезентативном узорку ЕАФ прашине.
- Методом масене спектрометрије са индуктивно куплованом плазмом (ICP-MS) одређиване су јако ниске концентрације метала из чврстих узорака. Концентрација сребра је одређена на ICP-MS уређају марке Agilent Technologies 7700 (Јапан), са стандардним системом за увођење узорака.
- Метода рендгенске дифракционе анализе (XRD) примењена је за одређивање фазних састава репрезентативног узорка ЕАФ прашине и чврстих остатака добијених након примењених процеса лужења. Узорци су анализирани на рендгенском дифрактометру RigakuMiniFlex 600 (Јапан) са „D/teXUltra 250“ детектором високе брзине и рендгенском цеви са бакарном анодом.
- За анализу репрезентативног узорка ЕАФ прашине и других узорака чврстих остатака, коришћен је поларизациони микроскоп за рефлектовану и пропуштену светлост модел “Axioscope 5”, компаније Carl Zeiss-Jena (Немачка) са мерним уређајем, као и комплет за микрофотографију са програмом Image Acquisition Zeiss - AxioCam 105 color system.
- Скенирајућа електронска микроскопија са енергетско дисперзивном спектрометријом (SEM-EDS) примењена је за карактеризацију и испитивање морфологије и елементарног мапирања репрезентативног узорка ЕАФ прашине, као и за карактеризацију и испитивање морфологије узорака чврстих остатака насталих након примењених хидрометалуршких третмана на прашини. Узорци су анализирани на SEM-EDS микроскопу, ознаке JSM-7001F, повезаног са Oxford Instruments Xplore 15 енерго-дисперзионим рендгенским спектрометром, модел JOEL (Јапан).
- За одређивање величине честица репрезентативног узорка ЕАФ прашине, као и величине других честица насталих чврстих остатака у дисертацији, примењена је анализа на ласерском уређају Malvern Mastersizer 2000 (Malvern Instruments, УК).
- Процена утицаја на животну средину и здравље људи материјала након одлагања, у овом случају репрезентативног узорка ЕАФ прашине и чврстог остатка насталог након киселинског лужења, урађена је према акредитованим стандардним методама SRPS EN 12457-2 за испитивање лужљивости материјала (LP тест) и EPA 1311 за испитивање токсичности материјала (TCLP тест).

Методе примењене за испитивања у оквиру ове докторске дисертације су потпуно оправдане и адекватне за наведене врсте истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати до којих је кандидаткиња Вања Трифуновић дошла током израде дисертације су практични и применљиви, и могуће је извршити њихову верификацију у пракси. Предложени двофазни процес селективног лужења ЕАФ прашине омогућава ефикасно издвајање цинка као вредне сировине од 90,5%, што пружа могућност за његову даљу примену и тиме смањује потреба за експлоатацијом примарних ресурса цинка. Такође, део истраживања који се односи на стабилизацију чврстог остатка употребом креча има директну примену у области управљања отпадом пореклом из индустрије. Добијени стабилисани материјал, који испуњава критеријуме за неопасан отпад, може се безбедно одлагати на депонију неопасног отпада, без ризика по животну средину, чиме се решава један од основних императива у третману ЕАФ прашине. Поред еколошког, третманом ЕАФ прашине се може постићи и економска добит.

Предложени технолошки процес валоризације цинка и других компоненти из прашине електролучне пећи у оквиру ове докторске дисертације је оправдан, а његова реализација је остварива и на индустријском нивоу. Истраживање у докторској дисертацији је обухватало детаљна експериментална испитивања, на лабораторијском нивоу употребом реактора запремине 2L, а затим су експерименти при оптималним условима процеса потврђени и на увећаном нивоу, при чему су испитивања спроведена у реактору запремине 50L. Овакав приступ омогућио је добијање релевантних података о техничкој изводљивости процеса у реалнијим условима. Експериментални резултати представљају добру основу за имплементацију предложеног процеса на пилот постројењима, а потенцијално и у комерцијалним постројењима, уз додатна технолошка прилагођавања. Такође, резултати ове докторске дисертације могу послужити као основа за истраживања третмана сличних индустријских отпада, као и за развој нових метода валоризације и стабилизације различитих секундарних сировина.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самосталан научни рад

На основу анализе и дискусије добијених резултата, као и публикованих научних радова проистеклих из докторске дисертације, може се закључити да је кандидаткиња Вања Трифуновић, мастер инж. технологије, у потпуности оспособљена за самосталан научно-истраживачки рад, као и за активно учешће у тимском раду. Током реализације докторске дисертације, кандидаткиња је показала висок ниво стручности и самосталности у претраживању и анализи релевантне литературе, као и у осмишљавању, планирању и спровођењу експерименталних истраживања, обради и анализи резултата, доношењу конкретних закључака. На основу досадашњег залагања, Комисија сматра да кандидаткиња Вања Трифуновић, мастер инж. Технологије, поседује све неопходне компетенције за самосталан рад у области научних истраживања.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Докторска дисертација под називом „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије, доноси значајан научни допринос кроз свеобухватно истраживање третмана опасног индустријског отпада, са аспекта издвајања корисних компоненти из ЕАФ прашине и безбедног збрињавања насталог чврстог остатка. Научни допринос се може сумирати кроз следеће:

- Сprovedена је детаљна физичко-хемијска и минералошка карактеризација репрезентативног узорка ЕАФ прашине, као и анализа гранулометријског састава и примена стандардних тестова токсичности и лужљивости (TCLP и LP), чиме је обезбеђена основа за даље истраживање процеса издвајања метала.
- Развијен је и оптимизован двофазни процес селективног лужења ЕАФ прашине, који обухвата предтретман (лужење водом) у циљу уклањања водорастворних компоненти, а затим лужење чврстог остатка насталог предтретманом раствором сумпорне киселине у циљу ефикасног издвајања цинка и других компоненти. Овакав приступ омогућава селективно издвајање корисних метала уз минимизацију секундарног загађења.
- Анализирана је кинетика процеса лужења цинка, што представља значајан допринос разумевању комплексних процеса који се одвијају приликом издвајања метала из сложених материјала, попут ЕАФ прашине.
- Сви чврсти и течни међупродукти и продукти третмана ЕАФ прашине двофазним лужењем окарактерисани су хемијским и минералошким анализама, чиме је омогућен увид у ефекте примењених процеса, контрола токова материјала, као и научно заснована процена ефикасности и одрживости предложене технологије.
- Развијен је и оптимизован метод стабилизације чврстог остатка насталог након процеса киселинског лужења применом креча, којим се успешно смањује самоизлужење тешких метала на нивое који омогућавају класификацију насталог чврстог остатка као неопасног отпада. Тиме је омогућен безбедан третман отпада након издвајања корисних компоненти.
- Разматрана је могућност даљег издвајања других корисних компонената (попут олова и гвожђа) из чврстог остатка насталог након киселинског лужења, чиме се проширује потенцијал валоризације метала из ЕАФ прашине. Овим је кандидаткиња Вања Трифуновић показала да се настали чврсти остатак може даље користити у процесима издвајања корисних компонената, чиме доприноси ефикаснијем искоришћењу расположивих ресурса.
- Израђена је технолошка шема комплетног процеса третмана ЕАФ прашине, која се састоји из фазе предтретмана, фазе киселинског лужења, стабилизације чврстог остатка и могућих примењивих процеса за издвајање цинка из лужног раствора у облику производа. Овај приказ представља важан допринос, јер омогућава боље разумевање процеса и служи као основа за индустријску примену или изградњу пилот постројења.

- Рад представља повезан, интегрисан технолошки приступ који комбинује карактеризацију, издвајање корисних метала, процену утицаја на животну средину, у смислу токсичности и лужљивости, као и стабилизацију отпада, што чини значајан допринос у развоју одрживих технологија и управљања индустријским отпадом.

Остварени резултати дисертације проширују постојећа научна знања и представљају основу за даља истраживања у области третмана индустријских отпада, издвајања метала из секундарних материјала и заштите животне средине.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у докторску дисертацију, може се закључити да су експериментална испитивања добро осмишљена, што потврђују добијени резултати. Кандидаткиња Вања Трифуновић, мастер инж. технологије, је током израде докторске дисертације у потпуности спровела претходно постављене циљеве истраживања. Спроведене методе карактеризације репрезентативног узорка ЕАФ прашине, као и тестови лужљивости и токсичности, омогућиле су разумевање састава и понашања испитиване ЕАФ прашине. Посебну вредност има систематично праћење промена у саставу истраживаног материјала кроз све фазе примењеног третмана, од почетне карактеризације до завршне стабилизације.

Применом двофазног процеса лужења ЕАФ прашине постигнуто је ефикасно селективно издвајање цинка, уз минимално излужење других компоненти које би ометале даљи процес његове валоризације из добијеног лужног раствора. Међутим, повишени садржаји тешких метала у чврстом остатку насталом након примењеног процеса лужења указали су на потребу за додатним третманом, што је кандидаткиња препознала и решила применом процеса стабилизације кречом, разматрајући могућност његове даље употребе или безбедног збрињавања. Кандидаткиња је сагледала и алтернативне могућности, остављајући простор за будућа истраживања усмерена ка даљем развоју предложеног технолошког процеса. Верификовани резултати истраживања кандидаткиње на реалном узорку, као и примена адекватних метода испитивања, указују на то да су приступ и методологија у дисертацији у складу са актуелним научним токовима, а добијени резултати са значајном научном вредношћу.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације под називом „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије, верификован је публикацијама на којима је кандидаткиња првопотписани аутор, а које су проистекле као резултат истраживања која су спроведена у оквиру ове докторске

дисертације. Списак објављених радова који верификују рад кандидаткиње на докторској дисертацији следи у даљем тексту Реферата.

Рад у водећем међународном часопису категорије M21:

1. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, M. Bugarin, S. Đorđievski, M. Antonijević, M. Radovanović, Application of a Simple Pretreatment in the Process of Acid Leaching of Electric Arc Furnace Dust, Metals, 14 (2024) 426.
IF (2022) = 2,9
ISSN: 2075-4701
<https://doi.org/10.3390/met14040426>

Рад у међународном часопису категорије M23:

1. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, R. Jonović, V. Gardić, S. Đorđievski, S. Dimitrijević, Investigation of Hazardous Waste - A Case Study of Electric Arc Furnace Dust Characterization, Chemical Industry, 76 (4) (2022) 237-249.
IF (2022) = 0,774
ISSN: 0367-598X
<https://doi.org/10.2298/HEMIND220609018T>

Саопштења са међународних скупова штампана у целини - M33:

1. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, D. Božić, Valorization of Zinc from the EAF Dust Using the Hydrometallurgical Process, The 55th International October Conference on Mining and Metallurgy, Kladovo, Serbia, 15-17 October 2024, Proceedings 257-262.
ISBN 978-86-7827-053-6
2. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, Possibility of Zinc and Cadmium Recovery from Hazardous Industrial Waste - EAF Dust, 31st International Conference Ecological Truth & Environmental Research, Sokobanja, Serbia, 18-21 June 2024, Proceedings 486-490.
ISBN 978-86-6305-152-2
3. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, M. Antonijević, M. Radovanović, Potential Environment Pollutant - Intermediate Product of the Steel Production Process, 30th International Conference Ecological Truth & Environmental Research, Stara Planina, Serbia, 20-23 June 2023, Proceedings 179-184.
ISBN 978-86-6305-137-9
4. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, R. Jonović, S. Đorđievski, Electric arc furnace dust – Hazardous waste whose treatment is unavoidable, 29th International Conference Ecological Truth and Environmental Research, Sokobanja, Serbia, 21-24 June 2022, Proceedings 336-342.
ISBN 978-86-6305-123-2

5. **V. Trifunović**, Lj. Avramović, R. Jonović, S. Milić, S. Đorđievski, M. Jonović, Hydrometallurgical treatment of electric arc furnace dust in aim of zinc separation, The 52nd International Conference on Mining and Metallurgy, Bor, Serbia, 29-30 November 2021, Proceedings 209-212.
ISBN 978-86-6305-119-5

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу - М34:

1. **Vanja Trifunović**, Ljiljana Avramović, Snežana Milić, Stefan Đorđievski, Sanela Vasiljević, Dragana Božić, Pretreatment of the EAF dust as the first part of its hydrometallurgical treatment, Metallurgy 2025 - Global Summit on Metallurgical Engineering and Mineral Processing, Frankfurt, Germany, 04-06 August 2025.
2. **V. Trifunović**, S. Milić, Lj. Avramović, M. Bugarin, D. Božić, V. Conić, R. Kovačević, Hazardous Industrial Waste from Steel Production as Raw Material for Zinc Recovery, World Conference on Recycling and Waste Management, Paris, France, 15-16 May 2023.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Анализом докторске дисертације под називом „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије, може се закључити да је кандидаткиња успешно формулисала и реализовала комплексна истраживања усмерена ка валоризацији прашине електролучне пећи као секундарног извора вредних материјала. Дисертација представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос у области Технолошког инжењерства, у сагласности је 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, као и увида у научни допринос кроз два објављена рада у часописима (један рад у водећем међународном часопису категорије М21; један рад у међународном часопису категорије М23), Комисија за оцену докторске дисертације закључује, да урађена докторска дисертација кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије, испуњава све законске и остале услове за одбрану докторске дисертације. 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 Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду и критеријумима Универзитета у Београду.

На основу свега наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду, да прихвати позитиван Реферат о урађеној докторској дисертацији под називом: „Валоризација цинка и других корисних компоненти из прашине електролучне пећи“ кандидаткиње Вање Трифуновић, мастер инж. технологије 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, август 2025. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

др Маја Нујкић, ванредни професор
Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору

др Драгана Медић, доцент
Универзитет у Београду - Технички факултет у Бору

др Љиљана Аврамовић, научни сарадник
Институт за рударство и металургију Бор

др Радмила Марковић, научни саветник
Институт за рударство и металургију Бор

Универзитет у Београду
ТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ У БОРУ
Број: VI/1-571/7
Бор, 01.10.2024.

На основу члана 109. Закона о високом образовању и члана 101. Статута
Универзитета у Београду, доносим

Р Е Ш Е Њ Е

Трифуновић Вањи, бр. индекса 4/2018, студенту на докторским академским студијама, студијски програм: **Технолошко инжењерство**, продужује се рок за завршетак студија до истека рока у троструком броју школских година потребних за реализацију студијског програма, односно до краја школске 2026/27. године.

Доставити:

- именованој
- студентској служби



ДЕКАН

Проф. др Дејан Таникић