

Образац 3.

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

2026 - 35/155

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

8. 5. 2026.

(Датум)

ЗАХТЕВ

**за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације
и о одређивању ментора**

Молимо да, сходно чл. 48 ст. 5 тач. 3) Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“ бр. 201/2018, 207/2019, 213/2020, 214/2020, 217/2020, 230/21, 232/22, 233/22 и 236/22), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Иновативни металуршки поступци за прераду нестандартних и комплексних сировина
олова и цинка**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Металуршко инжењерство

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:

Димитрије (Зоран) Анђић

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Металуршко инжењерство, мастер инжењер металургије

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2023.

4. Година уписа на докторске студије: 2023.

5. Назив студијског програма докторских студија:

Металуршко инжењерство

6. Датум подношења пријаве теме докторске дисертације:

9. 4. 2026.

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ:

за кандидата **Димитрије Анђић**

Име и презиме ментора: **др Жељко Камберовић**

Звање: редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Janošević, M., Conić, V., Božić, D., Avramović, L., Jovanović, I., **Kamberović, Ž.**, & Marjanović, S. (2023). Indium recovery from jarosite Pb–Ag tailings waste (Part 1). *Minerals*, 13(4), 540. <https://doi.org/10.3390/min13040540> (ISSN: 2075-163X; IF: 2.5)
2. **Kamberović, Ž.**, Ranitović, M., Manojlović, V., Jevtić, S., Gajić, N., & Štulović, M. (2023). Thermodynamic and kinetic analysis of jarosite Pb–Ag sludge thermal decomposition for hydrometallurgical utilization of valuable elements. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 148(21), 11799–11810. <https://doi.org/10.1007/s10973-023-12508-3> (ISSN: 1388-6150; IF: 4.4)
3. Djokić, J., Gajić, N., Radovanović, D., Štulović, M., Dimitrijević, S., Vujović, N., & **Kamberović, Ž.** (2025). Alkali fusion–leaching process for non-standard copper anode slime (CAS). *Metals*, 15(12), 1308. <https://doi.org/10.3390/met15121308> (ISSN: 2075-4701; IF: 2.6)
4. **Kamberović, Ž.**, Gajić, N., Korać, M., Jevtić, S., Sokić, M., & Stojanović, J. (2021). Technologically sustainable route for metals valorization from jarosite-PbAg sludge. *Minerals*, 11(3), 255. <https://doi.org/10.3390/min11030255> (ISSN: 2075-163X; IF: 2.5)
5. **Kamberović, Ž.**, Ranitović, M., Korać, M., Andjić, Z., Gajić, N., Djokić, J., & Jevtić, S. (2018). Hydrometallurgical process for selective metals recovery from waste-printed circuit boards. *Metals*, 8(6), 441. <https://doi.org/10.3390/met8060441> (ISSN: 2075-4701; IF: 2.6)

ДЕКАНКА ФАКУЛТЕТА

Проф. др Мирјана Кијевчанин

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће

(назив надлежног тела факултета)

на седници одржаној 7. 5. 2026. године размотрило предложену тему и закључило да је

тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

- Прилог
1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
 2. Извештај Комисије о оцени научне заснованости теме докторске дисертације

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

ДШ

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 33. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 7. 5. 2026. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Извештаја Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и одређивању ментора

Прихвата се Извештај Комисије о научној заснованости теме за израду докторске дисертације кандидата **Димитрија Анђића**, број индекса 2023/4017, под називом: **„Иновативни металуршки поступци за прераду нестандартних и комплексних сировина олова и цинка”**.

Одлуку о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације доноси Универзитет у Београду.

За ментора се одређује др Жељко Камберовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет.

Одлуку доставити: Универзитету у Београду, кандидату, ментору, Служби за наставно студентске послове и архиви Факултета.

Д Е К А Н К А

Проф. др Мирјана Кијевчанин

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај о оцени научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Димитрија З. Анђића

Одлуком бр. 2026-35/107 од 9. април 2026. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидата Димитрија З. Анђића под насловом „Иновативни металуршки поступци за прераду нестандардних и комплексних сировина олова и цинка“.

На основу проученог материјала приложеног уз пријаву теме докторске дисертације, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Димитрије З. Анђић је рођен 2. августа 1999. године у Ужицу, где је завршио основну школу и гимназију са одличним успехом. Основне академске студије на студијском програму Металуршко инжењерство је уписао школске 2018/19. године на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду. Добитник је награде „Љубомир Недељковић“ за најбољег студента студијског програма Металуршко инжењерство на Технолошко-металуршком факултету у Београду за 2021/2022. годину. Дипломирао је 29. септембра 2022. године са просечном оценом 8,98. Мастер академске студије је уписао школске 2022/23. године и завршио 26. септембра 2023. године са просечном оценом 9,75. Од новембра 2023. године ради као истраживач приправник у Институту за технологију нуклеарних и других минералних сировина (ИТНМС) у Београду, у Сектору за металуршке технологије и заштиту животне средине. Област истраживања кандидата је металуршко инжењерство и екстрактивна металургија. Током докторских студија учествовао је на више међународних конференција. Учесник је у реализацији билатералног пројекта „DAAD“ са Немачком (2025–2026), у трајању од две године под називом: „Titanium recovery from bauxite residues using hydrogen reduction and hydrometallurgical method“. У оквиру пројекта је реализовао тромесечни истраживачки боравак у Немачкој (1. децембар 2025. – 1. март 2026.). Учесник је и билатералног пројекта са Словачком (2026-2027) под називом „Advanced photocatalytic leaching of chalcopyrite – APLEACH“. Димитрије З. Анђић је био члан организационог одбора међународне конференције 6th Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe (MMESEE 2025). Активан је члан Савеза инжењера металургије Србије. Кандидат говори и пише енглески језик.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Димитрије З. Анђић је школске 2023/24. године уписао докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду на студијском програму Металуршко инжењерство. Положио је све испите предвиђене планом и програмом докторских академских студија са просечном оценом 9,40, као и завршни испит са темом „Прерада нестандартних сировина олова“.

Положени испити на докторским студијама:

Ред. бр.	Шифра	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
1.	22Д24	Металургија праха	10 (десет)	6
2.	22Д126	Пројектовање и интеграција процеса	10 (десет)	6
3.	22Д20П	Виши курс металуршких процеса	10 (десет)	5
4.	22Д14П	Кинетика металуршких процеса	10 (десет)	5
5.	22Д13	Феномени преноса у инжењерству материјала	10 (десет)	6
6.	22Д27	Инжењерство површина	10 (десет)	5
7.	22Д31	Пећи и реактори у металургији	10 (десет)	6
8.	22ДМНИР	Методологија научно-истраживачког рада	8 (осам)	5
9.	22ДМ2	Одабрана поглавља нумеричке анализе	6 (шест)	6
10.	22ДЗИ	Завршни испит	10 (десет)	30
		Укупно		80

Из досадашњег научноистраживачког рада Димитрија З. Анђића, проистекли су следећи најважнији резултати:

(M21) Рад у врхунском међународном часопису

1. Bugarčić, M., Jovanović, A., Andić, D., Jelić, I., Miletić, M., Marković, B., & Sokić, M. (2025). *Kinetics of Sphalerite Leaching by MnO₂-KI Oxidation System in Sulfuric Acid*. *Metals*, 15(1), 50. <https://doi.org/10.3390/met15010050> (IF = 2.5, ISSN: 2075-4701)
2. Jovanović, A., Andić, D., Bugarčić, M., Jelić, I., Vujović, N., Anderson, C., & Sokić, M. (2025). *Recovery of Cu and Fe from a Sphalerite Concentrate by the MnO₂-KI Leaching Oxidation System*. *Metals*, 15(9), 1039. <https://doi.org/10.3390/met15091039> (IF= 2.5, ISSN:2075-4701)
3. Andić, D., Sokić, M., Jovanović, A., Gajić, N., Djokić, J., Koprivica, M., & Kamberović, Ž. (2026). *Thermodynamic and Kinetic Analysis of Lead Leaching from Pretreated Pb–Ag Jarosite Sludge by Chloride Solution*. *Metals*, 16(4), 367. <https://doi.org/10.3390/met16040367> (IF=2.5, ISSN: 2075-4701)

(M24) Рад у националном часопису од међународног значаја

1. G. Jovanović, D. Andić, D. Randelović, T. Zeremski, M. Koprivica, D. Smiljanić, B. Marković, *Behavior of macro and micro elements in contaminated Sorghum spp. during preparation for Zn extraction*, *Journal of Mining and Metallurgy, Section A: Mining*, 61 A (1) (2025) 39 – 49. <https://doi:10.5937/JMMA2501039J> (ISSN: 1450-5959)

1.3. Оцена оспособљености кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и показаних резултата истраживања у области металуршког инжењерства, а нарочито у области екстрактивне металургије комплексних сировина обојених метала, као и броја и квалитета објављених радова, Комисија оцењује да је Димитрије З. Анђић, мастер инж. металургије, показао висок степен самосталности и способност за обављање научноистраживачког рада, те да је подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Олово и цинк представљају стратешки значајне метале услед њихове широке примене у различитим индустријским секторима. Услед све веће потражње и постепеног исцрпљивања примарних лежишта, савремена истраживања су усмерена ка проналажењу алтернативних извора ових метала, пре свега кроз валоризацију комплексних сировина и металуршких нуспроизвода. У том контексту, посебну пажњу привлаче нуспроизводи хидрометалургије цинка, нестандартни концентрати олова, полиметалични концентрати сфалерита, као и прашине из процеса екстрактивне металургије као значајан ресурс. Поред основних метала, ове сировине често садрже и друге вредне компоненте, укључујући елементе од посебног значаја у оквиру политике Европске уније о критичним и стратешким сировинама, као што су галијум и индијум. Присуство ових, као и индустријски и економски значајних пратећих метала попут бабра, сребра и злата, додатно наглашава значај њихове ефикасне прераде, селективног издвајања и свеобухватне валоризације.

Предмет овог научног истраживања је испитивање и унапређење поступака валоризације олова и цинка из нестандартних и комплексних сировина, са посебним освртом на утицај фазног састава, контролисаних фазних трансформација и процесних услова на механизме одвијања хемијских реакција, кинетику процеса и селективност издвајања метала. Истраживање би требало да обухвати најмање три репрезентативна система: јароситни муљ, концентрат церузита и полиметалични концентрат сфалерита, који се разматрају као модели различитих поступака прераде комплексних сировина олова и цинка.

Циљ овог научног истраживања је експериментално испитивање и моделовање процеса валоризације олова и цинка из наведених сировина, ради утврђивања технолошке везе између хемијског и фазног састава, фазних трансформација, механизма реакција и кинетике процеса, као основе за оптимизацију и селективно издвајање метала.

Специфични циљеви истраживања обухватају:

- Испитивање механизма и кинетике лужења олова из јароситног муља применом хлоридних раствора, ради утврђивања оптималних услова за ефикасно и селективно превођење у раствор и даље издвајање олова и других корисних метала;
- Анализу процеса термалне декомпозиције концентрата церузита, укључујући формирање међупроизвода и одређивање оптималних параметара за добијање олово(II)-оксида, као основног прекурсора елементарног олова;
- Испитивање хидрометалуршког поступка лужења цинка из полиметаличног концентрата сфалерита у сумпорној киселини, уз дефинисање утицаја оксидационих средстава и процесних параметара на ефикасност и селективност издвајања цинка;
- Детаљну карактеризацију почетних сировина и добијених производа, као и анализу фазних и структурних промена током процеса прераде;
- Формулисање заједничких принципа прераде и оптимизације, на основу упоредне анализе фазног састава, механизма реакција и кинетике процеса, који се могу применити на шири спектар комплексних сировина олова и цинка;
- Експериментално испитивање ради процене потенцијала свеобухватне валоризације пратећих критичних и технолошки вредних елемената (нпр. Ga, In, Au, Ag, Cu) након примарне екстракције олова и цинка;
- Анализа утицаја наведених технолошких процеса прераде комплексних сировина олова и цинка на животну средину применом методологије анализе животног циклуса (LCA)
- Избор технолошки одрживог решења прераде нестандартних и комплексних сировина олова и цинка.

Коначни научни циљ експерименталних истраживања је развој ефикасних, економски оправданих и еколошки прихватљивих поступака прераде, који доприносе одрживом управљању минералним ресурсима и смањењу негативног утицаја металуршких отпада на животну средину.

Релевантни библиографски извори:

1. Chen, M., Wang, R., Fan, W., Wang, J., Zeng, X., Han, Y., Liang, Q., Huang, R., Zhou, S., & Shu, J. (2025). *Advances on jarosite residue detoxification and reutilization: A review*. Environmental Science and Pollution Research, 32(7), 3571–3592. <https://doi.org/10.1007/s11356-025-35907-5>
2. Sinadinović, D., Kamberović, Ž., & Šutić, A. (1997). *Leaching kinetics of lead from lead (II) sulphate in aqueous calcium chloride and magnesium chloride solutions*. Hydrometallurgy, 47(2–3), 137–147. [https://doi.org/10.1016/S0304-386X\(97\)00032-5](https://doi.org/10.1016/S0304-386X(97)00032-5)
3. Liao, C., Li, Z., Liu, L., Li, X., Li, Y., Zhang, W., Li, Y., & Cao, X. (2024). *Recyclable recovery of lead from zinc hydrometallurgy residue: By NH_4Cl – $MgCl_2$ leaching and novel cyclone-electrowinning*. Industrial & Engineering Chemistry Research, 63(3), 942–954. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.3c03832>
4. Ju, S., Zhang, Y., Zhang, Y., Xue, P., & Wang, Y. (2011). *Clean hydrometallurgical route to recover zinc, silver, lead, copper, cadmium and iron from hazardous jarosite residues produced during zinc hydrometallurgy*. Journal of Hazardous Materials, 192(2), 554–558. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.05.068>
5. Xu, Z., Huang, X., Yan, Y., Jia, X., Zhang, Y., Liu, X., et al. (2024). *Coproduction of metal oxide and CO_2 through decomposition of carbonate in a moving bed with a central gas-flow channel*. Powder Technology, 444, 120054. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2024.120054>
6. Shen, Z., Wen, S., Miao, Y., Wang, H., & Feng, Q. (2023). *Interaction of Fe^{2+} with cerussite surfaces and its depression effect on adsorption of sulfidizing agent and collector*. Minerals Engineering, 203, 108349. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2023.108349>
7. Hill RJ, Cranswick LMD. *Crystallography of the litharge to massicot phase transformation from neutron powder diffraction data*. Acta Crystallogr B Struct Sci Cryst Eng Mater. International Union of Crystallography; 2025;81:146–60. <https://doi.org/10.1107/S205252062401254X>
8. Tian, L., Zhang, T. A., Liu, Y., Lv, G. Z., & Tang, J. J. (2018). *Oxidative acid leaching of mechanically activated sphalerite*. Canadian Metallurgical Quarterly, 57(1), 59–69. <https://doi.org/10.1080/00084433.2017.1367884>
9. Nikkhou, F., Xia, F., & Deditius, A. P. (2019). *Variable surface passivation during direct leaching of sphalerite by ferric sulfate, ferric chloride, and ferric nitrate in a citrate medium*. Hydrometallurgy, 188, 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.06.017>
10. Fan, Y., Liu, Y., Niu, L., Jing, T., & Zhang, T. (2019). *Separation and purification of elemental sulfur from sphalerite concentrate direct leaching residue by liquid paraffin*. Hydrometallurgy, 186, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.04.009>

3. Полазне хипотезе

Упоредном анализом фазног састава, структурних промена, механизма реакција и кинетичких параметара у испитиваним системима могу се формулисати заједнички принципи прераде и оптимизације који су применљиви и на друге комплексне сировине олова и цинка. При томе се полази од следећих кључних претпоставки:

- Комплексне сировине олова и цинка поседују хемијски сложен и термодинамички нестабилан фазни састав, чије фазе се могу усмерено трансформисати контролом температуре, реакционих услова и хемијског окружења, чиме се омогућава повећање реактивности и селективности у процесима лужења;
- Јароситни муљ се може ефикасно растварати применом магнезијум(II)-хлорида у лужењу, при чему се не ствара чврсти продукт реакције;
- Селективност у процесу лужења јаросита се постиже превођењем оксида гвожђа у фазу хематита;
- Термална декомпозиција и претходна активација концентрата церузита доводи до формирања реактивних оксидних фаза олова;
- Оксиди олова се лако могу редуковати водоником, ниске су температуре, омогућавају селективност у процесу;
- Уколико се метална фаза олова формира у прашкастој матрици јаловинских оксида, без појаве течне фазе шљаке, могуће је механичко одвајање исте;

- Полиметалични концентрат сфалерита се може ефикасно прерађивати применом лужења сумпорном киселином у присуству оксидационих агенаса, при чему се постиже висок степен излужења цинка уз минималне губитке и могућност даљег искоришћења секундарних компоненти у раствору и чврстом остатку.

4. Научне методе истраживања

У оквиру планираног истраживања прераде јароситног муља, спровешће се детаљно испитивање процеса лужења у систему са магнезијум(II)-хлоридом, са циљем дефинисања оптималних услова извођења процеса. Посебна пажња биће усмерена на утврђивање утицаја концентрације раствора, времена, температуре и односа чврсто/течно на степен излужења олова из јароситног муља. Концентрација наведеног метала у раствору у току процеса биће праћена применом оптичке емисионе спектрометрије са индуктивно спрегнутом плазмом (ICP-OES) или атомске апсорпционе спектрометрије (AAS) метода у циљу одређивања кинетичких параметара процеса. Чврсти остаци настали након процеса лужења биће подвргнути карактеризацији применом оптичке микроскопије, XRD и SEM/EDS метода.

У оквиру планираног истраживања прераде концентрата церузита, спровешће се свеобухватна анализа термалне декомпозиције и пратећих фазних трансформација уз примену комбинованих експерименталних техника. Коришћењем термогравиметријских анализа (TG/DTG/DSC) биће праћене промене масе и топлотни ефекти током загревања, што ће омогућити идентификацију кључних температурних интервала термалне декомпозиције наведеног концентрата. Рендгенска дифракција (XRD) користиће се за одређивање фазног састава и трансформација које се јављају у различитим фазама процеса, док ће се применом скенирајуће електронске микроскопије (SEM) анализирати морфолошке промене и микроструктурне карактеристике узорка. Кинетичка анализа ће бити извршена применом софтвера „NETZSCH KineticsNeo“. На тај начин биће омогућено детаљно разумевање механизма термалне разградње церузита и повезаних структурних промена.

Детаљно истраживање поступка прераде полиметаличног концентрата сфалерита подразумева испитивање механизма процеса лужења сумпорном киселином уз додатак оксидационих средстава (систем KI/MnO₂). Посебна пажња ће бити усмерена на утицај времена, температуре и садржаја KI на степен излужења цинка из наведеног концентрата. Како би се спровела кинетичка анализа целокупног процеса, а самим тим и дефинисао механизам, концентрација цинка у раствору у току процеса ће бити праћена применом ICP-OES или AAS метода. Чврсти остаци настали након лужења ће бити детаљно анализирани применом оптичке микроскопије, XRD и SEM/EDS метода у циљу детаљнијег дефинисања механизма процеса.

Термодинамичка анализа у оквиру сва три наведена истраживања биће спроведена применом софтверског пакета HSC Chemistry. Моделовање утицаја разматраних технолошких процеса на животну средину извршиће се применом методе анализе животног циклуса (LCA).

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни допринос предложеног истраживања огледа се у унапређењу разумевања механизма прераде комплексних сировина олова и цинка, утврђивању кинетичких законитости испитиваних процеса и формулисању општих принципа за њихову ефикаснију и селективнију валоризацију. Конкретно се допринос огледа у следећем:

- Анализа реакционих механизма прераде комплексних нестандартних сировина олова и цинка, са посебним освртом на идентификацију кинетичких ограничења, механизма дифузије и доминантних фазних трансформација у различитим процесним условима биће вредно научно полазиште за шири спектар истраживања у екстрактивној металургији;
- Одређивање релевантних кинетичких параметара и идентификација кинетички контролишућих корака у процесима лужења и термалне декомпозиције, чиме ће се омогућити поузданије тумачење брзине и механизма одвијања реакција;

- Формираће се скуп нових експерименталних података који ће обухватити промене микроструктуре, фазног састава и реактивности материјала током прераде, уз њихову корелацију са процесним параметрима;
- Развиће се интегрисани модел који ће повезати микроструктурне промене са реактивношћу материјала, омогућавајући предвиђање понашања система у зависности од услова процеса и састава полазне сировине;
- Идентификоваће се кључни фактори који ће утицати на ефикасност издвајања олова и цинка, укључујући утицај минералног састава, гранулометрије и термодинамичких услова, чиме ће се омогућити оптимизација процесних параметара;
- Формулисаће се смернице за развој економски и еколошки одрживих процеса валоризације олова и цинка из нестандартних сировина, у складу са принципима БРЕФ/БАТ, са циљем смањења негативног утицаја на животну средину и унапређења ресурсне ефикасности;
- Након издвајања олова и цинка, омогућиће се даља валоризација преосталог чврстог остатка, у циљу екстракције и искоришћења других вредних метала присутних у полазним сировинама, чиме ће се додатно повећати укупна искоришћеност ресурса;
- Развиће се модел за свеобухватну процену еколошких утицаја технолошких поступака прераде комплексних сировина олова и цинка применом методологије анализе животног циклуса (LCA).

6. План истраживања и структура рада

Истраживање у оквиру докторске дисертације се може поделити у четири фазе:

1. Лужење олова из термички третираног јароситног муља (пржење ради превођења железа у нерастворни хематитни облик, Fe_2O_3), у коме је олово присутно као PbSO_4 уз значајно присуство Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 и ZnFe_2O_4 , биће испитивано применом хлоридног система (раствор MgCl_2). Испитивања ће обухватити утицај процесних параметара, и то времена (0-120 min), температуре (40, 60, 70 и 80 °C) и односа чврсте и течне фазе (1:3 и 1:20), са циљем квантитативног одређивања њиховог утицаја на степен излужења олова и дефинисања оптималних процесних параметара. Поред тога, биће спроведена кинетичка анализа наведеног процеса, у циљу детаљног разјашњења механизма одвијања процеса и идентификације контролишућих корака реакције. Ради добијања детаљне кинетичке анализе процеса лужења, узорковање ће се вршити у унапред дефинисаним временским интервалима: 2,5; 5; 7,5; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 75; 90; 105 и 120 минута.

2. Термална декомпозиција концентрата церузита (олово у највећој мери присутно у облику PbCO_3 , уз значајно присуство PbS и CaCO_3) у атмосфери ваздуха, при чему ће се најпре извршити TG, DTG и DSC анализа са циљем одређивања температурних интервала у којима долази до значајних промена масе, фазних трансформација и термичких ефеката узорка. TG, DTG и DSC анализа ће бити реализоване при различитим брзинама загревања (3, 5, 10, 15 и 20 °C/min). На основу добијених резултата биће дефинисане температуре и режими термалне обраде, у оквиру којих ће се спроводити контролисана декомпозиција узорка до унапред одређених температура. Добијени производи термалне декомпозиције биће карактерисани применом XRD и SEM метода, са циљем утврђивања фазног састава, морфологије и микроструктурних карактеристика материјала. На основу добијених података биће могуће дефинисати фазне трансформације које се одвијају током процеса термалне декомпозиције. Поред тога, биће спроведена кинетичка анализа процеса термалне декомпозиције, у циљу детаљног разјашњења механизма реакције и идентификације кинетички контролишућих корака процеса.

3. Лужење цинка из полиметаличног концентрата сфалерита (у највећој мери садржи сфалерит (ZnS), затим пирит (FeS_2) и халкопирит (CuFeS_2)) у киселој средини (H_2SO_4), уз примену оксидационог система ($\text{MnO}_2 + \text{KI}$), са циљем повећања ефикасности процеса и степена излужења цинка. У оквиру истраживања биће испитан утицај процесних параметара, укључујући време (0-180 минута), температуру (40, 60, 70 и 80 °C) и садржај KI (1, 2, 3 мас.%), на степен излужења цинка, ради дефинисања оптималних услова процеса. Поред тога, биће спроведена кинетичка анализа наведеног процеса са циљем детаљног одређивања његовог механизма и идентификације кинетички

контролишућих корака реакције. У циљу добијања детаљне кинетичке анализе процеса лужења, узорковање ће се вршити у унапред дефинисаним временским интервалима: 2,5; 5; 7,5; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 90; 120; 150 и 180 минута.

4. Анализа утицаја наведених технолошких процеса за прераду комплексних сировина олова и цинка на животну средину (LCA)

Докторска дисертација биће структурирана кроз следећа поглавља:

1. Увод

У овом поглављу биће дефинисан предмет истраживања, истакнут научни и технолошки значај рада, формулисани циљеви, мотивација и очекивани допринос. Биће приказан значај олова и цинка у свету, њихова годишња производња и потражња, као и значај нестандартних сировина олова и цинка.

2. Теоријски део

Ово поглавље обухвата:

- Основна својства олова и цинка, са акцентом на механичка својства;
- Преглед постојећих постројења за производњу олова и цинка у Европи и технологија које се примењују у оквиру ових постројења;
- Литературни преглед пирометалуршких и хидрометалуршких третмана нестандартних сировина олова и цинка, уз акценат на јароситни муљ, концентрат церузита и полиметалични концентрат сфалерита.

3. Експериментални део

3.1. Порекло сировина које ће бити испитиване у оквиру истраживања

3.2. Карактеристике хемикалија које ће се користити приликом истраживања (чистоћа, произвођач)

3.3. Опис научних метода које ће се користити приликом анализе почетних узорака и крајњих продуката

3.4. Опис експеримената вршених у оквиру истраживања

4. Резултати и дискусија

Биће представљени и критички анализирани добијени резултати:

- Карактеризације почетних узорака (хемијски састав, фазни састав, оптичка микроскопија);
- Утицаја времена, температуре, концентрације лужног агенса и односа чврсто/течно на степен излужења олова из јароситног муља раствором $MgCl_2$;
- Карактеризације чврстих продуката насталих након хлоридног лужења јароситног муља;
- Кинетичке анализе хлоридног лужења јароситног муља;
- TG, DTG и DSC анализе концентрата церузита;
- Карактеризације чврстих продуката насталих након термалне декомпозиције концентрата церузита на унапред дефинисаним температурама;
- Кинетичка анализа процеса термалне декомпозиције концентрата церузита;
- Утицаја времена, температуре и садржаја KI на степен излужења цинка из полиметаличног концентрата сфалерита лужењем сумпорном киселином уз присуство оксидационог средства;
- Карактеризације чврстих продуката насталих након киселог лужења цинка из полиметаличног концентрата сфалерита у присуству оксиданса;
- Кинетичке анализе процеса киселог лужења цинка из полиметаличног концентрата сфалерита у присуству оксидујућег средства;
- Анализа утицаја примењених технолошких процеса за прераду наведених комплексних сировина олова и цинка на животну средину.

5. Закључак

У закључку ће бити сумирани најзначајнији резултати истраживања, биће истакнут научни допринос рада, као и представљене могућности даље примене развијених и испитаних технологија за валоризацију олова и цинка из наведених нестандартних сировина у индустријским условима. Такође, биће размотрен економски и еколошки значај предложених технологија и пратећих процеса,

са посебним освртом на њихов потенцијал за унапређење одрживости и ефикасности искоришћења секундарних сировина.

6. Литература

Литературни преглед ће обухватити релевантне и цитиране доступне научне радове, патенте, као и стручне изворе везане за стање технике, неопходне за планирање истраживања и извођење закључака у оквиру предложене теме докторске дисертације.

7. Закључак и предлог

На основу материјала приложеног уз пријаву теме докторске дисертације и изложеног запажања, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под насловом „Иновативни металуршки поступци за прераду нестандартних и комплексних сировина олова и цинка“ кандидата Димитрија З. Анђића, мастер инжењера металургије, научно заснована и да представља значајан допринос научној области металуршког инжењерства, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Уже области предложене теме су екстрактивна металургија и теорија металуршких процеса. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидату Димитрију З. Анђићу одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За ментора докторске дисертације Комисија предлаже др Жељка Камберовића, редовног професора Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

У Београду,
28. април 2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Др Жељко Камберовић, редовни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....
Др Мирослав Сокић, научни саветник
Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд

.....
Др Васо Манојловић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет