

Факултет ТЕХНОЛОШКО-
МЕТАЛУРШКИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

35/282

Веће научних области техничких наука

(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев
упућује)

5.12.2022.

(Датум)

ЗАХТЕВ

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

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

**Електрохемијска редукција кисеоника на наночестицама злата, паладијума и платине
таложеним на стакласти угљеник**

(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

Јелена (Јасмина) Голубовић

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

Универзитет у Београду,

Технолошко-металуршки факултет, Мастер студије, Мастер инжењер технологије

3. Година завршетка
претходног нивоа студија: 2017.

4. Година уписа на докторске студије: 2017.

5. Назив студијског програма
докторских студија:

Хемијско инжењерство

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ :

Име и презиме ментора: др Милица Гвозденовић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Gvozdenović, M.M.**, Jugović, B.Z., Jokić, B.M., Džunuzović, E.S., Grgur, B.N.: *Electrochemical synthesis and characterization of poly(o-toluidine) as high energy storage material*, *Electrochimica Acta*, Vol 317, 2019, pp. 746–752.
IF (2019): 6.215, ISSN: 0013-4686
2. Grgur, B.N., Janačković, M., Jugović, B.Z., **Gvozdenović, M.M.**: *The initial characteristics of the polypyrrole based aqueous rechargeable batteries with supercapattery characteristics*, *Materials Science and Engineering B*, Vol 243, 2019, pp. 175–182.
IF (2019): 4.706 , ISSN: 0921-5107
3. Grgur, B.N., **Gvozdenović, M.M.**, Jugović, B.Z., Trišović, T.Lj.: *Characteristics of the citrate-based zinc–polyaniline secondary cell with supercapattery behaviour*, *Journal of the Serbian Chemical Society*, Vol 84 No 11, 2019, pp. 1261–1270.
IF (2019): 1.097, ISSN: 0352-5139
4. Grgur, B.N., Jugović, B.Z., **Gvozdenović, M.M.**: *Oxygen reduction on SILAR deposited iron oxide onto graphite felt electrode*, *Electrochimica Acta*, Vol 212, 2016, pp. 254–259.
IF (2016): 4.798 , ISSN: 0013-4686
5. Omymen, W.M., Ebshish, A.S., Jugović, B.Z., Trišović, T.Lj., **Gvozdenović, M.M.**, Grgur, B.N.: *Photoelectrochemical behavior of TiO₂-NT's modified with SILAR deposited iron oxide*, *Electrochimica Acta*, Vol 203, 2016, pp. 136–143.
IF (2016): 4.798 , ISSN: 0013-4686

ПОДАЦИ О МЕНТОРУ 2:

Име и презиме ментора: др Светлана Штрбац

Звање: научни саветник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Golubović J., Rakočević L., Vasiljević Radović D., **Štrbac S.**: *Improved Oxygen Reduction on GC-Supported Large-Sized Pt Nanoparticles by the Addition of Pd*, Catalysts, Vol 12, No 9, 2022, pp. 968.
IF (2021): 4.501, ISSN: 2073-4344
2. **Štrbac S.**, Srejić I., Rakočević Z.: *Catalysis of oxygen reduction on electrochemically activated polycrystalline gold by Pd nanoislands in alkaline solution*, Journal of Electroanalytical Chemistry, Vol 789, 2017, pp. 76–84.
IF (2017): 3.235, ISSN: 1572-6657
3. Srejić I., Rakočević Z., Nenadović M., **Štrbac S.**: *Oxygen reduction on polycrystalline palladium in acid and alkaline solutions: topographical and chemical Pd surface changes*, Electrochimica Acta, Vol 169, 2015, pp. 21–31.
IF (2015): 4.803, ISSN: 0013-4686
4. **Štrbac S.**, Srejić I., Smiljanić M., Rakočević Z.: *The effect of rhodium nanoislands on the electrocatalytic activity of gold for oxygen reduction in perchloric acid solution*, Journal of Electroanalytical Chemistry, Vol 704 2013, pp. 24–31.
IF (2013): 2.871, ISSN: 1572-6657
5. Srejić I., Smiljanić M., Grgur B., Rakočević Z., **Štrbac S.**: *Catalysis of oxygen reduction on Au modified by Pd nanoislands in perchloric acid solution*, Electrochimica Acta, Vol 64, 2012, pp. 140–146.
IF (2012): 3.777, ISSN: 0013-4686

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф.дрПетарУскоковћ

- 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

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. 43. Правилника о докторским студијама ТМФ-а на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 22.11.2022. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата Комисије за оцену подобности теме и кандидата
за израду докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата и одобрава израда докторске дисертације **Јелена Голубовић**, број индекса 4006/2017, под називом: **„Електрохемијска редукција кисеоника на наночестицама злата, паладијума и платине таложеним на стакласти угљеник“**.

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

За менторе се одређују др Милица Гвозденовић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет и др Светлана Штрбац, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију.

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

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Јелене Голубовић, мастер инжењера технологије, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета бр. 35/226 од 20.09.2022. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Јелене Голубовић за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **„Електрохемијска редукција кисеоника на наночестицама злата, паладијума и платине таложеним на стакласти угљеник“**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Јелена Голубовић је рођена 20.02.1993. године у Смедеревској Паланци, где је стекла основно и средње образовање. Основне академске студије (смер: хемијско инжењерство, образовни профил: Електрохемијско инжењерство) завршила је 2016. године на Катедри за физичку хемију и електрохемију са завршним испитом на тему „Полипирол као електродни материјал секундарних електрохемијских извора електричне енергије“ на Технолошко-металуршком факултету, Универзитет у Београду. Мастер академске студије (смер: хемијско инжењерство) је завршила 2017. године на Катедри за физичку хемију и електрохемију на Технолошко-металуршком факултету. Тема завршног мастер рада је била „Алкидне превлаке модификоване полианилином као инхибитором корозије“. Школске 2017/2018. године уписала је докторске академске студије на Технолошко-металуршком факултету, на студијском програму Хемијско инжењерство под руководством ментора др Милице Гвозденовић, ред. професора на Технолошко-металуршком факултету и ментора др Светлане Штрбац, Научног саветника Института за хемију, технологију и металургију.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Јелена Голубовић, 2017/18 школске године уписана на Докторске академске студије, студијски програм Хемијско инжењерство, током студија положила је све испите

предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 10,00, укључујући енглески језик и завршни испит.

Положени испити са оценама и оствареним бодовима током докторских студија

	Предмет	Оцена	ЕСПБ бодови
1.	Одбрана поглавља нумеричке анализе	10	5
2.	Феномени преноса у инжењерству материјала	10	5
3.	Хемијска термодинамика	10	5
4.	Хемијска кинетика	10	5
5.	Металургија праха	10	5
6.	Стакло-керамика	10	5
7.	Структура стакла и стакластих материјала	10	5
8.	Виши курс електрохемијског инжењерства	10	6
9.	Електродни материјали	10	5
10.	Корозија	10	5
11.	Завршни испит	10	30
	Укупно	10,00	81

Јелена Голубовић је од марта 2020. године запослена у Институту за хемију, технологију и металургију - Институт од националног значаја за Републику Србију, у Центру за електрохемију, као истраживач приправник.

Њена интересовања и истраживања фокусирана су на испитивање активности биметалних наночестица нанетих на подлоге од различитих угљеничних материјала за електрокатализу реакције редукције кисеоника и реакције издвајања водоника. У току израде дисертације бави се испитивањем реакције редукције кисеоника на напредним катализаторима на бази наночестица племенитих метала таложених на електроду од стакластог угљеника. Ради под непосредним руководством др Светлане Штрбац, научног саветника Института за хемију, технологију и металургију.

Јелена Голубовић је као аутор и коаутор до сада учествовала у изради и публикацији укупно четири научна рада објављена у часописима са SCI листе. Два рада категорије M22, два рада из категорије M23. Из области истраживања којој припада предложена тема докторске дисертације, кандидат је аутор три рада објављена у часописима са SCI листе (M22, M23).

Рад објављен у истакнутом међународном часопису (M22)

1. **Golubović J.**, Rakočević L., Vasiljević Radović D., Štrbac S.: *Improved Oxygen Reduction on GC-Supported Large-Sized Pt Nanoparticles by the Addition of Pd*, Catalysts, Vol 12, No 9, 2022, pp. 968.
(IF (2021): 4.501, ISSN: 2073-4344)
2. Rakočević L., Srejić I., Maksić A., **Golubović J.**, Štrbac S.: *Hydrogen Evolution on Reduced Graphene Oxide-Supported PdAu Nanoparticles*, Catalysts, Vol 11, No 4, 2021, pp. 481.
(IF (2021): 4.501, ISSN: 2073-4344)

Рад објављен у међународном часопису (M23)

1. **Golubović J., Rakočević L., Štrbac S.:** *The Effect of Sulphate and Chloride Palladium Salt Anions on the Morphology of Electrodeposited Pd Nanoparticles and their Catalytic Activity for Oxygen Reduction in Acid and Alkaline Media*, International Journal of Electrochemical Science, Vol 17, 2022, 220943.
(IF (2021): 1.541, ISSN 1452-3981)
2. **Golubović J., Srejić I., Štrbac S.:** *Oxygen Reduction on Glassy Carbon-Supported PdAu Nanoparticles in Perchloric Acid Solution*, International Journal of Electrochemical Science, Vol 16, 2021, 210818
(IF (2021): 1.541, ISSN 1452-3981)

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат Јелена Голубовић је током докторских студија показала висок степен самосталности и иницијативе у научно-истраживачком раду, као и вештину у коришћењу електрохемијских техника, кључних за израду докторске дисертације у области електрокатализе. У области истраживања предложене теме, кандидат је објавио три штампана научна рада у међународним часописима (један категорије M22, два категорије M23). На основу свега наведеног Комисија сматра да кандидат испуњава услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Реакција редукције кисеоника је широко проучавана како са фундаменталног тако и са практичног аспекта, због њеног значаја и важне улоге, посебно у електрокатализи и обновљивим изворима енергије [1,2]. Велика пажња је посвећена истраживањима у циљу разумевања механизма реакције редукције кисеоника, као једне од најважнијих катодних реакција у горивним ћелијама. Поред тога, истраживања су усмерена на развој подобних катализатора за редукцију кисеоника, који би допринели ефикасности у раду горивних ћелија. Опште је познато да су племенити метали одлични катализатори, посебно паладијум и платина [3-6].

Испитивање реакције редукције кисеоника на поликристалима, и посебно на монокристалима племенитих метала различитих кристалографских оријентација, допринело је да се добије бољи увид у кинетику и механизам реакције редукције кисеоника, што је од великог значаја са фундаменталног аспекта. Међутим, са аспекта практичне примене, један од проблема који представља употреба племенитих метала, као електрода у горивним ћелијама, јесте њихова висока цена. Изузетна пажња се посвећује истраживањима и развоју јефтинијих катализатора који истовремено показују велику активност и стабилност за реакцију редукције кисеоника, што је од велике важности за комерцијалне потребе. Уштеда у њиховој потрошњи може се постићи смањењем количине племенитог метала у катализатору. Обећавајући пут за постизање овог циља је синтеза електрокатализатора који се састоје од различитих наночестица племенитих метала нанесених на јефтиније електро-проводљиве материјале од којих су угљеничне подлоге најзаступљеније [7-10]. Најчешће коришћене методе за добијање оваквих катализатора су различите хемијске синтезе, електрохемијско таложење, спонтано таложење, таложење напаравањем у вакууму и друге. У зависности од услова припреме могу се добити различити катализатори. Хемијски састав и морфологија

добијених катализатора утичу на њихову активност за редукцију кисеоника. Током таложења наночестица племенитих метала на подлогу, може доћи до фаворизовања одређене оријентације, што такође утиче на активност, кинетику и механизам реакције. Поред тога, активност катализатора за редукцију кисеоника зависи и од pH раствора, односно неки катализатори могу имати малу активност у киселој средини, а знатно већу у базној средини.

Предмет и циљ истраживања ове докторске дисертације је испитивање реакције редукције кисеоника у киселој и базној средини на катализаторима на бази наночестица злата, паладијума и платине у циљу побољшања каталитичке активности у односу на активност монокристала и/или поликристала племенитих метала.

За припрему катализатора, односно радних електрода на бази наночестица племенитих метала користиће се методе електрохемијског и спонтаног таложења. Као подлога користиће се комерцијална угљенична подлога-стакласти угљеник. Електрохемијско таложење вршиће се методом хроноамперометрије на различитим задатим потенцијалима и временима таложења из раствора који садрже наночестице злата, паладијума или платине. Модификација тако добијених катализатора вршиће се методом спонтаног таложења другог племенитог метала у циљу добијања биметалних електрода које би показале побољшану каталитичку активност у односу на електроде добијене таложењем наночестица појединачних племенитих метала. Међу различитим добијеним радним електродама вршиће се поређење каталитичких особина и биће изабране и детаљно испитане оне које показују највећу каталитичку активност за редукцију кисеоника.

За карактеризацију површина добијених катализатора користиће се технике микроскопије атомских сила (Atomic Force Microscopy - AFM) и цикличне волтаметрије (Cyclic Voltammetry - CV), док ће се техника линеарне волтаметрије (Linear Sweep Voltammetry - LSV) са ротирајућом диск електродом (Rotating Disc Electrode - RDE) користити како би се испитала електрокаталитичка активност и стекао увид у механизам реакције редукције кисеоника на свим испитиваним електродама.

Научни циљеви истраживања у оквиру ове докторске дисертације су:

- Испитивање и дефинисање оптималних експерименталних услова за добијање електрода са највећом каталитичком активношћу за реакцију редукције кисеоника;
- Детаљна електрохемијска и површинска карактеризација добијених електрода;
- Испитивање синергетског ефекта наночестица племенитих метала на активност и стабилност добијених биметалних катализатора;
- Испитивање реакције редукције кисеоника на добијеним површинама коришћењем ротирајуће диск електроде;
- Поређење каталитичке активности за реакцију редукције кисеоника различитих катализатора на бази наночестица злата, паладијума и платине;
- Одређивање кинетичких параметара и механизма реакције редукције кисеоника на испитиваним електродама.

Списак референци:

- [1] Shao M., Chang Q., Dodelet J.P., Chenitz R.: *Recent Advances in Electrocatalysts for Oxygen Reduction Reaction*, Chemical Reviews, Vol 116, No 6, 2016, pp. 3594–3657.
- [2] Norskov J.K., Rossmeisl J., Logadottir A., Lindqvist L.: *Origin of the Overpotential for Oxygen Reduction at a Fuel-Cell Cathode*, Journal of Physical Chemistry B, Vol 108, No 46, 2004, pp. 17886–17892.
- [3] Adžić R.R., Štrbac S., Anastasijević N.: *Electrocatalysis of oxygen on single crystal gold electrodes*, Materials Chemistry and Physics, Vol 22, No 3–4, 1989, pp. 349–375.

- [4] Štrbac S.: *The effect of pH on oxygen and hydrogen peroxide reduction on polycrystalline Pt electrode*, Electrochimica Acta, Vol 56, No 3, 2011, pp. 1597–1604.
- [5] Srejić I., Rakočević Z., Nenadović M., Štrbac S.: *Oxygen reduction on polycrystalline palladium in acid and alkaline solutions: topographical and chemical Pd surface changes*, Electrochimica Acta, Vol 169, 2015, pp. 22–31.
- [6] Grdeń M., Łukaszewski M., Jerkiewicz G., Czerwiński A.: *Electrochemical behaviour of palladium electrode: oxidation, electrodisolution and ionic adsorption*, Electrochimica Acta, Vol 53, No 26, 2008, pp. 7583–7598.
- [7] Wang X., Li Z., Qu Y., Yuan T., Wang W., Wu Y., Li Y.: *Review of Metal Catalysts for Oxygen Reduction Reaction: From Nanoscale Engineering to Atomic Design*, Chem, Vol 5, No 6, 2019, pp. 1486–1511.
- [8] Wang J., Kong H., Zhang J., Hao Y., Shao Z., Giucci F.: *Carbon-based electrocatalysts for sustainable energy applications*, Progress in Materials Science, Vol 116, 2021, pp. 100717.
- [9] Corduneanu O., Diculescu V.C., Chiorcea-Paquim A.-M., Oliveira-Brett A.-M.: *Shape-controlled palladium nanowires and nanoparticles electrodeposited on carbon electrodes*, Journal of Electroanalytical Chemistry, Vol 624, No 1–2, 2008, pp. 97–108.
- [10] Erikson H., Sarapuu A., Tammeveski K., Solla-Gullón J., Feliu J.M.: *Shape Dependent Electrocatalysis: Oxygen Reduction on Carbon-Supported Gold Nanoparticles*, ChemElectroChem, Vol 1, No 8, 2014, pp. 1338–1347.

3. Полазне хипотезе

Предложена истраживања у оквиру ове докторске дисертације полазе од хипотезе да је могуће постићи побољшану активност за реакцију редукције кисеоника на наночестицама злата, паладијума и платине, у односу на монокристале и поликристале поменутих метала при чему би се остварила значајна уштеда. При томе се полази од следећих претпоставки:

- Могуће је методом електрохемијског таложења племенитих метала на угљеничну подлогу добити катализаторе на бази наночестица са истим или бољим каталитичким својствима у односу на чисте племените метале, чиме би се постигла значајна уштеда;
- Варирањем различитих параметара електрохемијског таложења племенитих метала, потенцијала и времена таложења, као и врсте и концентрације раствора из кога се врши таложење, помоћи ће да се одреди оптимална количина и расподела наночестица на површини подлоге за које добијене електроде показују најбоља каталитичка ствојства;
- Модификација добијених површина спонтаним таложењем другог племенитог метала, може допринети побољшању каталитичке активности због електронске модификације и узајамног синергетског дејстава;
- Одређивање кинетичких параметара допринеће тумачењу механизма за реакцију редукције кисеоника.

4. Научне методе истраживања

У оквиру израде ове докторске дисертације, припрема радних електрода вршиће се електрохемијским и спонтаним таложењем наночестица злата, паладијума и платине на подлогу од стакластог угљеника. Користиће се методе хроноамперометрије, односно таложења на задатим потенцијалима, као и спонтаног таложења на потенцијалу отвореног кола. За електрохемијску карактеризацију површина добијених катализатора, користиће се техника цикличне волтаметрије. Техника линеарне волтаметрије са ротирајућом диск

електродом ће се користити за испитивање електрокаталитичке активности и механизма реакције редукције кисеоника. Површинска морфологија електрода биће испитана техником микроскопије атомских сила. Анализом резултата стећи ће се увид о величини и расподели наночестица по подлози, као и о укупној покривености подлоге наночестицама. Присуство различитих наночестица племенитих метала на подлози потврдиће се коришћењем фазног начина рада микроскопије атомских сила који је осетљив на разлику у хемијском саставу површине испитиване електроде. Резултати добијени наведеним техникама допринеће објашњењу и бољем разумевању побољшане катализе испитиваних електрода за реакцију редукције кисеоника.

5. Очекивани научни допринос

Очекивани научни доприноси резултата истраживања ове докторске дисертације су:

- Развој електрода на бази наночестица злата, паладијума и платине са већом каталитичком активношћу за реакцију редукције кисеоника у односу на електроде монокристала и поликристала злата, платине и паладијума, при чему се остварује уштеда у потрошњи племенитих метала;
- Испитивање и дефинисање оптималних експерименталних услова таложења наночестица при којима добијене електроде показују највећу каталитичку активност за реакцију редукције кисеоника;
- Модификација електрода додатком наночестица племенитих метала у циљу развоја биметалних електрода које би показале побољшану каталитичку активност за реакцију редукције кисеоника у односу на електроде добијене таложењем наночестица појединачних племенитих метала;
- Боље разумевање и тумачење механизма реакције редукције кисеоника на испитиваним електродама;
- Добијање напредних јефтиних катализатора на бази наночестица племенитих метала са побољшаним перформансама који могу да се такмиче са постојећим скупим и тешко одрживим технологијама.

6. План истраживања и структура рада

Предмет рада ове докторске дисертације је испитивање реакције редукције кисеоника у киселој и базној средини, на катализаторима добијеним таложењем наночестица злата, паладијума и платине на подлогу од стакластог угљеника.

Истраживања у овој докторској дисертацији су планирана по следећим фазама:

- Припрема и електрохемијска карактеризација радних електрода;
- Карактеризација морфологије и хемијског састава површине;
- Испитивање електрохемијских и каталитичких особина за реакцију редукције кисеоника;
- Одређивање кинетичких параметара и механизма реакције редукције кисеоника на испитиваним електродама и поређење њихове електрокаталитичке активности.

Експериментални рад ће обухватити:

- Припрему радних електрода електрохемијским и спонтаним таложењем наночестица племенитих метала из раствора соли метала на стакласти угљеник. Користиће се методе хроноамперометрије, односно таложења на задатим потенцијалима, као и спонтаног таложења на потенцијалу отвореног кола;
- Електрохемијску карактеризацију добијених радних површина техником цикличне волтаметрије.
- Испитивање морфологије површине електрода микроскопом атомских сила.
- Испитивање реакције редукције кисеоника кошћењем ротирајуће диск електроде техником линеарне волтаметрије;

У предложеној докторској дисертацији биће садржана следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература.*

У поглављу *Увод* биће дефинисани предмет истраживања и циљеви ове дисертације, који се конкретно односе на реакцију редукције кисеоника.

Поглавље *Теоријски део* обухватиће преглед важнијих појмова везаних за електрохемију и електрокатализу, као и реакцију редукције кисеоника. Разматраће се механизми за реакцију редукције кисеоника, значај различитих система на бази наночестица испитиваних племенитих метала као и њихове активности за ову реакцију. Детаљан преглед литературе даће увид у досадашња истраживања реакције редукције кисеоника на различитим системима на бази наночестица племенитих метала, који ће се испитивати у овој дисертацији.

У *Експерименталном делу* биће наведене коришћене хемикалије у раду, услови при којима су експерименти изведени, биће дат детаљан опис припреме радних електрода и коришћених техника за површинску и електрохемијску карактеризацију.

У поглављу *Резултати и дискусија* биће приказани и дискутовани резултати припреме, електрохемијске и површинске карактеризације радних електрода, као и испитивања каталитичких особина и поређења каталитичке активности за реакцију редукције кисеоника.

У *Закључку* ће бити сумирани представљени постигнути резултати, биће истакнута њихова примена и иновативност и предложен смер даљих истраживања.

Литература ће садржати наводе цитиране у дисертацији.

7. Закључак и предлог

На основу наведених података о досадашњем раду и постигнутим резултатима, Комисија сматра да кандидат **Јелена Голубовић**, мастер инжењер технологије, испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације. Такође, Комисија сматра да је тема предложене докторске дисертације под називом: „**Електрохемијска редукција кисеоника на наночестицама злата, паладијума и платине таложеним на стакласти угљеник**“ научно заснована. Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Хемијско инжењерство, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да кандидату Јелени Голубовић одобри израду докторске дисертације под наведеним насловом. За менторе се предлажу др Милица Гвозденовић, редовни професор Технолошко–металуршког факултета, Универзитета у Београду и др Светлана Штрбац, научни саветник на Институту за хемију, технологију и металургију, Универзитет у Београду, Институт од националног значаја за Републику Србију.

Београд, 09. 11. 2022.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Др Милица Гвозденовић, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

Др Светлана Штрбац, научни саветник
Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију

Др Бранимир Гргур, редовни професор
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет