

ВЕЋЕ ЗА СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ
Биомедицинско инжењерство и технологије

Предмет: Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Маријане Пантовић Павловић

Одлуком Већа за студије при Универзитету, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата МАРИЈАНЕ ПАНТОВИЋ ПАВЛОВИЋ под насловом:

„*In situ* синтеза и карактеризација танких биокompatibilних композитних превлака хидроксиапатит/пасивни оксид за потенцијалну употребу у медицини“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидаткињом, Комисија подноси Већу за студије при Универзитету у Београду следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Маријана Пантовић Павловић је школске 2015/2016. године уписала докторске академске студије при Универзитету у Београду на студијском програму Биомедицинско инжењерство и технологије. Током студија је положила све испите и испунила све обавезе везане за студијски истраживачки рад предвиђене планом и програмом.

Кандидаткиња је пријавила тему докторске дисертације под насловом „*In situ* синтеза и карактеризација танких биокompatibilних композитних превлака хидроксиапатит/пасивни оксид за потенцијалну употребу у медицини“, а Веће за студије при Универзитету је на седници одржаној 21. јануара 2019. године донело одлуку о именовању чланове комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације под насловом „*In situ* синтеза и карактеризација танких биокompatibilних композитних превлака хидроксиапатит/пасивни оксид за потенцијалну употребу у медицини“.

На седници Већа за студије при Универзитету одржаној 06. јуна 2019. године усвојен је извештај Комисије за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације под називом „*In situ* синтеза и карактеризација танких биокompatibilних композитних превлака хидроксиапатит/пасивни оксид за потенцијалну употребу у медицини“, а за менторе ове докторске дисертације именовани су проф. др Ненад Игњатовић, научни саветник ИТН САНУ и др Сања Ераковић Пантовић, виши научни сарадник Института за хемију, технологију и металургију, Универзитет у Београду.

Веће за студије при Универзитету на седници одржаној 08. марта 2021. године донело је одлуку о именовању Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Маријане Пантовић Павловић под називом „*In situ* синтеза и карактеризација танких биокompatibilних композитних превлака хидроксиапатит/пасивни оксид за потенцијалну употребу у медицини“ у следећем саставу:

1. Проф. др Ненад Игњатовић, научни саветник, Институт техничких наука САНУ, професор по позиву, Универзитет у Нишу, Медицински факултет (ментор).

2. Др Сања Ераковић Пантовић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију (ментор)
3. Проф. др Владимир Панић, научни саветник, Универзитет у Београду, Научна установа Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију (члан комисије).
4. Др Игор Пантић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Медицински факултет (члан комисије).
5. Проф. др Бранко Бугарски, редовни професор, Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки факултет (члан комисије).

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада ужој научној области Биомедицинско инжењерство, а како тема има мултидисциплинарни карактер, поред техничких наука (област биоматеријала и електрохемије) укључује и област медицине и стоматологије. Ментори докторске дисертације су проф. др Ненад Игњатовић, научни саветник, Институт техничких наука САНУ, професор по позиву, Универзитет у Нишу, Медицински факултет (ужа област научно-истраживачког рада: биоматеријали и нанотехнологије) и др Сања Ераковић Пантовић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, Институт од националног значаја за Републику Србију (ужа област научно-истраживачког рада: биоматеријали). Наведени ментори су аутори великог броја научних радова у истакнутим међународним часописима и испуњавају све формалне и законске услове за менторе ове докторске дисертације. Релевантни радови ментора су наведени приликом пријаве теме докторске дисертације кандидаткиње.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Маријана Пантовић Павловић је рођена 5.09.1987. године. Дипломски рад „Периодични сигнали и Фуријеов ред“ је одбранила 2013. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду под менторством проф. др Ненада Цакића. Мастер рад „Утицај развоја широкопојасних комуникација на заштиту животне средине“ је одбранила 2014. године на истом факултету под менторством проф. др Мирослава Дукића. Од школске 2015/2016 године је докторанд мултидисциплинарних докторских студија Универзитета у Београду на студијском програму Биомедицинско инжењерство и технологије.

Запослена је на Институту за хемију, технологију и металургију, Институту од националног значаја за Републику Србију од 2015. године и ради као део тима на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја „Нов приступ дизајнирању материјала за конверзију и складиштење енергије“ ОИ 172060, у звању истраживача сарадника. Учествовала је на билатералном пројекту Института за хемију, технологију и металургију, Универзитета у Београду и Факултета хемијског инжењерства и технологије у Загребу „Суперкондензатори високе снаге засновани на графен/псеудокапацитивним материјалима“. Члан је тима на пројекту доказа концепта: „Интегрисани зелени концепт за уклањање непријатних мириса и дезинфекцију у радној средини – GREENCEPT“, пројекат број 5769, финансиран од стране Фонда за иновациону делатност, као и на DAAD пројекту између Института за хемију, технологију и металургију, Института од националног значаја за Републику Србију и Института за процесну металургију и рециклажу метала RWTH Универзитета у Ахену, Немачка под називом: „Рециклирање ретких земаља, Nd+Pr, из NdFeB магнетног отпада: Нови приступ“.

Током 2016. године Маријана је била полазник летње школе за Квантитативну биологију на Институту за молекуларну онкологију италијанске фондације за истраживање канцера (IFOM-FIRC) у Милану, Италија.

Члан је Међународног друштва за електрохемију, Српског хемијског друштва и Удружења инжењера Србије за корозију и заштиту материјала.

На међународној конференцији 18. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection 2016. године добила је награду за најбољу постер презентацију.

Маријана је до сада публиковала осам радова у међународним часописима са *impact* фактором који су на SCI листи (од којих је на пет радова први аутор), једно предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини, тридесетседам саопштења на међународним научним скуповима (од којих је на петнаест први аутор), два рада у истакнутом националном часопису (један рад као први аутор) и једно предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини. Радови произашли из истраживања спроведених у оквиру рада на докторској дисертацији су наведени у поглављу 4.3. Верификација научних доприноса. Преостали део библиографије кандидаткиње обухвата следеће публикације:

Радови у међународним часописима – М23

1. Z. Janković, M. M. Pavlović, **M. R. Pantović Pavlović**, M. G. Pavlović, N. D. Nikolić, J. S. Stevanović, S. Pršić, “Electrical and Thermal Properties of Poly(methylmetacrylate) Composites Filled With Electrolytic Copper Powder”, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 13(1), 45-57, 2018, **ISSN 1452-3981**
2. Zoran Janković, Miroslav M. Pavlović, **Marijana R. Pantović Pavlović**, Nebojša D. Nikolić, Vladan Zečević, Miomir G. Pavlović, Electrical conductivity of poly (L lactic acid) and poly (3-hydroxybutyrate) composites filled with galvanostatically produced copper powder, *Hem. Ind.*, 72(5), 285-292, 2018, **ISSN: 2217-7426**
3. Miroslav M. Pavlović, **Marijana R. Pantović Pavlović**, Pavel Bartl, Jasmina Stevanović, Bojan Radak, “Optimization of injected radiotracer volume for flow rate measurement in closed conduits”, *Hem. Ind.* 74(5), 305-312, 2020, DOI: 10.2298/HEMIND20050325P. **ISSN: 2217-7426**

Предавање по позиву са међународног скупа штампано у целини – М31

1. M. M. Pavlovic, S. Erakovic, V. Panic, **M. R. Pantovic Pavlovic**, S. Stopic, B. Friedrich, Electrochemical characterization of perovskite La_{0.6}Sr_{0.4}CoO₃ and La_{0.6}Sr_{0.4}CoO₃ doped with RuO₂ powders as the next generation supercapacitors, 25. International Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist '17, Proceedings, pp. 31-40, ISBN 978-86-6305-062-4, June 12-15, 2017., Vrnjačka Banja, Serbia

Саопштења са међународних скупова штампана у целини – М33

1. Dejan Tanikić, **M. Pantović**, V. Tasić, M. Zikić, „The artificial neural network based system for air pollution prediction“, 22. International Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist '14, Proceedings, pp. 197-203, ISBN 978-86-6305-021-1, June 10-13, 2014., Bor, Serbia.
2. M. Adžemović, **M. Pantović**, „Ecological economy in terms of paradigm of sustainable development“, 22. International Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist '14, Proceedings, pp. 518-523, ISBN 978-86-6305-021-1, June 10-13, 2014., Bor, Serbia.

3. **Marijana R. Pantović**, Miroslav L. Dukić, Milan Lj. Janković, „Značaj širokopoljnih komunikacija u borbi protiv naglih klimatskih promena“, 22. International Conference „Telecommunications Forum“ – TELFOR 2014, Proceedings, pp. 198-201, ISBN 978-1-4799-6190-0, November 25-27, 2014., Belgrade, Serbia.
4. **Marijana Pantović**, Z. Stević, M. Rajčić Vujasinović, I. Radovanović, „Monitoring of environmental parameters based on labview package“, 23. International Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist '15, Proceedings, pp. 193-197, ISBN 978-86-6305-032-7, June 17-20, 2015., Kopaonik, Serbia.
5. P. Stolić, B. Djordjević, **M. Pantović**, „Reducing environmental impact of big data using server virtualization technology in data centers“, 23. International Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist '15, Proceedings, pp. 198-206, ISBN 978-86-6305-032-7, June 17-20, 2015., Kopaonik, Serbia.
6. S. Mladenović, D. Manasijević, D. Živković, **M. Pantović**, „Thermal and electrical properties of the AS-cast Sn-rich alloys“, 23. International Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist '15, Proceedings, pp. 388-392, ISBN 978-86-6305-032-7, June 17-20, 2015., Kopaonik, Serbia.
7. **M. Pantović**, Z. Stević, M. Rajčić-Vujasinović, D. Antić, V. Panić, „Computer system for electrochemical testing of protective coatings“, 17. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, CD, pp. 79-84, ISBN 978-86-82343-23-3, September 8-11, 2015., Tara, Serbia.
8. **Marijana Pantović**, Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Dejan Antić, Milica Košević, Gavriilo Šekularac, Marko Jonović, „Computer system for electrochemical investigations of materials“, 47th. International October Conference on Mining and Metallurgy, pp. 523-527, ISBN 978-86-7827-047-5 October 4-6, 2015., Bor, Serbia.
9. **Marijana Pantović**, Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Milena Jevtić, „Infrared thermography in preventive maintenance of small hydropower plants“, III International Conference on Electrical Power Renewable Sources– MKOIEE '15, Proceedings, CD, pp. 131-135, ISBN 978-86-81505-78-6, October 15-16, 2015., Belgrade, Serbia.
10. M. M. Zarić, **M. R. Pantović**, O. Radulović, V. Pavelkić, B. Bugarski, M. Kijevčanin, „Interactions in materials with saturated and unsaturated molecules“, 18. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, CD, pp. 277-282, ISBN 978-86-82343-24-0, April 12-15, 2016., Tara, Serbia.
11. **M. Pantović**, A. Gajić, J. Stevanović, V. Bojanić, N. Nikolić, M. M. Pavlović, M. G. Pavlović, „Electrical conductivity of PMMA composites filled with copper powder“, 18. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, CD, pp. 283-289, ISBN 978-86-82343-24-0, April 12-15, 2016., Tara, Serbia.
12. M. M. Pavlović, **M. Pantović**, V. Pavelkić, J. Stevanović, M. G. Pavlović, „Biodegradable polymers as matrices for electroconductive composites“, 24. International Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist '16, Proceedings, pp. 169-176, ISBN 978-86-6305-043-3, June 12-15, 2016., Vrnjačka Banja, Serbia.
13. P. Stolić, S. Stolić, A. Milosavljević, **M. Pantović**, „Monitoring and improvement energy efficiency of commercial vehicle fleet based on data driven approach“, 24. International

- Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist '16, Proceedings, pp. 526-532, ISBN 978-86-6305-043-3, June 12-15, 2016., Vrnjačka Banja, Serbia.
14. M. Zarić, B. Bugarski, V. Pavelkić, **M. Pantović**, J. Stevanović, M. M. Pavlović, M. Kijevčanin, „Benchmark study for 2-butene parallel interactions“, Physical Chemistry 2016 – 13th. International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Proceedings, Volume 1, pp. 75-78, ISBN 978-86-82475-34-7, September 26-30, 2016., Belgrade, Serbia.
 15. M. M. Pavlović, **M. Pantović**, M. Zarić, V. Pavelkić, „Thermal stability and morphology of copper powder filled composites“, Physical Chemistry 2016 – 13th. International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Proceedings, Volume 2, pp. 665-668, ISBN 978-86-82475-33-0, September 26-30, 2016., Belgrade, Serbia.
 16. **M. Pantović**, M. M. Pavlović, M. Zarić, V. Pavelkić, „Electrical conductivity of PMMA filled with copper powder“, Physical Chemistry 2016 – 13th. International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Proceedings, Volume 2, pp. 669-672, ISBN 978-86-82475-33-0, September 26-30, 2016., Belgrade, Serbia.
 17. M. G. Pavlović, M. M. Pavlović, **M. Pantović**, Z. Janković, R. Fuchs-Godec, B. Malinović, „Electroconductive copper powder filled PMMA composites“, 11. Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska, International Conference, Proceedings, pp. 125-130, ISBN 978-99938-54-67-8, November 18-19, 2016., Teslić, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina.
 18. Zoran Janković, Miroslav M. Pavlović, Anto Gajić, **Marijana R. Pantović Pavlović**, Nebojša D. Nikolić, Jasmina S. Stevanović, Miomir G. Pavlović, „Influence of biodegradable matrix on electrical conductivity of copper filled composites“, 20. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, CD, pp. 143-150, ISBN 978-86-82343-26-4, May 21-24, 2018., Tara, Serbia.
 19. Zoran Janković, Miroslav M. Pavlović, **Marijana R. Pantović Pavlović**, Veljko Marić, Miomir G. Pavlović, „Electrical Conductivity of Poly(D,L-Lactide-co-Glycolide) Composites Filled With Galvanostatically Produced Copper Powder“, Fourth international symposium on corrosion and materials protection, environmental protection and protection against fire, Proceedings, pp. 67-74, ISBN 978-9940-9334-3-2, September 18-21, 2018., Bar, Montenegro.
 20. Miroslav M. Pavlović, Radoje V. Pantović, **Marijana R. Pantović Pavlović**, Maja R. Stevanović, Nebojša D. Nikolić, Jasmina S. Stevanović, Vladimir V. Panić, „Electric Properties of Biodegradable Copper Filled Poly(Lactide-co-Glycolide) Composites“, VI International Congress “Engineering, Environment and Materials in Processing Industry”, Proceedings, CD, pp. 636-645, ISBN 978-99955-81-28-2, March 2019, Jahorina, Bosnia & Herzegovina, DOI: 10.7251/EEMEN1901636P
 21. Zoran Janković, Anto Gajić, **Marijana R. Pantović Pavlović**, Miomir G. Pavlović, Saša Mićin, Vesna Pavelkić, Miroslav M. Pavlović, „Electric conductivity of poly lactide based copper powder filled composites“, 21. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, USB, pp. 180-186, ISBN 978-86-82343-27-1, September 17-20, 2019., Tara, Serbia.

22. Miroslav Pavlović, **Marijana Pantović Pavlović**, Pavel Bartl, Jasmina Stevanović, Radoje Pantović, Katarina Pantović Spajić, Bojan Radak, „Technetium-99m as a Tracer for the Liquid Residence Time Distribution Measurement: Optimization of Different Radiotracer Parameters for Flow Meter Calibration”, 7th International Symposium Mining and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, USB, pp. 166-173, ISBN 978-86-7352-354-5, September 25-28, 2019., Vrdnik, Serbia.

Саопштења са међународних скупова штампана у изводу – М34

1. **M. R. Pantović**, S. I. Stevanović, G. Branković, M. G. Pavlović, J. S. Stevanović, N. D. Nikolić, „Characteristics of layer-like structure of zinc obtained by the electrodeposition from the alkaline electrolyte“, 18. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, CD, pp. 418-419, ISBN 978-86-82343-24-0, April 12-15, 2016., Tara, Serbia.
2. **M. Pantović**, M. M. Pavlović, J. Stevanović, „Conductive pathways in electroconductive biodegradable polymer matrix composites“, 6th ISE Satellite Student Regional Symposium on Electrochemistry, Book of Abstracts, pp. 20-21, ISBN 978-953-6470-73-0, July 8, 2016., Zagreb, Croatia.
3. M. M. Pavlović, **M. Pantović**, M. Zarić, V. Panić, J. Stevanović, M. G. Pavlović, „Conductive pathways in electroconductive biodegradable polymer matrix composites“, 24. Congress of Chemists and Technologists of Macedonia, International Conference, Book of Abstracts, p. 240, ISBN 978-9989-760-13-6, September 11-14, 2016., Ohrid, Macedonia.
4. **M. Pantović**, M. M. Pavlović, M. Zarić, V. Panić, J. Stevanović, M. G. Pavlović, „Surface characterization of conductive lignocellulose composites“, 24. Congress of Chemists and Technologists of Macedonia, International Conference, Book of Abstracts, p. 243, ISBN 978-9989-760-13-6, September 11-14, 2016., Ohrid, Macedonia.
5. J. Stevanović, M. M. Pavlović, **M. Pantović**, M. Zarić, M. G. Pavlović, „Electrical conductivity of biodegradable composites based on electrodeposited Cu powders and lignocellulose“, 24. Congress of Chemists and Technologists of Macedonia, International Conference, Book of Abstracts, p. 249, ISBN 978-9989-760-13-6, September 11-14, 2016., Ohrid, Macedonia.
6. M. Zarić, B. Bugarski, V. Pavelkić, **M. Pantović**, J. Stevanović, M. M. Pavlović, M. Kijevčanin, „Benchmark study for systems with double and single bonds“, 24. Congress of Chemists and Technologists of Macedonia, International Conference, Book of Abstracts, p. 274, ISBN 978-9989-760-13-6, September 11-14, 2016., Ohrid, Macedonia.
7. Radoje Pantović, **Marijana Pantović**, Katarina Pantović, Miroslav Pavlović, „Monitoring of Krivelj river collector deformation“, 24. Congress of Chemists and Technologists of Macedonia, International Conference, Book of Abstracts, p. 161, ISBN 978-9989-760-13-6, September 11-14, 2016., Ohrid, Macedonia.
8. Miroslav M. Pavlović, Pavel Bartl, **Marijana R. Pantović Pavlović**, Jasmina Stevanović, Bojan Radak, “Optimization of injected radiotracer volume for flow meter calibration in closed conduits”, International Conference on Development and Applications of Nuclear Technologies – NUTECH 2020, p. 80, ISBN ISBN 978-83-946412-4-5, October 4-7, 2020., Warsaw, Poland.

Рад у истакнутом националном часопису – М52

1. Maja Stevanović, **Marijana Pantović**, Vesna Pavelkić, „Uticaj teških metala na biljne kulture“, *Bakar*, 40(1) (2015) 83-88.

Предавање по позиву са скупа националног значаја штампано у целини – М61

1. M. M. Pavlović, M. G. Pavlović, **M. Pantović**, J. Stevanović, „Uticaj pritiska na električnu provodljivost lignocelulozних kompozita punjenih elektrohemijski dobijenim bakarnim prahom“, Peta nacionalna konferencija sa međunarodnim učešćem „Inovacioni Modeli Ekosistemskog Inženjerstva“, Zbornik Radova, pp. 123-131, 8. Oktobar, 2016., Beograd, Srbija. ISBN 978-86-86859-54-9

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „*In situ* синтеза и карактеризација танких биокомпатибилних композитних превлака хидроксиапатит/пасивни оксид за потенцијалну употребу у медицини“ је написана на српском језику на 182 стране (189 страна са биографијом и изјавама) куцаног текста латиничним писмом и садржи 53 слике, 19 табела и 406 литературних навода наведених по редоследу цитирања у тексту дисертације. Текст дисертације је организован у оквиру следећих поглавља:

1. Увод
2. Теоријски део
3. Циљ истраживања
4. Експериментални део
5. Резултати и дискусија
6. Закључци
7. Литература

На почетку дисертације су дати: насловна страна на српском и енглеском језику, подаци о менторима и члановима комисије, захвалница, сажетак дисертације на српском и енглеском језику, садржај и номенклатура. Након поглавља Литература су приказани биографија кандидата и три потписане изјаве (изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу). По форми и садржају написана дисертација задовољава све стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводу је приказан значај проблематике проучаване у оквиру докторске дисертације, односно значај употребе биоматеријала у медицини и стоматологији, као и значај модификације површина биоматеријала у циљу повећања биоактивности, остеоинтеграције и остеоиндукције, те побољшања антимикуробних и нецитотоксичних својстава истих наношењем биокомпатибилних материјала. Наведена је чињеница да је за испуњење циљева докторске дисертације коришћена нова иновативна метода *in-situ* добијања композитних превлака на бази калцијум фосфатне керамике на титану једноstepеним поступком.

У Теоријском делу дисертације је приказан преглед досадашњих достигнућа у области проучавања методологије добијања, структуре и својстава металних биоматеријала на бази титана и његових легура, са акцентом на биокомпозитне титанске материјале модификоване калцијом фосфатним керамиком (аморфним калцијум фосфатом (АСР) и хидроксиапатитом,

(Ca₁₀(PO₄)₆(OH)₂, HAp) као и хибридном композитним материјалима. Литературни приказ хибридних композитних материјала се базирао на композитним материјалима на титанским супстратима са калцијум фосфатном керамиком и биополимерима са хитозанском структуром, првенствено хитозан олиголактатом. Посебан осврт је био на употреби калцијум фосфатних биокompозита као основног материјала, као пуниоца и у виду танких превлака и филмова. С обзиром да је у докторској дисертацији приказана нова методологија добијања композитних материјала као танких превлака, у поглављу Теоријски део су приказане најчешће коришћене методе и технике за добијање оваквих превлака. На крају је детаљније приказана метода електрофоретског таложења, као и теоријски приказ новопредложене *in situ* методе анодизације/анафоретске депозиције калцијум фосфатних и хибридних превлака на титанске супstrate. Преглед литературе указао је на то да до сада није коришћена методологија приказана у овој докторској дисертацији за добијање композитних и хибридних калцијум фосфатних превлака на титану, што указује на иновативност остварених резултата кандидаткиње.

У поглављу Циљ истраживања наведени су циљеви истраживања који су били водиле приликом израде докторске дисертације. Основни циљ овог истраживања је био одређивање параметара процеса анодизације и карактеризација добијене површине титанског супстрата без превлаке после процеса анодизације. Други циљ је био дефинисање параметара новог *in situ* процеса анодизације/анафоретске депозиције и њихова адекватна модификација за наношење композитних и хибридних калцијум фосфатних превлака на титан и његове легуре. Такође, један од циљева истраживања је био и испитивање биоактивности, цитотоксичности и антимикуробних својстава добијених превлака различитим, биохемијским и биолошким методама за потенцијалну употребу композитних биоматеријала у биомедицинске сврхе.

У поглављу Експериментални део приказана је коришћена методологија. Приказане су методе припреме површина супстрата, као и добијање калцијум фосфатних прахова нано величине као полазних супстанци за даље добијање композитних и хибридних превлака на титанским супстратима. Такође су приказане методе припреме суспензија за *in situ* процес анодизације/анафоретске депозиције. У овом поглављу детаљно су описане коришћене методе и уређаји за испитивање и карактеризацију узорака које су обухватале: испитивање превлака у раствору симулиране телесне течности, дифракцију X-зрака, скенирајућу електронску микроскопију и високо-резулциону скенирајућу електронску микроскопију, спектроскопију инфрацрвене светлости са Фуријеовом трансформацијом у моду тоталне рефлексије, мерење адхезије калцијум фосфатних превлака на титанским супстратима, електрохемијска мерења, мерења храпавости површине, испитивања цитотоксичности и антимикуробних својстава превлака.

Поглавље Резултати и дискусија, уједно и најопширније, се састоји из девет потпоглавља. У првом потпоглављу систематично су приказани резултати оптимизације параметара новог *in situ* процеса анодизације/анафоретске депозиције калцијум фосфатних превлака на титанске супstrate, као и морфологије, структуре и карактеристика *in situ* електрохемијски добијених превлака. У другом потпоглављу приказани су резултати морфолошке анализе калцијум фосфатних превлака и њихове биоактивности у раствору симулиране телесне течности. Треће потпоглавље приказује морфолошко и електрохемијско испитивање узорака, које укључује испитивања узорака путем високо-резулционе скенирајуће електронске микроскопије, потенциодинамичке поларизационе студије и испитивања узорака путем потенциостатске електрохемијске импедансне спектроскопије. Четврто, пето и шесто потпоглавље се баве испитивањем дифракције X-зрака, анализом узорака користећи спектроскопију инфрацрвене светлости са Фуријеовом трансформацијом у моду тоталне рефлексије и испитивањем храпавости узорака. У осмо м поглављу приказани су резултати испитивања антибактеријске активности узорака, док у последњем, деветом потпоглављу су приказани резултати испитивања цитотоксичности мултифункционалних композитних превлака.

У поглављу Закључци сумирани су најзначајнији резултати и сазнања проистекла из ове докторске дисертације, са акцентом и на могућу примену. Такође су дате и смернице за будући истраживачки рад.

У поглављу Литература наведене су све референце цитиране у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

У докторској дисертацији је Маријана Пантовић Павловић разматрала веома актуелан проблем вишестепеног пред-третмана и пост-третмана површине ради добијања превлаке на супстрату, адхезије превлаке, антимикуробних и цитотоксичних својстава која су важна за потенцијалну примену биоматеријала. Докторска дисертација дефинише нову методе анодизације/анафоретске депозиције за наношење калцијум фосфатних и хибридних превлака на бази калцијум фосфатних керамика на титанијумске спустрате са унапређеним својствима. Маријана Пантовић Павловић се приликом израде докторске дисертације примарно бавила креирањем и оптимизацијом новог *in situ* процеса анодизације/анафоретске депозиције за добијање мултифункционалних композитних биоматеријала. *In situ* метода резултира у побољшаној адхезији биоактивне превлаке, повећаној биоактивности и биокомпатибилности са повећаним антимикуробним својствима и одсуством цитотоксичности. Изучавани биоматеријали остварују побољшана својства као што су: отпорност на корозију, одсуство токсичности за људско тело и одговарајућа чврстоћа што омогућава њихово потенцијално коришћење у медицини и стоматологији.

3.2. Осврт на референтну и каришћену литературу

Кандидаткиња је изразито опсежним прегледом литературе показала да је проучила радове у области биокомпозитних материјала за потенцијалну примену у медицини и стоматологији, испитивање биоактивности, цитотоксичности и антимикуробних својстава ових материјала. У оквиру докторске дисертације је цитирано 406 литературних навода, од којих је највећи део објављен у претходних 5 година. Излагање у тези показује да је Маријана Пантовић Павловић одлично разумела проблеме који нису били решени у претходним истраживањима, првенствено везаним за побољшану адхезију, биокомпатибилност и антимикуробна својства материјала. Истовремено, избор литературе која је коришћена за дефинисање новог *in situ* процеса анодизације/анафоретске депозиције за добијање мултифункционалних композитних биоматеријала показује зрелост кандидата и способност да се самостално у будућности бави научним радом и дисеминацијом резултата тог рада.

3.3. Опнс и адекватност примењенх научних метода

Дисертација је написана на начин који омогућава да заинтересовани могу да понове и провере резултате, ако поседују одговарајућу опрему. Излагање у тези је јасно и довољно детаљно, а укључује детаље и елементе који показују зрелост кандидаткиње која је развијена током докторских студија. Примењене методе истражавања су поштовале све норме рада заснованог на доказима, а сва *in vitro* испитивања су урађена после добијања дозвола етичког комитета. Приказ испитивања и дискусија резултата су дати на начин који омогућава заинтересованим клиничарима и истраживачима у области биомедицине да наставе и даље унапређују физико-хемијска, биоактивна, антимикуробна и цитотоксична својства презентованих материјала, као и њихову потенцијална предклиничка истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Применљивост остварених резултата огледа се у могућности да други истраживачи могу такође применити ново успостављену методу електродепозиције у својим истраживањима. Ова дисертација такође омогућава да други истраживачи у области клиничких истраживања могу применом ове технологије да на једноставан начин истраже многа друга биолошка својства ових превлака од интереса за медицину и стоматологију. Трећа могућност коју пружају резултати из ове дисертације је да приказани технолошки поступак представља добру основу за израду патента који би омогућио трансфер новостечених знања ка привреди а у циљу добијања производа са високо технолошким знањем, тржишно оријентисаног.

3.5. Оцена постигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Маријана Пантовић Павловић је током израде докторске дисертације показала висок квалитет и одговорност како у самосталном раду тако и у тимском.. Ове тврдње следе из личног познавања кандидаткиње, али и из прегледа резултата које је кандидаткиња публиковала у часописима и зборницима са међународних конференција који имају анонимну рецензију. Маријана је током израде докторске дисертације испољила самосталност и стручност у претраживању савремене литературе, планирању истраживања, осмишљавању, припреми и реализацији експеримената, карактеризацији материјала као и прикупљању, систематизацији и анализи добијених резултата. На основу испољеног квалитета, заинтересованости и стручности у обављању досадашњих научних и стручних активности, Комисија сматра да кандидат Маријана Пантовић Павловић поседује све квалитете који су неопходни за самостални научно-истраживачки рад. Истичемо да је Маријана до сада освојила и награду за најбољу постер презентацију на међународној конференцији XXI YuCorr.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Основни допринос докторске дисертације огледа се у повезивању фундаменталних и примењених истраживања са циљем стварања нових знања од интереса за друштво и ширу научну заједницу. Ново створена знања су валидизована кроз публикације у водећим међународним часописима. Иако недавно публиковани резултати из ове дисертације (део 4.3, референца 1 и 2) примећени су у широј међународној научној заједници и већ цитирани >10 пута. Нов поступак добијања превлака као и нова врста материјала превлаке омогућили су унапређења досадашњих метода и врста превлака а у циљу добијања не само нових знања већ и новог материјала са новим својствима који поседује висок потенцијал примене у биомедицинском инжењерству. Посебно треба нагласити да су новодобијене превлаке оствариле вишу адхезију и корозивну стабилност у поређењу са познатим постојећим. Ново откривени поступак је иновативан и оригиналан. Сви добијени резултати су дисиминирани путем публикованих радова у међународним часописима као и путем излагања на домаћим и међународним конференцијама.

Процес је остварен коришћењем модификоване EPD методе, новом *in situ* методом анодизације/анафоретске депозиције. У првом делу дисертације је приказана оптимизација наведеног процеса која је подразумевала оптимизацију параметара, превасходно напона и времена извођења процеса за добијање композитних и хибридних биокомпатибилних превлака на бази калцијум фосфата са или без хитозан олигосахарид лактата. За оптимизовање процеса било је потребно одредити најповољнији напон за извођење истог, а потом и оптимизовати суспензију у којој се налазио материјал за добијање превлака на титанском супстрату. У другом делу дисертације су испитана физичко-хемијска и биолошка својства превлака. Испитани су хемијски и кристалографски састави фаза као и

морфологија, адхезија, корозиона стабилност, биоактивност, цитотоксичност и антимикробна својства превлака. Анализе линеарне и површинске храпавости показале су да је најоптималнији напон за извођење *in situ* процеса напон од 60 V. Оптимизовани су састави суспензија за добијање мултифункционалних композитних и хибридних калцијум фосфатних превлака на титану. У дисертацији је посебно истакнута важност да је нано-хидроксиапатитни слој успешно креиран новом *in situ* методом анодизације/анафоретског таложења на титанској подлози са истовременом анодизацијом титанске површине.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати приказани у дисертацији проистекли су из критичке анализе прегледа постојећих резултата других аутора у области технологија добијања танких слојева и превлака керемичких материјала на металним субстратима. Приступ решавања постојећих недостатака у својствима превлака и методама њиховог добијања је остварен уз мултидисциплинарну сарадњу тима научних истраживача различитих образовних профила. Докторска дисертација Маријане Пантовић Павловић дефинише нов методолошки приступ добијању биокомпатибилних превлака који се заснива на *in situ* процесу анодизације/анафоретске депозиције за наношење калцијум фосфатних и хибридних превлака на бази калцијум фосфатних керамика на титанијумске спустрате са унапређеним својствима. Остварени резултати истраживања су конзистентно и кохерентно оргнизовани у дисертацији иако представљају слојевите научне дисциплине: наука о материјалима (синтеза и карактеризација калцијум фосфата, полимера), хемијске и електрохемијске науке (анализа фаза, карактеризација корозионе стабилности), физичке и електротехничке науке (анализа инструменталних података добијених применом силе и динамичких струјно-напонских сигнала) као и биолоке науке (антимикробна својства, биокомпатибилноист-цитотоксичност). Кандидаткиња је успешно објединила све остварене резултате и на основу њих стекла нова знања која је кондензовано приказала у закључцима.

Досадашњи добијени резултати омогућавају проширење и развој ове врсте истраживања у правцу добијања високо функционалних превлака калцијум фосфата на металним супстратима без ограничења димензија, што може имати значај за потенцијалну примену у медицини и стоматологији. Остварени резултати *in vitro* истраживања указују на оправданост наставка истраживања биолошких својстава ових превлака (*in vivo*, предклиничка истраживања), што би омогућило добијање производа који би се могао наћи на тржишту (нпр. различити импланти за примену у максилофацијалној хирургији).

4.3. Верификација научних доприноса

Маријана Пантовић Павловић је ауторка и коауторка 3 рада у врхунским међународним часописима M21, 2 рада у међународним часописима M23, 1 рада у истакнутом националном часопису M52, 3 саопштења са међународних скупова штампана у целини M33 и 4 саопштења са међународних скупова штампана у изводу. Научни доприноси докторске дисертације верификовани су у следехим радовима:

M21 - Радови у врхунским међународним часописима

1. **Marijana R. Pantović Pavlović**, Sanja G. Eraković, Miroslav M. Pavlović, Jasmina S. Stevanović, Vladimir V. Panić, Nenad L. Ignjatović, „Anaphoretical/oxidative approach to the in-situ synthesis of adherent hydroxyapatite/titanium oxide composite coatings on titanium”, *Surf. Coat. Technol.*, 358, 688-694, 2019, **ISSN: 0257-8972**
[IF: 3.784 u 2019. godini; **Kategorija:** Nauka o materijalima, prevlake i filmovi (3/21)]

2. **M.R. Pantović Pavlović**, M.M. Pavlović, S. Eraković, J.S. Stevanović, V.V. Panić, N.Ignjatović, „Simultaneous anodization/anaphoretic electrodeposition synthesis of nano calcium phosphate/titaniumoxide composite coatings assisted with chitosan oligosaccharide lactate”, *Mat. Lett.*, 261, 127121, 2020, DOI: 10.1016/j.matlet.2019.127121, **ISSN: 0167-577X**
[**IF**: 3.204 u 2019. godini; **Kategorija**: Fizika, primenjena (43/155)]
3. **Marijana R. Pantović Pavlović**, Boris P. Stanojević, Miroslav M. Pavlović, Marija D. Mihailović, Jasmina S. Stevanović, Vladimir V. Panić, Nenad L. Ignjatović, „Anodizing/anaphoretic electrodeposition of nano calcium phosphate/chitosan lactate multifunctional coatings on titanium with advanced corrosionresistance, bioactivity and antibacterial properties“, *ACS Biomater. Sci. Eng.*, 2021, DOI: 10.1021/acsbiomaterials.1c00035, **ISSN: 2373-9878**
[**IF**: 4.619 u 2019. godini; **Kategorija**: Nauka o materijalima, Biomaterijali (10/38)]

M23 - Радови у међународним часописима

1. **Marijana R. Pantović Pavlović**, Miroslav M. Pavlović, Sanja Eraković, Tanja Barudžija, Jasmina S. Stevanović, Nenad Ignjatović, Vladimir V. Panić, “Relationship between the properties of an interlayer formed by in situ Ti anodization and anaphoretically deposited hydroxyapatite”, *J. Serb. Chem. Soc.* 84(11), 1305-1318, 2019, DOI: 10.2298/JSC190730105P, **ISSN: 1820-7421**
[**IF**: 1.097 u 2019. godini; **Kategorija**: Hemija, multidisciplinarna (138/177)]
2. **Pantović Pavlović, M.**; Pavlović, M. M.; Kovačina, J.; Stanojević, B.; Stevanović, J.; Panić, V.; Ignjatović, N. Cytotoxicity of Amorphous Calcium Phosphate Multifunctional Composite Coatings on Titanium Obtained by in Situ Anodization/Anaphoretic Deposition: Note. *J. Serbian Chem. Soc.* 2021, DOI: 10.2298/JSC210211024P. **ISSN: 1820-7421**
[**IF**: 1.097 u 2019. godini; **Kategorija**: Hemija, multidisciplinarna (138/177)]

M33 - Саопштења са међународних скупова штампана у целини

1. Z. Janković, **M. R. Pantović Pavlović**, A. Gajić, V. Marić, J. Stevanović, S. Eraković, M. M. Pavlović, Novel method for synthesis of biocompatible hydroxyapatite/passive oxide layer on modified titanium surface, 19. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, CD, pp. 265-270, ISBN 978-86-82343-25-7, September 12-15, 2017., Tara, Serbia.
2. **M. R. Pantovic Pavlovic**, S. Erakovic, M. M. Pavlovic, K. Pantovic Spajic, V. Panic, M. G. Pavlovic, *In Situ* Synthesis of Biocompatible Composite Layer of Hydroxyapatite/Passive Oxide Surfaces on the Modified Titanium, 25. International Conference „Ecological Truth“ – Eko-Ist ’17, Proceedings, pp. 301-306, ISBN 978-86-6305-062-4, June 12-15, 2017., Vrnjačka Banja, Serbia
3. **Marijana R. Pantović Pavlović**, Miroslav M. Pavlović, Sanja G. Eraković, Ljiljana Veselinović, Jasmina S. Stevanović, Vladimir V. Panić, Nenad L. Ignjatović, „Novel *in-Situ* Synthesis of Hydroxyapatite/Titanium Oxide Composite Coatings on Titanium by Simultaneous Anodization/Anaphoretic Electrodeposition”, VI International Congress “Engineering, Environment and Materials in Processing Industry”, Proceedings, CD, pp.

M34 - Саопштења са међународних скупова штампана у изводу

1. **Marijana Pantović Pavlović**, Sanja Eraković, Miroslav M. Pavlović, Jasmina Stevanović, Vladimir Panić, „Morphological characteristics of anaphoretically obtained hydroxyapatite/titanium dioxide coatings“, 20. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, CD, p. 142, ISBN 978-86-82343-26-4, May 21-24, 2018., Tara, Serbia.
2. **Marijana Pantović Pavlović**, Sanja Eraković, Miroslav Pavlović, Ljiljana Veselinović, Jasmina Stevanović, Vladimir Panić, Nenad Ignjatović, „Surface modification of titanium implants by adherent hydroxyapatite/titanium oxide composite coatings using novel *in-situ* synthesis“, 7th Regional Symposium on Electrochemistry – South East Europe & 8th Kurt Schwabe Symposium, International Conference, Book of Abstracts, On-Line version only, p. 120, ISBN 978-953-56942-7-4, May 27-30, 2019., Split, Croatia
3. **Marijana R. Pantović Pavlović**, Miroslav M. Pavlović, Sanja G. Eraković, Jasmina S. Stevanović, Nenad L. Ignjatović, Vladimir V. Panić, „Influence of Process Parameters of Simultaneous Anodization/Anaphoretic Electrodeposition Synthesis of Hydroxyapatite/Titanium Oxide Composite Coatings on Adhesion“, Giornate dell'Elettrochimica Italiana - GEI 2019 Electrochemistry: from Theory to Industrial Applications, p. 124, September 8-12, 2019., Padova, Italy.
4. **Marijana Pantović Pavlović**, Miroslav Pavlović, Sanja Eraković, Tanja Barudžija, Jasmina Stevanović, Nenad Ignjatović, Vladimir Panić, „*In Situ* Synthesis and Characterization of Hydroxyapatite/Titanium Oxide Coatings Derived by Anodization and Anaphoretic Deposition“, 13th Conference for Young Scientists in Ceramics (CYSC-2019), p. 131, ISBN 978-86-6253-104-9, October 16-19, 2019., Novi Sad, Serbia.

M52 - Рад у истакнутом националном часопису

1. **M. R. Pantović Pavlović**, S. Eraković, M. M. Pavlović, V. Panić, M. G. Pavlović, *In situ* synthesis of biocompatible composite layer of hydroxyapatite/passive oxide surfaces on the modified titanium, *Zaštita materijala i životne sredine*, 6(1) (2017) 26-34, ISSN 1800-9573

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

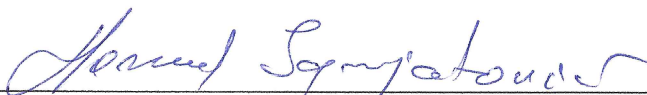
Докторска дисертација кандидаткиње Маријане Пантовић Павловић са којом смо детаљно упознати у потпуности испуњава све стандарде академске заједнице за одбрану. У дисертацији су конзистентно и кохерентно приказани резултати вишегодишњих истраживања у којима су на избалансирани начин обједињена фундаментална и примењена истраживања. Дисертација је омогућила стицање нових знања у разумевању *in situ* процеса анодизације/анафоретске депозиције и његове адекватне модификације за наношење композитних и хибридних калцијум фосфатних превлака на титан и његове легуре. Приказани поступак је оригиналан и иновативан. Остварена истраживања су целовита и мултидисциплинарна, од физичко хемисјких, физичких, електро инжењерских, технолошких до биолошких. Новим *in situ* поступком анодизације/анафоретске депозиције креиране су превлаке са контролисаним и унапређеним својствима а иста карактерисана и анализирана напредим спектроскопским, кристалографским, микроскопским, електрохемисјким и другим техникама. У оквиру дисертације приказана су и њена основна

биолошка својства као што су биоактивност, цитотоксичност и антимикробност. Потврђена биокомпатибилност и нетоксичност добијених превлака омогућава наставак и проширење рада на унапређењу ових истраживања са циљем добијања тржишно конкурентног производа.

Већина резултата који су проистекли из ове дисертације је публикована кроз научне радове у међународним часописима са рецензијом. Дисертација је према правилима која важе на Универзитету у Београду контролисана и софтверски проверена, и није установљен плагијаризам. Кандидаткиња је положила све испите и задовољила све услове за стицање доктората на Универзитету у Београду.

На основу свега доле потписана Комисија са великим задовољством предлаже већу Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „*In situ* синтеза и карактеризација танких биокомпатибилних композитних превлака хидроксиапатит/пасивни оксид за потенцијалну употребу у медицини“ кандидаткиње Маријане Пантовић Павловић прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



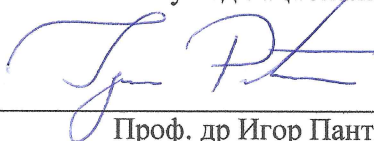
Проф. др Ненад Игњатовић, научни саветник
Институт техничких наука САНУ, професор по позиву,
Универзитет у Нишу, Медицински факултет, ментор



Др Сања Браковић Пантовић, виши научни сарадник
Институт за хемију, технологију и металургију,
институт од националног значаја за Р. Србију, ментор



Др Владимир Панић, научни саветник
Институт за хемију, технологију и металургију,
институт од националног значаја за Р. Србију



Проф. др Игор Пантић, ванредни професор
Универзитет у Београду, Медицински факултет



Проф. др Бранко Бугарски, редовни професор,
Универзитет у Београду, Технолошко-металуршки
факултет

У Београду, 21. јуна 2021. године