

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ  
ФАКУЛТЕТ  
35/79  
(Број захтева)

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ  
ВЕЋЕ НАУЧНИХ ОБЛАСТИ ТЕХНИЧКИХ НАУКА  
(Назив већа научне области и коме се захтев упућује)

14.03.2019.  
(Датум)

## ЗАХТЕВ

за давање сагласности на предлог теме докторске дисертације

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду („Гласник Универзитета“, број 131/06), дате сагласност на предлог теме докторске дисертације:

**„Процесирање, својства и примена денталних инсерата на бази калцијум-фосфата и цирконијум(IV)-оксида (The processing, properties and application of dental inserts based on calcium phosphates and zirconia)“**  
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ: ТЕХНОЛОШКО ИНЖЕЊЕРСТВО

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

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

GIUMA (Khalifa) AYOUB

2. Назив и седиште факултета на коме је стекао основно образовање: **Факултет медицинске технике у Мисурати, Либија.**

3. Назив и седиште факултета на коме је стекао мастер образовање: **Решењем ректора Универзитета у Београду број 06-61301-261/3-15 од 15.04.2015. године студенту се признаје високошколска исправа другог нивоа образовања стечена на Dona-Universität, Факултет за здравље и медицину, Кремс, Аустрија чиме је стекао право на наставак образовања на Универзитету у Београду, Технолошко-металуршки факултет, студијски програм докторских академских студија (Инжењерство материјала).**

Студент је уписан на докторске академске студије школске 2014/2015. године.

Обавештавамо Вас да је Наставно-научно веће, на седници одржаној 07.03.2019. године, размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

---

Проф. др Петар Ускоковић

Прилог:

1. Предлог теме докторске дисертације са образложењем
2. Акт надлежног тела факултета о подобности теме за израду докторске дисертације
3. Подаци о ментору.

## ПОДАЦИ О МЕНТОРУ

за кандидата Giuma Ayoub

Име и презиме ментора: Ђорђе Јанаћковић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Ayoub, G., Veljovic, D., Zebic, M.L., Miletic, V., Palcevskis, E., Petrovic, R., Janackovic, D., Composite nanostructured hydroxyapatite/yttrium stabilized zirconia dental inserts – The processing and application as dentin substitutes, (2018) *Ceramics International*, 44 (15), pp. 18200-18208. (IF (2018) = 3,057; ISSN: 0272-8842)
2. Knežević, N.Ž., Ilić, N., Dokić, V., Petrović, R., Janačković, D., Mesoporous Silica and Organosilica Nanomaterials as UV-Blocking Agents, (2018) *ACS Applied Materials and Interfaces*, 10 (24), pp. 20231-20236. (IF (2018) = 8,097; ISSN: 1944-8244)
3. Radovanovic, Z., Veljovic, D., Radovanovic, L., Zalite, I., Palcevskis, E., Petrovic, R., Janackovic, D., Ag<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> doped hydroxyapatite/tricalcium phosphate bioceramics: Influence of doping and sintering technique on mechanical properties, (2018) *Processing and Application of Ceramics*, 12 (3), pp. 268-276. (IF (2018) = 1,152; ISSN: 1820-6131)
4. Janković, A., Eraković, S., Ristoscu, C., Mihailescu (Serban), N., Duta, L., Visan, A., Stan, G.E., Popa, A.C., Husanu, M.A., Luculescu, C.R., Srđić, V.V., Janačković, D., Mišković-Stanković, V., Bleotu, C., Chifiriuc, M.C., Mihailescu, I.N., Structural and biological evaluation of lignin addition to simple and silver-doped hydroxyapatite thin films synthesized by matrix-assisted pulsed laser evaporation, (2015) *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 26 (1), 14 p. (IF (2015) = 2,272; ISSN: 0957-4530)
5. Hoppe, A., Brandl, A., Bleiziffer, O., Arkudas, A., Horch, R.E., Jokic, B., Janackovic, D., Boccaccini, A.R., In vitro cell response to Co-containing 1393 bioactive glass, (2015) *Materials Science and Engineering C: Materials for Biological Applications*, 57, art. no. 5585, pp. 157-163. (IF (2015) = 3,420; ISSN: 0928-4931)
6. Lezaja, M., Veljovic, D., Manojlovic, D., Milosevic, M., Mitrovic, N., Janackovic, D., Miletic, V., Bond strength of restorative materials to hydroxyapatite inserts and dimensional changes of insert-containing restorations during polymerization (2015) *Dental Materials*, 31 (2), pp. 171-181. (IF (2015) = 3,931; ISSN: 0109-5641)
7. Radovanović, Ž., Jokić, B., Veljović, D., Dimitrijević, S., Kojić, V., Petrović, R., Janačković, D., Antimicrobial activity and biocompatibility of Ag<sup>+</sup> - and Cu<sup>2+</sup> -doped biphasic hydroxyapatite/ $\alpha$ -tricalcium phosphate obtained from hydrothermally synthesized Ag<sup>+</sup> - and Cu<sup>2+</sup> -doped hydroxyapatite, (2014) *Applied Surface Science*, 307, pp. 513-519. (IF (2014) = 2,771; ISSN: 0169-4332)
8. Eraković, S., Janković, A., Ristoscu, C., Duta, L., Serban, N., Visan, A., Mihailescu, I.N., Stan, G.E., Socol, M., Iordache, O., Dumitrescu, I., Luculescu, C.R., Janačković, D., Mišković-Stanković, V., Antifungal activity of Ag:hydroxyapatite thin films synthesized by pulsed laser deposition on Ti and Ti modified by TiO<sub>2</sub> nanotubes substrates, (2014) *Applied Surface Science*, 293, pp. 37-45. (IF (2014) = 2,771; ISSN: 0169-4332)
9. Hoppe, A., Jokic, B., Janackovic, D., Fey, T., Greil, P., Romeis, S., Schmidt, J., Peukert, W., Lao, J., Jallot, E., Boccaccini, A.R., Cobalt-releasing 1393 bioactive glass-derived scaffolds for bone tissue engineering applications (2014) *ACS Applied Materials and Interfaces*, 6 (4), pp. 2865-2877. (IF (2014) = 6,723; ISSN: 1944-8244)
10. Veljovic, D., Radovanovic, Z., Dindune, A., Palcevskis, E., Krumina, A., Petrovic, R., Janackovic, D., The influence of Sr and Mn incorporated ions on the properties of microwave single- and two-step

sintered biphasic HAP/TCP bioceramics, (2014) *Journal of Materials Science*, 49 (19), pp. 6793-6802. (IF (2014) = 2,587; ISSN: 0022-2461)

Заокружити одговарајућу опцију (А, Б, В или Г):

**А)** У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији техникотехнолошких, природно-математичких и медицинских наука ментор треба да има најмање три рада са SCI, SSCI, AHCI или SCIE листе, као и Math-Net.Ru листе.

**Б)** У случају менторства дисертације на докторским студијама у групацији друштвено-хуманистичких наука ментор треба да има најмање три рада са релевантне листе научних часописа (Релевантна листа научних часописа обухвата SCI, SSCI, AHCI и SCIE листе, као и ERIH листу, листу часописа које је Министарство за науку класификовало као M24 и додатну листу часописа коју ће, на предлог универзитета, донети Национални савет за високо образовање. Посебно се вреднују и монографије које Министарство науке класификује као M11, M12, M13, M14, M41 и M51.)

**В)** У случају израде докторске дисертације према ранијим прописима за кандидате који су стекли академски назив магистра наука ментор треба да има пет радова (референци) које га, по оцени Већа научних области, квалификују за ментора односно дисертације.

**Г)** У случају да у ужој научној области нема квалификованих наставника, приложити одлуку Већа докторских студија о именовању редовног професора за ментора.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Датум: 27. 02. 2019.

М.П.

---

Проф. др Петар Ускоковић

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. 31. и 32. Правилника о докторским студијама ТМФ-а, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 07.03.2019. 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 **Giuma Khalifa Ayoub**, мастер инжењеру, под називом: „**Процесирање, својства и примена денталних инсерата на бази калцијум-фосфата и цирконијум(IV)-оксида (The processing, properties and application of dental inserts based on calcium phosphates and zirconia)**“.

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

Одобрава се студенту да докторску дисертацију пише и брани на енглеском језику.

За ментора се одређује др Ђорђе Јанаћковић, 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

Проф. др Петар Ускоковић

**NASTAVNO NAUČNOM VEĆU  
TEHNOLOŠKO-METALURŠKOG FAKULTETA  
UNIVERZITETA U BEOGRADU**

**Predmet:** Podobnost teme i kandidata **Giuma Khalifa Ayoub**, M.Sc., za izradu doktorske disertacije

Odlukom br. 35/36 od 31. 01. 2019. godine, imenovani smo za članove Komisije za ocenu podobnosti teme i kandidata **Giume Khalifa Ayoub**, M.Sc., za izradu doktorske disertacije i naučne zasnovanosti teme **„Procesiranje, svojstva i primena dentalnih inserata na bazi kalcijum-fosfata i cirkonijum(IV)-oksida“ (The processing, properties and application of dental inserts based on calcium phosphates and zirconia).**

Na osnovu materijala priloženog uz Zahtev kandidata, Komisija podnosi sledeći

**R E F E R A T**

**1. Podaci o kandidatu**

**1.1. Biografski podaci**

GIUMA KHALIFA AYOUB je rođen 09. 05. 1975. u gradu Zawia u Libiji, gde je završio osnovnu i srednju školu. Studirao je na Naser Univerzitetu, u Misurati u Libiji, na kome je diplomirao u julu 1998. godine na odseku za dentalnu tehnologiju. U periodu 2003-2007. godine radio je kao asistent na odseku za dentalnu tehnologiju na Al Gabal Al Gharbi Univerzitetu, u Nalutu, u Libiji. Radio je na više stomatoloških klinika i u više laboratorija. Master diplomu u oblasti stomatoloških nauka je stekao 2012. godine, na Univerzitetu u Kremsu, u Austriji. Doktorske studije na studijskom programu Inženjerstvo materijala na Tehnološko-metalurškm fakultetu Univerziteta u Beogradu upisao je 2014. godine. Položio je sve ispite, uključujući i završni ispit, i upisao treću godinu studija.

**1.2. Stečeno naučno-istraživačko iskustvo**

U okviru doktorskih studija, Giuma Khalifa Ayoub je položio sve ispite predviđene planom i programom, uključujući i završni ispit, postigavši sledeće ocene:

| <b>Predmet</b>                                            | <b>Ocena</b> | <b>ESPB</b> |
|-----------------------------------------------------------|--------------|-------------|
| Odabrana poglavlja matematičke analize                    | 10           | 5           |
| Hemijska kinetika                                         | 7            | 5           |
| Metal, ugljenični i keramički kompoziti                   | 10           | 5           |
| Nauka o materijalima i inženjerstvo materijala            | 8            | 6           |
| Termodinamika čvrstog stanja                              | 10           | 5           |
| Sinteza, svojstva i primena biokeramičkih materijala      | 10           | 4           |
| Metode karakterizacije keramičkih i staklastih materijala | 10           | 4           |
| Polimerni biomaterijali                                   | 10           | 5           |
| Fizičko-mehanička ispitivanja materijala-viši kurs        | 8            | 5           |
| Biokompozitni materijali                                  | 10           | 5           |
| Fizika materijala                                         | 9            | 4           |
| Završni ispit                                             | 10           | 30          |

### **Objavljeni naučni radovi i saopštenja**

#### **Rad u međunarodnom časopisu (M21a):**

1. **Ayoub G.**, Veljović Dj., Ležaja Zebić M., Miletić V., Palcevskis E., Petrović R., Janačković Dj.: *Composite nanostructured hydroxyapatite/yttrium stabilized zirconia dental inserts – The processing and application as dentin substitutes*, - Ceramics International, Vol 44, No 15, 2018, pp. 18200-18208. (ISSN 0272-8842, IF(2017)= 3,057)

#### **Saopštenja sa međunarodnog skupa štampana u izvodu (M34):**

1. **Ayoub G.**, Veljović Dj., Ležaja Zebić M., Palcevskis E., Miletić V., Janačković Dj.: *Composite nanostructured HAp/YSZ dental inserts – processing, mechanical properties and application in dental restorations*, - Programme and the book of abstracts of the YUCOMAT 2017, Herceg Novi 2017., p.103.
2. Veljović Dj., Matić T., **Ayoub G.**, Ležaja Zebić M., Miletić V., Petrović R., Janačković Dj.: *The processing and application of modified dental composites and dental inserts based on Mg-doped HAp*, - Programme and the book of abstracts of the YUCOMAT 2018, Herceg Novi 2018., p.131.

#### **Saopštenja na skupu nacionalnog značaja štampani u izvodu (M64)**

1. Matić T., Ležaja Zebić M., **Ayoub G.**, Miletić V., Petrović R., Veljović Dj., Janačković Dj.: *Processing of dental inserts based on nanostructured magnesium doped calcium hydroxyapatite and their application as dental substitutes*, - Programme and the book of abstracts of the 17th Young Researchers Conference – Materials Science and Engineering, Belgrade 2018., p.5.

### **1.3. Ocena podobnosti kandidata za rad na predloženoj temi**

Na osnovu dosadašnjeg rada i postignutih rezultata tokom doktorskih studija, Komisija ocenjuje da je Giuma Khalifa Ayoub pokazao izuzetnu zainteresovanost, sklonost i sposobnost za bavljenje naučno-istraživačkim radom. U toku eksperimentalnog istraživačkog rada, pokazao je samostalnost u razumevanju problematike, kreiranju i realizaciji istraživanja, kao i u tumačenju dobijenih rezultata. Do sada je objavio jedan rad u međunarodnom časopisu M21a koji pripada oblasti istraživanja predložene teme i tri saopštenja na međunarodnim skupovima. Na osnovu navedenog, Komisija smatra da Giuma Khalifa Ayoub ispunjava sve uslove za rad na predloženoj temi.

## **2. Predmet i cilj istraživanja**

Biokeramički materijali na bazi kalcijum-fosfata zbog svoje hemijske i strukturne sličnosti sa neorganskom fazom kostiju i zuba, a zahvaljujući odličnoj bioaktivnosti i biokompatibilnosti imaju veliki potencijal za primenu u stomatologiji. Hidroksiapatit (HAp) i trikalcijum-fosfati (TCp) upravo zahvaljujući navedenim svojstvima predstavljaju pogodne materijale za zamenu oštećenih delova zubnih tkiva.

Sinterovane kalcijum-fosfatne forme se u biomedicini i stomatologiji primenjuju kao samostalni implantati (maksiofacijalni i dentalni implantati, itd.) ili kao delovi kompleksnih sistema (prilikom izrade dentalnih proteza, prilikom izrade veštačkih kukova itd.). Dentalni inserti su upravo samostalni restaurativni materijali, koji predstavljaju sinterovane keramičke kompakte u različitim oblicima i veličinama, koji su u kombinaciji sa različitim kompozitnim restaurativnim materijalima pogodni za ispune velikih zubnih kaviteta. Istraživanja u okviru navedene teme podrazumevaju pronalaženje optimalnih uslova procesiranja, u cilju dobijanja sinterovanih biokeramičkih materijala adekvatne mikrostrukture, dobrih mehaničkih svojstava i odgovarajuće biokompatibilnosti. Dentalni inserti su se najpre osamdesetih godina pojavili u vidu megapunilaca, a kasnije su počeli da se proizvode u oblicima i dimenzijama koja odgovaraju obliku i dimenzijama zubnih kaviteta. Koriste se u kombinaciji sa kompozitnim restaurativnim materijalima, čija je mana polimerizaciona kontrakcija, koje se uz upotrebu dentalnih inserata smanjuje, a samim tim i verovatnoća za nastajanje mikropukotina na spoju sa zubnim tkivima. Primena keramičkih inserata podrazumeva značajno smanjenje količine korišćenih dentalnih kompozita za restauraciju kaviteta, pojednostavljuje klinički protokol, a takođe smanjuje i razliku koeficijenta termičkog širenja zuba i restauracije, što je vrlo bitno u slučaju restauracija većih kaviteta.

Pored navedenih prednosti, kalcijum-fosfatna keramika ima i određene nedostatke, od kojih posebno treba istaći malu žilavost. Sintezom nanočestičnih prahova kalcijum-hidroksiapatita, primenom visokih pritisaka prilikom izostatskog presovanja polaznih kompakata, kontrolom veličine zrna primenom dvostepenog sinterovanja, kontrolom oblika i veličina pora, formiranjem kompozitne biokeramike

inkorporiranjem nanočestica stabilisanog cirkonijum(IV)-oksida ( $ZrO_2$ ) moguće je poboljšanje mehaničkih svojstava dentalnih biokeramičkih inserata na bazi kalcijum-fosfata. Čestice  $ZrO_2$ , koje su po prirodi bioinertne i nisu toksične, su dobro poznat i često korišćen stomatološki materijal, koji se najčešće koristi za dobijanje krunica i dentalnih implantata. Cirkonijum(IV)-oksid se javlja u tri kristalna oblika: monokliničnom, tetragonalnom i kubnom, a svojstva sinterovane keramike upravo zavise od faznog sastava. Optimalnim inkorporiranjem jona  $Y^{3+}$  u strukturu cirkonijum(IV)-oksida stabilise se tetragonalna faza tokom sinterovanja, čime se poboljšavaju mehanička svojstva keramike. Uniformnom raspodelom nanočestica cirkonijum(IV)-oksida moguće je postići povećanje koeficijenta žilavosti hidroksiapatitnog matriksa, čime bi se omogućila primena dobijenog kompozitnog materijala u svojstvu dentinskog zamenika, tj. dentalnog inserta. U okviru ove doktorske disertacije će biti ispitane mogućnosti za optimalno inkorporiranje praha itrijumom stabilisanog cirkonijum(IV)-oksida sintetisanog plazma postupkom u hidroksiapatitni matriks. Ispitaće se uticaj nanočestica  $ZrO_2$  na mehanička svojstva dentalnih inserata i njihovu potencijalnu primenu u svojstvu dentinskih zamenika.

Predmet istraživanja ove doktorske disertacije će biti i ispitivanje uticaja mikrostrukturnih svojstava biokeramičkih inserata na bazi hidroksiapatita i trikalcijum-fosfata, dobijenih jedostepenim i dvostepenim sinterovanjem nanočestičnih prahova hidroksiapatita, na mehanička svojstva i potencijalnu primenu u stomatologiji. U cilju ispitivanja potencijalne primene dobijenih dentalnih inserata, biće definisan uticaj različitih kliničkih protokola na jačinu veze dobijenih dentalnih inserata i različitih restaurativnih materijala. Optimizacijom parametara procesiranja, koji će omogućiti poboljšanje mehaničkih svojstava inserta i ostvarivanjem adekvatne veze dentalni insert/atheziv/dentalni kompozit, omogućila bi se primena inserata u svojstvu dentinskih zamenika, a time bi se poboljšala mehanička svojstva čitave restauracije u slučaju većih kaviteta i kompletnog zuba.

Naučni ciljevi istraživanja u okviru ove doktorske disertacije su:

- Procesiranje dentalnih biokeramičkih inserata na bazi kalcijum-fosfata i cirkonijum(IV)-oksida polazeći od nanočestičnih prahova i korišćenjem različitih tehnika sinterovanja;
- Ispitivanje uticaja parametara procesiranja i inkorporiranja itrijumom stabilisanog cirkonijum(IV)-oksida na mehanička svojstva kompozitnih biokeramičkih inserata;
- Poređenje svojstava monofaznih dvostepeno sinterovanih i višefaznih konvencionalno sinterovanih biokeramičkih dentalnih inserata, bitnih za potencijalnu primenu kao dentinskih zamenika;
- Ispitivanje uticaja faznog sastava, mikrostrukturnih parametara i različitih kliničkih protokola na jačinu veze dobijenih dentalnih inserata i različitih restaurativnih materijala;
- Ispitivanje mogućnosti primene biokeramičkih inserata na bazi hidroksiapatita, trikalcijum-fosfata i cirkonijum(IV)-oksida, dobijenih jedostepenim i

dvostepenim sinterovanjem, kao potencijalnih dentinskih zamenika pri restauraciji velikih kaviteta.

## Spisak referenci

- [1] L.L. Hench, Bioceramics: from concept to clinic, *J. Am. Ceram. Soc.* 74 (1991) 1487–1510.
- [2] J. Chevalier, L. Gremillard, Ceramics for medical applications: a picture for the next 20 years, *J. Eur. Ceram. Soc.* 29 (2009) 1245–1255.
- [3] S.V. Dorozhkin, Calcium orthophosphate bioceramics, *Ceram. Int.* 41 (2015) 13913–13966.
- [4] J. Brzezinska-Miecznik, K. Haberko, M. Sitarz, M.M. Bucko, B. Macherzynska, R. Lach, Natural and synthetic hydroxyapatite/zirconia composites: A comparative study, *Ceram. Int.* 42 (2016) 11126–11135.
- [5] T.I. Arifta, M. L. Munar, K. Tsuru, K. Ishikawa, Fabrication of interconnected porous calcium-deficient hydroxyapatite using the setting reaction of  $\alpha$  tricalcium phosphate spherical granules, *Ceram. Int.* 43 (2017) 11149–11155.
- [6] Dj. Veljovic, R. Jancic-Hajneman, I. Balac, B. Jokic, S. Putic, R. Petrovic, Dj. Janackovic, The effect of the shape and size of the pores on the mechanical properties of porous HAP-based bioceramics, *Ceram. Int.* 37 (2011) 471–479.
- [7] M.J. Uzeda, R.F. de Brito Resende, S.C. Sartoretto, A.T.N.N. Alves, J.M. Granjeiro, M.D. Calasans-Maia, Randomized clinical trial for the biological evaluation of two nanostructured biphasic calcium phosphate biomaterials as a bone substitute, *Clin. Implant. Dent. Relat. Res.* 19 (2017) 802–811.
- [8] W.L.O. da Rosa, A.R. Cocco, T.M.D. Silva, L.C. Mesquita, A.D. Galarca, A.F.D. Silva, E.Piva, Current trends and future perspectives of dental pulp capping materials: A systematic review, *J. Biomed. Mater. Res. B Appl. Biomater.* 106 (2018) 1358–1368.
- [9] M. Lezaja, Dj. Veljovic, D. Manojlovic, M. Milosevic, N. Mitrovic, Dj. Janaćkovic, V. Miletic, Bond strength of restorative materials to hydroxyapatite inserts and dimensional changes of insert-containing restorations during polymerization, *Dental Mater.* 31(2) (2015) 171–181.
- [10] P. Hahn, H.G. Schaller, U. Mullner, E. Hellwig, Marginal leakage in class II-restorations after use of ceramic-inserts luted with different materials, *J. Oral. Rehabil.* 25 (1998) 567–574.
- [11] Federlin M, Thonemann B, Schmalz G. Inserts—megafillers in composite restorations: a literature review. *Clin. Oral. Invest.* 4 (2000) 1–8.
- [12] N. Iwamoto, N.D. Ruse, Fracture toughness of human dentin, *J. Biomed. Mater. Res. A* 66 (2003) 507–512.
- [13] H. Guo, K.A. Khor, Y.C. Boey, X. Miao, Laminated and functionally graded hydroxyapatite/yttria stabilized tetragonal zirconia composites fabricated by spark plasma sintering, *Biomater.* 24 (2003) 667–675.

- [14] Dj. Veljovic, E. Palcevskis, I. Zalite, R. Petrovic, Dj. Janackovic, Two-step microwave sintering - a promising technique for the processing of nanostructured bioceramics, *Mater. Lett.*, 93 (2013) 251-253.
- [15] G. Gergely, F.C. Sahin, G. Goller, O. Yucel, C. Balazsi, Microstructural and mechanical investigation of hydroxyapatite–zirconia nanocomposites prepared by spark plasma sintering, *J. Eur. Ceram. Soc.* 33 (2013) 2313–2319.
- [16] I. Zalite, J. Grabis, E. Palcevskis, M. Herrmann, Plasma processed nanosized-powders of refractory compounds for obtaining fine-grained advanced ceramics, *IOP Conf. Series: Mater. Sci. Eng.* 18 (2011) 062024.
- [17] D.J. Curran, T.J. Fleming, M.R. Towler, S. Hampshire, Mechanical properties of hydroxyapatite–zirconia compacts sintered by two different sintering methods, *J. Mater. Sci.: Mater. Med.* 21 (2010) 1109–1120.
- [18] Z. Evis, M. Usta, I. Kutbay, Improvement in sinterability and phase stability of hydroxyapatite and partially stabilized zirconia composites, *J. Eur. Ceram. Soc.* 29 (2009) 621–628.
- [19] D.M. Qeblawi, C.A. Munoz, J.D. Brewer, E.A. Monaco, The effect of zirconia surface treatment on flexural strength and shear bond strength to a resin cement, *J. Prosthet. Dent.* 103 (2010) 210-220.

### 3. Polazne hipoteze

Polazne hipoteze za izradu ove disertacije su:

- Inkorporiranje čestica itrijumom stabilisanog cirkonijum(IV)-oksida u hidroksiapatitni matriks ima uticaja na sinterabilnost, žilavost i tvrdoću sinterovanih kompozitnih biokeramičkih inserata;
- Optimizacijom parametara dvostepenog sinetrovanja moguće je dobiti monofazne biokeramičke inserte poboljšanih mehaničkih svojstava, koji mogu ostvariti zadovoljavajuću vezu sa dentalnim kompozitnim restaurativnim materijalima;
- Fazni sastav i mikrostruktura monofaznih dvostepeno sinterovanih i višefaznih konvencionalno sinterovanih biokeramičkih dentalnih inserata na bazi hidroksiapatita i trikalcijum-fosfata ima uticaja na mehanička svojstva inserata i jačinu veze sa različitim restaurativnim materijalima;
- Primena različitih kliničkih protokola ima uticaja na jačinu veze između sinetrovanih dentalnih inserata i primenjenih restaurativnih materijala;
- Dentalni inserti na bazi kalcijum-fosfata i cirkonijum(IV)-oksida mogu ostvariti zadovoljavajuće vrednosti jačine veze sa restaurativnim materijalima i mogu naći primenu u svojstvu dentinskih zamenika prilikom restauracije velikih kaviteta.

### 4. Naučne metode istraživanja

Dentalni inserti će biti procesirani polazeći od hidrotermalno i precipitaciono sintetisanih prahova hidroksiapatita i itrijumom stabilisanog cirkonijum(IV)-oksida dobijenog plazma postupkom. Polazni izostatski ispresovani inserti će biti sinterovani konvencionalnim jednostepenim i dvostepenim postupkom. Fizičko-hemijska svojstva sintetisanih prahova biće određena primenom rendgenske difrakcione analize (XRD), skenirajuće elektronske mikroskopije (SEM), transmisije elektronske mikroskopije (TEM), energetske disperzione spektroskopije (EDS) i određivanjem raspodele veličina čestica. Sinterovanje dentalnih inserata biće praćeno uporednom dilatometrijskom analizom. Skenirajućom elektronskom mikroskopijom i rendgenskom difrakcionom analizom definišće se mikrostruktura i fazni sastav dobijenih biokeramičkih inserata. Tvrdća inserata biće određena Vickersovom metodom indentacije, dok će koeficijent žilavosti biti određen korišćenjem jednačine Evans-a i Charles-a. Jačina veze inserata i različitih restaurativnih materijala, prilikom primene različitih kliničkih protokola, biće određena merenjem sile na smicanje pomoću univerzalnog merača sile koji je specijalno prilagođen za ispitivanje smicanja dentalnih uzoraka. Podaci za jačinu veze inserata i restaurativnih materijala biće statistički analizirani deskriptivnim i analitičkim metodama. Hipoteze će biti testirane parametarskim testovima (dvofaktorska i jednofaktorska analiza varijanse) sa „post-hoc“ testovima međugrupne komparacije.

## 5. Očekivani naučni doprinos

Očekivani naučni doprinos se ogleda u sledećem:

- optimizacija parametara procesiranja dentalnih biokeramičkih inserata na bazi hidroksiapatita, trikalcijum-fosfata i cirkonijum(IV)-oksida polazeći od nanočestičnih prahova, a korišćenjem različitih tehnika sinterovanja;
- definisanje uticaja fizičko-hemijskih i morfoloških svojstava polaznih prahova hidroksiapatita sintetisanih precipitacionom i hidrotermalnom metodom i inkorporiranja itrijumom stabilisanog cirkonijum(IV)-oksida dobijenog plazma tehnikom na mehanička svojstva kompozitnih biokeramičkih inserata;
- utvrđivanje uticaja faznog sastava i mikrostrukturnih karakteristika monofaznih dvostepeno sinterovanih i višefaznih konvencionalno sinterovanih biokeramičkih dentalnih inserata, na njihovu potencijalnu primenu u svojstvu dentinskih zamenika;
- objašnjenje uticaja mikrostrukture inserata i različitih kliničkih protokola na jačinu veze sinterovanih dentalnih inserata i različitih restaurativnih materijala;
- utvrđivanje mogućnosti primene sinterovanih inserata na bazi hidroksiapatita, trikalcijum-fosfata i cirkonijum(IV)-oksida u svojstvu potencijalnih dentinskih zamenika prilikom restauracije velikih kaviteta.

## 6. Plan istraživanja i struktura rada

Na početku rada u okviru predložene doktorske disertacije, detaljno će biti analizirana literatura o:

- morfološkim i fizičko-hemijskim svojstvima prahova hidroksiapatita i cirkonijum(IV)-oksida, mikrostrukturnim i mehaničkim svojstvima biokeramičkih materijala,
- metodama sinteze i uticaju parametara sinteze na svojstva prahova HAp i  $ZrO_2$ , metodama sinterovanja i uticaju parametara na svojstva biokeramičkih materijala i biokompozita,
- primeni dentalnih inserata u svojstvu dentinskih zamenika,
- ulozi biokeramičkih inserata u stomatološkoj praksi i mehaničkim svojstvima koja su bitna za njihovu primenu.

Eksperimentalni rad će obuhvatiti:

- Sintezu i karakterizaciju polaznih prahova; na osnovu određenih fizičko-hemijskih svojstava definisanje parametara procesiranja dentalnih inserata na bazi hidroksiapatita, trikalcijum-fosfata i cirkonijum(IV)-oksida;
- Kompaktiranje prahova uniaksijalnim i izostatskim presovanjem i sinterovanje polaznih kompakata jednostepenim i dvostepenim sinterovanjem, a nakon toga detaljnu karakterizaciju sinterovanih inserata;
- Ispitivanje mehaničkih svojstava inserata i određivanje jačine veze inserata i različitih restaurativnih materijala, primenjujući različite kliničke protokole.

U doktorskoj disertaciji će biti obrađena sledeća poglavlja: *Uvod*, *Teorijski deo*, *Eksperimentalni deo*, *Rezultati i diskusija*, *Zaključak i Literatura*.

U poglavlju *Uvod* biće dat kratak osvrt na područje istraživanja, definisan predmet i glavni ciljevi istraživanja. Poglavlje *Teorijski deo* obuhvatiće analizu dosadašnjih rezultata istraživanja iz oblasti disertacije. U *Eksperimentalnom delu* biće navedeni materijali i metode korišćene u eksperimentalnom radu pri izradi disertacije. U poglavlju *Rezultati i diskusija* biće prikazani i diskutovani rezultati istraživanja u cilju detaljne analize i definisanja uticaja mikrostrukturnih, fizičko-hemijskih i mehaničkih svojstava dentalnih inserata na potencijalnu primenu u svojstvu dentinskih zamenika. U *Zaključku* će biti sumirani zaključci dobijeni na osnovu izvedenih ispitivanja. U delu *Literatura* biće navedene reference citirane u disertaciji.

## 7. Zaključak i predlog

Na osnovu iznetih podataka o dosadašnjem radu i postignutim rezultatima, Komisija smatra da kandidat **Giuma Khalifa Ayoub**, ispunjava sve potrebne uslove za rad na predloženoj temi doktorske disertacije. Komisija takođe smatra da je tema predložene doktorske disertacije kandidata, pod nazivom: „**Procesiranje, svojstva i**

**primena dentalnih inserata na bazi kalcijum-fosfata i cirkonijum(IV)-oksida“ (The processing, properties and application of dental inserts based on calcium phosphates and zirconia)** naučno zasnovana i predlaže Nastavno-naučnom veću da je prihvati. Za mentora se predlaže dr Đorđe Janačković, redovni profesor Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti **Tehnološko inženjerstvo**, uža oblast **Inženjerstvo materijala**, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

U Beogradu, 27. 02. 2019.

#### ČLANOVI KOMISIJE:

- 
1. Dr Đorđe Janačković, red. prof. Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet
  2. Dr Đorđe Veljović, docent Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet
  3. Dr Rada Petrović, red. prof. Univerziteta u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet
  4. Dr Vesna Miletić, van. prof. Univerziteta u Beogradu, Stomatološki fakultet
  5. Dr Maja Zebić, naučni saradnik Univerziteta u Beogradu, Stomatološki fakultet