

НАУЧНОМ ВЕЋУ

ИНСТИТУТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА САНУ

На седници Научног већа Института техничких наука САНУ од 16. 12. 2011. године одређени смо у Комисију за стицање звања **вишег научног сарадника др Смиље Марковић**, научног сарадника Института техничких наука САНУ. На основу разматрања приложене документације подносимо Научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

I Биографски подаци

Др Смиља Марковић је рођена 22. 8. 1968. год. у Београду. Дипломирала је 1997 год. на Факултету за Физичку хемију Универзитета у Београду, са радом на тему "Испитивање особина фаза натријумдисиликата". На истом факултету је магистрала 2003. год. са радом на тему "Синтеза и карактеризација политипова карнегита". Докторску дисертацију под називом "Синтеза и карактеризација $\text{BaTi}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$ прахова и вишеслојних керамичких материјала" одбранила је 2008. год. на Факултету за Физичку хемију Универзитета у Београду.

Др Смиља Марковић је у периоду од 1. 4. 1998. до 1. 4. 1999. радила као истраживач приправник на Факултету за Физичку хемију, Универзитета у Београду. Од 2. 4. 2001. год. запослена је у Институту техничких наука САНУ, где је 2003. год. стекла звање истраживач сарадник, а 2008. год по одлуци Министарства за науку и заштиту животне средине (решење бр. 06-00-69/745 од 24. 12. 2008.) стекла је звање научни сарадник.

Ангажована је на пројекту из интегралних и интердисциплинарних истраживања из области хемије које финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије, налази се у А2 категорији истраживача. До сада је објавила 29 публикација у међународним часописима, један рад у часопису националног значаја и 61 саопштење на домаћим и међународним конференцијама. Такође је коаутор једне патентне пријаве на националном нивоу. Према бази SCOPUS радови др С. Марковић су до сада цитирани 127 пута, од тог броја 87 су хетероцитати, Хиршов индекс износи 5.

Члан је Друштва физикохемичара Србије и Друштва за истраживање материјала.

Рецензент је за часописе: Physics and Chemistry of Minerals; Solid State Sciences; Chemical and Biochemical Engineering Quarterly; Journal of Thermal Analysis and Calorimetry; Iranian Journal of Polymers; International Journal of Modern Physics B; Materials Science and Engineering B; Хемијска индустрија; Техника - Нови материјали.

II Научни рад

У току свог рада у ИТН САНУ др Смиља Марковић је учествовала на следећим пројектима које је финансирало Министарство за науку Републике Србије (тј. Министарство за просвету и науку):

Из основних истраживања:

1431 – Молекуларно дизајнирање монолитних и композитних материјала (2002-2005, руководилац пројекта Проф. Др Драгољуб Ускоковић, научни саветник у Институту техничких наука Српске академије наука и уметности)

142006 – Синтеза функционалних материјала са контролисаним структуром на молекуларном и нано нивоу (2006-2010., руководилац Проф. Др Драган Ускоковић, научни саветник у Институту техничких наука Српске академије наука и уметности)

Из интегралних и интердисциплинарних истраживања

III45004 - Молекуларно дизајнирање наночестица контролисаних морфолошких и физичко-хемијских карактеристика и функционалних материјала на њиховој основи (2011-2014., руководилац пројекта Проф. Др Драгољуб Ускоковић, научни саветник у Институту техничких наука Српске академије наука и уметности)

Учествовала је на међународном пројекту "Дизајнирање функционалних материјала на молекуларном и нано нивоу" тј. "Designing of Functional Materials on Molecular and Nano Level" у оквиру билатералне сарадње између Републике Србије и Републике Словеније у периоду 1. 1. 2008. - 31. 12. 2009.

Досадашњи рад др Смиље Марковић сврстава се у област науке о материјалима а може се поделити на четири истраживачке области: (1) креирање, процесирање и карактеризација баријум титанат станатних ($\text{BaTi}_{1-x}\text{Sn}_x\text{O}_3$, БТС) прахова, као и синтерованих хомогених и функционално градијентних материјала (ФГМ); (2) карактеризација нано-прахова и синтерованих биокерамичких материјала на бази калцијум фосфата (хидроксиапатита, калцијум дефицитарног хидроксиапатита, карбонатног хидроксиапатита, кобалтом супституисаног хидроксиапатита и цирконијумом супституисаног хидроксиапатита); (3) карактеризација цинк оксидних прахова; (4) одређивање расподеле величина честица методом дифракције ласерске светлости.

Истраживачка област (1) се односи на научни рад који је директан наставак докторске дисертације С. Марковић с посебним акцентом на развој стратегије синтеровања функционално градијентних материјала применом приступа тзв. *мастер синтеринг криве* (МСЦ). Да би БТС ФГМ-и могли да се користе као компоненте у електронској индустрији веома је битно да имају веома квалитетну микроструктуру са одређеном средњом величином зрна и густином, као и макроструктуру без дефеката. Током свог рада на дизајнирању и процесирању БТС ФГМ, С.

Марковић је користила поступке који се користе и у највећим светским фабрикама за производњу баријум титанатних компоненти за електронску индустрију, униаксијално пресовање прахова и синтеровање. Овај најједноставнији и најјефтинији приступ, погодан за монолитне тј. хомогене баријум титанатне компоненте, у случају ФГМ доводио је до значајних техничких проблема; услед различите кинетике синтеровања, градирани слојеви различитог хемијског састава су након процесирања поседовали различит проценат скупљања као и густину. Различита кинетика синтеровања условљавала је дисторзију компонената, савијање, деламинацију, појаву пукотина и микроструктурних оштећења. Своје истраживачке активности С. Марковић је усмерила на предвиђању процеса синтеровања сваког од градираних слојева у ФГМ и дизајнирање стратегије синтеровања која је омогућила припрему веома квалитетних електричних компонената без макро- и микроструктурних дефеката. У својим истраживањима С. Марковић је користила приступ мастер синтеринг криве и резултате добијене током синтеровања у термичком микроскопу. На основу МСЦ и експерименталних података (скупљање и густина) израчунате су енергије активације процеса синтеровања сваког од појединачних слојева у оквиру ФГМ. Једном формирана МСЦ за одређени материјал може се користити за стратегију процеса синтеровања. На основу развијене стратегије синтеровања креиране су ФГМ компоненте без макро- и микроструктурних дефеката, које су показале веома добре диелектричне карактеристике, велику отпорност границе зрна и одсуство струје цурења. Резултати су објављени у виду две публикације у водећем часопису из области *Journal of the European Ceramic Society*, при чему су први пут објављени резултати креирања МСЦ на функционално градијентним материјалима.

Истраживачка област (2) се односи на активности које др С. Марковић има са својим младим сарадницима (мр Зоран Стојановић, мр Љиљана Веселиновић и дипл. физ.хем. Миодраг Лукић), а на програму синтезе и карактеризације прахова на бази калцијум фосфата, са потенцијалном применом за репарацију коштаних дефеката; као и на процесирању и карактеризацији синтерованих биокерамичких материјала, који такође имају примену за репарацију великих коштаних дефеката. Методама преципитације и хидротермалног процесирања синтетисани су прахови: стехиометријски хидроксиапатит (ХАп), калцијум дефицитарни хидроксиапатит (КДХАп), карбонатни хидроксиапатит (КХАп), хидроксиапатит у коме је део јона калцијума измењен јонима кобалта (од 5 до 12 атомских %) и хидроксиапатит у коме је део јона калцијума измењен јонима цирконијума (од 5 до 20 атомских %). Прахови ХАп и КДХАп су синтеровани методама конвенционалног и тзв. двостепеног синтеровања, у циљу добијања наноструктурних керамичких материјала са таквим механичким карактеристикама и фазним саставом који омогућују примену ових керамика за репарацију великих коштаних дефеката. У овом сегменту, истраживачке активности Смиље Марковић су се конкретно односиле на карактеризацију кристалне структуре на дугачком (рендгенска дифракција на праху) и средњем (вибрациона спектроскопија, инфрацрвена и раманска) домету, као и на повезивању особина материјала са

кристалном структуром у циљу оптимизације процеса синтезе и процесирања синтерованих керамика.

Истраживачка област (3) се односи на програм синтезе и карактеризације прахова цинк оксида, где кандидаткиња активно учествује као коруководилац на изради докторске дисертације мр Ане Станковић. У овом сегменту, задатак С. Марковић је био да оптичке карактеристике прахова цинк оксида (различите морфологије) корелише са кристалном структуром.

Истраживачка област (4) се односи на проблем одређивања расподеле величина честица методом дифракције ласерске светлости. У овом аспекту својих активности С. Марковић се не бави рутинским анализама, већ својим знањем и искуством колегама, из великог броја научних институција у Србији као и различитих факултета, помаже у одређивању оптималних услова деагломерације и дисперговања прахова да би се добили резултати који одговарају стварном стању, с обзиром да је показано да метода није универзална већ да свака врста прашкастих материјала захтева специфичан третман пре саме анализе.

Смиља Марковић је објавила укупно 29 радова у међународним часописима, један рад у часопису националног значаја и 61 саопштење на међународним и домаћим конференцијама. Од укупног броја, после избора у предходно звање објављено је 18 публикација (од тога су два поглавља у књизи тј. два рада објављена у тематском зборнику водећег међународног значаја, 10 у врхунским међународним часописима M_{21} , два у истакнутим међународним часописима M_{22} , четири у међународним часописима M_{23}), један рад је штампан у часопису националног значаја M_{52} и 24 саопштења на међународним конференцијама (од којих су два штампана у целини а 22 у изводу). Коаутор је једне патентне пријаве на националном нивоу. Сви радови др С. Марковић су позитивно цитирани; према бази SCOPUS број цитата је 127, без аутоцитата 87, Хиршов индекс износи 5. Библиографија др Смиље Марковић дата је у прилогу 2 а цитираност у прилогу 3.

Др С. Марковић је подпредседник Научног одбора конференције са међународним учешћем, коју организују ИТН САНУ и Друштво за истраживање материјала: Young Researchers' Conference – Materials Science and Engineering. Такође, члан је техничког комитета међународне конференције коју организује Друштво за истраживање материјала: YUCOMAT.

Кратка анализа објављених радова

Досадашњи рад др Смиље Марковић сврстава се у област науке о материјалима а може се поделити на четири научноистраживачке области: (1) креирање, процесирање и карактеризација баријум титанат станатних ($BaTi_{1-x}Sn_xO_3$, БТС) прахова, као и синтерованих хомогених и функционално градијентних материјала (ФГМ); (2) карактеризација нано-прахова и синтерованих биокерамичких материјала на бази калцијум фосфата (хидроксиапатита, калцијум дефицитарног хидроксиапатита, карбонатног хидроксиапатита и кобалтом супституисаног хидроксиапатита); (3) карактеризација

цинк оксидних прахова; (4) одређивање расподеле величина честица методом дифракције ласерске светлости.

Научноистраживачка област (1) се односи на рад који је директан наставак докторске дисертације С. Марковић с посебним акцентом на развој стратегије синтеровања функционално градијентних материјала применом приступа тзв. *мастер синтеринг криве* (МСЦ) [13,31,48,49,54]. Да би БТС ФГМ-и могли да се користе као компоненте у електронској индустрији веома је битно да имају веома квалитетну микроструктуру са одређеном средњом величином зрна и густином, као и макроструктуру без дефеката [1,2]. Током свог рада на дизајнирању и процесирању БТС ФГМ [1,2], С. Марковић је користила поступке који се користе и у највећим светским фабрикама за производњу баријум титанатних компоненти за електронску индустрију, униаксијално пресовање прахова и синтеровање. Овај најједноставнији и најјефтинији приступ, погодан за монолитне тј. хомогене баријум титанатне компоненте, у случају ФГМ доводио је до значајних техничких проблема; услед различите кинетике синтеровања, градирани слојеви различитог хемијског састава су након процесирања поседовали различит проценат скупљања као и густину. Различита кинетика синтеровања условљавала је дисторзију компонената, савијање, деламинацију, појаву пукотина и микроструктурних оштећења. Своје истраживачке активности С. Марковић је усмерила на предвиђању процеса синтеровања сваког од градираних слојева у ФГМ и дизајнирање стратегије синтеровања која је омогућила припрему веома квалитетних електричних компонената без макро- и микроструктурних дефеката. У својим истраживањима С. Марковић је користила приступ мастер синтеринг криве и резултате добијене током синтеровања у термичком микроскопу. На основу МСЦ и експерименталних података (скупљање и густина) израчунате су енергије активације процеса синтеровања сваког од појединачних слојева у оквиру ФГМ. Једном формирана МСЦ за одређени материјал може се користити за стратегију процеса синтеровања. На основу развијене стратегије синтеровања креиране су ФГМ компоненте без макро- и микроструктурних дефеката, које су показале веома добре диелектричне карактеристике, велику отпорност границе зрна и одсуство струје цурења [1,12]. Резултати су објављени у виду две публикације у водећем часопису из области *Journal of the European Ceramic Society*, при чему су први пут објављени резултати креирања МСЦ на функционално градијентним материјалима [12,13]. Осим проучавања оптималних услова синтеровања за припремање ФГМ са великом отпорношћу границе зрна и добрим диелектричним карактеристикама, кандидаткиња се бавила и проучавањем утицаја средње величине честица на денсификацију, микроструктуру и електричне карактеристике баријум титанатних керамичких материјала [25,61]. Баријум титанатни прахови исте кристалне симетрије (тетрагоналне) и исте стехиометрије, али различите средње величине честица коришћене су за припрему синтерованих керамичких материјала. Уочено је да са смањењем средње величине честица долази до померања криве скупљања ка нижим температурама, до повећања финалне густине, и смањења средње величине зрна у керамичким материјалима. Уочено је да повећање густине и смањење средње

величине зрна доводе до побољшања диелектричних карактеристика тј. повећања диелектричне пермитивности. Резултати импедансне спектроскопије су фитовани да би се раздвојио удео зрна тј. материјала од удела границе зрна. Уочено је да нема велике промене у отпорности материјала са променом средње величине зрна и густине (што је у складу са теоријом, јер отпорност зрна зависи само од природе материјала); с друге стране, уочено је да отпорност границе зрна значајно расте са смањењем средње величине зрна и са повећањем финалне густине. Значај ових истраживања је између осталог и у томе што је полазни материјал синтетисан једноставном и јефтином методом реакције у чврстом стању, а затим су полазни прахови деагломерисани ултразвучном сондом у изопропанолу а средња величина честица је са 1.4 μm после 3 h смањена на 64 nm, без нарушавања кристалне симетрије и без уношења нечистоћа у систем.

Научноистраживачка област (2) се односи на активности које др С. Марковић има са својим младим сарадницим а на програму синтезе и карактеризације прахова на бази калцијум фосфата, са потенцијалном применом за репарацију коштаних дефеката; као и на процесирању и карактеризацији синтерованих биокерамичких материјала, који какође имају примену за репарацију великих коштаних дефеката као и за мете за ласерску аблацију.

Методама преципитације и хидротермалног процесирања синтетисани су прахови стехиометријског хидроксиапатита (ХАп) и калцијум дефицитарног хидроксиапатита (КДХАп). С обзиром да карактеристике полазних прахова значајно утичу на процес синтеровања и карактеристике финалног керамичког материјала, у радовима **6**, **7**, **53** и **57** урађена је детаљна анализа кристалне структуре, фазног састава, стехиометрије, расподеле величина честица, постојања и природе агломерата, специфичне површине, морфологије, термичког понашања, и синтерабилности нанопрахова ХАп и КДХАп. Резултати XRD анализе показали су да су оба праха чисте апатитне фазе, без присуства нечистоћа или друге калцијум фосфатне фазе, мале кристаличности и мале средње величине кристалита - око 60 nm. Фазни састав потврђен је и методама вибрационе спектроскопије које су осетљивије на мали садржај других фаза калцијум фосфата, што је битно с обзиром да и мали садржаји других фаза могу да утичу на процес синтеровања. ФЕSEM и ЕДС анализом је утврђено да КДХАп садржи благо издужене честице, дужине до 200 nm и ширине око 40 nm, док је однос Са/Р 1.63; узорак ХАп садржи сферне честице дијаметра око 60 nm и однос Са/Р 1.67. Одређена је расподела величина честица и одређена средња величина честица код оба праха, уочено је да су расподеле веома уске тј. прахови униформни, са $d_{0.1}$, $d_{0.5}$ и $d_{0.9}$ од 55, 84 и 150 nm код КДХАп-а и 35, 65 и 120 nm код ХАп-а. Утврђено је да оба праха имају специфичну површину од 58 m²/g, што треба да омогући њихову добру синтерабилност. На основу свих резултата приказаних у радовима **6**, **7**, **53** и **57** може се закључити да су развијене методе синтезе стехиометријског и нестехиометријског хидроксиапатита наноструктурних честица организованих у меке агломерате, велике специфичне површине, што их чини погодним за употребу у процесу синтеровања.

Проучавање услова синтеровања на фазни састав, микроструктуру (густину и средњу величину зрна) и механичке карактеристике керамичких материјала припремљених од прахова ХАп и КДХАп је такође предмет радова **6**, **7**, **53** и **57**; као и утврђивање оптималних услова синтеровања погодних за припремање наноструктурних керамичких материјала са таквим механичким карактеристикама и фазним саставом који омогућују примену ових керамика за репарацију великих коштаних дефеката, као и за припрему мета за ласерску аблацију. Прахови ХАп и КДХАп су униаксијално пресовани и синтеровани методама конвенционалног и тзв. двостепеног синтеровања у различитим експерименталним условима, у циљу проучавања утицаја параметара синтеровања на фазни састав, микроструктуру и механичке карактеристике припремљених калцијум фосфатних керамичких материјала. Као прво, синтеровање цилиндричних испресака је вршено конвенционалном методом (КМ), брзина загревања је била $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ до $1200\text{ }^\circ\text{C}$ а време изотермског синтеровања 1 h . Микроструктура узорка припремљених КМ је анализирана методом ФЕЕМ на полираним и термички нагризаним површинама. Уочена је скоро потпуно густа, неуниформна, микроструктура са средњом величином зрна око $1.4\text{ }\mu\text{m}$. Резултати су указали на убрзан и неконтролисан раст зрна, који се највероватније дешава у финалној фази синтеровања. Осим тога, на основу ФЕЕМ анализе уочено је постојање три различите микроструктуре које вероватно потичу од различитих калцијум фосфатних фаза. Да би се утврдио фазни састав урађена је XRD анализа припремљених узорка; утврђено је присуство три калцијум фосфатне фазе: хидроксиапатита, β -трикалцијум фосфата и α -трикалцијум фосфата, чији је однос процењен на 81.9, 2.1 и 16.0%, респективно. Фазни састав одређен на основу XRD анализе је у сагласности са предходно проученим термичким понашањем праха КДХАп-а на основу методе диференцијалне сканирајуће калориметрије. На основу механичких мерења утврђено је да конвенционално синтеровани узорци имају тврдоћу од 4.5 GPa док је ломна жилавост била $0.95\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$. Крива скупљања добијена током конвенционалног синтеровања употребљена је за одабир услова двостепеног синтеровања. Узорци су загревани брзином од $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ до T_1 ($1100\text{ }^\circ\text{C}$) и након задржавања од 1 до 30 min на T_1 хлађени до T_2 (1000 или $1050\text{ }^\circ\text{C}$), на T_2 узорци су изотермски синтеровани 20 сати. Брзина хлађења од T_1 до T_2 била је $50\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$. Утврђено је да су методом двостепеног синтеровања добијене густе керамике са нанометарским зрнима. Највећа густина, од $3.07\text{ g}/\text{cm}^3$, постигнута је при синтеровању у условима $T_1\text{ }1100\text{ }^\circ\text{C}$, време задржавања 30 min , $T_2\text{ }1050\text{ }^\circ\text{C}$, са временом изотермског синтеровања од 20 сати. Овај узорак имао је средњу величину зрна од 375 nm , а по фазном саставу био је бифазни калцијум фосфат (ХАп+ β -трикалцијум фосфат; одсуство α -трикалцијум фосфата је последица ниже температуре синтеровања) што представља повољност за биолошке карактеристике. Узорак припремљен методом ДСС имао је и побољшане механичке карактеристике, тврдоћу од 4.9 GPa и ломну жилавост од $1.11\text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$.

Посебан значај ових истраживања у области синтеровања хидроксиапатита је што је по први пут уочено и публиковано [6] да стехиометрија полазних прахова знатно утиче на синтерабилност и

фазни састав финалне керамике. При синтеровању узорка ХАп и КДХАп до 1200 °С брзинама загревања од 2, 10 и 20 °/мин уочено је следеће: при синтеровању узорка ХАп са повећањем брзине загревања долази до одлагања почетка синтеровања тј. померања криве синтеровања ка већим температурама, осим тога са повећањем брзине синтеровања смањује се густина финалне керамике - што представља типично понашање током синтеровања; осим тога, према фазном саставу све финалне керамике су чист ХАп. Међутим, веома интересантни резултати су добијени при синтеровању КДХАп-а: са повећањем брзине загревања долази до померања криве синтеровања ка нижим температурама, осим тога са повећањем брзине загревања повећава се густина финалне керамике - што представља необично понашање током синтеровања које до сада није забележено у литератури; осим тога, према фазном саставу са смањењем брзине загревања повећава се садржај фазе трикалцијум фосфата. овим истраживањима дошло се до веома значајног закључка да се оптимизацијом стехиометрије полазног праха хидроксиапатита и брзине загревања током синтеровања може креирати фазни састав финалног керамичког материјала.

С обзиром на активности у области синтезе и карактеризације калцијум фосфатних прахова који имају велику примену у репарацији коштаних дефеката, као и на основу велике употребе ХАп-а у максилофацијалној хирургији и за испуну дефеката у виличној кости насталих услед појаве циста или вађења зуба, један део истраживања С. Марковић посвећен је проучавању фазног састава, кристалне структуре и морфологије неорганског дела виличне кости [8,30,56] а затим и синтезом праха који ће по свим карактеристикама одговарати хуманој виличној кости и бити адекватан за њену репарацију [8]. Анализиран је биолошки хидроксиапатит (БХАп) из дела виличне кости 23-огодишњег пацијента, који је из медицинских разлога уклоњен. Пре анализе БХАп-а уклоњен је органски део (колаген) депротеинизацијом у етанолу и водоник пероксиду; након сушења узорак је издробљен и уситњен. Ритвелдовим утачавањем XRD података одређени су структурни и микроструктурни параметри као и фазни састав; утврђено је да је БХАп чист, монофазни хидроксиапатит, средње величине кристалита од 10 ± 1.6 nm, при чему су кристалити анизотропни тј. издужени у кристалографском правцу $[0\ 0\ 1]$, што је потврђено и додатном ТЕМ анализом. Термичко понашање и садржај карбоната у узорку БХАп одређени су методама ТГ/ДСК; утврђено је да је садржај карбоната око 1 мас.%, а да на температури око 790 °С долази до фазног прелаза од ХАп-а до β -трикалцијум фосфата. Методама вибрационе спектроскопије (раманска и инфрацрвена спектроскопија) одређен је тип карбонатног апатита и садржај карбонатних јона на положајима А и Б у кристалној структури ХАп-а; утврђено је да БХАп спада у АБ-тип карбонатног апатита са односом А:Б = 2:3. Након детаљне анализе кристалне структуре, фазног састава и типа карбонатног апатита, као и морфологије честица урађена је синтеза праха КХАп једноставном методом хемијске преципитације. Детаљном анализом XRD података утврђено је да је КХАп чист, монофазни хидроксиапатит, средње величине кристалита од 8 ± 1.3 nm, при чему су кристалити такође издужени у кристалографском правцу $[0\ 0\ 1]$ али у мањем степену него код БХАп-а, што је

потврђено и додатном ТЕМ анализом. Методама ТГ/ДСК утврђено је да је садржај карбоната око 1 мас.%, а да на температури око 790 °С долази до фазног прелаза од ХАп-а до β -трикалцијум фосфата, што у потпуности одговара предходно анализираном биолошком хидроксиапатиту. Методама раманске и инфрацрвене спектроскопије утврђено је да КХАп такође спада у АБ-тип карбонатног апатита са односом А:Б = 1:1. С обзиром да садржај карбоната у костима зависи од типа кости, година и здравственог стања пацијената, овом студијом је показано да се веома једноставном и јефтином методом могу креирати материјали који у потпуности симулирају хемијски састав и морфологију природног апатита и као такви могу као компатибилни користити за репарацију коштаных дефеката.

Радови **11**, **24**, **59** и **60** баве се проучавањем синтезе и карактеризације наноструктурних прахова хидроксиапатита у којима је део јона калцијума измењен јонима кобалта у садржају од 0 до 20 ат.%. Прахови чистог и кобалт-измењеног хидроксиапатита (ХАп и Со-ХАп) синтетисани су методом хидротермалног процесирања преципитата [**24,59**]. У првом сету експеримената прах хидроксиапатита је синтетисан при различитим температурама хидротермалног процесирања у циљу проучавања кинетике кристализације и оптимизације услова синтезе. Преципитат хидроксиапатита припреман је мешањем $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, H_3PO_4 и NH_4OH на 50 °С, при константном мешању од 700РПМ на магнетној мешалици. Добијена суспензија је третирана у *Parr* хидротермалном реактору у неравнотежним условима до 250 °С, брзина грејања била је 2 °/мин при константном мешању од 400РПМ. Вршено је узорковање на температурама од 100, 150, 200 и 250 °С а фазни састав синтетисаних материјала прелиминарно је испитиван методом раманске спектроскопије. Уочено је да на температурама мањим од 200 °С није дошло до потпуне кристализације хидроксиапатита док на температури већој од 200 °С долази до делимичне трансформације хидроксиапатита у β -трикалцијум фосфат. На основу ових истраживања, као температура идеална за хидротермално процесирање кристалних прахова Со-хидроксиапатита изабрано је 200 °С. У следећем сету експеримената количина реагенаса је подешена тако да кобалт замени калцијум са 5, 10 и 20 ат.%. Однос (Са + Со)/Р фиксиран је на 1.67 у циљу добијања стехиометријског хидроксиапатита. Методе XRD и раманске спектроскопије коришћене су за проучавање фазног састава и кристалне структуре; утврђено је да су сви синтетисани прахови чисте ХАп фазе без присуства нечистоћа или других калцијум фосфатних фаза. Утачавањем података добијених снимањем XRD-а утврђено је да повећање садржаја кобалта у структури ХАп условљава смањење параметара јединичне ћелије као и смањење средње величине кристалита [**11,60**]. Одређивањем расподеле величина честица утврђено је да су сви прахови нанометарски, средњег дијаметра испод 100 nm, са уском расподелом величина. Утицај садржаја кобалта на морфологију честица ХАп-а и формираних агломерата испитан је методом СЕМ. Уочено је да са повећањем садржаја кобалта долази и до повећања димензија агломерата од око 2 μm за ХАп до око 14 μm . Општи закључак је био да са повећањем садржаја кобалта у кристалној структури ХАп-а долази до смањења средње величине кристалита и средњег дијаметра честица, међутим долази по повећања

димензија агрегата - што је последица велике активности јона кобалта у раствору током синтезе. Такође је утврђено, да иако долази до повећања димензија агломерата, они су по својој природи "меки" и деловањем ултразвука мале снаге лако долази до њиховог разбијања у саставне наночестице.

Значај ових истраживања је вишеструк: (1) по први пут су публиковани резултати систематског проучавања промене симетрије, средње величине и морфологије кристалита, параметара јединичне ћелије, а на основу Ритвелдовог утачавања резултата XRD анализе серије синтетисаних Со-ХАп нанопрахова; (2) показано је да се једноставном методом, нискотемпературског хидротермалног процесирања, могу модификовати особине хидроксиапатита као што су параметри јединичне ћелије, кристаличност, морфологија и остале особине пожељне за одређену врсту апликације ових материјала. Посебан значај ових материјала је да се наночестице ХАп-а, с обзиром на магнетну природу јона кобалта, могу користити за магнетну резонанцу, третман хипертермијом, раздвајање ћелија или контролисану доставу лекова. Осим тога, Со-ХАп има примену у катализи за оксидативну хидрогенизацију алкохола или епоксидацију стирена, где каталитичка активност зависи од садржаја јона кобалта у кристалној структури ХАп-а.

У радовима **41**, **42** и **47** приказани су резултати синтезе хидроксиапатита са садржајем цирконијума од 0 до 20 ат.%. Цирконијум хидроксиапатит је синтетисан методама хидротермалног процесирања [41], хемијске преципитације [42] и механохемијски [47]. Урађена је анализа фазног састава на основу метода рендгенске дифракције на праху и инфрацрвене спектроскопије, морфологија синтетисаних прахова је испитана методом ФЕSEM а расподела величина честица методом ласерске дифракције. Уочено је да фазни састав тј. однос цирконијум-ХАп/ ZrO_2 значајно зависи од методе синтезе. Значај ових истраживања је у томе што је показано да се релативно једноставним методама могу произвести велике количине прахова цирконијум-ХАп-а са различитим садржајем јона цирконијума или композита цирконијум-ХАп/ ZrO_2 ; с обзиром на утицај садржаја Zr^{4+} на механичке карактеристике ХАп-а овим једноставним методама се простим варирањем садржаја Zr^{4+} у кристалној структури могу креирати материјали са жељеним механичким карактеристикама.

Истраживачка област (3) – синтеза и карактеризација прахова ZnO. Прахови ZnO синтетисани су методама механохемијског [16] и хидротермалног процесирања [45]. У раду 16 нанопрахови ZnO су синтетисани механохемијским процесирањем уз додатни термички третман. Полазна реакциона смеша цинк хлорида и оксалне киселине млевена је у високоенергетском планетарном млину од 30 мин до 4 сата а затим термички третирана на 450 °C у току 1 сата. Испитан је утицај присуства оксалне киселине као и времена млевења на кристалну структуру, средњу величину честица и морфологију припремљених ZnO нанопрахова. Квалитативна анализа прахова тј. фазни састав и потенцијално присутно нечистоћа испитани су методама рендгенске дифракције на праху и раманске спектроскопије. На основу XRD анализе закључено је да су синтетисани прахови вурцитне структуре са савршено уређеном кристалном симетријом и средњом

величином кристалита између 50 и 90 nm. Са друге стране, резултати раманске спектроскопије показали су различито уређење ZnO нанопрахова на тзв. средњем домету, као и да постоје дефекти у кристалној решети и нечистоће које зависе од времена млевења. Расподела величина честица одређена је методом ЛД и утврђено је да сви прахови, без обзира на време млевења, имају средњу величину честица око 65 nm. Морфологија прахова одређена је методом скенирајуће електронске микроскопије; утврђено је да морфологија честица ZnO као и њихова агломерација зависе од дужине процеса млевења без обзира на накнадни термички третман. Са повећањем времена млевења смањује се средња величина честица, њихов облик постаје геометријски уређенији (сферичнији) а агломерати постају "растреситији" тј. честице у оквиру агломерата су слабије повезане. Ово је објашњено на следећи начин: млевењем $ZnCl_2$ и $H_2C_2O_4 \cdot 2H_2O$ као прво долази до формирања нанокристалног прекурсора цинк оксалата који је делимично изолован у органској матрици. На овај начин спречава се агломерација честица током термичког третмана с обзиром да не може доћи до термичке декомпозиције органске матрице. Добијени резултати су показали да је овај двостепени метод механохемијско процесирање/термички третман погодан за синтезу кристалних ZnO нанопрахова, са униформним сферичним честицама дијаметра између 20 и 50 nm. Посебан значај овог рада је што је показано да дефекти решетке зависе од времена млевења и да се кристална структура не може уредити накнадним термичким третманом. Осим тога, показан је значајан ефекат воденог раствора оксалне киселине као пасивизирајућег агенса на први корак синтезе - млевење. Док су "сувим" млевењем синтетисани прахови ZnO средње величине честица од 50 до 90 nm, током "влажног" млевења средња величина честица је смањена на 15-50 nm а добијене честице су скоро идеалне сфере.

Рад 45 се бави хидротермалним процесирањем наночестица ZnO различите морфологије, као и испитивањем њихове антимикробне активности на бактеријске културе *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*. Испитан је утицај pH полазног реакционог система $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ и NaOH на морфологију честица ZnO синтетисаних нискотемпературским хидротермалним процесирањем у присуству ПВП-а. Уочено је да pH реакционе смеше значајно утиче на морфологију и величину честица ZnO; варирањем pH од 8 до 13 синтетисане су честице чија се морфологија мењала од неуређених микроштапића, уређених микроштапића са хексагоналним пирамидама на оба краја, преко субмикронских елипсоидних честица до наносфера. Фазни састав синтетисаних прахова одређен је методом XRD при чему је утврђено да су сви прахови, независно од pH, уређене вурцитне структуре без присуства нечистоћа; морфологија честица је анализирана методама ФЕЕМ и ТЕМ. У раду је такође испитано да ли морфологија честица цинк оксида утиче на биолошку активност. Мерена је антимикробна активност ZnO на бактеријске културе *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus*; уочен је велики утицај морфологије на антимикробну активност, где су наносферне честице показале највећу активност.

Истраживачка област (4) – одређивање расподеле величина честица методом дифракције ласерске светлости. У оквиру науке о материјалима, велики је интерес одредити

расподелу величина честица и/или природу постојећих агломерата тј. агрегата. На основу расподеле величина честица могуће је "вратити се корак уназад" и оптимизовати процес синтезе; осим тога, расподела величина честица утиче на карактеристике материјала, како наноструктурних прахова (оптичке, електричне, биолошке, синтерабилност прахова и друге карактеристике), тако и синтерованих керамика (микроструктурне карактеристике тј. густина и средња величина зрна, механичке, електричне, биолошке и друге) које се од тих прахова припремају.

У чланку **70** објашњене су теоријске основе и основни принципи рада инструмента за мерење расподеле величина честица на основу анализе дифрактоване ласерске светлости, Mastersizer 2000, Malvern Instruments Ltd., UK. На великом броју конкретних примера показано је да метода није рутинска, да се не своди на уношење узорка у уређај и притискање дугмета, већ да у великој мери зависи од начина припреме узорка за мерење као и од познавања основних физичко-хемијских карактеристика самог узорка (реактивност, растворљивост, фазни састав и оптичка својства). Показано је да када се једном утврде адекватни услови припреме узорка за анализу метода се може стандардизовати.

Посебан проблем се јавља приликом анализе дисперзије честица које су нестабилне или веома активне, нпр. полимерних честица. Током анализе таквих система, дешава се да после неколико тренутака долази до слепљивања честица и/или бубрења тако да се образују агломерати неправилног облика и димензија до три реда величине већих од примарних честица [**докторска дисертација Д. Стојановић, докторска дисертација С. Петрушић, 10, 17**]. Да би се превазишао овај проблем било је потребно наћи одговарајуће дисперзионо средство. Методом ласерске дифракције (ЛД) одређена је расподела величина честица SiO₂, немодификованих и модификованих са три различите методе (конвенционалном, СС гел и СС сол методом) [**10, 17**]. Требало је одредити оптималан дисперзант у коме ће се радити припрема узорка за мерење. Изабран је један од узорака (SiO₂ модификован СС сол методом) и, као прво, диспергован у најчешће коришћеном средству - етанолу. Добијена је средња величина честица од 704 nm, што није било у складу са претходно снимљеним СЕМ микрографијама, на основу којих је утврђено да су честице мање од 100 nm. У другом кораку, као дисперзионо средство коришћен је изопропанол а као $d_{0.5}$ добијена је вредност од 660 nm. Када је као дисперзант употребљен метанол средња величина честица била је 63 nm, што је било у складу са резултатима претходно урађених метода карактеризације. На основу добијених резултата утврђено је да је метанол оптималан дисперзант за узорке SiO₂ модификоване силанима, па су и остали узорци на исти начин припремани за анализу. Упоређивањем средњих величина честица добијених методом ласерске дифракције за узорке SiO₂ (немодификоване и модификоване), дисперговане у метанолу током припреме за мерење, и СЕМ микрографија може се рећи да су ЛД мерења вршена у оптималним условима [**10, 17**].

Познато је да материјали истог хемијског састава и кристалне структуре могу имати различите оптичке карактеристике које у великој мери зависе од морфологије. У којој мери је битан правилан одабир оптичких карактеристика материјала, апсорпције (А) и индекса рефракције (ИР),

приказано је у раду **70** на примеру расподеле величина честица хидроксиапатита синтетисаног методом преципитације. Из Малвернове базе података коришћени су индекси апсорпције и рефракције за ХАп: 0 и 1.500, респективно. С обзиром да је разлика између измерене и израчунате расподеле (Weighted Residual) велика, добијени резултати су софтверски обрађени за ИР 1.649 и А 0. Подаци за $d_{0.5}$ и даље нису били у сагласности са средњом величином честица одређеном на основу ФЕЕМ микрографија. Затим је расподела прерачуната за ИР 2.000 и А 0.1, а вредности добијене за $d_{0.5}$ од око 850 nm биле су у сагласности са резултатима ФЕЕМ анализе. Са друге стране, при одређивању расподеле величина честица ХАп-а синтетисаног хидротермалним процесирањем показало се да су оптимални оптички параметри коришћени су ИР 1.500 и А 0.

Проблем оптимизације оптичких параметара посебно је истакнут код прахова синтетисаних или активираних механохемијским процесирањем, односно код вишефазних система где треба ускладити оптичке карактеристике сваке од фаза са теоријски израчунатом кривом расподеле. У радовима **5** и **46** да би се снизила температура синтеровања кордијерита $2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 5\text{SiO}_2$ полазној смеши прахова додавано је 2.5 мас% V_2O_5 . Механичка активација смеше прахова вршена је 0, 7, 14, 28 и 56 мин. Расподела величина честица је коришћена да би се одредила промена $d_{0.5}$ у зависности од времена активације. У овом случају оптимизација оптичких параметара је представљала прави изазов с обзиром да се током млевења мењао како фазни састав тако и морфологија честица - самим тим свако мерење ЛД захтевало је адекватне оптичке карактеристике. Да би се одредиле оптималне вредности ИР и А коришћени су резултати фазног састава одређеног на основу рендгенске дифракције на праху. Резултати расподеле величина честица одређени методом ЛД били су у складу за резултатима СЕМ анализе. Сличан проблем одређивања оптичких параметара постојао је и при одређивању расподеле величина честица у систему $\text{BaCO}_3\text{-ZnO-TiO}_2$ где је смеша прахова активирана 0, 20, 40 и 80 минута [9], као и у претходном случају, током активације постојала је промена и фазног састава и морфологије, наравно и саме величине честица. Уз помоћ XRD методе одређен је фазни састав а помоћу њега и оптичке карактеристике које су коришћене при одређивању расподеле величине честица, а добијени резултати су у складу са резултатима СЕМ анализе. Следећи проблем било је одређивање расподеле величина честица код смеше MgO-TiO_2 која је активирана у високо енергетском планетарном млину током 0, 5, 10, 20, 40, 80 и 120 мин [22], као и код $\text{Ba}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{TiO}_3$ механохемијски синтетисаном у различитим временским интервалима у високо енергетском планетарном млину [43].

Посебан изазов је био одредити оптималне оптичке карактеристике композита у којима се ИР и А појединачних компонената веома разликују. То је био случај код кристалних једињења слојевите структуре, као што су V_2O_5 и LiFePO_4 , која су способна да формирају интеркалатна једињења са литијумом, а која се често користе као електродни материјали у литијум-јонским батеријама. Да би се повећала електронска проводљивост ових материјала њима се, током синтезе или пре nanoшења на електроду, додаје угљенични материјал тзв. carbon black. Расподела величина

честица, на овај начин припремљених композита, је битна за електрохемијске карактеристике, а посебна пажња је посвећена оптимизацији оптичких карактеристика [4, 23, 55].

III Цитираност

Према бази SCOPUS (15. 1. 2012.) радови др Смиље Марковић су цитирани 127 пута, без аутоцитата 87 пута. Списак цитираних радова кандидаткиње и списак публикација у којима се они наводе дати су у прилогу 3.

IV Руковођење пројектима, подпројектима и задацима

У оквиру пројекта који финансира Министарство за просвету и науку Републике Србије из области интегралних и интердисциплинарних истраживања: Ш45004 "Молекуларно дизајнирање наночестица контролисаних морфолошких и физичко-хемијских карактеристика и функционалних материјала на њиховој основи" (2011-2014, руководилац пројекта Проф. Др Драгољуб Ускоковић, научни саветник у Институту техничких наука Српске академије наука и уметности) др Смиља Марковић руководи подпројектом Наноструктурни синтеровани материјали побољшаних својстава и функционално градијентни материјали.

Др Смиља Марковић је одговорна за организовање рада, као и за сама мерења, на уређају за одређивање расподеле величине честица на основу дифракције ласерске светлости (Particle size analyzer, Mastersizer 2000, Malvern Instruments Ltd., UK). На овом уређају, који припада тзв. капиталној опреми, урађене су анализе сарадницима из великог броја НИО и Факултета у Србији. На основу изузетне сарадње која је на овај начин постигнута С. Марковић је коаутор на 7 публикација; од чега су четири објављене у врхунским међународним часописима (IF: 1.887, 1.887, 1.472, 2.986), један рад је објављен у водећем међународном часопису (IF: 1.471) и два у међународним часописима (IF: 0.403, 0.467).

Др Смиља Марковић је члан организационих одбора скупова које организује Институт техничких наука САНУ и Друштво за истраживање материјала.

V Магистарске тезе и докторске дисертације одбрањене у оквирима под IV

Усавршавање и научна свестраност С. Марковић довели су до даљег развоја научних кадрова, као и до успешне реализације научних истраживања у Србији. Кандидаткиња је веома посвећена научном раду са млађим сарадницима, где је њена улога у едукацији и директној помоћи при експерименталном раду и тумачењу резултата значајна. На основу те сарадње проистекло је 6 радова. Четири рада у врхунским часописима из области калцијум фосфатних прахова (IF: 2.120, 2.575, 2.467, 3.794), један рад из области синтезе и катрактизације прахова цинк оксида објављен је у истакнутом међународном часопису (IF: 1.859) и један чланак из области синтезе и

карактеризације кобалтом измењеног хидроксиапатита објављен је у међународном часопису (IF: 0.968).

У оквиру задатака у којима је кандидаткиња била ангажована (истраживачке области 2–4 предходно наведени под **II Научни рад**) урађене су две магистарске тезе и пет докторских дисертација.

О доприносу др Смиље Марковић у изради магистарских теза сведоче заједничке публикације као и захвалнице аутора.

Магистарске тезе:

1. **Зоран Стојановић**, Хидротермална синтеза наноструктурних оксидних прахова и њихова карактеризација, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, 2009. (**прилог 3** - Библиографија, 24, 41 и 52)
2. **Љиљана Веселиновић**, Рендгенска анализа наноструктурних прахова калцијум фосфата добијених новим поступцима синтезе, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, 2010. (**прилог 3** - Библиографија, 11, 56 и 60)

Др Смиља Марковић је допринела успешној реализацији пет докторских дисертација помажући ауторима код решавања различитих научноистраживачких проблема. У свим тим дисертацијама аутори су јој се захвалили, а такође постоје и заједничке публикације.

Докторске дисертације:

1. **Душица Стојановић**, Динамичко-механичка и термичка својства термопластичних композита ојачаних нано честицама силицијум диоксида, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, 2009. (**прилог 3** - Библиографија, 10 и 17)
2. **Горан Вуковић**, Синтеза, карактеризација и имплементација функционализованих угљеничних наноцеви, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, 2010.
3. **Ивана Стојковић**, Електрохемијска интеркалација јона литијума из водених раствора у електродне материјале на бази оксида ванадијума и мангана, Факултет за Физичку хемију, Универзитет у Београду, 2010. (**прилог 3** - Библиографија, 23 и 55)
4. **Стојанка Петрушић**, Мацро анд мицро формс оф тхермосенситиве хидрогелс интендед фор контроллед друг релесе апликационс, УНИВЕРСИТЕ ЛИЛЛЕ 1 - ССИЕНСЕС ЕТ ТЕСХНОЛОГИЕС, Ецоле доцторале Сциенцес Поур л'Ингэниеур Университэ Лилле Норд-де-Франце, Новембер 29, 2011.
5. **Бојан Јокић**, Проучавање процеса формирања порозних биокompatибилних материјала на бази недопираних и силицијумом допираних α -калцијум фосфата и хидроксиапатита, Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду, 2011.

У току је израда четири докторске дисертације у је којима др Смиља Марковић значајно ангажована или руководи. О значајном доприносу кандидаткиње при изради ових теза сведоче заједничке публикације:

1. **Мр Зоран Стојановић**, докторска теза пријављена на технолошко-металуршком факултету, Универзитет у Београду (**прилог 3** - Библиографија, 24, 41, 52, Патентна пријава П-72/11, 09. 02. 2011.)
2. **Мр Ана Станковић**, израда докторске тезе у току (**прилог 3** - Библиографија, 16 и 45)
3. **Мр Љиљана Веселиновић**, израда докторске тезе у току (**прилог 3** - Библиографија, 44, 50, 51, Патентна пријава П-72/11, 09. 02. 2011.)
4. **Миодраг Лукић**, дипл. физ.хем., уписан на докторске студије на Факултету за физичку хемију Универзитета у Београду школске 2009/10. год., израда докторске тезе у току (**прилог 3** - Библиографија, 6, 7, 8, 40, 42, 47, 51, 53, 57, као и Патентна пријава П-72/11, 09. 02. 2011.)

IV Учешће у међународној сарадњи

Учествовала је на међународном пројекту "Дизајнирање функционалних материјала на молекуларном и нано нивоу" тј. "Designing of Functional Materials on Molecular and Nano Level" у оквиру билатералне сарадње између Републике Србије и Републике Словеније у периоду 1. 1. 2008. - 31. 12. 2009.

И након истека званичног билатералног пројекта др Смиља Марковић је наставила веома успешну сарадњу са колегама из Института Јожеф Стефан (департман за напредне керамичке материјале, К9), Љубљана, Словенија. Из сарадње са колегама из ИЈС проистекле су значајне публикације у врхунским међународним часописима *Materials Letters* (2012), *Powder Technology* (2012), *Biomedical Materials* (2011), *Journal of the European Ceramic Society* (2011), *Journal of Applied Crystallography* (2010), као и рад у истакнутом међународном часопису *Journal of Materials Science* (2011).

У оквиру програма научне и технолошке сарадње између Републике Србије и Републике Словеније за период 1. 1. 2012. - 31. 1. 2013. предат је предлог пројекта билатералне сарадње са Институтом Јожеф Стефан, департманом за напредне керамичке материјале, под називом "Наноструктурно дизајнирање вишефункционалних и синтерованих функционалноградијентних електричних и биолошких материјала"; назив пројекта на енглеском језику је "Nanostructural Designing of Multifunctional and Sintered Electrical and Biological Functionally Graded Materials". Руководилац пројекта из Србије је др Смиља Марковић а из Словеније др Срећо Давор Шкапин. Евалуација предлога пројекта је још увек у току.

VII Мишљење и предлог комисије

Детаљна анализа изнетог указује на свестраност др Смиље. Марковић у научно-истраживачком раду као и способност да се укључи у решавање различитих проблема из области науке о материјалима. То потврђују пре свега научни радови објављени након избора у претходно звање: аутор је два поглавља у књигама водећег међународног значаја [1,2], 10 публикација је објављено у врхунским међународним часописима M_{21} (IF: 1.887; 1.887; 2.120; 2.575; 2.467; 1.472; 2.986; 3.794; 2.575; 2.090) [4-13], два у истакнутим међународним часописима M_{22} (IF: 1.859; 1.471) [16,17], четири у међународним часописима M_{23} (IF: 0.403; 0.467; 0.968; 0.968) [22-25], један рад је штампан у часопису националног значаја M_{52} (IF: 0.064) [70], и 24 саопштења на међународним конференцијама (од којих су два штампана у целини [30,31], а 22 у изводу [40-61]). Такође, С. Марковић је коаутор патентне пријаве на националном нивоу. На основу SCOPUS-а сви радови су до сада цитирани 127 пута, без аутоцитата 87 пута. Хиршов индекс кандидаткиње је 5.

Након избора у предходно звање др С. Марковић је први аутор на 30% публикација. Међутим, као што је предходно истакнуто, кандидаткиња је веома посвећена научном раду са млађим сарадницима, где је њена улога у едукацији и директној помоћи при експерименталном раду и тумачењу резултата значајна. На основу те сарадње проистекло је 6 радова. На 7 публикација С. Марковић је коаутор на основу детаљних анализа расподеле величина честица методом дифракције ласерске светлости. Њено усавршавање и научна свестраност довели су до даљег развоја научних кадрова, као и до успешне реализације научних истраживања у Србији и Словенији.

Табела постигнутих резултата

Ознака групе	Број радова	Вредност индикатора	Укупна вредност
M ₁₃	2	6	12
M ₁₄	1	4	4
M ₂₁	12	8	96
M ₂₂	6	5	30
M ₂₃	8	3	24
M ₃₃	10	1	10
M ₃₄	30	0.5	15
M ₅₂	1	1.5	1.5
M ₆₃	2	0.5	1
M ₆₄	19	0.2	3.8
M ₇₁	1	6	6
M ₇₂	1	3	3
Укупно			206.3

Табела постигнутих резултата након избора у звање научни сарадник (од 2008.)

Ознака групе	Број радова	Вредност индикатора	Укупна вредност
M ₁₃	2	6	12
M ₂₁	10	8	80
M ₂₂	2	5	10
M ₂₃	4	3	12
M ₃₃	2	1	2
M ₃₄	22	0.5	11
M ₅₂	1	1.5	1.5
Укупно			128.5

КРИТЕРИЈУМИ ЗА ИЗБОР У НАУЧНО ЗВАЊЕ ВИШИ НАУЧНИ САРАДНИК

потребан услов	остварено
Укупно: 48	Укупно: 128.5
$M_{10}+M_{20}+M_{31}+M_{32}+M_{33}+M_{41}+M_{42}+M_{51} \geq 40$	$M_{10}+M_{20}+M_{31}+M_{32}+M_{33}+M_{41}+M_{42}+M_{51} = 116$
$M_{11}+M_{12}+M_{21}+M_{22}+M_{23}+M_{24}+M_{31}+M_{32}+M_{41}+M_{42} \geq 28$	$M_{11}+M_{12}+M_{21}+M_{22}+M_{23}+M_{24}+M_{31}+M_{32}+M_{41}+M_{42} = 102$

На основу свега изложеног може се донети следећи

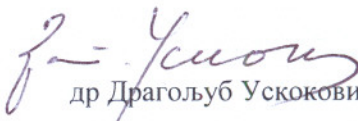
ЗАКЉУЧАК

На основу постигнутих научних резултата Др Смиља Марковић је недвосмислено доказала да је реномирани научник како у области функционално градијентних материјала тако и у области фундаменталне науке о материјалима, уз то, веома је посвећена раду са млађим сарадницима

У оквиру свог научно истраживачког рада а након избора у претходно звање *научни сарадник*, кандидат др Смиља Марковић је објавила 19 публикација, од тога: два поглавља у књигама водећег међународног значаја, 10 публикација је објављено у врхунским међународним часописима M_{21} (IF: 1.887; 1.887; 2.120; 2.575; 2.467; 1.472; 2.986; 3.794; 2.575; 2.090), два у истакнутим међународним часописима M_{22} (IF: 1.859; 1.471), четири у међународним часописима M_{23} (IF: 0.403; 0.467; 0.968; 0.968); један рад је штампан у часопису националног значаја M_{52} (IF: 0.064). Коаутор је 24 саопштења на међународним конференцијама (од којих су два штампана у целини а 22 у изводу).

Свеукупна анализа научног доприноса др Смиље Марковић, научног сарадника ИТН САНУ, по критеријумима који су прописани Законом о научно-истраживачкој делатности и Правилником о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача Министарства науке и технолошког развоја Републике Србије (Сл. Гласник РС бр. 38/2008), показује оправданост њеног избора у звање Виши научни сарадник. Из тих разлога комисија предлаже Научном већу Института техничких наука САНУ да утврди предлог да *др Смиља Марковић*, научни сарадник, буде изабрана у научно звање *виши научни сарадник*.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Драгољуб Ускоковић
научни саветник у пензији

Институт техничких наука САНУ, руководиоц пројекта III45004



др Никола Цвјетићанин

ванредни професор

Факултет за физичку хемију, Универзитет у Београду



др Чедомир Јовалекић

научни саветник

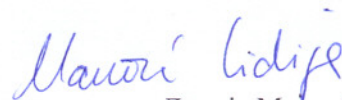
Институт за мултидисциплинарна истраживања



др Славко Ментус

редовни професор и дописни члан САНУ

Факултет за физичку хемију, Универзитета у Београду



др Лидија Манчић

виши научни сарадник

Институт техничких наука САНУ