

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ВЕЋУ ЗА СТУДИЈЕ ПРИ УНИВЕРЗИТЕТУ

РЕЗУЛТАТ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Студијски програм: Биофизика

Комисија у саставу

Проф. др Милош Мојовић

Проф. др Зоран Николић

Проф. др Марко Даковић

оформљена (датум) одлуком Већа за студије при Универзитету у Београду доставља реферат о оцени докторске дисертације

***„Дефинисање и евалуација модела за предикцију пацијентне дозе у
стоматолошкој интраоралној радиографији“***

кандидата

Зорана Миркова, магистра физичких наука, дипл. професора физике

ОСНОВНИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ И ДИСЕРТАЦИЈИ

Зоран Мирков је рођен 21.12.1972. у Ројтлингену, СР Немачка. Основну школу завршава у Београду, а од 1987. до 1991. године завршава IV Природно-математичку гимназију у Београду. 1992. године уписује Физички факултет на Универзитету у Београду, на смеру „Професор физике“. Физички факултет завршава 2000. године са просечном оценом 8,04 (осам и 4/100) и оценом 10 на дипломском раду „Артефакти магнетне супсесибилности приликом осликавања магнетном резонанцијом“ под менторством проф. др Горана Бачића и проф. др Ивана Аничина.

2001. године запослен је у Институту за медицину рада Србије „Др Драгомир Карајовић“ у Београду. А од 2010. године обавља функцију шефа Одељења за дозиметрију и функцију техничког руководиоца Лабораторије за Личну дозиметрију и контролу извора зрачења, у Центру за радиолошку заштиту Института.

2006. године уписује магистарске студије на Универзитету у Новом Саду, Асоцијација центара за интердисциплинарне и мултидисциплинарне студије и истраживања (АЦИМСИ) на смеру медицинска физика. Магистарске студије завршава 2016. године просечном оценом 9,22 (девет и 22/100) и оценом 10 након обране магистарског рада „Одређивање дозе за пацијенте у интраоралној стоматолошкој радиологији“, под менторством (проф. др Слободанка Станковић и проф. др Оливера Клисурић).

2019. године уписује здравствене специјалистичке студије из медицинске физике на Медицинском факултету у Београду. Студије завршава 2023. године одбраном специјалистичког рада „Контрола квалитета стоматолошких рендген-апарата“ под менторством проф. др Небојше Милошевића.

2020. године уписује докторске студије Биофизике при Универзитету у Београду. 2026. године пријављује докторску дисертацију „Дефинисање и евалуација модела за предикцију пацијентне дозе у стоматолошкој интраоралној радиографији“ која је написана на 108 (сто осам) страна и организована у 9 (девет) поглавља.

На крају, мр. Зоран Мирков је аутор неколико радова објављених у међународним часописима (први аутор), саопштења са међународних (једини аутор, први аутор и сарадник) и националних скупова (први аутор и сарадник) штампаних у целости. Поред ових, кандидат учествује у неколико саопштења са међународних (сарадник) и националних (први аутор, други аутор и сарадник) скупова штампаних као изводи.

ПРЕДМЕТ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предмет докторске дисертације је оптимизација заштите у медицинским експозицијама постављањем дијагностичких референтних нивоа (ДРЛ¹). Наиме, највећи број вештачких извора зрачења користи се у радиолошкој дијагностици, а у периоду од 2009. до 2018. године обављено је око 4,2 милијарде радиолошких прегледа у медицини, од тог броја 26% односи се на стоматолошку радиологију².

Доза зрачења коју примају пацијенти, током радиолошких процедура у стоматологији, зависи од 1) тренутног стања опреме, 2) простора у коме се опрема користи, 3) обучености особља и 4) учесталости коришћења. Познавање ових особина доприноси познавању дозе који пацијент прима и како исправно применити фундаменталне принципе заштите од зрачења.

Наведене особине познају се директним мерењем (овлашћене институције) или применом формула за израчунавање наведених особина. У случају конвенционалних дијагностичких рендген апарата, све формуле већ постоје и олакшавају оптимизацију особина. Међутим, у интраоралној радиографији не постоје формуле које олакшавају процену дозе које пацијент прима. Међутим, оптимизација процедуре у интраоралној радиографији постаје изводљива постављањем ДРЛ и проценом инцидентне Керме у ваздуху, тј. ефективне дозе.

У било којој грани дијагностичке радиографије, доза зрачења коју прими пацијент зависи од 1) улазне експозиције, 2) величине снопа зрачења и 3) осетљивости органа (или ткива) који се зрачи. Основни принцип оптимизације заштите у медицинским експозицијама спроводи се коришћењем ДРЛ. Он се показао као ефикасан алат који помаже у оптимизацији током дијагностичких и интервентних процедура. ДРЛ се не примењују на појединачне пацијенте, већ се користи у ситуацијама планиране изложености. Тада, у рутинским условима, се указује да ли су нивои дозе пацијента или примењене

¹ *Diagnostic Referent Level*

² *United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic – UNCEAR.*

активности из одређене процедуре снимања неуобичајено високи или ниски. Ако је то случај, потребно је урадити додатна испитивања, како би се утврдило да ли је заштита адекватно оптимизирана или су потребне корективне мере.

ЦИЉЕВИ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Дисертација има три циља који се односе на интраоралну радиографију, а они су:

- успостављање емпиријске формуле за израчунавање инцидентне Керме у ваздуху;
- успостављање вредности за национални ДРЛ код снимања горњих молара одраслих људи код различитих пријемника слике;
- одређивање ефективне дозе коришћењем коверзионих фактора (помоћу Monte Carlo симулације) и емпиријске формуле за инцидентну Керму у ваздуху;

ОСНОВНЕ ХИПОТЕЗЕ ОД КОЈИХ СЕ ПОЛАЗИЛО У ИСТРАЖИВАЊУ

Дисертација тестира следеће хипотеза:

- формулисање емпиријске формуле за израчунавање инцидентне Керме у ваздуху код 50 (педесет) итраоралних рендген апарата;
- предлагање националног ДРЛ у случају горњих молара одраслих људи у случају различитих пријемника слике;
- израчунавање конверзионих коефицијената за процену ефективне дозе током интраоралне радиографије;

КРАТАК ОПИС САДРЖАЈА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Прво поглавље дисертације приказује увод у област примене извора јонизујућих зрачења и радиолошке заштите. Објашњавају се појмови начела радиолошке заштите, као и везе основних принципа заштите од зрачења са заштитом здравља изложених радника и пацијената.

Друго поглавље дисертације описује дозиметрију зрачења у контексту заштите здравља, полазећи од биолошких ефеката зрачења, а са фокусом на дозиметријске величине у заштити од зрачења, методе пацијентне дозиметрије у интраоралној стоматолошкој радиологији, дозиметре, методе Monte Carlo симулације и дијагностичке референтне нивое.

Треће поглавље дисертације приказује циљеве докторске дисертације, надовезујући се на уводне напомене и најважнија запажања и достигнућа из области дозиметрије зрачења.

Четврто поглавље дисертације приказује хипотезе које су предмет даљих истраживања.

Пето поглавље дисертације садржи приказује и описује методе које се коришћене у истраживању. Поглавље се фокусира на методе коришћене за одређивање емпиријске формуле за израчунавање

инцидентне Керме у ваздуху, одређивање предложених вредности за дијагностичке референтне нивое у интраоралној денталној радиографији у Србији и Monte Carlo симулацију.

Шесто поглавље приказује резултате истраживања и подељено је на три дела. Први део приказује резултате одређивања емпиријске формуле за израчунавање инцидентне Керме у ваздуху. Други део приказује дијагностичке референтне нивое, док трећи део показује резултате Monte Carlo симулација. Сви резултати мерења приказани су табеларно и графички.

Седмо поглавље дисертације односи се на образложење и преглед најважнијих резултата, као и упоредну анализу добијених резултата са литературним подацима везаним за друга истраживањима из ове области (дозиметрија зрачења).

Осмо поглавље дисертације приказује закључке истраживања, указује на мултидисциплинарност истраживања, приказује потврђеност постављених хипотеза и анализира предуслове за примену резултата у пракси.

Девето поглавље дисертације даје преглед литературе која је цитирана у тексту.

ОСТВАРЕНИ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Резултати дисертације односе се на:

- развој и примену нових модела за предикцију пацијентне дозе у стоматолошкој интраоралној радиографији,
- побољшање тачности прорачуна доза за пацијенте и професионално изложена лица која су у близини пацијента током снимања,
- унапређен и олакшан прорачун заштитних баријера,
- демонстрацију предности коришћења дијагностичких референтних нивоа за интраоралну радиографију у односу на до сада коришћене вредности,
- применљивост резултата у рутинској пракси радиолошке заштите у стоматолошкој дијагностичкој радиологији
- развој нових модела који дефинишу, објашњавају и евалуирају моделе предикције пацијентних доза у стоматолошкој дијагностичкој радиологији.

Такође дисертација приказује новине у досадашњим сазнањима из области радиолошке заштите, медицинске физике, пацијентне дозиметрије и дијагностичке радиологије. Оне су:

- успостављање нових алата који унапређује постојећа знања у радиолошкој заштити у овој области,
- оптимизација примене интраоралних рендген уређаја у стоматолошкој дијагностичкој радиологији,
- унапређење заштите запослених и пацијената, засновано на израчунатим дијагностичким референтним нивоима за стоматолошку дијагностичку радиологију,

- успостављање емпиријске формуле која ће омогућити прорачун дозе професионално изложених особа које су у близини пацијента током снимања и олакшати прорачун заштитних баријера,
- успостављање конверзионих коефицијената, који се могу користити у прорачуну ефективних доза и ризика озрачења за пацијенте у овој области интраоралне радиологије.

ОБЈАВЉЕНИ И САОПШТЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Радови у међународном часопису (M20)

1. **Mirkov Z**, Rajković KM, Stanković JB, Faj D. The empirical formula for calculating the incident air Kerma in intraoral radiographic imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 2021; 50: 20210117. (M22)
2. **Zoran M. MIRKOV**, Nebojša T. MILOŠEVIĆ, Dario FAJ. Proposed Values for Diagnostic Reference Levels in intraoral dental radiography in Serbia. *Nuclear Technology & Radiation Protection: Year 2024, Vol. 39, No. 1, pp. 0-0* (M23)

Саопштење са међународног скупа штампано у целости (M33)

1. **Zoran Mirkov**, Jovana Nikolov, Olivera Ciraj-Bjelac, Stefan Rafajlović. PRELIMINARY TEST LEVEL OF DOSE FOR PATIENTS FOR VARIOUS TYPES OF IMAGE RECEIVER OF INTRAORAL DENTAL RADIOLOGY IN SERBIA. 11th SYMPOSIUM OF THE CROATIAN RADIATION PROTECTION ASSOCIATION with international participation Osijek, Croatia April 5-7, 2017. pp 134-139
2. **Zoran Mirkov**. QUALITY CONTROL IN DENTAL RADIOLOGY IN SERBIA: PRELIMINARY RESULTS. RAD Conference Proceedings, vol. 2, pp. 95–98, 2017
3. Rakić B, Pajić J, Marinković O, Jovičić D, Prokić V, **Mirkov Z**. Occupational exposure in nuclear medicine – a case study. Proceedings of the 8th Symposium of the Croatian Radiation Protection Association with international participation Krk, Croatia, April 13 – 15, 2011. 242- 246.

Саопштење са међународног скупа штампано у изводу (M34)

1. Đukić M., Mirković D., Vuković S., Popević M., Pajić J., **Mirkov Z.**, Petrović T., Babić M., Džamić M. Ionizujuće zračenje kao etiološki faktor u nastanku katarakte-prikaz slučaja. *Zbornik radova sa XII međunarodnog kongresa medicine rada*, 25-28.09.2013. Zlatibor 596-597. ISSN 1451-7841 UDK: 331.4:61

Саопштење са националног скупа штампано у целости (M63)

1. **Z. Mirkov**, O. Ciraj. Preliminarna ispitivanja nivoa doze za pacijente u intraoralnoj stomatološkoj radiologiji u Republici Srbiji, *Zbornik radova, XXVIII Simpozijum DZZ SCG 30.09-2.10.2015.* str. 301-306
2. **Z. Mirkov**. Ispitivanje karakteristika rendgen-aparata koji se koriste u veterinarskoj radiologiji u Srbiji, *Zbornik radova, XXVIII Simpozijum DZZ SCG 30.09-2.10.2015.* str. 344-347
3. Rakić B, Pajić J, Marinković O, Jovičić D, Prokić V, **Mirkov Z**. Occupational exposure by radionuclides – a case study. *Zbornik radova. XXVI Simpozijum za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore sa međunarodnim učešćem*, 12- 14.10.2011; Tara; 246 – 253. ISBN 978-86-7306-105-4

Саопштење са националног скупа штампано у изводу (M64)

1. **Mirkov Z**, Pajić J. Slučaj zabeležene povećane doze profesionalno izloženog lica: ručni intraoralni rendgen aparat. *Svet rada. Zbornik radova XIII kongresa medicine rada sa međunarodnim učešćem*. Zlatibor 13-16.09.2017. 4(14): 647-649. ISSN: 1451-7841
2. Đukić M, Mirković D, Vuković S, Popević M, Pajić J, **Mirkov Z**, Petrović T, Babić M, Džamić M. Ionizujuće zračenje kao etiološki faktor u nastanku katarakte-prikaz slučaja. *Svet rada. Zbornik radova XII kongresa medicine rada sa međunarodnim učešćem*. Zlatibor 25-28.09.2013. 4(10) 596-597 ISSN: 1451-7841
3. Vedrana Prokić, **Zoran Mirkov**, Vesna Arsić. Ispitivanje ličnog doznog ekvivalenta profesionalno izloženih lica jonizujućim zračenjima u toku 2012. Godine. *Svet rada. Zbornik radova XII kongresa medicine rada sa međunarodnim učešćem*. Zlatibor 25-28.09.2013. 4(10) 556-558 ISSN: 1451-7841

4. S. Vuković, M. Đukić, S. Borjanović, Z. Mirkov. Analiza morbiditeta radnika zaposlenih na eksploataciji sirove nafte. Svet rada. Zbornik radova XII kongresa medicine rada sa međunarodnim učešćem. Zlatibor 25-28.09.2013. 4(10) 584-585 ISSN: 1451-7841

ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Анализа докторске дисертације кандидата Зорана Миркова под насловом „Дефинисање и евалуација модела за предикцију пацијентне дозе у стоматолошкој интраоралној радиографији“ показује да је кандидат успешно остварио постављене циљеве истраживања примењујући методолошки усклађен, свеобухватан и научно утемељен приступ. Рад представља оригиналан и значајан допринос у области радиолошке заштите, са посебним нагласком на значају примене дијагностичких референтних нивоа у предикцији пацијентних доза у стоматолошкој дијагностичкој радиологији.

Кандидат је истраживање спровео детаљно, систематично, показујући висок ниво аналитичког мишљења, техничке прецизности и посвећености, чиме је унапредио постојећа знања у овој мултидисциплинарној области. Посебно се истиче одређивање емпиријске формуле за израчунавање инцидентне Керме у ваздуху и увођење дијагностичких референтних нивоа који предстрављају предност у односу на до сада коришћене методе предикције пацијентне дозе и дијагностичке референтне нивое.

Дисертација се одликује високим степеном мултидисциплинарности и методолошке зрелости. Кандидат је успешно интегрисао методе Monte Carlo симулације са методама одређивања емпиријске формуле за израчунавање инцидентне Керме у ваздуху и одређивања дијагностичких референтних нивоа и напредне статистичке технике и анализе, представљајући резултате на јасан, логичан, прегледан и научно кредибилан начин. Рад представља значајан допринос унапређењу постојеће рутинске праксе у радиолошкој заштити.

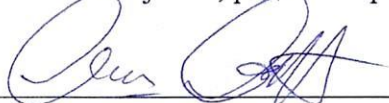
ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Комисија за оцену докторске дисертације констатује да је дисертација „Дефинисање и евалуација модела за предикцију пацијентне дозе у стоматолошкој интраоралној радиографији“ кандидата Зорана Миркова оригинално и самостално научно дело и да су се стекли услови за њену јавну одбрану.

Комисија стога предлаже Већу за студије при Универзитету у Београду да прихвати с позитивном оценом реферат о оцени докторске дисертације коју је урадио кандидат под менторством проф. др Небојше Милошевића и др сци мед Јелене Пајић.

У Београду

др Милош Мојовић, редовни професор, Факултет физичке хемије, Универзитет у Београду



др Зоран Николић, редовни професор, Физички факултет, Универзитет у Београду



др Марко Даковић, ванредни професор, Факултет физичке хемије, Универзитет у Београду



ОЦЕНА ИЗВЕШТАЈА О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма iThenticate којим је извршена провера оригиналности докторске дисертације „**Пацијентне дозе у ситомајолошкој интраоралној радиографији**“ аутора **Зорана Миркова** констатујемо да утврђено подударане текста износи **24%**.

Увидом у генерисани софтверски извештај (23.02.2026.) утврђено је да је подударност констатована у **96 извора**. Од овог броја **40 извора** били су **научни** и **стичућни чланци**, док су **56 извора** потицали са **интернета**. Од укупног броја преклапања само у **две референце** констатовано је преклапање **веће од 1%**, док је код **осталих** преклапање било **мање од 1%**. **Највећи број** преклапања (5%) потицало је из **референце** која је **коришћена у изради дисертације**. Друга **референца** (преклапање 4%) односила се на **математичку симулацију** пацијентних доза **Монше-Карло њехником**. Преклапање се односило на **начин извођења кода**, а **референца** приказује **прорачун дозе снопа зрачења протона**, док **дисертација** приказује **прорачун дозе снопа рендгенског зрачења**.

Подударности са изворима мање од 1% и последица су **коришћења општих фраза, навођења литературних извора података, приказ техника и експерименталних поступака**.

На основу свега изнетог, а у складу са Чланом 8, став 2, Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду, констатујемо да извештај **потврђује оригиналност** докторске дисертације кандидата **Зорана Миркова** под насловом „**Пацијентне дозе у интраоралној радиографији**“, те се прописани **поступак** припреме за **њену одбрану може наставити**.

У Београду, 16. 03. 2026.

Ментори:



Др Небојша Милошевић
редовни професор
Универзитет у Београду
Медицински факултет
Институт за биофизику



Др сци мед Јелена Пајић
научни сарадник
Универзитет у Београду
Медицински факултет
Институт за медицину рада Србије
„Др Драгомир Карајовић“