

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Датум и орган који је именовao комисију: 05.03.2015.године, <b>Сенат Универзитета у Новом Саду</b></li> <li>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>проф. др Наташа Годоровић</b>, доктор нуклеарне физике, нуклеарна физика, ванредни професор од 2010. године, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, председник</li> <li>2. <b>доц. др Борислава Петровић</b>, доктор медицинске физике, медицинска физика, доцент од 06.09.2011. године, Институт за онкологију Војводине, Сремска Каменица, ментор</li> <li>3. <b>проф. др Оливера Цирај Бјелац</b>, доктор физике, нуклеарна техника, ванредни професор од 03.07.2012. године, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, члан</li> <li>4. <b>проф. др Марко Ерак</b>, доктор медицинских наука, онкологија, редовни професор од 2009. године, Медицински факултет, Универзитет у Новом Саду, члан</li> <li>5. <b>проф. др Оливера Клисурић</b>, доктор медицинске физике, медицинска физика, ванредни професор од 17.01.2013. године, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, члан</li> </ol> </li> </ol>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Име, име једног родитеља, презиме: <b>Лаза Миле Рутоњски</b></li> <li>2. Датум рођења, општина, држава: <b>15.10.1976. године, Нови Сад, Србија</b></li> <li>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив <b>Природно- математички факултет, дипломирани физичар, дипломирани физичар</b></li> <li>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</li> <li>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</li> </ol>
<p><b>Универзитет у Новом Саду, АЦИМСИ- Асоцијација центара за интердисциплинарне и мултидисциплинарне студије и истраживања, “Утицај побољшаног динамичког клина на изодозну расподелу поља зрачења имплементација у клиничку праксу”</b>,</p>

медицинска физика, 09.03.2009.

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: **медицинска физика**

### **III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Осигурање квалитета у радиотерапији-верификација система за планирање и клиничка имплементација *in vivo* дозиметрије**

### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Докторска дисертација „**Осигурање квалитета у радиотерапији- верификација система за планирање и клиничка имплементација *in vivo* дозиметрије**“ написана је на 110 страна. Састоји се од три главе и садржи 12 табела и 63 слике. Рад се састоји од дванаест поглавља, и то: прва глава се састоји од четири поглавља, друга глава се састоји од пет поглавља, а трећа од три поглавља. Делови дисертације су: **Предговор, Увод, Прва глава- Дозиметријска верификација система за планирање радиотерапије - национални аудит, Друга глава-Клиничка имплементација *in vivo* дозиметрије, Трећа глава-QA/QC пацијента-*in vivo* дозиметрија у клиничкој пракси, Закључна разматрања, Референце** (117 литературних навода) и **Прилози**.

### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

У уводном делу (**Увод**) су изложени основни концепти осигурања квалитета у радиотерапији са посебним освртом на верификацију система за планирање као кључног дела у радиотерапијском процесу, као и увођење *in vivo* дозиметрије у клиничку праксу као ефикасног алата за осигурање и контролу квалитета читавог процеса. У овом поглављу дат је и литературни преглед актуелних препорука из области осигурања и контроле квалитета система за планирање, као и литературни преглед препорука за клиничку имплементацију *in vivo* дозиметрије.

У глави 1 (**Дозиметријска верификација система за планирање радиотерапије- национални аудит**) су прво дате теоријске основе из области осигурања и контроле квалитета у радиотерапији и наведени су највећи акциденти који су се догодили у радиотерапији у 21. веку из чега се може закључити да кључни део у процесу радиотерапије представља систем за планирање. Дат је критички преглед алгоритама за калкулацију дозе, као и осврт на независну калкулацију дозе. Након тога су представљени принципи и процедуре националног дозиметријског аудита који је спроведен у Србији. Испитана је тачност калкулације дозе код пацијената са локализацијом тумора у медијуму мале густине. На крају су дати резултати аудита из четири највећа радиотерапијска центра подељени према врсти алгорита који је примењен. У дискусији су процењени тестирани алгоритми и дате препоруке. На крају ове главе је дат закључак са проценом целокупног аудита и проценом коришћених алгоритама, као и препорукама за даље коришћење система за планирање. Такође, дате су препоруке код планирања пацијената који зраче карцином плућа.

У глави 2 (**Клиничка имплементација *in vivo* дозиметрије**) су на почетку дате теоријске основе за клиничку имплементацију *in vivo* дозиметрије. Описане су могућности и примена *in vivo* дозиметрије у радиотерапији, као и потенцијалне грешке и поступци који се морају предузети при евентуалном откривању грешке. Дат је детаљан опис иницијалних тестова као и одређивања калибрационих и корекционих фактора за шест диода на енергијама 6 MV и 15 MV на оба акцелератора на Институту за онкологију Војводине. Дефинисани су следећи корекциони фактори: корекциони фактор за величину поља,

корекциони фактор за SSD, корекциони фактор за клин, корекциони фактор за аксијални и трансверзални угао и корекциони фактор за температуру. Након тога су приказани резултати мерења за све коришћене диоде заједно са кратком дискусијом која се односи на приказане резултате и поређење резултата са доступним литературним подацима и подацима из спецификације. Поред тога, урађена је и верификација резултата *in vivo* дозиметрије помоћу CIRS фантома. На крају ове главе је дат закључак са посебним освртом на специфичности појединих корекционих фактора и проценом њихових доприноса коначном резултату мерења.

У глави 3 (**QA/QC пацијента-*in vivo* дозиметрија у клиничкој пракси**) су приказани резултати примене *in vivo* дозиметрије у клиничкој пракси на Институту за онкологију Војводине. Циљ овог истраживања је евалуација иницијалног нивоа толеранције/акције и процена тачности укупног радиотерапијског процеса на Институту за онкологију Војводине. Ради лакше евалуације пацијенти су подељени у групе у зависности од локализације тумора, коришћене имобилизације и технике зрачења. Након приказа општих карактеристика формираних група је дата статистичка анализа измерених резултата и поређење резултата са доступним литературним подацима. На основу резултата једногодишњег мерења су кориговани нивои толеранције/акције за различите групе пацијената. Такође, може се закључити да систематска *in vivo* дозиметрија повећава сигурност да су пацијенти озрачени са одговарајућом дозом и да је третман спроведен како је и преписано. Рутинско спровођење *in vivo* дозиметрије се показало као ефикасан алат у спровођењу QA и откривању случајних грешака које су промакле другим контролама.

Последњи део рада (**Закључна разматрања**) садржи најважније закључке из аудита који је спроведен у Србији и најважније препоруке које су последица спроведене верификације система за планирање. Верификација система за планирање је спроведена и на Институту за онкологију Војводине, те је заједно са имплементацијом *in vivo* дозиметрије омогућила спровођење контроле квалитета не само TPS-а као најважнијег дела радиотерапијског процеса, него и комплетног процеса од прескрипције дозе до испоруке дозе пацијенту. На тај начин је извршена процена тачности комплетног радиотерапијског процеса за различите локализације тумора и различите технике на Институту за онкологију Војводине.

Након тога је дат преглед коришћене литературе (**Референце**). **Прилози** који су дати на крају рада садрже образац за независну калкулацију дозе (Прилог 1) и образац за *in vivo* дозиметрију (Прилог 2).

#### **VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

1. Rutonjski L., Petrović B., Baucal M., Teodorović M., Čudić O., Gershkevitsh E. and Izewska J.: Dosimetric verification of radiotherapy treatment planning systems in Serbia: national audit. *Radiation Oncology* 2012, 7:155 [M22]
2. L. Rutonjski et al. Clinical implementation of *in vivo* dosimetry with n-type Isorad semiconductor diodes. *Nuclear technology & radiation protection* Vol. XXIX, No. 4 (December 2014) [M22-IF2012]
3. Petrović B., Rutonjski L., Baucal M., Teodorovic M., Gershkevitsh E.: Verification of newly upgraded radiation therapy treatment planning system XIO CMS at the Institute of oncology Vojvodina, International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry, Vienna 2010, E2-CN-182, paper No 011 [M33]
4. Petrović B., Rutonjski L., Gershkevitsh E., Baucal M., Teodorovic M., Cudic O., Basaric B., Smiljanic Lj.: Implementation of an advanced treatment planning algorithm in the

- treatment of lung cancer, Radiother Oncol 106, Suppl 2, (S456), 2nd ESTRO Forum, Geneva, Switzerland, 19-23 April 2013 B. Petrovic, L. Rutonjski, E. Gershkevitsh, M. Baucal, M.Teodorovic, O. Cudic, B. Basaric, L.J. Smiljanic, , Radiotherapy and Oncology, 2013, Vol. 106, No Suppl 2 [M34]
5. Rutonjski L., Petrović B., Baucal M., Teodorović M., Čudić O., Gershkevitsh E.: Dosimetric verification of TPS, in vivo dosimetry and its clinical implementation. 2nd ESTRO Forum, Geneva, Switzerland, 19-23 April 2013, Radiotherapy and Oncology, 2013, Vol. 106, No 2 [M34]
  6. Petrović B., Rutonjski L., Gershkevitsh E., Baucal M., Teodorovic M., Cudic O., Basaric B.: Impact of CT to ED conversion curves of the same brand of CTs to treatment planning, 6th Alpe-Adria Medical Physics Meeting, Budapest, 29-31.05.2014. [M34]
  7. Rutonjski L., Petrović B., Baucal M., Teodorovic M., Čudić O., Basarić B.: In vivo dosimetry as a part of quality assurance program for breast cancer irradiation, "8th ECMP European Conference on Medical Physics", 11. - 13.09.2014. Athens,Greece, Physica Medica, 2014, Vol. 30, No 1 [M34]
  8. Petrović B., Rutonjski L., Baucal M., Teodorovic M., Cudic O., Basarić B.: Computation of radiotherapy treatment plans, based on CT to ED conversion curves, International Conference on Biophysics and Medical Physics Computing , Paris, France, August, 2014.International Science Index vol 8, No 8, p.1610 [M34]

## **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

У складу са циљевима ове докторске дисертације је извршена верификација система за планирање у већим радиотерапијским центрима у Србији, као и клиничка имплементација *in vivo* дозиметрије на Институту за онкологију Војводине. Након урађене верификације система за планирање су изведени следећи закључци: алгоритми типа 1 и 2 нису погодни за калкулацију дозе у материјалима мањих релативних електронских густина, док су алгоритми типа 3 показали добре резултате за све тест случајеве. На основу добијених резултата је препоручено да се при калкулацији дозе у систему за планирање пређе на алгоритме типа 3 у свим болницама где је то могуће. Такође, на основу резултата аудита су препоручене енергије за зрачење тумора плућа прешле са виших на ниже енергије за већину случајева зрачења торакса у болницама које су учествовале у аудиту. На тај начин је осигурање контроле квалитета у радиотерапији у Србији подигнуто на виши ниво и омогућено је безбедније и оптималније коришћење система за планирање.

Након одређивања калибрационих и корекционих фактора за шест диода и једногодишње примене *in vivo* дозиметрије у свакодневној клиничкој пракси су изведени следећи закључци: да систематска *in vivo* дозиметрија повећава сигурност да су пацијенти озрачени са одговарајућом дозом и да је третман спроведен како је и преписано. Рутинско спровођење *in vivo* дозиметрије се показало као ефикасан алат у спровођењу QA и откривању случајних грешака које су промакле другим контролама. Такође, ова врста дозиметрије је веома корисна за откривање озбиљних систематских грешака који могу утицати на исправност третмана пацијента. Откривено је неколико озбиљних случајних грешака које су указале на које делове QA процеса треба обратити повећану пажњу. Такође, одређени су нивои толеранције/акције различити од иницијалног за сваку групу пацијената у зависности од имобилизације пацијента за зрачење, технике зрачења, као и у технике мерења дозе помоћу *in vivo* дозиметрије. У будућности се ова врста дозиметрије може подићи на виши ниво имплементацијом EPID *in vivo* дозиметрије.

## **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Увидом у докторску дисертацију и објављене радове кандидата сматрамо да је кандидат показао довољан степен самосталности, креативности, техничке оспособљености за истраживачки рад, критичности, осећаја за значај добијених резултата и способности да искористи до сада публиковане резултате. Дисертација је стилски и методолошки коректно написана а резултати представљени на одговарајући начин.

## **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

У складу са пријавом докторске дисертације од 11.03.2013. године и сагласношћу која је дата на Извештај о подобности теме, кандидата и ментора од стране Сената Универзитета на седници одржаној 22.01.2015. године, кандидату је одобрена израда докторске дисертације. У датом образложењу тезе, циљеви предложене дисертације били су:

- верификација система за планирање у већим радиотерапијским центрима у Србији, као и препоруке за даље коришћење система за планирање;
- клиничка имплементација *in vivo* дозиметрије на Институту за онкологију Војводине;
- повећавање сигурности да су пацијенти озрачени са одговарајућом дозом и да је третман спроведен како је и преписано, као и одређивање различитих нивоа толеранције/акције за различите групе пацијената;
- процена тачности комплетног радиотерапијског процеса за различите локализације тумора и различите технике на Институту за онкологију Војводине.

Увидом у резултате докторске дисертације „**Осигурање квалитета у радиотерапији-верификација система за планирање и клиничка имплементација *in vivo* дозиметрије**“, сматрамо да су наведени циљеви у потпуности испуњени.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Увидом у структуру докторске дисертације, сматрамо да она садржи све методолошки битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

С обзиром да је систем за планирање радиотерапије најзначајнија карика у радиотерапијском ланцу, тј. место настанка озбиљних систематских грешака, верификација система за планирање терапије у већим радиотерапијским центрима у Србији представља веома значајан напредак у осигуравању квалитета у радиотерапији и обезбеђивању безбедне радиотерапије и оптималног коришћења система за планирање у Србији. У другом делу докторске дисертације је извршена клиничка имплементација *in vivo* дозиметрије и по први пут код нас су уведена у клиничку праксу систематска мерења дозе коју пацијент заиста прима и на тај начин је извршена процена тачности комплетног радиотерапијског процеса за различите локализације тумора и различите технике на Институту за онкологију Војводине.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана

---

Проф. др Наташа Тодоровић, председник

---

др Борислава Петровић, члан, ментор

---

Проф. др Оливера Цирај-Бјелац, члан

---

Проф. др Марко Ерак, члан

---

Проф. др Оливера Клисурић, члан