



ЗБОРНИК РАДОВА



XXX СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

2. - 4. октобар 2019. године
Хотел “Дивчибаре”, Дивчибаре, Србија

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



ЗБОРНИК РАДОВА

**XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Дивчибаре
2- 4. октобар 2019. године**

**Београд
2019. године**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXX SYMPOSIUM RPSSM
Divčibare
2nd - 4th October 2019**

**Belgrade
2019**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
2-4.10.2019.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Проф. др Снежана Пајовић, научни саветник
в.д. директора Института за нуклеарне науке Винча

Уредници:

Др Михајло Јовић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-154-2

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Михајло Јовић, Гордана Пантелић

Електронско издање:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2019.

PROVERA APSORBOVANIH DOZA U VODI U RADIOTERAPIJSKIM USTANOVAMA SRBIJE OD 2017. DO 2019. GODINE

Nikola KRŽANOVIĆ^{1,2}, Miloš ŽIVANOVIĆ²,
Predrag BOŽOVIĆ^{1,2} i Srboljub STANKOVIĆ²

1) Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija,

krzanovic@vinca.rs, bozovic@vinca.rs

2) Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, Srbija,

milosz@vinca.rs, srbas@vinca.rs

SADRŽAJ

Kontrola kvaliteta u radioterapiji je od velike važnosti za poboljšanje preciznosti i pouzdanosti radioterapijskih procedura. Minimizacija negativnih posledica po pacijente se postiže smanjenjem verovatnoće pojavljivanja slučajnih i sistematskih grešaka identifikovanjem problema u postojećim standardnim procedurama u bolnicama. Značajna metoda kontrole kvaliteta rada radioterapijskih centara jeste program poštanske termoluminiscentne dozimetrije, zajednički organizovan od strane Međunarodne agencije za atomsku energiju i Svetske zdravstvene organizacije, a u kojem učestvuje oko 1700 bolnica širom sveta. Radioterapijski centri u Srbiji takođe učestvuju u ovom programu. Program poređenja apsorbovanih doza u vodi u radioterapijskim centrima u Srbiji je sproveden i tokom 2017, 2018. i 2019. godine. U tom periodu, broj obuhvaćenih centara je porastao sa šest na osam. Radiofotoluminiscentni dozimetri su ozračivani u visokoenergetskim poljima X-fotona generisanim pomoću linearnih akceleratora.

1. Uvod

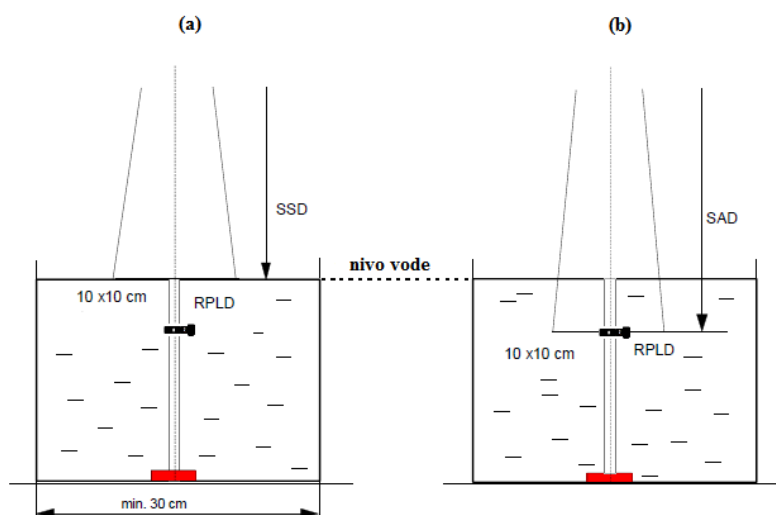
Radioterapijske provere doza zasnovane na upotrebi poštanske termoluminiscentne dozimetrije (TLD), organizovani od strane Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i Svetske zdravstvene organizacije (WHO) se sprovode još od 1969. godine. Najpre su se TL dozimetri koristili za interkomparacije u poljima radioterapijskih Co-60, da bi se 1991. godine u IAEA/WHO TLD program uključili i kvaliteti zračenja fotona visokih energija proizvedenih u akceleratorima dostupnim u bolnicama. Pored kontrole kvaliteta radioterapijskih procedura u bolnicama, IAEA/WHO sprovodi i program poštanske dozimetrije namenjen dozimetrijskim laboratorijama sa sekundarnim etalonima (eng. *Secondary Standard Dosimetry Laboratory, SSDL*) u radioterapiji [1]. Učešće u programu poštanske dozimetrije je dobrovoljno, pri čemu se ponovna kontrola vrši u periodu od dve godine.

2. Materijali i metode

Termoluminiscentni (TL) dozimetri se poštom distribuiraju do učesnika programa (radioterapijski centri), gde se ozračuju u poljima visokoenergetskih fotona radionuklida

Co-60 ili megavoltažnih snopova X-zračenja linearnih akceleratora. Nakon ozračivanja se informacija o apsorbovanoj dozi dobija u dozimetrijskoj laboratoriji Međunarodne agencije za atomsku energiju, gde se TLD očitavaju. Apsorbovana doza se proračunava u odeljenju za dozimetriju i medicinsku fiziku pri IAEA, nakon čega se ova referentna vrednost upoređuje sa vrednošću apsorbovane doze kojom je ozračen TLD isporučen iz određenog radioterapijskog centra. TL dozimetri su u obliku cilindra prečnika 0,5 cm i visine 2,5 cm. U okviru kontrole kvaliteta sprovedene u radioterapijskim centrima tokom 2016. godine su korišćeni isključivo TL dozimetri [2]. U periodu od 2017. do 2019. godine su TL dozimetri zamenjeni pasivnim dozimetrima baziranim na efektu radiofotoluminiscencije (RPL). Za razliku od TL dozimetara RPL dozimetri nemaju simetričnu zapreminu, pri čemu je centar aktivne zapremine obeležen na površini dozimetara. Stakleni cilindri RPL dozimetara se čuvaju u nosećim kapsulama, jer je aktivna zapremina ovih dozimetara izuzetno osetljiva na spoljne uslove (povećana vlažnost vazduha, temperatura, Sunčevo elektromagnetno zračenje). Budući da se dozimetri u IAEA/WHO programu koriste za merenje vrednosti apsorbovane doze u vodi, kapsule sa dozimetrima su vodootporne [3].

RPL dozimetri su ozračivani na dubini od 10 cm u vodenom fantomu. Rastojanje između izvora zračenja i površine vode (SSD, eng. *source to surface distance*) ili rastojanje između izvora zračenja i centralne ose dozimetra (SAD, eng. *source to axis distance*) je vrednosti koje se koriste prilikom regularnih radioterapijskih procedura ozračivanja pacijenata. Na rastojanju SSD ili SAD, u zavisnosti od procedure koja se koristi u određenom radioterapijskom centru, dimenzije polja zračenja su $10 \times 10 \text{ cm}^2$ [4-6]. Na slici 1 su prikazane geometrijske eksperimentalne postavke za ozračivanje RPL dozimetara u vodenom fantomu. Referentna vrednost apsorbovane doze u vodi kojom je neophodno ozračiti dozimetre je 2 Gy. U dozimetrijskoj laboratoriji IAEA je kontrolna grupa dozimetara ozračena u referentnom polju radionuklida Co-60 istom vrednošću apsorbovane doze, dok radioterapijski centri prilikom ozračivanja u poljima fotona megavoltažnih radnih napona X-cevi proračunavaju apsorbovanu dozu primenom korekcionih faktora za kvalitet snopa zračenja [5].



Slika 1. Eksperimentalna postavka procedure ozračivanja RPL dozimetara u vodenom fantomu sa (a) rastojanjem izvor zračenja – površina vode u fantomu; (b) rastojanjem izvor zračenja – centralna osa cilindričnog dozimetra. Dimenzije polja na rastojanju SSD/SAD su $10 \times 10 \text{ cm}^2$.

Tabela 1. Spisak radioterapijskih centara koji su učestvovali u IAEA/WHO programu od 2017. do 2019. godine.

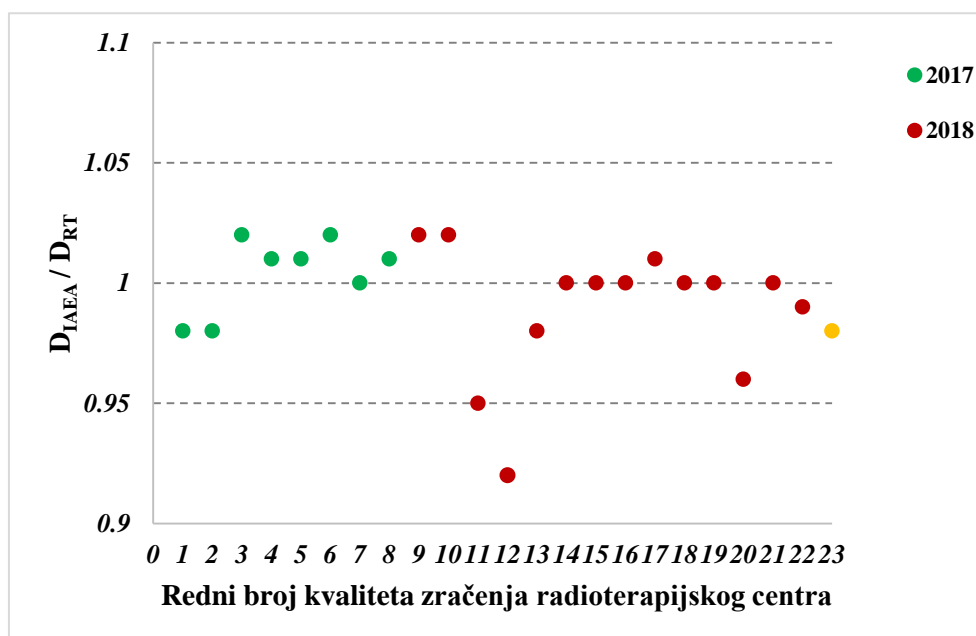
Radioterapijski centar	Generator visokoenergetskog snopa zračenja	Snop zračenja akceleratora	Godina učešća
Klinički centar Kragujevac	Elekta Synergy Platform Elekta Synergy Platform Elekta Precise	6 MV 10 MV 18 MV	2017
	Elekta Precise Elekta Precise Elekta Synergy	6 MV 10 MV 10 MV	2018
	Varian Clinac iX Varian Clinac iX Elekta Synergy Platform	6 MV 15 MV 6 MV	2019
Institut za onkologiju Vojvodine	Elekta Versa HD Elekta Versa HD Elekta Versa HD	6 MV 10 MV 15 MV	2017
	Varian Clinac 600	6 MV	2018
	Elekta Versa HD Elekta Versa HD Elekta Versa HD	6 MV 10 MV 15 MV	2019
Klinički centar Niš - klinika za onkologiju	Elekta Synergy Platform Elekta Synergy Platform Siemens Oncor Impression	6 MV 10 MV 15 MV	2018
	Varian Clinac iX Varian Clinac iX	6 MV 16 MV	2019
Zdravstveni centar Kladovo	Varian Clinac 600 C	6 MV	2018
	Varian Clinac iX Varian Clinac iX	6 MV 16 MV	2019
Vojnomedicinska akademija	Elekta Synergy Platform Elekta Synergy Platform Elekta Synergy Platform	4 MV 10 MV 18 MV	2018
Institut za onkologiju i radiologiju Srbije	Elekta Synergy Platform Elekta Synergy Platform	6 MV 15 MV	2017
	Elekta Synergy Platform Elekta Synergy Platform	6 MV 10 MV	2018
	Varian True Beam 2.5 Varian True Beam 2.5 Varian True Beam 2.5	6 MV 10 MV 15 MV	2019
Institut za plućne bolesti Vojvodine	Elekta Versa HD Elekta Versa HD Elekta Versa HD	6 MV 10 MV 15 MV	2019
Klinički centar Srbije	Varian Edge Varian Edge	6 MV 10 MV	2019

U okviru programa sprovedenog u periodu od 2017. do 2019. godine su u radioterapijskim centrima korišćena isključivo polja visokoenergetskog X-zračenja. U tabeli 1 je prikazan spisak radioterapijskih centara koji su učestvovali u IAEA/WHO programu poštanske dozimetrije u periodu od 2017. do 2019. godine.

3. Rezultati i diskusija

Nakon ozračivanja dozimetara u određenom radioterapijskom centru i očitavanja dozimetara u dozimetrijskoj laboratoriji IAEA, vrednost koju je prijavio radioterapijski centar se poredi sa referentnom vrednošću iz IAEA. Kriterijum kontrole kvaliteta jeste odstupanje od 5% od referentne vrednosti. Ako prijavljene vrednosti apsorbovane doze određenog radioterapijskog centra pokazuju manje odstupanje od 5%, preporučuje se učešće na narednoj interkomparaciji (periodično nakon dve godine) radi kontinualne kontrole kvaliteta radioterapijskih procedura. Ukoliko je neka od prijavljenih vrednosti apsorbovane doze veća od granice odstupanja od 5%, radioterapijskom centru sa ovom vrednošću se ubrzo nakon proračuna isporučuje nova grupa dozimetara radi ponavljanja procedure. Kada ni druga grupa dozimetara ozračenih u radioterapijskom centru ne pokazuje zadovoljavajuće rezultate, neophodno je uzrok odstupanja otkloniti ekspertskom posetom, uz preporuku učešća te radioterapijske ustanove u programu poštanske dozimetrije nakon jedne godine. Najčešći uzroci odstupanja van zadatih granica jesu greške nastale usled nestabilnosti generatora zračenja i/ili usled nedovoljnog poznavanja i razumevanja radioterapijske procedure [7].

Na slici 2 su prikazani rezultati kontrole kvaliteta radioterapijskih procedura putem eksterne provere (eng. *audit*) poštanskom dozimetrijom sa pasivnim radiofotoluminiscentnim dozimetrima (RPLD), pri čemu je redosled radioterapijskih centara slučajan.



Slika 2. Rezultati IAEA/WHO kontrole kvaliteta eksternom proverom putem poštanske dozimetrije 2017. i 2018. godine. Prikazan redosled radioterapijskih centara je slučajan, pri čemu je vrednost označena sa 2018* rezultat ponovljene provere.

Rezultati su predstavljeni u vidu odnosa referentne vrednosti apsorbovane doze u vodi očitane u dozimetrijskoj laboratoriji IAEA nakon ozračivanja u radioterapijskom centru (D_{IAEA}) i prijavljene vrednosti apsorbovane doze u vodi od strane radioterapijskog centra (D_{RT}). Rezultati eksterne provere poštanskom dozimetrijom iz 2017. godine se svi nalaze u okviru zadatih granica odstupanja od 5%, dok se jedan kvalitet zračenja u jednom radioterapijskom centru tokom 2018. godine našao van zadatih granica, sa vrednošću od 0,92. Prema proceduri eksterne provere novi RPL dozimetri su isporučeni radioterapijskom centru, i nakon ponovljene procedure ozračivanja se rezultat našao u propisanim granicama, sa vrednošću od 0,98. Uzrok nezadovoljavajućeg rezultata radioterapijskog centra u 2018. godini je bio kvar na uređaju, no rezultat ponovljenog ozračivanja je bio u propisanim granicama. Prema tome ekspertska poseta nije bila neophodna.

Rezultati provere doza u radioterapijskim centrima za 2019. godinu još uvek nisu dostupni.

4. Zaključak

Kontrola kvaliteta putem eksterne provere poštanskom TL/RPL dozimetrijom je jedna od značajnih mera neophodnih za uspostavljanje i održavanje kvaliteta sprovođenja radioterapijskih procedura u bolnicama. Cilj ove metode jeste minimizacija verovatnoće pojave grešaka prilikom radioterapijskih tretiranja pacijenata, što je veoma važno, zbog primena velikih jačina doze prilikom korišćenja visokoenergetskih kvaliteta polja zračenja. U 2019. godini je broj radioterapijskih centara u Srbiji koji učestvuju u ovom programu porastao sa šest na osam.

5. Literatura

- [1] <http://www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/tld.html>, pristupljeno 19.05.2019.
- [2] Đ. Lazarević, M. Živanović, N. Kržanović. Provera apsorbovanih doza u vodi u radioterapijskim ustanovama Srbije u 2016. godini. *Zbornik radova XXIX simpozijuma DZZ SCG*, 2017, 302-306.
- [3] J. Izewska. Introducing a new RPLD system for dosimetry audits in radiotherapy. IAEA, Vienna, 2016.
- [4] IAEA, Comprehensive audits of radiotherapy practices: a tool for quality improvement. IAEA, Vienna, 2007.
- [5] IAEA, *Absorbed dose determination in external beam radiotherapy*. An international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water. Technical reports series No. 398. IAEA, Vienna, 2000.
- [6] IAEA, *Absorbed dose determination in photon and electron beams*. An international code of practice. Technical Reports Series No. 277. IAEA, Vienna, 1987.
- [7] J. Izewska, P. Bera, S. Vanitsky. IAEA/WHO postal dose audit service and high precision measurements for radiotherapy level dosimetry. *Radiat. Prot. Dosim.* 101(1-4), 2002, 387–392.

**DOSIMETRY AUDIT IN RADIOTHERAPY CENTERS IN SERBIA
IN PERIOD FROM 2017 TO 2019**

**Nikola KRŽANOVIĆ^{1,2}, Miloš ŽIVANOVIĆ², Predrag BOŽOVIĆ^{1,2}
and Srboj Stanković²**

- 1) *University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Belgrade, Serbia,
krzanovic@vinca.rs, bozovic@vinca.rs*
- 2) *University of Belgrade, Institute of Nuclear Sciences Vinča, Belgrade, Serbia,
milosz@vinca.rs, srbas@vinca.rs*

ABSTRACT

Quality control in radiotherapy is of great importance in order to improve accuracy and reliability of radiotherapy procedures in hospitals. Minimization of the possible negative consequences of these procedures is achieved by reducing the probability of any random or systematic errors appearing, by determining the existing problems in the standard hospital procedures. One of the important methods for the radiotherapy facilities quality control is the postal thermoluminescent dosimetry programme, co-organized by International Atomic Energy Agency and the World Health Organization, in which approximately 1700 hospitals throughout the world are participating. Radiotherapy centers in Serbia also participate in this programme, which has been executed during 2017, 2018 and 2019. During this period the number of participating radiotherapy centers in Serbia has increased from six to eight. Radiophotoluminescent dosimeters have been irradiated in the high-energy X-ray fields generated by using linear accelerators.