

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



ЗБОРНИК РАДОВА

**XXVIII СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Вршац
30. септембар - 2. октобар 2015. године**

**Београд
2015. године**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXVIII СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
30.09-2.10.2015.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“

Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредник:

Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-135-1

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада: Гордана Пантелић, Јелена Станковић

Припрема завршена септембра 2015.

XXVIII СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА
ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ
Вршац, од 30.09. до 2.10.2015. године

Организатори:

ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

ИНСТИТУТ ЗА НУКЛЕАРНЕ НАУКЕ „ВИНЧА“

Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине „Заштита“

Организациони одбор:

Председник: Гордана Пантелић

Чланови:

Маја Еремић Савковић
Софија Форкапић
Вера Спасојевић-Тишма
Иван Кнежевић
Јелена Пајић
Данијела Аранђић
Сандра Ђеклић
Милица Рајачић
Предраг Божовић
Милош Живановић

Редакциони одбор:

Оливера Цирај-Бјелац
Драгана Тодоровић
Марко Нинковић
Иштван Бикит
Драгослав Никезић
Невенка Антовић
Душан Мрђа
Миоаг Крмар
Ивана Вуканац
Мирјана Ђурашевић
Марија Јанковић
Владимир Удовичић
Горана Ристић

Организацију су помогли:

Министарстви просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине

Излагачи:

Canberra Packard Central Europe GmbH.

ION d.o.o.
Bulevar Mihaila Pupina 11/53
11070 Novi Beograd, Srbija
Tel. +381 (0)11 6145-295
<http://www.ion.rs>

LKB Vertriebs GmbH, Predstavništvo Beograd
Свијићева 115, RS-11120 Beograd
Tel. +381 (0)11 676 6711
Fax. +381 (0)11 675 9419
Web. www.lkb.eu

ТИМ Цо.
Јована Рајића 5ц
11000 Београд
Тел: +381 11 2836-786, 2836-787
Фах: +381 11 2833-342
<http://www.timco.rs/>

Овај Зборник је збирка радова саопштених на XXVIII Симпозијуму Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе који је одржан од 30.09. до 2.10.2015. године у Вршицу. Радови су разврстани по секцијама. Мада су сви радови у Зборнику рецензирани од стране Редакционог одбора, за све изнесене тврдње и резултате одговорни су сами аутори.

Југословенско друштво за заштиту од зрачења основано је 1963. године у Порторожу, а од 2005. године носи име Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе.

На претходном симпозијуму је Друштво обележило изузетан јубилеј – 50 година организоване заштите од зрачења на простору бивше Југославије. И ове године је Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе прилика да кроз стручни програм предочимо напредак у области заштите од зрачења, анализирамо досадашње резултате и актуелна дешавања, разменимо искуства са колегама из земље и региона, али и да сретнемо старе и упознамо нове пријатеље.

Организациони одбор се захваљује ауторима и коауторима научних и стручних радова на доприносу и уложеном труду. Посебно се захваљујемо спонзорима који су помогли одржавања Симпозијума.

Организациони одбор

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502:504.5]:539.16(082)(0.034.2)

614.875/.876(082)(0.034.2)

539.16.04(082)(0.034.2)

539.1.074/.08(082)(0.034.2)

577.1:539.1(082)(0.034.2)

ДРУШТВО за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе (Београд). Симпозијум (28
; 2015 ; Вршац)

Зборник радова [Електронски извор] / XXVIII симпозијум ДЗЗСЦГ
[Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе], Вршац, 30. септембар -
2. октобар 2015. ; [организатори Друштво за заштиту од зрачења Србије и
Црне Горе [и] Институт за нуклеарне науке Винча, Лабораторија за заштиту од
зрачења и заштиту животне средине Заштита ; уредник Гордана Пантелић]. -
Београд : Институт за нуклеарне науке "Винча" : Друштво за заштиту од
зрачења Србије и Црне Горе, 2015 (Београд ; Институт за нуклеарне науке
"Винча"). - 1 USB флеш меморија : текст ; 1 x 1 x 3 cm

Системски захтеви: Нису наведени. - Насл. са насловне стране документа. -
Радови на срп. и енгл. језику. - Текст ћир. и лат. - Тираж 100. -
Библиографија уз већину радова. - Abstracts. - Регистар.

ISBN 978-86-7306-135-1

а) Заштита од јонизујућег зрачења - Зборници б) Животна средина -
Загађење радиоактивним материјама - Зборници с) Радиоактивно зрачење -
Штетно дејство - Зборници д) Нејонизујуће зрачење - Штетно дејство -
Зборници е) Радиобиологија - Зборници ф) Дозиметри - Зборници

COBISS.SR-ID 217821452

INTERKOMPARACIJE KAO VAŽAN ELEMENT OSIGURANJA KVALITETA U METROLOGIJI JONIZUJUĆEG ZRAČENJA

**Miloš ŽIVANOVIĆ¹, Đorđe LAZAREVIĆ^{1,2}, Olivera CIRAJ-BJELAC^{1,2},
Srbojlob STANKOVIĆ^{1,2}, Sandra ČEKLIĆ^{1,3}, Katarina KARADŽIĆ^{1,2}**

1) Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Univerzitet u Beogradu, Srbija, milosz@vinca.rs

2) Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

3) Fizički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

SADRŽAJ

Interkomparacije predstavljaju važnu aktivnost koja dokazuje da su usluge koje pružaju laboratorije za etaloniranje u skladu sa međunarodno prihvaćenim standardima. U oblasti metrologije jonizujućeg zračenja, najčešća su dva tipa interkomparacija – interkomparacije sa termoluminiscentnim dozimetrima i interkomparacije sa jonizacionim komorama ili drugim transfer instrumentima. U ovom radu su predstavljeni rezultati oba tipa interkomparacija u periodu od 2008. do 2014. godine. Takođe su analizirani rezultati interkomparacija i objašnjeno je na koji način su otklonjeni uočeni problemi.

1. Uvod

Međunarodni metrološki sistem (IMS) predstavlja okvir za metrologiju doza jonizujućeg zračenja i organizovan je tako da obezbedi sledljivost svakog merenja preko odgovarajućih primarnih i sekundarnih dozimetrijskih laboratorija (PSDL i SSDL) do primarnog etalona [1]. Na vrhu IMS se nalazi francuski Biro za tegove i mere (BIPM), koji zajedno sa drugim primarnim laboratorijama u IMS pruža usluge kalibracija sekundarnim laboratorijama i organizuje interkomparacije [2, 3].

SSDL Instituta za nuklearne nauke „Vinča“ (VINS-SSDL) je deo Laboratorije za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine. VINS-SSDL je članica mreže SSDL-ova koju je uspostavila Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) u saradnji sa Svetskom zdravstvenom organizacijom (WHO) od 1978 godine [4]. U nacionalnom metrološkom sistemu, VINS-SSDL je imenovani institut (DI) za jonizujuće zračenje od 2014. godine, zbog čega je uključen u dodatak A baze podataka ključnih interkomparacija (KCDB), gde se nalazi lista instituta učesnika sporazuma Međunarodnog komiteta za tegove i mere o uzajamnom priznavanju etalona, rezultata merenja i uverenja o etaloniranju (CIPM MRA) [5].

VINS-SSDL je uspostavio sistem kvaliteta i spoljnu akreditaciju prema standardu ISO/IEC 17025:2006 [6]. Veoma bitan deo sistema osiguranja kvaliteta predstavljaju interkomparacije, u kojima VINS-SSDL redovno učestvuje. U ovom radu su predstavljeni rezultati poslednjih sedam godina učešća u interkomparacijama uz kratku analizu rezultata.

2. Materijali i metode

2.1 Merne mogućnosti VINS-LRM

U ovom radu će biti predstavljeni rezultati interkomparacija u oblastima dozimetrije u radioterapiji, zaštiti od zračenja i dijagnostičkoj radiologiji. Svi kvaliteti zračenja koji se koriste u VINS-LRM u okviru akreditacije, uspostavljeni su u skladu sa standardom ISO 4037-1 [7], odnosno u skladu sa IEC 61267 [8] u slučaju dijagnostičke radiologije.

U laboratoriji se koristi 6 izvora izotopa ^{60}Co , 3 izvora izotopa ^{137}Cs i industrijski generator X-zračenja Philips MG-320. Referentne vrednosti odgovarajuće veličine se određuju sekundarnim etalonima sledljivim do primarnog standarda BIPM. U tabeli 1 je dat pregled mernih mogućnosti VINS-LRM, uz navođenje standarda po kome se vrše etaloniranja.

Tabela 1. Merne mogućnosti VINS-SSDL

Područje primene	Sekundarni standard	Referentna veličina	Pokriveni kvaliteti zračenja [7, 8]	Standard	Proširena merna nesigurnost $k=2$
Radioterapija	PTW 30012 s/n 172, 0.6 cm ³	Kerma u vazduhu	S-Co	IAEA TRS 277 [9]	1.1 %
Radioterapija	PTW 30012 s/n 172, 0.6 cm ³	Kerma u vazduhu	T1 - T4 (100 kV - 250 kV)	IAEA TRS 277 [9]	2.1 %
Radioterapija	PTW 30012 s/n 172, 0.6 cm ³	Apsorbovana doza u vodi	S-Co	IAEA TRS 398 [2]	1.2 %
Zaštita od zračenja	PTW 32002 s/n 311, 1 dm ³	Kerma u vazduhu	S-Co, S-Cs	IAEA SRS 16 [3]	1.8 %
Zaštita od zračenja	PTW 32002 s/n 310, 1 dm ³	Kerma u vazduhu	N-40, N-60, N-100, N-200 (40 kV - 200 kV)	IAEA SRS 16 [3]	1.8 %
Zaštita od zračenja	PTW 32003 s/n 126, 10 dm ³	Kerma u vazduhu	S-Co, S-Cs	IAEA SRS 16 [3]	1.8 %
Dijagnostička radiologija	Exradin Magna A650, s/n D082611, 3 cm ³	Kerma u vazduhu	RQR2 - RQR10 (40 kV - 150 kV)	IAEA TRS 457 [1]	2.2 %

2.2 Metodologija interkomparacija

Interkomparacije koje su predmet ovog rada su: interkomparacije uz korišćenje termoluminiscentnih dozimetara (TLD-ova) i interkomparacije etaloniranja jonizacionih komora. Prvi tip interkomparacija podrazumeva da organizator interkomparacije distribuiraju TLD-ove svim učesnicima, koji treba da ih ozrače unapred određenom dozom. Učesnici zatim poštom vraćaju TLD-ove organizatoru koji ih očitava i tako dobijene vrednosti poredi sa prijavljenim vrednostima. Drugi tip interkomparacija podrazumeva da jonizaciona komora (ili drugo merilo) kruži među laboratorijama učesnicama interkomparacije, pri čemu svaki učesnik određuje kalibracioni faktor. Tako dobijeni kalibracioni faktori se obično poredi sa vrednošću određenom od strane primarne laboratorije.

U interkomparacijama koje je organizovao EURAMET, tri transfer instrumenta su kružila između laboratorija, koje su određivale kalibracione faktore. Transfer instrumenti su bili dva merila proizvoda kerme i površine – KAP-metra (KERMA-X i PDC) i jonizaciona komora Magna A650. Kalibracioni faktor za svaku laboratoriju je bio podeljen sa srednjom vrednošću kalibracionih faktora koji su određeni od strane tri primarne laboratorije i na taj način je dobijen rezultat (R) za posmatranu laboratoriju. Ako je R jednako 1, onda je slaganje potpuno. Vrednosti R su korigovane na kvalitet zračenja, jačinu doze i veličinu polja (u slučaju KAP-metara).

3. Rezultati i diskusija

3.1 Interkomparacije u organizaciji IAEA/WHO

U tabelama 2 – 4 su predstavljeni rezultati interkomparacija organizovanih od strane IAEA/WHO. VINS-LRM je u prethodnih sedam godina uzela učešće u ukupno 10 interkomparacija u oblastima radioterapije i zaštite od zračenja, a ostali učesnici su bili ili primarne ili sekundarne standardne laboratorije. Iako su zahtevi interkomparacija bili strogi, u svih 10 slučajeva su u VINS-LRM postignuti rezultati u okviru prihvatljivih granica odstupanja, što govori o adekvatnosti procedura, opreme i obučenosti osoblja, kao i o tome da je sistem kvaliteta odgovarajuć.

Tabela 2. Interkomparacija etaloniranja jonizacionih komora sa primenom u radioterapiji u kvalitetu S-Co (2014. godina)

Jonizaciona komora	Veličina	VINS-SSDL rezultat	Referentna vrednost	VINS-SSDL ref. vrednost*	Kriterijum
Farmer tip	Kerma u vazduhu	43.95 ± 0.48 mGy/nC	44.10 ± 0.35 mGy/nC	0.995	0.985 – 1.015
Farmer tip	Aps. doza u vodi	48.11 ± 0.58 mGy/nC	48.15 ± 0.48 mGy/nC	0.998	0.985 – 1.015

Tabela 3. Interkomparacije u oblasti radioterapije uz korišćenje TLD-ova

Godina ozračivanja	Kvalitet zračenja	VINS-SSDL prijavljena doza	IAEA izmerena doza	Relativno odstupanje	Kriterijum prihvatljivosti
2009	S-Co	2.00 Gy	1.97 Gy	1.6 %	± 3.5%
2010	6 MV	2.00 Gy	2.00 Gy	0.1 %	± 3.5%
2011	S-Co	2.00 Gy	1.99 Gy	0.7%	± 3.5%
2012	6 MV	2.00 Gy	2.02 Gy	-1.1 %	± 3.5%
2013	S-Co	2.00 Gy	2.01 Gy	-0.3 %	± 3.5%
2014	6 MV	2.00 Gy	2.02 Gy	-1.3 %	± 3.5%

Tabela 4. Interkomparacije u oblasti zaštite od zračenja uz korišćenje TLD-ova

Godina ozračivanja	Kvalitet zračenja	VINS-SSDL prijavljena doza	IAEA izmerena doza	Relativno odstupanje	Kriterijum prihvatljivosti
2008	S-Cs	5.00 mGy	5.24 mGy	0.96	0.93 – 1.07
2013	S-Cs	5.00 mGy	5.10 mGy	0.98	0.93 – 1.07

3.2 Interkomparacije u organizaciji EURAMET

U tabeli 5 su predstavljeni rezultati interkomparacija organizovanih od strane Euramet u kojima je učestvovalo 22 laboratorije u 2011. i 2012. godini. Testiranje transfer instrumenata je pokazalo izrazitu zavisnost oba KAP-metra od kvaliteta zračenja, jačine doze i veličine polja, što je uzrokovalo velike razlike između korigovanih i nekorigovanih vrednosti kalibracionih faktora. Jonizaciona komora Magna A650 pokazuje zavisnost samo od kvaliteta zračenja, ali u manjoj meri, pa su korigovane vrednosti u slučaju VINS-SSDL jednake nekorigovanim.

Rezultati VINS-LRM pokazuju da su kalibracije jonizacionih komora u dijagnostičkoj radiologiji adekvatne. Kada je u pitanju kalibracija KAP-metara, rezultati su prihvatljivi za sve kvalitete osim za RQR3. Međutim, poludebljina slabljenja (HVL) koja je

izmerena za kvalitet RQR3 u VINS-LRM nije u skladu sa standardom [8], što je i prijavljeno organizatorima interkomparacije. Uzevši u obzir izrazitu zavisnost indikacije KAP-metara od kvaliteta zračenja, lošiji rezultati su bili očekivani. Istovremeno, kod Magne A650 ovaj problem ne dolazi do izražaja, zbog njene slabije zavisnosti. Na žalost, sa postojećom opremom je nemoguće postići bolje slaganje HVL-ova, već je neophodno nabaviti novi generator X-zračenja.

Tabela 5. Interkomparacije u oblasti dijagnostičke radiologije

Kvalitet zračenja	KAP-metar 1		KAP-metar 2		Magna A650	
	R	R _{korigovano}	R	R _{korigovano}	R	R _{korigovano}
RQR3	1.612	1.061	1.122	0.984	1.020	1.020
RQR5	1.072	1.045	1.125	1.070	1.021	1.021
RQR6	1.033	1.029	1.114	1.077	1.019	1.019
RQR8	1.023	1.023	1.111	1.083	1.014	1.014
RQR9	1.013	1.013	1.114	1.095	1.013	1.013

U trenutku interkomparacije, metode etaloniranja u skladu sa standardom IAEA TRS 457 [1] nisu bile akreditovane u VINS-LRM (u međuvremenu je akreditovano etaloniranje jonizacionih komora). Pored već navedenih zaključaka, dodatno su analizirane procedure etaloniranja i postavka merenja. U toku analize, primećeno je da je pozicioniranje kolimatora koji se koriste za etaloniranje KAP-metara nedovoljno precizno, kao i da su same dimenzije kolimatora nedovoljno dobro poznate. U cilju otklanjanja prepoznatih nedostataka, izrađen je novi kolimator i ponovo su etalonirana merila dužine koja se koriste u laboratoriji. Takođe je sekundarni etalon u dijagnostičkoj radiologiji ponovo etaloniran i unapređene su interne procedure.

4. Zaključak

Između 2008. i 2014. godine, VINS-SSDL je učestvovao u međunarodnim interkomparacijama u različitim oblastima metrologije doza jonizujućeg zračenja. Drugi učesnici u ovim interkomparacijama su bili ili PSDL-ovi ili SSDL-ovi, a mnogi od učesnika su nacionalni metrološki instituti ili imenovani instituti.

Interkomparacije iz oblasti radioterapije i zaštite od zračenja su pokazale kontinuitet dobrih rezultata VINS-SSDL, jer su svaki put bili zadovoljeni strogi kriterijumi prihvatljivosti. U interkomparacijama u oblasti dijagnostičke radiologije su postignuti dobri rezultati, posebno kada je u pitanju etaloniranje jonizacionih komora. Međutim, prilikom etaloniranja KAP-metara su prepoznati problemi vezani za uspostavljanje niskoenergetskih kvaliteta zračenja pomoću generatora X-zračenja, kao i u geometrijskoj postavci merenja. Problemi sa geometrijskom postavkom su otklonjeni, a takođe je pokrenut postupak nabavke novog generatora X-zračenja.

VINS-SSDL će nastaviti da učestvuje u svim dostupnim interkomparacijama, od kojih su neke već planirane. Međutim, postoji problem sa nedovoljnim brojem dostupnih interkomparacija sa jonizacionim komorama, posebno kada su u pitanju ključne interkomparacije.

5. Literatura

- [1] International Atomic Energy Agency. Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice. Technical Report Series No. 457, 2007. IAEA, Vienna.
- [2] International Atomic Energy Agency, Dose Determination in External Beam Radiotherapy: An International Code of Practice for Dosimetry Based in Standards of Absorbed Dose to Water. Technical Report Series No. 398, 2000. IAEA, Vienna.
- [3] International Atomic Energy Agency. Calibrations of radiation protection monitoring instruments. Safety Report Series No 16, 2000. IAEA, Vienna.
- [4] International Atomic Energy Agency. SSDL Network Charter. The IAEA/WHO network of Secondary Standard Dosimetry Laboratories, 1999. IAEA, Vienna.
- [5] European Association of National Metrology Institutes. Role of Designated Institutes within the CIPM MRA. EURAMET Guide No. 2, Version 1.1 (01/2015), 2015. EURAMET, Braunschweig.
- [6] ISO, IEC. ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, ISO/IEC (2005)
- [7] ISO. ISO 4037-1: X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 1: Radiation characteristics and production methods, ISO (1996)
- [8] IEC. IEC 61267:2006. Medical diagnostic X-ray equipment. Radiation conditions for use in the determination of characteristics for medical diagnostic X-ray equipment, IEC (2006)
- [9] International Atomic Energy Agency. Absorbed dose determination in photon and electron beams. An international code of practice. Second edition. Technical Reports Series No 277, 1997. IAEA, Vienna.

INTERCOMPARISONS AS AN IMPORTANT ELEMENT OF QUALITY ASSURANCE IN METROLOGY OF IONISING RADIATION

Miloš ŽIVANOVIĆ¹, Đorđe LAZAREVIĆ^{1,2}, Olivera CIRAJ-BJELAC^{1,2}, Srboľjub STANKOVIĆ^{1,2}, Sandra ĆEKLIĆ^{1,3}, Katarina KARADŽIĆ^{1,2}

- 1) *Vinca institute of nuclear sciences, Radiation protection department, Universty of Belgrade, Serbia, milosz@vinca.rs*
- 2) *School of Electrical Engineering, University of Belgrade, Serbia*
- 3) *Faculty of Physics, University of Belgrade, Serbia*

ABSTRACT

Intercomparisons are important activities performed to ensure that the services provided by calibration laboratories to end-users follow internationally accepted standards. Ionizing radiation dosimetry intercomparisons are usually of two types – postal thermoluminescent dosimeter intercomparisons and ionization chamber calibration intercomparisons. In this paper, both types of intercomparisons are discussed together with the results of 7 years of participation in such intercomparisons. Finally, several discrepancies were discovered as a result of intercomparisons analysis and the resolution of the discrepancies was discussed.

ОПШТИ ПРОБЛЕМИ ЗАШТИТЕ ОД ЗРАЧЕЊА.....	1
DIGITAL SOCIETY INNOVATION AND OPEN PARTICIPATORY POLICY IN THE RADIATION PROTECTION: BIG THINKING.....	2
РАДИОЕКОЛОГИЈА И ИЗЛАГАЊЕ СТАНОВНИШТВА.....	11
МОНИТОРИНГ РАДИОАКТИВНОСТИ И ПРОЦЕНА ДОЗЕ У ОКОЛИНИ НУКЛЕАРНЕ ЕЛЕКТРАНЕ ФУКУШИМА ТРИ ГОДИНЕ НАКОН АКЦИДЕНТА	12
ANALIZA DINAMIKE SPECIFIČNE AKTIVNOSTI BERILIJUMA-7 U POVRŠINSKOM SLOJU ATMOSFERE.....	20
KORELACIJA IZMEĐU SPECIFIČNE AKTIVNOSTI ⁷ BE U AEROSOLIMA I UKUPNOM DEPOZITU I METEOROLOŠKIH INDEKSA NAO, EA, EAWR I SCA	28
BERILIJUM-7 I VISINA TROPOPAUZE: ANALIZA KORELACIJA PO ROJASEVIMA GEOGRAFSKE ŠIRINE.....	35
ЗАВИСНОСТ АТМОСФЕРСКЕ ДЕПОЗИЦИЈЕ ⁷ ВЕ И ²¹⁰ РВ ОД ПАДАВИНА МЕРЕНА УЗ ПОМОЋ БИОМОНИТОРА	43
УТИЦАЈ ВЕГЕТАЦИЈЕ НА АТМОСФЕРСКУ ДЕПОЗИЦИЈУ РАДИОНУКЛИДА.....	47
PROVERA MATEMATIČKIH MODELA ZA ATMOSFERSKU DISPERZIJU U OKVIRU IAEA PROGRAMA MODARIA	53
РАДИОНУКЛИДИ ТЕРЕСТРИЧНОГ И КОСМОГЕНОГ ПОРЕКЛА У РАЗЛИЧИТИМ УЗОРЦИМА БИЉАКА СА ПОДРУЧЈА КОСОВА И МЕТОХИЈЕ.....	63
RASPODELA UKUPNE BETA I SPECIFIČNE AKTIVNOSTI ⁴⁰ K U VEGETATIVNIM I GENERATIVNIM ORGANIMA KUKURUZA	70
PROCENA VREMENA POLUŽIVOTA ¹³⁷ CS U PEČURKAMA I MAHOVINAMA SRBIJE	75
АРОНИЈА – ТЕРМАЛНЕ И РАДИОАКТИВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ.....	81
RADIOAKTIVNOST VITAMINSKO –MINERALNIH DODATAKA ZA STOČNU HRANU U 2014. GODINI.....	88
RADIOLOŠKA ANALIZA UZORAKA PODZEMNIH VODA DONJE ŽUPE, ALEKSANDROVAC, SRBIJA: SADRŽAJ RADIONUKLIDA I PROCENA RIZIKA.....	92
РАДИОАКТИВНОСТ РЕЧНИХ ВОДА И СЕДИМЕНАТА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ У 2012. ГОДИНИ, ДУЖ ТРАСЕ ГАСОВОДА "ЈУЖНИ ТОК".....	99
ODREĐIVANJE STAROSTI I POREKLA PODZEMNIH VODA SA TERITORIJE VOJVODINE	108
ОПТИМИЗАЦИЈА МЕТОДЕ ЗА ИСПИТИВАЊЕ ⁹⁰ SR У ВОДИ И МЛЕКУ ДЕТЕКЦИЈОМ ČERENKOVЛJEVOG ZRAČENJA.....	115

ОДРЕЂИВАЊЕ СПЕЦИФИЧНЕ АКТИВНОСТИ ВЕШТАЧКИХ РАДИОНУКЛИДА У УЗОРЦИМА МЛЕКА СА ТЕРИТОРИЈЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ У 2014. ГОДИНИ.....	120
KONCENTRACIJE ČETIRI RADIONUKLIDA I ČETIRI METALA U MIŠIĆU <i>LIZA RAMADA</i>	125
RADIOAKTIVNOST LEKOVITOG VLATA U BANJAMA SRBIJE.....	130
RADIOAKTIVNOST ZEMLJIŠTA NA TERITORIJI GRADA KRAGUJEVCA.....	134
ПРОСТОРНА И ПРОФИЛНА РАСПОДЕЛА РАДИОНУКЛИДА У ТЛУ НА НЕКИМ ЛОКАЦИЈАМА НА КОСОВУ И МЕТОХИЈИ.....	142
²³⁸ U I TEŠKI METALI U ZEMLJIŠTU NIKŠIĆA, CRNA GORA	148
ANALIZA RADIOAKTIVNOSTI MATERIJALA SA VULKANA ETNA SICILIJA.....	155
KONTAMINACIJA VAZDUHA USLED RESUSPENZIJE RADIONUKLIDA IZ ZEMLJIŠTA.....	160
СИСТЕМАТСКО ИСПИТИВАЊЕ САДРЖАЈА РАДИОНУКЛИДА У ГРАЂЕВИНСКОМ МАТЕРИЈАЛУ У ТОКУ 2014.ГОДИНЕ	165
RADON MEASUREMENTS AS PART OF SLOVENIAN NATIONAL PROGRAM OF SYSTEMATIC INVESTIGATION OF NATURAL RADIATION IN WORKING AND LIVING ENVIRONMENTS.....	181
PREGLED MERENJA KONCENTRACIJE RADONA INSTITUTA ZA MEDICINU RADA SRBIJE „DR DRAGOMIR KARAJOVIĆ“.....	186
ISTRAŽIVANJE KONCENTRACIJE RADONA I TORONA U PRIVATNIM KUĆAMA NA TERITORIJI GRADA KRUŠEVCA.....	193
SEZONSKE VARIJACIJE KONCENTRACIJA RADONA U RURALNIM DELOVIMA SRBIJE.....	199
MERENJE KONCENTRACIJE RADONA I PROCENA IZLOŽENOSTI U BOGOVINSKOJ PEĆINI	207
РЕЗУЛТАТИ НАЦИОНАЛНОГ МЕЂУЛАБОРАТОРИЈСКОГ ПОРЕЂЕЊА У МЕРЕЊУ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ РАДОНА У ВАЗДУХУ ЗАТВОРЕНИХ ПРОСТОРИЈА БЕОГРАД-НОВИ САД 2015.ГОДИНЕ.....	212
КОНТРОЛА КВАЛИТЕТА У ОБЛАСТИ ИСПИТИВАЊА РАДОНА У АКРЕДИТОВАНИМ ЛАБОРАТОРИЈАМА.....	222
OPRAVDANOST KORIŠĆENJA EPA KRIVIH ZA KOREKCIJU NA RELATIVNU VLAŽNOST VAZDUHA KOD MERENJA RADONA POMOĆU UGLJENIH FILTERA	234
KORELACIJA IZMEĐU RADONA U ZATVORENIM PROSTORIJAMA I SADRŽAJA RADIJUMA U ZEMLJIŠTU NA KOSOVU I METOHIJI.....	241
КОРЕЛАЦИЈА ВАРИЈАЦИЈА ФОНА ГАМА ЗРАЧЕЊА И РАДОНА У НИСКОФОНСКОЈ ПОДЗЕМНОЈ ЛАБОРАТОРИЈИ У БЕОГРАДУ	248
KORELACIONA I REGRESIONA ANALIZA VARIJABILNOSTI RADONA PRIMENOM MULTIVARIJANTNIH METODA	254

DIFFERENT TECHNIQUES FOR ²²² Rn DETERMINATION IN DRINKING WATERS.....	260
ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊА У МЕДИЦИНИ	267
PERIFERNE DOZE U RADIOTERAPIJI – PRIKAZ AKTIVNOSTI RADNE GRUPE 9 EURADOS-A.....	268
PROCENA IZLAGANJA RADIOLOŠKOG OSOBLJA U DOMOVIMA ZDRAVLJA.....	277
DIJAGNOSTIČKA RADIOGRAFSKA SNIMANJA TRUDNICA- ANALIZA RAZLOGA I SIGURNOSTI.....	283
PRENATALNA IZLAGANJA U DIJAGNOSTIČKOJ RADIOLOGIJI.....	293
PRELIMINARNA ISPITIVANJA NIVOA DOZE ZA PACIJENTE U INTRAORALNOJ STOMATOLOŠKOJ RADIOLOGIJI U REPUBLICI SRBIJI.....	301
PROCENA DOZE ZA OČNO SOČIVO KARDIOLOGA U INTERVENTIM PROCEDURAMA NA OSNOVU DOZE ZA CELO TELO	307
ДОЗИМЕТРИЈА.....	311
PROCJENA PACIJETNE IZLOŽENOSTI U DIJAGNOSTIČKOJ RADIOLOŠKOJ PRAKSI CRNE GORE	312
ДОЗИМЕТРИЈСКЕ ВЕЛИЧИНЕ У ЗАШТИТИ ОД ЗРАЧЕЊА-ШТА МЕРИМО ...	317
REZULTATI INTERKOMPARACIJE SERVISA ZA LIČNU DOZIMETRIJU.....	323
REZULTATI PRVE INTERKOMPARACIJE PASIVNIH DOZIMETARA ZA OČNO SOČIVO.....	328
КОНВЕРЗИОНИ КОЕФИЦИЈЕНТИ КЕРМЕ У ВАЗДУХУ У Н _p (3) ЗА ОДАБРАНЕ СТАНДАРДНЕ КВАЛИТЕТЕ СНОПА Х-ЗРАЧЕЊА.....	334
DOZNI PROFILI REFERENTNIH SNOPOVA X ZRAČENJA.....	340
ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA RENDGEN-APARATA KOJI SE KORISTE U VETERINARSKOJ RADIOLOGIJI U SRBIJI.....	344
БИОЛОШКИ ЕФЕКТИ ЈОНИЗУЈУЋИХ ЗРАЧЕЊА	348
ZDRAVSTVENI NADZOR NAD LICIMA PROFESIONALNO IZLOŽENIM IZVORIMA JONIZUJUĆIH ZRAČENJA U MEDICINSKOJ I INDUSTRIJSKOJ PRIMENI.....	349
OCENA RADNE SPOSOBNOSTI PROFESIONALNO IZLOŽENIH LICA JONIZUJUĆIM ZRAČENJIMA OBOLELIH OD KATARAKTE.....	355
FENOMEN PREVREMENE SEGREGACIJE CENTROMERA U LIMFOCITIMA PERIFERNE KRVI KOD LICA PROFESIONALNO IZLOŽENIH MALIM DOZAMA ZRAČENJA	361
UČESTALOST MIKRONUKLEUSA U LIMFOCITIMA PERIFERNE KRVI OPŠTE POPULACIJE NA TERITORIJI SRBIJE: REZULTATI CITOGENETIČKE BIOMONITORING STUDIJE.....	369
VALUES OF MICRONUCLEI AND 8-HYDROXY-2'-DEOXYGUANOSINE IN HOSPITAL WORKERS OCCUPATIONALLY EXPOSED TO IONIZING RADIATION.....	377

РАДИОАКТИВНИ ОТПАД И ДЕКОНТАМИНАЦИЈА	378
COMPARATIVE STUDY OF JAPANAISE AND SERBIAN BENTONITE IN	379
OPTIMIZACIJA HEMIJSKOG SASTAVA RASTVORA ZA SIMULTANU EKSTRAKCIJU JONA CO ²⁺ I SR ²⁺ IZ KONTAMINIRANOG ZEMLJIŠTA.....	387
MATHEMATICAL MODELLING OF IMMOBILIZATION OF RADIONUCLIDES ¹³⁷ CS AND ⁶⁰ CO IN CONCRETE MATRIX	393
SINTEZA NANOČESTIČNOG FLUOROAPATITA MIKROTALASNOM METODOM KAO POTENCIJALNOG SORBENTA JONA TEŠKIH METALA I RADIONUKLIDA	400
REMEDIJACIJA ZEMLJIŠTA KONTAMINIRANOG RADIOAKTIVNIM STRONCIJUMOM METODAMA HEMIJSKE EKSTRAKCIJE I HEMIJSKE STABILIZACIJE	405
РЕГУЛАТИВА, ЕДУКАЦИЈА И ЈАВНО ИНФОРМИСАЊЕ	413
MOGUĆNOSTI ZA POBOLJŠANJE POSTOJEĆE ZAKONSKE REGULATIVE U OBLASTI ZAŠTITE OD ZRAČENJA U REPUBLICI SRBIJI	414
ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY MONITORING IN SERBIAN REGULATIONS	418
POTREBA ZA UVOĐENJEM KONTROLE KVALITETA I OSIGURANJA KVALITETA U BRANITERAPIJI	424
МЕТОДЕ ДЕТЕКЦИЈЕ И МЕРНА ИНСТРУМЕНТАЦИЈА.....	428
ОДРЕЂИВАЊЕ НАЈПОГОДНИЈЕ ГЕОМЕТРИЈЕ УЗОРКА ИЗ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ ЗА NaI(Tl) ДЕТЕКТОР ОБЛИКА ЈАМЕ	429
НЕКЕ PREDNOSTI VELIKOG NaI ДЕТЕКТОРА ОБЛИКА ЈАМЕ U MERENJU NISKIH AKTIVNOSTI ⁷ Be U UZORCIMA BIOMONITORA	434
ЗАВИСНОСТ ЕФИКАСНОСТИ NaI(Tl) ДЕТЕКТОРА ОБЛИКА ЈАМЕ ОД ПОЛОЖАЈА ИЗВОРА	440
МЕРЕЊЕ ПРИРОДНЕ РАДИОАКТИВНОСТИ NaI(Tl) ДЕТЕКТОРОМ КАЛИБРИСАНИМ GEANT4 СИМУЛАЦИЈАМА	445
ODREĐIVANJE KRIVE EFIKASNOSTI PRENOSNOG HPGe ДЕТЕКТОРА ЗА ТАЧКАСТИ IZVOR ZRAČENJA EKSPERIMENTALNO I MCNP-X SIMULACIJOM.....	449
EKSPERIMENTALNA KALIBRACIJA HPGe ДЕТЕКТОРА ЗА MERENJE UZORAKA IZ ŽIVOTNE SREDINE.....	456
PRIMENA SOFTVERA EFFTRAN U ANALIZI SPECIFIČNIH AKTIVNOSTI UZORAKA UGLJA, ŠLJAKE I PEPELA IZ TERMoeLEKTRANA.....	464
UTICAJ NAČINA PRIPREME, DUŽINE MERENJA I KALIBRACIJE ДЕТЕКТОРА NA ODREĐIVANJE SPECIFIČNE AKTIVNOSTI RADIONUKLIDA U UZORCIMA MINERALNIH ĐUBRIVA	470
ANALIZA UTICAJA MATRICE UZORKA NA EFIKASNOST ДЕТЕКЦИЈЕ HPGe ДЕТЕКТОРА ПОМОЋУ MONTE-KARLO SIMULACIJA	475

МОНТЕ КАРЛО СИМУЛАЦИЈА КРЕИРАЊА КОСМОГЕНИХ РАДИОНУКЛИДА У ЛЕСУ	481
GAMASPEKTROMETRIJSKO ODREĐIVANJE RADIONUKLIDA U UZORKU AEROSOLA ZA POTREBE MEĐULABORATORIJSKOG POREĐENJA.....	487
MEĐUNARODNA INTERKOMPARACIJA ANALIZE SPEKTRA GAMA ZRAČENJA.....	492
УПОРЕЂЕЊЕ АКТИВНОСТИ УЗОРАКА ИЗ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ МЕРЕНИХ HPGe И NaI(Tl) ДЕТЕКТОРИМА.....	497
VERIFIKACIJA METODE GAMA SPEKTROMETRIJE.....	502
ANALIZA MOGUĆNOSTI SPEKTROMETRIJE NEUTRONA PADC DETEKTOROM.....	511
PROCENA PRISUSTVA NEUTRONA U NISKOFONSKIM Ge-SPEKTROMETRIJSKIM SISTEMIMA BAZIRANA NA DETEKCIJI GAMA PIKA ENERGIJE OD 595.5 keV.....	518
DVOSTRUKE KOINCIDENCIJE GAMA ZRAKA IZ RASPADA ¹⁵² Eu – POČETNA ISTRAŽIVANJA NA SPEKTROMETRU PRIPJAT	526
ODREĐIVANJE ENERGETSKOG ODZIVA MTS-N (LIF:Mg,Ti) TERMOLUMINESCENTNIH DETEKTORA MONTE KARLO SIMULACIJOM U X I GAMA POLJU ZRAČENJA	532
DIGITALNI MERAČ RADIOAKTIVNOG ZRAČENJA DMRZ-M15.....	537
ISPITIVANJE ENERGETSKE ZAVISNOSTI ENERGETSKI NEKOMPENZOVANIH I KOMPENZOVANIH GAJGER MILEROVIH CEVI	543
ГЛЕДАЊЕ У КУГЛУ-25 ГОДИНА ПОСЛЕ	548
DETERMINATION OF BIOGENIC FRACTION IN USED CAR TYRES AND IN LIQUID FUELS BY ¹⁴ C METHOD	555
WIRELESS SENSOR NETWORK USING CLOUD COMPUTING FOR RADIATION AND POLLUTION MONITORING: PROPOSAL FOR INNOVATIVE PILOT PROJECT.....	563
INTERKOMPARACIJE KAO VAŽAN ELEMENT OSIGURANJA KVALITETA U METROLOGIJI JONIZUJUĆEG ZRAČENJA.....	572
ОДРЕЂИВАЊЕ ТЕМПЕРАТУРСКОГ ПРОФИЛА АТМОСФЕРЕ МЕРЕЊЕМ ИНТЕНЗИТЕТА КОСМИЧКОГ ЗРАЧЕЊА НА ПОВРШИНИ ЗЕМЉЕ.....	577
AUTOMATSKA OBRADA PODATAKA KOSMIKE I EVALUACIJA KONCENTRACIJE RADONA NA INTERNET (WEB) SERVERU	584
KORIŠĆENJE MOBILNOG TELEFONA ZA TESTIRANJE I OPTIMIZACIJU LABORATORIJSKIH MERENJA FOTOMULTIPLIKATORIMA	589
THE ORIGINAL SOFTWARE FOR MONITORING MEASUREMENT DATA FROM THE INSTRUMENT VICTOREEN 451P VIA INTERNET.....	594
DIFRAKCIONE SLIKE NA KONUSNIM I SFERNIM OBJEKTIMA	602
НЕЈОНИЗУЈУЋА ЗРАЧЕЊА	608
KARAKTERIZACIJA IZVORA UV ZRAČENJA.....	609

ИНДЕКС АУТОРА.....	614
САДРЖАЈ.....	618