



## 1. skup sekcije mladih HDZZ-a

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ

Bijenička cesta 54, HR - 10000 Zagreb

16. siječnja 2018.

ORGANIZACIJA

Marina Poje Sovilj  
marina.poje@fizika.unios.hr

Marijana Nodilo  
marijana.nodilo@irb.hr

# IDEJA

## SAMOSTALNO OKUPLJANJE MLADIH ZNANSTVENIKA

bez prisustva seniora kako bi slobodno mogli diskutirati o problematikama kojima se bave

### VAŽNI DATUMI

- PRVA OBAVIJEST  
17. listopada 2017.
- PRIJAVA SUDJELOVANJA I  
SAŽETAK RADA  
15. studenog 2017.
- TREĆA OBAVIJEST  
15. prosinca 2017.
- DRUGA OBAVIJEST  
31. listopada 2017.
- OBAVIJEST O PRIHVAĆANJU  
1. prosinca 2017.
- ODRŽAVANJE SKUPA  
16. siječnja 2018.

### TROŠKOVI

- ručak (25 – 40 kn)
- troškove osveženja u pauzama snositi će Hrvatsko društvo za zaštitu od zračenja, troškove printanja materijala LRE, IRB; (ukoliko postoji organizacija ili pojedinac koji bi snosila/o troškove ručka i/ili uredskog materijala, molimo da se jave organizatoricama)

### KOTIZACIJA

- nema

### SUDIONICI

Članovi Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja i srodnih društava, mlađi od 35 godina i/ili manje od 10 godina radnog iskustva u polju, ali mogu se javiti i kolege do navršenih 40 godina.

Svaki sudionik treba poslati e-mail organizatoricama s ispunjenim Obrascem za prijavu koji sadrži kratki životopis i sažetak predavanja te potom održati kratko predavanje (10 min) o svom poslu, doktoratu, istraživanju i/ili nekoj preokupaciji iz tematike društava nakon čega bi uslijedila kraća diskusija (5-10 min).

Ukoliko neki sudionik ne može doći, a želio bi sudjelovati, može poslati sažetak i životopis kako bi ušao u zbirku sažetaka.

### BUDUĆNOST SKUPA MLADIH HDZZ-A I MLADIH U OKVIRU HDZZ-A

Predlažemo da na budućim simpozijima HDZZ-a sastanak mladih bude njegov sastavni dio – u obliku posebne sekcije gdje bi se osim znanstvenih tema mogla razmijeniti iskustva i važne informacije. Predlažemo i uvođenje nagrade za najbolje izlaganje / najbolji poster za mlade kao posebna kategorija.

## TEME

# ZNANOST O ZRAČENJU

## **Raspored**

8:30 – 9:30 Kava i registracija

9:30 – 9:50 Pozdravni govor i otvaranje Skupa

9:50 – 11:00 Predavanja

9:50 – 10:10 **Mihaela Mlinarić**, *Planiranje radioterapije*

10:10 – 10:30 **Hrvoje Brkić**, *Monte Carlo simulacije primjenjive u medicinskoj fizici*

10:30 – 10:50 **Marina Poje Sovilj**, *Mjerenje koncentracije aktivnosti radona <sup>222</sup>Rn u Republici Hrvatskoj – dosadašnji rezultati i planovi za budućnost*

11:00 – 12:00 Ručak

12:00 – 13:30 Predavanja

12:00 – 12:40 **Goran Gajski, Marko Gerić**, *IMI Zagreb: Omnibus iz mutageneze*

12:40 – 13:00 **Mirta Milić**, *Biološke metode u biodozimetriji, kalibracijske krivulje i utjecaj individualnih razlika*

13:00 – 13:20 **Gorana Karanović**, *Iskustvo rada u Laboratoriju za radioekologiju*

13:30 – 14:00 Kava

14:00 – 16:30 Predavanja

14:00 – 14:20 **Ivana Tucaković**, *Gama spektrometrijska mjerenja u Laboratoriju za radioekologiju IRB-a*

14:20 – 14:40 **Ivana Coha**, *Modificirana metoda za određivanje koncentracije aktivnosti radioaktivnog stroncija*

14:40 – 15:00 **Marko Šoštarić**, *Radiološka svojstva tla u Republici Hrvatskoj*

15:00 – 15:20 **Marijana Nodilo**, *Određivanje koncentracije radioizotopa u prirodnim uzorcima s otoka Mljeta, Hrvatska*

15:20 – 16:00 Završna riječ i rasprava

## **Zahvala**

Organizatorice zahvaljuju predsjednici dr. sc. Ines Krajcar Bronić, tajnici dr. sc. Željki Knežević i Upravnom odboru Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja na podršci i financijskoj potpori te Saši Vidakoviću na tehničkoj podršci.

## **Prijavljeni sudionici** (abecednim redom)

1. Hrvoje Brkić, Medicinski Fakultet Osijek, Katedra za biofiziku i radiologiju, [hbrkic@mefos.hr](mailto:hbrkic@mefos.hr);
2. Ivana Coha, Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za radioekologiju, [ivana.coha@irb.hr](mailto:ivana.coha@irb.hr);
3. Goran Gajski, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, Jedinica za mutagenezu, [ggajski@imi.hr](mailto:ggajski@imi.hr);
4. Marko Gerić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, Jedinica za mutagenezu, [mgeric@imi.hr](mailto:mgeric@imi.hr);
5. Gorana Karanović, Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za radioekologiju, [gorana.karanovic@irb.hr](mailto:gorana.karanovic@irb.hr);
6. Mirta Milić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, Jedinica za mutagenezu, [mmilic@imi.hr](mailto:mmilic@imi.hr);
7. Mihaela Mlinarić, KBC „Sestre milosrdnice“, Klinika za onkologiju i nuklearnu medicinu, Odjel za medicinsku fiziku, [mihaela.mlinaric@kbcsm.hr](mailto:mihaela.mlinaric@kbcsm.hr);
8. Marijana Nodilo, Institut Ruđer Bošković, Zavod za kemiju materijala, Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju, [marijana.nodilo@irb.hr](mailto:marijana.nodilo@irb.hr);
9. Marina Poje Sovilj, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, [marina.poje@fizika.unios.hr](mailto:marina.poje@fizika.unios.hr);
10. Marko Šoštarić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Jedinica za zaštitu od zračenja, [msostaric@imi.hr](mailto:msostaric@imi.hr);
11. Ivana Tucaković, Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za radioekologiju, [ivana.tucakovic@irb.hr](mailto:ivana.tucakovic@irb.hr).

## **1. Hrvoje Brkić**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Hrvoje Brkić, viši asistent na Katedri za biofiziku i radiologiju Medicinskog fakulteta u Osijeku, radni staž: 10 godina, završen poslijediplomski doktorski studij biofizike na PMF-u 2014. god, objavio 13 publikacija u znanstvenim časopisima zastupljenima u bazama podataka WoSCC (11 u gornjim kvartilama (Q1 i Q2)) od čega 4 u području medicinske fizike. Profesionalni interesi: modeliranje biomakromolekula, Monte Carlo simulacije primjenjive u medicinskoj fizici, neutronska dozimetrija.

### **SAŽETAK**

#### **MONTE CARLO SIMULACIJE PRIMJENJIVE U MEDICINSKOJ FIZICI**

*Hrvoje Brkić<sup>1,2</sup>, Ana Ivković<sup>1,3</sup>*

<sup>1</sup> Medicinski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku, J. Huttlera 4

<sup>2</sup> Fakultet za dentalnu medicinu i zdravstvo u Osijeku, Cara Hadrijana 10E

<sup>3</sup> Klinički bolnički centar Osijek, J. Huttlera 4

e-mail: [hbrkic@mefos.hr](mailto:hbrkic@mefos.hr)

Monte Carlo simulacije imaju široku primjenu u medicinskoj fizici: računanje doza pacijenata u radioterapiji, modeliranje radioloških uređaja, izračunavanje zlatnog standarda i karakterizacija detektora koji se koriste u medicinskoj fizici, izračun sekundarnog ozračenja medicinskog osoblja i pacijenata u radioterapiji, dijagnostičkoj i intervencijskoj radiologiji te nuklearnoj medicini. Do sada je najveća pažnja u istraživanjima naše grupe posvećena primjeni Monte Carlo simulacija u radioterapiji, gdje pri korištenju fotona visokih energija (većih od 10 MeV) za ozračivanje pacijenata dolazi do fotoneutronske učinka, a samim tim do neželjene kontaminacije terapijskog snopa. Simulacijama se može dobiti potpuna informacija o mjestu nastanka neutrona, njihovoj energiji, kutnoj distribuciji, spektru, itd. Ovisno o stupnju složenosti simulacija razlika u promatranim neutronske spektrima može biti značajna. To je posebice važno ukoliko se za detekciju koriste pasivni detektori (poput CR-39 s borovom folijom kao konverterom), budući da će upravo tako dobiveni spektar omogućiti energijsku karakterizaciju detektora. Na isti način moguće je karakterizirati i fotonske snopove te ponašanje detektora u fotonskim snopovima linearnih akceleratora. Osim karakteriziranja polja zračenja oko linearnih akceleratora elektrona ukratko će biti prezentirani i rezultati modeliranja snopova dentalnog CBCT uređaja, kao i mamografa.

## **2. Ivana Coha**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Ivana Coha, rođena je u Zagrebu. Diplomirala je na Prehrambeno–biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Početno radno iskustvo stekla je u Laboratoriju za fizičku kemiju vodenih sustava, Zavod za istraživanje mora i okoliša Instituta Ruđer Bošković (IRB). Od 2011. godine radi u Laboratoriju za radioekologiju, Zavod za istraživanje mora i okoliša, IRB kao stručni suradnik na poslovima vezanim uz monitoring radionuklida u okolišu u Republici Hrvatskoj kao i na razvoju novih metoda vezanih uz odjeljivanje i detekciju radionuklida. 2013. godine upisala je doktorski studij Inženjerska kemija na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu, na temu određivanje izotopa  $^{89,90}\text{Sr}$  u kompleksnim uzorcima iz okoliša direktno na kromatografskoj koloni. 2015. godine u trajanju od 3 mjeseca provela je na stručnom usavršavanju u Pragu na Fakultetu nuklearnih znanosti i fizikalnog inženjeringa. Do sad je objavila 10 radova citiranih u CC bazi te nekoliko radova i sažetaka u zbornicima skupova.

### **SAŽETAK**

#### **MODIFICIRANA METODA ZA ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI RADIOAKTIVNOG STRONCIJA**

*Ivana Coha*

Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, Zagreb

e-mail: [ivana.coha@irb.hr](mailto:ivana.coha@irb.hr)

Od otkrića pa do danas umjetni radioaktivni elementi uneseni su u naš okoliš, najvećim dijelom za vrijeme testiranja nuklearnog oružja 50-ih i 60-ih godina prošlog stoljeća te zbog nuklearnih nesreća poput Černobila i Fukušime. Kada dospiju u okoliš, njihova koncentracija aktivnosti se smanjuje jedino njihovim radioaktivnim raspadom. Jedan od značajnijih umjetnih radioizotopa je stroncij-90. Zbog dugog vremena poluraspada od 28,8 godina dugo se zadržava u okolišu, a kao homolog s kalcijem, zamjenjuje se u kostima živih bića. Dok stabilni stroncij čak ima i pozitivno djelovanje, jer povećava gustoću kostiju, radioaktivni stroncij može imati negativan utjecaj, uzrokujući rak kostiju, rak okolnog mekanog tkiva ili leukemiju. Zbog toga je bitno kontrolirati prisutnost radioaktivnog stroncija u okolišu. Osim stroncija-90, fisijski produkt koji nekontrolirano može dospjeti u okoliš je i stroncij-89, koji ako se detektira, može dati informaciju o recentnoj nuklearnoj nesreći, ispuštanju nuklearnog otpada u okoliš i sl. Oba izotopa su čisti beta emiteri te njihovo kvantitativno određivanje zahtijeva kemijsko izdvajanje čistog stroncija iz uzorka te izdvajanje itrija-90 nakon postizanja radiokemijske ravnoteže tako da čitav postupak traje najmanje

šesnaest dana te zahtijeva veliki angažman posebno obrazovanog osoblja kako bi se osigurala vjerodostojnost i kvaliteta dobivenih rezultata. Zbog toga je razvoj novih postupaka određivanja usmjeren na skraćivanje vremena određivanja, uz istovremeno smanjenje ljudskog angažmana. Hipoteza istraživanja je da se radioaktivni stroncij Čerenkovljevim zračenjem može detektirati direktno na koloni s obzirom da raspadom emitirani elektroni itrija-90 (potomka stroncija-90) i stroncija-89 imaju dovoljne energije da mogu proizvesti Čerenkovljevo zračenje, a razlika u vremenima poluraspada stroncija-89 i itrija-90 omogućava njihovo kvantitativno određivanje. Automatizacijom postupka izolacije, pri čemu bi kolona služila za koncentriranje, odjeljivanje i detekciju, značajno bi se ubrzao postupak određivanja. Osim navedenog, bitno za optimiranje same metode su i instrumenti koji su dostupni na tržištu za detekciju Čerenkovljevih fotona. Unutar ovog istraživanja bit će prikazani rezultati detekcije stroncija-89,90 na različitim detektorima, Triathler, TriCarb, Quantulus i Hidex.

### **3. Goran Gajski**

#### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Dr. sc. Goran Gajski znanstveni je suradnik u Jedinici za mutagenezu, Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu na kojem radi 10 godina. Diplomirao je na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2006. godine iz područja molekularne biologije te je na istom i doktorirao 2012. godine iz područja biokemije i molekularne biologije. U dosadašnjem radu bio je suradnik na nekoliko domaćih i međunarodnih projekata te je ostvario veliki broj znanstvenih suradnji u Hrvatskoj i inozemstvu. Usavršavao se na Nacionalnom institutu za biologiju u Ljubljani, Slovenija te na „Szent István“ fakultetu u *Gödöllő*, Mađarska. Do sada je objavio više od 70 znanstvenih, stručnih i preglednih radova i poglavlja u knjigama. Dobitnik je nekoliko domaćih i inozemnih nagrada i stipendija od kojih ističe Danubius Young Scientist Award 2016. godine te nagradu Društva sveučilišnih nastavnika i drugih znanstvenika u Zagrebu mladim znanstvenicima i umjetnicima 2011. godine iz područja biomedicine za rad „Application of dosimetry systems and cytogenetic status of the child population exposed to diagnostic X-rays by use of the cytokinesis-block micronucleus cytome assay“ u kojem je istraživao učinak niskih doza ionizirajućeg zračenja u dječjoj populaciji izloženoj dijagnostičkim radiološkim pregledima. Član je nekoliko domaćih i međunarodnih znanstvenih društava od kojih i Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja. Područje interesa su mu genetička toksikologija, biodozimetrija te biomonitoring populacija.

## **4. Marko Gerić**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Marko Gerić je poslijedoktorand na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu, zaposlen od 2010. godine. Na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu završio je preddiplomski studij biologije, diplomski studij eksperimentalne biologije i doktorski studij. Dosad je sudjelovao na nekoliko međunarodnih i domaćih projekata iz područja toksikologije, istraživanja raka i zračenja. Štetne utjecaje kemijskih i fizikalnih agensa na molekulu DNA ispituje na staničnoj razini te na populacijama ljudi. Objavio je više od 20 znanstvenih radova i poglavlja u knjigama. Sudjelovao je u pripremi dvaju simpozija HDZZ-a kao član organizacijskog odbora.

### **SAŽETAK**

#### **IMI ZAGREB: OMNIBUS IZ MUTAGENEZE**

*Marko Gerić, Goran Gajski i Vera Garaj-Vrhovac*

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, Zagreb  
e-mail: [mgeric@imi.hr](mailto:mgeric@imi.hr)

Jedinica za mutagenezu više od 40 godina istražuje utjecaj ionizirajućeg i neionizirajućeg zračenja na molekularnoj razini. Primjenom citogenetičkih i molekularno bioloških metoda (test kromosomskih aberacija, mikronukleus test, komet test, testovi stanične vijabilnosti) moguće je pratiti citotoksičnost i genotoksičnost fizikalnih agensa na raznim biološkim uzorcima. Najčešće korišteni tip stanica su limfociti periferne krvi zbog svoje osjetljivosti, dostupnosti i dugovječnosti. Glavni aspekti istraživanja su na razini izloženih populacija te na staničnoj razini. U posljednjih nekoliko godina ispitivan je učinak ionizirajućeg zračenja (radionuklidi i x-zrake) i neionizirajućeg zračenja (ultrazvuk, radar) kod terapijski izloženih te profesionalno izloženih populacija. Osobama čije radno mjesto zahtijeva rad uz izvor zračenja, uz fizikalnu dozimetriju, preporuča se i periodična biološka dozimetrija. Nadalje, uočene su sezonske varijacije kod osoba izloženih sunčevu UV-zračenju. U toplijem dijelu godine ljudi su češće izloženi suncu, veći dio tijela je otkriven te je samo zračenje jače što dovodi do više razine oštećenja na molekuli DNA. Istraživanjima na staničnoj razini moguće je ispitati primjenu prirodnih spojeva kao radioprotektivnih ili radiosenzibilizirajućih molekula. Jedinica za mutagenezu surađuje s mnogim laboratorijima domaćih i stranih institucija te smo otvoreni za održavanje postojećih suradnji i pokretanje novih.

## **5. Gorana Karanović**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Gorana Karanović, dipl. ing. kemije (PMF, Zagreb). Od 1.1.2009. godine zaposlena je kao stručna suradnica u Laboratoriju za radioekologiju (LRE) Instituta Ruđer Bošković na poslovima koji uključuju rad s radioaktivnim izvorima zračenja, a 1.2.2016. godine imenovana je na dužnost predstavnice za kvalitetu u LRE te vodi i održava sustav upravljanja prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 u laboratoriju. U dosadašnjem radu stekla je iskustvo u razvoju i provođenju metoda odjeljivanja i detekcije radionuklida iz različitih vrsta uzoraka (uzorci iz okoliša, nuklearni ispusti) koristeći nuklearno-analičku instrumentaciju (tekućinski scintilacijski brojač - LSC TriCarb, proporcionalni brojači s poluvodičkim detektorom - i-Matic). Koautor je na 3 rada citirana u CC bazi. Članica je Nadzornog odbora HDZZ-a.

### **SAŽETAK**

#### **ISKUSTVO RADA U LABORATORIJU ZA RADIOEKOLOGIJU**

*Gorana Karanović*

Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, Zagreb

e-mail: [gorana.karanovic@irb.hr](mailto:gorana.karanovic@irb.hr)

Prema Pravilniku o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu, potrebno je pratiti stanje u svim dijelovima okoliša iz kojeg različitim putevima prijenosa radionuklida stanovništvo može biti ozračeno. U okolici RH nalaze se dvije nuklearne elektrane (NE), Krško i Paks te je neophodno sustavno pratiti koncentracije radionuklida u uzorcima voda, sedimenata i riba koji su potencijalno kontaminirani radi ispuštanja tekućih efluenata iz NE-na u rijeke Savu i Dunav. Laboratorij za radioekologiju već dugi niz godina temeljem komercijalnih ugovora vrši određivanje koncentracije radionuklida u takvim tipovima uzoraka. LRE je kod Hrvatske akreditacijske agencije akreditiran za 6 metoda određivanja radionuklida (Gama spektrometrijska određivanja, određivanje  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^3\text{H}$  te određivanje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti).

U ovom radu bit će prezentirano iskustvo rada na metodama određivanja  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ,  $^3\text{H}$  te određivanja ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti kao i iskustvo vođenja i održavanja sustava upravljanja prema normi HRN EN ISO/IEC 17025 u laboratoriju.



## **6. Mirta Milić**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Dr. sc. Mirta Milić, dipl. ing. mol. biol., viši znanstveni suradnik, radi na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada, Jedinica za mutagenezu 13 godina; završeno obrazovanje: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek; glavni profesionalni interesi: biomonitoring, DNK oštećenja i popravak, biomarkeri, izloženost populacija raznih kemijskim i fizikalnim agensima, genotoksikologija i nanotoksikologija; ostale profesionalne aktivnosti: mentor/komentor 4 diplomskih rada, postdoktorsko usavršavanje na IRCCS-Italija, član: Organizacijskog i Znanstvenog odbora 2. kongresa HDZZ-a, Znanstvenog odbora ICAW2017, Upravnog odbora i voditelj WG1 Cost akcije hCOMET, HDBUZ, HDZZ, MGS, CROTOX, EUROTOX. Važnije objavljene publikacije: poglavlje u knjizi - **Milić M**, Rozgaj R, Kašuba V, Jazbec A M, Hrelia P, Angelini S (2011) The influence of individual genome sensitivity in DNA damage repair assessment in chronic professional exposure to low doses of ionizing radiation. *In*: Chen CC. (ed.) DNA Repair—On the Pathways to Fixing DNA Damage and Errors - part II. InTech, Rijeka, Chapter 19, pp. 437-464; **Milić M**, Rozgaj R, Kašuba V, Jazbec AM, Starčević B, Lyzbicki B, Ravegnini G, Zenesini C, Musti M, Hrelia P, Angelini S. Polymorphisms in DNA repair genes: link with biomarkers of the CBMN cytome assay in hospital workers chronically exposed to low doses of ionising radiation. *Arh Hig Rada Toksikol.* 2015 66(2):109-120.

### **SAŽETAK**

#### **BIOLOŠKE METODE U BIODOZIMETRIJI, KALIBRACIJSKE KRIVULJE I UTJECAJ INDIVIDUALNIH RAZLIKA**

*Mirta Milić, Vilena Kašuba, Ružica Rozgaj, Davor Želježić, Goran Gajski, Marko Gerić, Vera Garaj-Vrhovac, Nevenka Kopjar*

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, Zagreb  
e-mail: [mmilic@imi.hr](mailto:mmilic@imi.hr)

U nuklearnim/radiološkim nesrećama bitnu ulogu u procjeni primljenih doza i učinaka zračenja na organizam imaju biodozimetrijske metode. IAEA i WHO propisale su 7 metoda u biodozimetriji i objasnile ih uz protokole u priručniku iz 2011. U tim metodama, 5 je bioloških (citogenetskih) metoda za krv: analiza kromosomskih aberacija; mikronukleus test; fluorescencijska *in situ* analiza kromosomskih translokacija; test prerano kondenziranih kromosoma te određivanje gama-H2AX točaka. Iako postoje protokoli, zbog različitih uvjeta, korištenja drugačijih vrsta kemikalija, te stručnosti i laboratorijskih internih protokola svakog laboratorija, preporuča se

napraviti vlastite kalibracijske krivulje. Dva dostupna softwera - CABAS i Dose Estimate - dizajnirana su da pomognu u procjenama, no koeficijente koje koriste ovi software-i ipak treba prilagoditi uvjetima koje koristi svaki pojedini laboratorij. Pomoć u takvim kalibracijskim krivuljama nudi i europska mreža dežurnih biodozimetrijskih laboratorija za radiološke i nuklearne nesreće RENEb koji često provode interkalibracijske vježbe među svojim laboratorijima. Kalibracijska krivulja se može usporediti sa krivuljama RENEb laboratorija te ustvrditi odstupanja i modele po kojima bi se na temelju bioloških učinaka mogla procijeniti ukupno primljena doza svakog pojedinca u određenom laboratoriju. Naravno, veliku ulogu u procjeni učinka zračenja imaju i interindividualne razlike. Jedinica za mutagenezu je jedini laboratorij u Republici Hrvatskoj koji se bavi takvim metodama.

## **7. Mihaela Mlinarić**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Mihaela Mlinarić zaposlena je u Odjelu za medicinsku fiziku Klinike za onkologiju i nuklearnu medicinu KBC-a Sestre milosrdnice. S radom u KBC-u počela je u ljeto 2011. godine, na Odjelu za radioterapiju Klinike za tumore, a na trenutnom radnom mjestu je od veljače 2012. godine. Diplomirala je 2010. godine istraživački smjer na Fizičkom odjelu Prirodoslovno–matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu s temom diplomskog rada iz fizike čvrstog stanja. Poslijediplomski doktorski studij fizike, smjer Medicinska fizika upisuje 2013., te je trenutno upisana na 2. godinu studija. U svakodnevnom poslu, kao medicinska fizičarka zaposlena u bolnici, najviše se bavi radioterapijom, uz dio poslova vezanih uz zaštitu od zračenja. Svakodnevno sudjeluje u procesu izrade radioterapijskih planova za onkološke bolesnike i provodi kontrolu kvalitete radioterapijske opreme. Do sad je objavila jedan članak vezan za temu diplomskog rada (M. Milinković, G. Bilalbegović. *NMR and NQR parameters of ethanol crystal*; Chemical Physics Letters, Volume 531, 2. travnja 2012) i sudjelovala izlaganjem na dva simpozija HDZZ-a (*Provjera računa apsorbirane doze u XiO računalnom sustavu za planiranje radioterapije*; 2013. i *Određivanje atenuacije sustava za postavljanje bolesnika u radioterapiji*; 2015.), te posterom na sastanku Alpe Adria udruženja medicinskih fizičara (*Analysis of daily and weekly linac dosimetric checks*, 2016).

## SAŽETAK

### PLANIRANJE RADIOTERAPIJE

*Mihaela Mlinarić*

KBC Sestre milosrdnice, Vinogradska 29, Zagreb

e-mail: [mihaela.mlinaric@kbcsm.hr](mailto:mihaela.mlinaric@kbcsm.hr)

Radioterapija je uz kirurgiju i kemoterapiju, ovisno o indikaciji, primarni način liječenja onkoloških bolesnika, pri kojem se bolesnik izlaže ionizirajućem zračenju sa svrhom uništavanja zloćudnih stanica. Moderne tehnike radioterapije zahtijevaju visoku geometrijsku i dozimetrijsku preciznost u isporuci zračenja kako bi se postigao optimalan odnos kontrole tumora i poštude zdravog tkiva. Medicinski fizičari važan su dio multidisciplinarnog tima koji provodi radioterapiju. Na fizičaru leži odgovornost za dozimetrijske, mehaničke i sigurnosne značajke uređaja, odabir parametara terapijskih snopova zračenja te konačnu prilagodbu raspodjele doze prema uvjetima koje je propisao liječnik za pojedinog bolesnika.

Cilj izlaganja je predstaviti važan dio svakodnevnog posla medicinskih fizičara zaposlenih na radioterapijskom odjelu. Opisat će se općenita procedura izrade plana zračenja za pojedinog bolesnika, usporedit će se tipični planovi za više tumorskih sijela i predstaviti posebnosti nekoliko kompliciranijih slučajeva.

## **8. Marijana Nodilo**

### KRATAK ŽIVOTOPIS

Marijana Nodilo radi na Institutu Ruđer Bošković (IRB) u Laboratoriju za radijacijsku kemiju i dozimetriju Zavoda za kemiju materijala od sredine 2017. Na IRB-u radi od početka 2008. godine u Laboratoriju za radioekologiju Zavoda za istraživanje mora i okoliša na određivanju niskih aktivnosti radioizotopa u složenim uzorcima te projektima monitoriga različitih okolišnih sustava. Diplomirala je 2007. na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije na kojem je i doktorirala 2014. Inženjersku kemiju. Usavršavala se na više radionica i škola te tijekom jednogodišnjeg postdokorskog boravka na Sveučilištu Comenius u Bratislavi i tromjesečne IAEA-ine izobrazbe iz nuklearne forenzike na Centre for Energy Research u Budimpešti. Koautorica je više radova i izvješća s konferencija.

## SAŽETAK

### ODREĐIVANJE KONCENTRACIJE RADIOIZOTOPA U PRIRODNIM UZORCIMA S OTOKA MLJETA, HRVATSKA

*Marijana Nodilo*

Institut Ruđer Bošković, Laboratorij za radijacijsku kemiju i dozimetriju, Bijenička c. 54,  
10 000 Zagreb, Hrvatska  
e-mail: [mnodilo@irb.hr](mailto:mnodilo@irb.hr)

Na predavanju ću ukratko izložiti svoj rad na određivanju ciljanih radioaktivnih izotopa iz uzoraka kostiju ( $^{90}\text{Sr}$  i  $^{210}\text{Pb}$ ) te tla crvenice (tal. *terra rossa*) s otoka Mljeta. Koze su odličan izvor hrane na otoku koji inače oskudijeva resursima. Stroncij i olovo se talože u kostima tijekom života životinje tako da se mogu upotrijebiti kao dio monitoringa okoliša. Drugi dio istraživanja je uključivao određivanje izotopa stroncija  $^{90}\text{Sr}$ , alfa emitera (izotopa americija i plutonija) te prirodnih i antropogenih gama emitera u uzorcima tla prikupljenih u Nacionalnom parku Mljet u blizini površina na kojima se napasaju koze. Određivanjem koncentracije aktivnosti ciljanih radioizotopa napravljeno je snimanje trenutnog stanja, a rezultati su pokazali prisutnost antropogenih radioizotopa u prikupljenim uzorcima.

## 9. Marina Poje Sovilj

### KRATAK ŽIVOTOPIS

Marina Poje Sovilj trenutno je zaposlena kao docent na Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i kao voditelj Laboratorija za niske radioaktivnosti. Na istom je Sveučilištu završila diplomski studij fizike i politehnike. Na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 2007. godine upisuje poslijediplomski doktorski studij, smjer atomska i molekulska fizika. 2012. brani doktorsku disertaciju i stječe titulu doktora znanosti. Glavno područje interesa je radioaktivnost u okolišu s glavnim fokusom na radon  $^{222}\text{Rn}$ . Dosad je sudjelovala na nekoliko domaćih projekata iz područja radioaktivnosti u okolišu ali i zaštiti od zračenja. Autorica ili koautorica je na 20 znanstvenih i stručnih radova. Sudjelovala je u organizaciji nekoliko simpozija HDZZ-a kao član organizacijskog odbora, a na posljednjem 11. Simpoziju održanom 2017. u Osijeku, bila je i predsjednica organizacijskog odbora. Članica je Upravnog odbora HDZZ-a.

## SAŽETAK

# MJERENJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI RADONA $^{222}\text{Rn}$ U REPUBLICI HRVATSKOJ – DOSADAŠNJI REZULTATI I PLANOVI ZA BUDUĆNOST

*Marina Poje Sovilj, Vanja Radolić, Igor Miklavčić, Denis Stanić*  
Odjel za fiziku Sveučilišta u Osijeku, Trg Ljudevita Gaja 6  
e-mail: [marina.poje@fizika.unios.hr](mailto:marina.poje@fizika.unios.hr)

Laboratorij za niske radioaktivnosti Odjela za fiziku Sveučilišta u Osijeku bavi se problematikom mjerenja koncentracije aktivnosti radona  $^{222}\text{Rn}$  više od 20 godina. U Laboratoriju se određuju koncentracije aktivnosti radona u zraku, vodi i tlu. Iz dosadašnjih rezultata važno je istaknuti izrađen preliminarni zemljovid koncentracije aktivnosti radona na teritoriju RH, istraživanje povezanosti koncentracije radona sa seizmičkom aktivnošću, mjerenje koncentracije aktivnosti radona u termalnoj vodi u toplicama, špiljama i jamama te dr. Danas su primarni predmet interesa Laboratorija sustavna istraživanja radona – jednogodišnja mjerenja koncentracije aktivnosti radona u zraku u kućama, školama i vrtićima, kao i određivanje koncentracije aktivnosti radona u tlu i permeabilnosti tla s ciljem uočavanja „radonu sklonih područja“ na teritoriju RH. Identifikacija i prostorna vizualizacija takvih područja u obliku zemljovida jedna je od obveza Republike Hrvatske prema Direktivi Europskog vijeća (2013/59/EURATOM) koja obvezuje sve zemlje članice EU da će „identificirati područja gdje se očekuje da srednja godišnja aktivnost koncentracije radona u značajnom broju kuća i drugih zatvorenih objekata na tom području prelazi propisanu nacionalnu referentnu vrijednost ne više od  $300 \text{ Bq/m}^3$ “. Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost kao regulatorno tijelo u RH, koordinator je tih istraživanja te uz njihovu financijsku pomoć Laboratorij sustavno mjeri koncentraciju aktivnosti radona po teritorijalnim jedinicama RH.

## 10. Marko Šoštarić

### KRATAK ŽIVOTOPIS

Rođen 1986. u Koprivnici. Diplomirao 2010. na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Doktorirao 2017. na istom fakultetu s temom doktorskog rada „Radiološka svojstva tla u Republici Hrvatskoj“, gdje je voditelj bio dr. sc. Dinko Babić. Stekavši diplomu inženjera fizike, godinu dana radio je kao nastavnik matematike, a od 2012. radi kao znanstveni novak na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada u Jedinici za zaštitu od zračenja. Dosadašnje rezultate istraživanja objavio je u 3 rada u časopisima zastupljenima u bazi

## SAŽETAK

### RADIOLOŠKA SVOJSTVA TLA U REPUBLICI HRVATSKOJ

*Marko Šoštarić*

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, 10000 Zagreb

e-mail: [msostaric@imi.hr](mailto:msostaric@imi.hr)

Rad prikazuje istraživanje radioloških svojstava tla na području Republike Hrvatske. U svrhu tog istraživanja provedeno je gama spektrometrijsko mjerenje 155 uzoraka tla, od čega 138 uzoraka s nekultiviranih površina i 17 uzoraka s poljoprivrednih površina. Uzorci su sustavno uzorkovani na cijelom području Republike Hrvatske. Provedena je i korekcija samoatenuacije gama fotona pomoću metode koja je razvijena u sklopu provedenog istraživanja. Metoda je temeljena na mjerenju transmisija gama fotona kroz uzorke i na Monte Carlo simulacijama. Provedenim mjerenjima dobivene su koncentracije aktivnosti radionuklida u uzorcima, na temelju kojih je dobivena općenita slika stanja radioaktivnosti u tlu na području Republike Hrvatske. Određene su koncentracije aktivnosti radionuklida prirodne pojavnosti i antropogenih radionuklida, koje su prikazane na mapi Republike Hrvatske. Koncentracije aktivnosti uspoređene su s parametrima tla, te s drugim geografskim i klimatološkim parametrima. Na temelju mjerenih koncentracija aktivnosti izračunate su brzine apsorbiranih doza od vanjskog izlaganja zračenju od radionuklida iz tla, koje su također prikazane na mapi. S obzirom na relativno velike geografske i klimatološke razlike na malom području Republike Hrvatske, opisano istraživanje idealno je za procjenu rizika od potencijalnih ispuštanja većih količina antropogenih radionuklida u okoliš. Istraživanje vezano uz poljoprivredna tla prvi je korak u proučavanju ulaska radionuklida u hranidbene lance.

## 11. Ivana Tucaković

### KRATAK ŽIVOTOPIS

Ivana Tucaković radi na mjestu suradnika na stručnim poslovima gama spektrometrije u Laboratoriju za radioekologiju (LRE) Zavoda za istraživanje mora i okoliša na Institutu Ruđer Bošković od ljeta 2015. godine. Radi na određivanju radioaktivnosti u različitim vrstama uzoraka korištenjem gama spektrometrije, na unaprijeđenju tehnike mjerenja, na standardnim i matematičkim kalibracijama efikasnosti HPGe detektorskih sustava, te na temama iz radioekologije u svrhu boljeg

razumijevanje biogeokemijskog ponašanja prirodnih i umjetnih radionuklida u okolišu. LRE prikuplja i analizira različite vrste uzoraka iz okoliša, te također traži najpogodnije bioindikatorske vrste za određivanje razine radioaktivnosti u okolišu, uglavnom kontaminacije  $^{137}\text{Cs}$ .

Završila je inženjerski smjer fizike (eksperimentalne) na PMF-u u Zagrebu uz diplomski rad izrađen na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada. Doktorski studij fizike završila je na Drugom Rimskom Sveučilištu „Tor Vergata“ uz Doktorski rad izrađen u Nacionalnom laboratoriju u Frascatiju, Instituta za Nuklearnu Fiziku (LNF-INFN).

## SAŽETAK

### GAMA SPEKTROMETRIJSKA MJERENJA U LABORATORIJU ZA RADIOEKOLOGIJU IRB-A

*Ivana Tucaković*

Institut Ruđer Bošković, Laboratorij za radioekologiju

e-mail: [ivana.tucakovic@irb.hr](mailto:ivana.tucakovic@irb.hr)

U Laboratoriju za radioekologiju IRB-a za određivanje radioaktivnosti gama spektrometrijom koristimo nekoliko Canberrinih HPGe detektorskih sustava različite vrste, relativne efikasnosti, rezolucije i drugih karakteristika. Osim kalibracija efikasnosti korištenjem standardnih materijala poznatih aktivnosti i sastava, te drugih referentnih materijala, postoji i mogućnost kalibracije efikasnosti detektora matematičkim putem. U LRE se bavim upravo kalibracijom detektorskih sustava matematičkim putem korištenjem Canberinog softvera LabSOCS, za različite vrste detektora te mjerenih matrica. Radim na validaciji te metode za određivanje radioaktivnosti u različitim vrstama uzoraka, i na usporedbi sa standardnim kalibracijama te sa matematičkim kalibracijama provedenima na druge načine, drugim programima.

Gama spektrometrijska mjerenja koristimo, između ostalog, za proučavanje biogeokemijskog ponašanja radionuklida u okolišu, te selekciju bioindikatora za pojedine vrste radionuklida u okolišu. U izlaganju će biti rečeno više podataka vezano za dva primjera takvih istraživanja. Jedno od istraživanja na nekoliko vrsta gljiva pokazalo je njihovu značajnu raznolikost u povlačenju i akumuliranju  $^{137}\text{Cs}$  iz okoliša, posebice s obzirom na to radi li se o saprotrofskim ili simbiotskim vrstama. Drugim istraživanjem uočeno je da je jedan od najboljih kompozitnih reprezentativnih uzoraka za određivanje kontaminacije područja med budući da sadrži materijal kojeg pčele prikupe s ogromnog broja točaka u krugu do 30 km<sup>2</sup>.