



## 2. skup sekcije mladih HDZZ-a

INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ

Bijenička cesta 54, HR - 10000 Zagreb

11. veljače 2020.

ORGANIZACIJA

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

Marijana Nodilo  
marjana.nodilo@rb.hr

# IDEJA

## SAMOSTALNO OKUPLJANJE MLADIH ZNANSTVENIKA

### VAŽNI DATUMI

- PRVA OBAVIJEST  
17. prosinca 2019.
- DRUGA OBAVIJEST  
10. siječnja 2020.
- PRIJAVA SUDJELOVANJA I  
SAŽETAK RADA  
20. siječnja 2020.
- OBAVIJEST O PRIHVAĆANJU  
31. siječnja 2020.
- ODRŽAVANJE SKUPA  
11. veljače 2020.

### KOTIZACIJA

- 80,00 kn (pokriva ručak i osvježenje u pauzama)
- Uplatiti na: Hrvatsko društvo za zaštitu od zračenja.  
IBAN: HR5423600001101254463  
SWIFT: ZABHR2X  
OIB: 70064657773  
Zagrebačka banka d.d., Zagreb, Trg bana Josipa Jelačića 10  
Svrha uplate: Kotizacija za 2. skup sekcije mladih HDZZ-a,  
obavezno upisati ime i prezime sudionika.

### SUDIONICI

Članovi Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja i srodnih društava, mlađi od 40 godina ili manje od 10 godina radnog iskustva u polju  
Zainteresirani sudionici trebaju popuniti obrazac za prijavu na web stranici [www.hdzz.hr](http://www.hdzz.hr) s kratkim životopisom i sažetkom predavanja. Na skupu je potrebno održati kratko predavanje (10 min) o svom poslu, istraživanju 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

Nastavak održavanja Skupa u godinama kad se ne održava Simpozij HDZZ-a. Tijekom Simpozija HDZZ-a planirano je i dalje održavanje posebnog poludnevnog sastanka mladih.

- Predlažemo uvođenje posebne kategorije s nagradom za najbolje izlaganje/najbolji poster za mlade!

Cilj okupljanja je i bolja suradnja s mladima srodnih društava.

TEMA:

# ZNANOST O ZRAČENJU

## **Raspored**

8:30 – 9:30 Kava i registracija

9:30 – 9:50 Pozdravni govor, otvaranje Skupa i zajedničko fotografiranje sudionika

9:50 – 11:00 Predavanja

9:50 – 10:10 **Ante Matanić**, *Kontrola kvalitete u radioterapiji*

10:10 – 10:30 **Ivana Zamboni**, *Izazovi radioterapije pacijenata sa srčanim ugradbenim elektroničkim uređajima (CIED)*

10:30 – 10:50 **Marko Gerić**, *Umrežavanje na Simpoziju mladih HDZZ-a: studija biomonitoringa djece izložene rendgenu sinusa*

11:00 – 12:00 Ručak

12:00 – 13:30 Predavanja

12:00 – 12:40 **Katja Magdić Košiček**, *Metode pripreme tankih filmova za izolaciju i određivanje Fe-55*

12:40 – 13:00 **Ivana Coha**, *Usporedba sorpcije Sr na prirodni zeolit klinoptilolit i sintetički zeolit ZAA*

13:00 – 13:20 **Ivana Tucaković**, *Primjena gama spektrometrije u datiranju sedimenata određivanjem Pb-210 i Cs-137*

13:30 – 14:00 Kava

14:00 – 14:40 Predavanja

14:00 – 14:20 **Marina Poje Sovilj**, *Neutronska komponenta ambijentalnog doznog ekvivalenta na zrakoplovnim visinama*

14:20 – 14:40 **Luka Pavelić**, *Razvoj dozimetrijskog detektora visoke rezolucije za mjerenja u impulsnim poljima*

14:40 – 15:00 **Marijana Nodilo**, *Nuklearna forenzika – osnovni pojmovi i implementacija na IRB-u*

15:00 – 15:40 Rasprava, izbor predstavnika mladih i završna riječ

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

1. Ana Buinac, KBC Zagreb, Odjel medicinske fizike, [ana.buinac@kbc-zagreb.org](mailto:ana.buinac@kbc-zagreb.org);
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, Jedinica za mutagenezu, [ggajski@imi.hr](mailto:ggajski@imi.hr);
4. Marko Gerić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, 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. Katja Magdić Košiček, Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Laboratorij za radioekologiju, [kmagdic@irb.hr](mailto:kmagdic@irb.hr);
7. Ante Matanić, KBC Sestre milosrdnice, Odjel za medicinsku fiziku, [ante.matanic@kbcsm.hr](mailto:ante.matanic@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. Luka Pavelić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Jedinica za dozimetriju zračenja i radiobiologiju, [lpavelic@imi.hr](mailto:lpavelic@imi.hr);
10. Marina Poje Sovilj, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, [marina.poje@fizika.unios.hr](mailto:marina.poje@fizika.unios.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);
12. Ivana Zamboni, KBC Zagreb, Odjel medicinske fizike, [ivana.zamboni@kbc-zagreb.org](mailto:ivana.zamboni@kbc-zagreb.org).

## **1. Ana Buinac**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Radi kao medicinska fizičarka na KBC-u Zagreb od 2009. godine kada je diplomirala fiziku na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Ima široke profesionalne interese, redovito se obrazuje na međunarodnim školama i radionicama te sudjeluje u međunarodnim projektima. Koautorica je više znanstvenih članaka:

(<https://www.bib.irb.hr/pretraga?operators=and|Buinac,%20Ana|text|author>).

## **2. Ivana Coha**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Radi na Institutu Ruđer Bošković u Laboratoriju za radioekologiju (LRE). S radom je počela početkom 2011. godine u Laboratoriju za fizičku kemiju vodenih sustava, a od kraja iste godine radi u LRE. Diplomirala je na Prehrambeno-biotehnološkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a doktorirala na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije istog sveučilišta na temu brzog određivanja izotopa Sr-89,90 u kompleksnim uzorcima direktno na kromatografskoj koloni. Glavno područje interesa su joj je radioaktivnost u okolišu te razvoj metoda za brzo određivanje čistih alfa i/ili beta emitera. Autorica ili koautorica je na 20 znanstvenih i stručnih radova. Bila je predsjednica Organizacijskog odbora 12. Simpozija HDZZ-a, održanog 2019. godine u Varaždinu.

### **SAŽETAK**

#### **USPOREDBA SORPCIJE Sr NA PRIRODNI ZEOLIT KLINOPTILOLIT I SINTETIČKI ZEOLIT Z4A**

*Ivana Coha*

Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, Zagreb

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

Zeoliti su hidratizirani mikroporozni alumosilikati s otvorenom trodimenzionalnom kristalnom strukturom, a mogu biti prirodni ili sintentizirani. Zbog svojih svojstava mogu aktivno apsorbirati vodu, ali i razna kemijska i biološka onečišćenja: teške metale, nitrata, pesticide, radionuklide, ulja. U ovom radu ispitivani su uvjeti sorpcije stroncija na prirodni zeolit iz Rumunjske pokrajine Zalau te sintetički zeolit Z4A, proizveden u tvornici Alumina d.o.o., Bosna i Hercegovina. Dobiveni rezultati pokazuju kako sintetički zeolit Z4A ima puno veći afinitet i selektivnost prema ionima stroncija. Stoga je navedeni materijal korišten za razvoj analitičke

metode određivanja Sr-90 u vodenim uzorcima. Dodatno je ispitana mogućnost korištenja Z4A za dekontaminaciju tekućeg radioaktivnog otpada s visokim sadržajem soli.

### **3. Goran Gajski**

#### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Znanstveni je suradnik u Jedinici za mutagenezu Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu na kojem radi 12 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 voditelj i 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 Sveučilištu „Szent István” u Gödöllő, Mađarska. Do sada je objavio više od 90 znanstvenih, stručnih i preglednih radova i poglavlja u knjigama te je citiran preko 1000 puta. Dobitnik je nekoliko domaćih i inozemnih nagrada i stipendija od kojih ističe Danubius Young Scientist Award 2016. godine, nagradu društva American College of Toxicology 2018. godine, te nagradu Društva sveučilišnih nastavnika i drugih znanstvenika u Zagrebu 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 te radne skupine Biotehnologija, Odbora za primijenjenu genomiku Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti. Područje interesa su mu genetička toksikologija, biodozimetrija te biomonitoring populacija.

### **4. Marko Gerić**

#### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Radi kao 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. Znanstveni interesi su mu genetička toksikologija i biomonitoring populacija. Štetne utjecaje kemijskih i fizikalnih agensa na molekulu DNA ispituje na staničnoj razini te na populacijama ljudi. Objavio je 34 znanstvena rada, 3 poglavlja u knjigama, a ima 320 citata i h-index 10. Dosad je sudjelovao na više međunarodnih i domaćih projekata iz područja toksikologije, istraživanja raka i zračenja. Također, sudjelovao je u pripremi dvaju simpozija HDZZ-a kao član organizacijskih odbora.

## SAŽETAK

### UMREŽAVANJE NA SIMPOZIJU MLADIH HDZZ-A: STUDIJA BIOMONITORINGA DJECE IZLOŽENE RENDGENU SINUSA

*Marko Gerić<sup>1</sup>, Mirta Milić<sup>1</sup>, Marijana Nodilo<sup>2</sup>, Mária Ranogajec-Komor<sup>2</sup>, Đurđica Milković<sup>3</sup>, Goran Gajski<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, Zagreb

<sup>2</sup>Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, Zagreb

<sup>3</sup>Dječja bolnica Srebrnjak, Srebrnjak 100, Zagreb

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

Umrežavanje je važan aspekt znanstvenog rada jer podrazumijeva razmjenu informacija, pronalazak suradnika, te prepoznavanje poslovne prilike i djelovanje ka njenom ostvarivanju. U sklopu prošlog Skupa mladih, formiran je novi tim koji je pokrenuo pilot istraživanje učinaka rendgena sinusa na pedijatrijske bolesnike. Primjenom novih biomarkera učinka – mikronukleusa bukalnih epitelnih stanica praćene su promjene u razini oštećenja DNA, staničnom preživljenju i staničnoj proliferaciji na 20 ispitanika. Fizikalnom dozimetrijom određene su doze na četiri lokacije na glavi ispitanika. Najveća doza zabilježena je na zatiljku pri ulazu primarnog snopa zračenja ( $666 \pm 214 \mu\text{Gy}$ ), dok je na ostalim lokacijama doza značajno niža (do  $54 \mu\text{Gy}$ ). Jedini parametar bukalnog mikronukleus testa koji je dosegao statističku značajnost nakon izloženosti jest kondenzirani kromatin koji je indikator rane faze apoptoze. Kako bi se povećala snaga istraživanja i preciznost rezultata, potreban je veći broj ispitanika. Simpoziji mladih mogu poslužiti kao mjesta za razvoj novih ideja, poznanstava i istraživanja.

## 5. Gorana Karanović

### KRATAK ŽIVOTOPIS

Zvanje dipl. ing. kemije stekla je na Prirodoslovno–matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Zaposlena je kao viša stručna suradnica u Laboratoriju za radioekologiju (LRE) Instituta Ruđer Bošković (od 1.1.2009.) na poslovima koji uključuju rad s radioaktivnim izvorima zračenja, a 1.2.2016. godine imenovana je predstavnicom 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-analitičku 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.

## **6. Katja Magdić Košiček**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Diplomski studij kemije, smjer diplomirana inženjerka kemije, završila je na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a doktorski studij kemije na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije istog sveučilišta. Tijekom studija stekla je znanja i vještine za rad u analitičkom i elektrokemijskom laboratoriju. Na Institutu Ruđer Bošković zaposlila se 2008. godine kao stručna suradnica u Laboratoriju za sintezu i procese samoorganizacije organskih molekula. 2009. godine počela je raditi kao znanstvena novakinja u Laboratoriju za fizičku kemiju tragova te je tamo 2014. izradila doktorsku disertaciju pod nazivom „Elektrokemijska impedancijska spektroskopija u karakterizaciji nemodificiranih i elektrokemijski modificiranih ugljikovih elektroda“. 2016. godine kao znanstvena novakinja – poslijedoktorandica počinje raditi u Laboratoriju za radioekologiju gdje radi na poslovima koji uključuju rad s radioaktivnim izvorima zračenja, metodama separacije, detekcije i kvantifikacije radionuklida u modelnim i okolišnim uzorcima korištenjem nuklearne analitičke instrumentacije. Godinu dana, od studenog 2018. do studenog 2019., provela je na postdoktorskom usavršavanju na Institutu Jožef Stefan u Ljubljani gdje je radila na optimizaciji metoda za pripremu i mjerenje radionuklida  $^{55}\text{Fe}$  u realnim uzorcima primjenom  $\gamma$ -spektrometrije.

### **SAŽETAK**

#### **METODE PRIPREME TANKIH FILMOVA ZA IZOLACIJU I ODREĐIVANJE Fe-55**

*Katja Magdić Košiček*  
Institut Ruđer Bošković, Bijenička c. 54, Zagreb  
e-mail: [kmagdic@irb.hr](mailto:kmagdic@irb.hr)

Fe-55 je jedan od radioaktivnih elemenata prisutnih u materijalima nuklearnih elektrana (kao što je beton te razni konstrukcijski čelični dijelovi iz nuklearnih elektrana) jer nastaje neutronsom ( $n,\gamma$ ) aktivacijom Fe-54 i ( $n,2n$ ) aktivacijom Fe-56, a raspada se elektronskim zahvatom pri čemu emitira X-zrake od 5,9 keV. Fe-55 se može mjeriti direktno pomoću detektora  $\gamma$ - i X-zraka, no zbog niske energije zračenja veliki problem kod analize predstavlja atenuacija. Iz tog razloga treba paziti da analizirani uzorak bude što tanji i homogeniji kako bi se gubitak energije sveo na minimum te kako bi se dobili točni i reproducibilni rezultati. U svrhu dobivanja tankog i homogenog filma željeza, pogodnog za analizu gama spektrometrijom, cilj rada je bio optimizacija dviju metoda: 1.) metoda taloženja amonijevim piridin ditiokarbamatom (APDC) te 2.) elektrodepozicija. Metoda taloženja APDC-om temelji se na selektivnom stvaranju kompleksnih spojeva pojedinih metala, uključujući i željeza, s APDC-om dok se kod elektrodepozicije metali

prisutni u otopini deponiraju na katodu. Obje metode pokazale su se kao brze i jednostavne za pripremu uzoraka koji sadrže visoku koncentraciju stabilnog željeza te su u oba slučaja dobiveni tanki i homogeni filmovi pogodni za gama spektrometrijsku analizu pri čemu je dobiveno dobro slaganje između mjerenih i eksperimentalnih vrijednosti.

## **7. Ante Matanić**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Diplomirao je fiziku i informatiku na Odjelu za fiziku Sveučilišta u Osijeku u studenome 2014. godine. Sticao je radno iskustvo kao nastavnik u osnovnim i srednjim školama, a zadnjih godinu dana radi kao medicinski fizičar na Odjelu za medicinsku fiziku KBC-a Sestre milosrdnice u Zagrebu. Također, sudjeluje kao asistent u nastavi na Zdravstvenom veleučilištu.

### **SAŽETAK**

#### **KONTROLA KVALITETE U RADIOTERAPIJI**

*Ante Matanić*

KBC Sestre milosrdnice, Odjel za medicinsku fiziku, Vinogradska cesta 29, Zagreb  
e-mail: [ante.matanic@kbcsm.hr](mailto:ante.matanic@kbcsm.hr)

Kontrola kvalitete u radioterapiji obuhvaća postupke kojima se provjeravaju značajke radioterapijskih uređaja kako bi se osigurala sigurna i pouzdana isporuka doze ionizirajućeg zračenja pacijentima. Na Klinici za onkologiju i nuklearnu medicinu KBC-a Sestre milosrdnice koristi se linearni akcelerator Elekta Synergy. Procedure kontrole kvalitete obavljaju se dnevno, tjedno, mjesečno, tromjesečno i godišnje, a provode se i nakon servisa uređaja. Postupci obuhvaćaju provjeru dozimetrijskih, mehaničkih i sigurnosnih parametara linearnog akceleratora. U svom izlaganju navest ću i opisati neke od tih postupaka. Svaki tjedan provjerava se isporuka doze ionizirajućeg zračenja u sklopu provjere dozimetrijskih parametara. Doza se mjeri pomoću elektrometra i ionizacijske komorice koja se postavlja u vodeni fantom te se dobiveni iznos uspoređuje s referentnim vrijednostima. Određivanje položaja i veličine izocentra zračenja je važan test u okviru mjesečne kontrole kvalitete mehaničkih značajki akceleratora. Za testiranje se najčešće koristi tzv. „*starshot*” metoda, gdje se zračenjem radiokromskog filma uskim poljima pod različitim kutevima stativa, stola i kolimatora stvara „zvjezdasti” uzorak. Analiziranjem tog uzorka je moguće odrediti veličinu i položaj izocentra zračenja.



## **8. Marijana Nodilo**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Radi na Institutu Ruđer Bošković (IRB) u Laboratoriju za radijacijsku kemiju i dozimetriju (LRKD) Zavoda za kemiju materijala od 2017. kao stručna suradnica na poslovima vezanima uz dozimetriju i radijacijske tehnologije. Na IRB-u je počela radi od početka 2008. godine u Laboratoriju za radioekologiju (LRE) 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 Sveučilišta u Zagrebu na kojem je i doktorirala 2014. Inženjersku kemiju. Usavršavala se na nizu radionica i škola te tijekom jednogodišnjeg postdokorskog boravka na Sveučilištu Comenius u Bratislavi, Slovačka, tromjesečne IAEA-ine izobrazbe iz nuklearne forenzike na Centre for Energy Research u Budimpešti, Mađarska (koju će predstaviti ovim predavanjem) te tijekom trojednog boravka na SCK•CEN-u (Belgian Nuclear Research Centre), Mol, Belgija. Koautorica je više radova i izvješća s konferencija. Članica je EURADOS WG3 (Okolišna dozimetrija) te sudjeluje na više znanstvenih projekata i projektima s gospodarstvom.

### **SAŽETAK**

#### **NUKLEARNA FORENZIKA – OSNOVNI POJMOVI I IMPLEMENTACIJA NA IRB-U**

*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)

Nuklearna forenzika je dio forenzične znanosti koji se bavi ispitivanjem nuklearnih ( $^{233,235,238}\text{U}$ , plutonij) i ostalih radioaktivnih materijala (većina se koristi u medicini i industriji), ili drugih dokaza kontaminiranih radioizotopima, koji su uključeni u neki pravni postupak, primjerice istragu. Naime, takvi materijali predstavljaju rizik ako nisu pod nadzorom tijela s ovlaštenjem (u Republici Hrvatskoj takva ovlaštenja izdaje MUP, Ravnateljstvo civilne zaštite). Glavna zadaća nuklearne forenzike je različitim analizama preko sastava izotopa, kemijskog sastava i fizikalnih karakteristika odrediti pokazatelje svih proizvodnih procesa, porijekla sirovine, namjene, starost, gdje i kako je materijal došao izvan regulatorne kontrole te sve ostale podatke koji mogu spriječiti nezakonite i zlonamjerne radnje ili biti prvi odgovor na njih. Takvi rezultati predstavljaju vitalne dokaze istrage. Sve više zemalja formalno organizira svoje djelovanje u području nuklearne forenzike zbog događaja kao što su gubljenje radioaktivnih izvora i nezakonita trgovina radioaktivnim materijalima. Institut Ruđer Bošković (IRB) raspolaže s iskusnim djelatnicima i

instrumentacijom u većini znanstvenih polja te širokim spektrom ekspertiza. Dio stručnjaka ima povremeno iskustva s nuklearnom forenzikom, ali zavodi i laboratoriji nisu organizirani u zajedničku platformu. Mađarski primjer dokazuje kako je model zajedničke platforme različitih dijelova iste znanstvene institucije pogodan za manje zemlje te omogućava osnaživanje postojećih kapaciteta, povećanje znanja, ekspertiza i suradnje u svim poljima djelatnosti.

## **9. Luka Pavelić**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Diplomirao je 2014. godine na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu te se zaposlio na istom fakultetu kao asistent u naslovnom zvanju i kao suradnik na HAMAG-BICRO projektu "Provjera koncepta za polarizacijsku pozitronsku emisijsku tomografiju". Nakon završetka projekta, 2017. zaposlio se na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada u Jedinici za dozimetriju zračenja i radiobiologiju kao asistent. Istovremeno je upisao doktorski studij elektronike na Fakultetu elektrotehnike i računarstva iz područja nuklearne instrumentacije. Glavni profesionalni interesi su mu razvoj detektora ionizirajućeg zračenja primjenjivih na dozimetriju zračenja i medicinska oslikavanja, Monte Carlo simulacije. Autor je i koautor više publikacija.

### **SAŽETAK**

#### **RAZVOJ DOZIMETRIJSKOG DETEKTORA VISOKE REZOLUCIJE ZA MJERENJA U IMPULSNIM POLJIMA**

*Luka Pavelić*

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Ksaverska cesta 2, Zagreb  
e-mail: lpavelic@imi.hr

Tek nedavno, komercijalno dostupni elektronički dozimetri počeli su pokazivati zadovoljavajuće performanse pri mjerenju doze u impulsnim poljima ionizirajućeg zračenja. Koristeći moderne instrumente, direktno mjerenje brzine doze u impulsnim poljima još uvijek nije moguće. Motivirani nedostacima postojeće instrumentacije, na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada razvili smo kompaktni detektor za mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta s ciljem prevladavanja postojećih tehnoloških problema koji su prisutni kod mjerenja impulsnih polja. Detektor je baziran na NaI(Tl) scintilatoru i silicijskom fotomultiplikatoru. Signal iz detektora pojačan je brzim ne invertirajućim pojačalom pa digitaliziran osciloskopom s visokom

dubinom memorije za naknadnu analizu. Kako bi postigli odgovarajući energijski odziv, kroz Monte Carlo simulacije dizajniran je energijski kompenzacijski filter koji oklapa detektor. Performanse detektora istražene su kroz mjerenja u raspršenog zračenja i mjerenja u snopu impulsnog generatora rendgenskog zračenja. Razvijeni detektorski sustav nema mrtvog vremena te ga karakterizira visoka vremenska rezolucija od 1  $\mu$ s te visok dinamički raspon.

## **10. Marina Poje Sovilj**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Diplomirala je 2006. godine na Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku. Doktorirala je 2012. godine na Fizičkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu na smjeru Atomska i molekulska fizika. Od 2006. godine zaposlena je na Odjelu za fiziku Sveučilišta u Osijeku, najprije kao asistentica, zatim viša asistentica, a od lipnja 2015. kao docentica. Područje interesa i istraživanja je zračenje i zaštita od zračenja, te dozimetrija zračenja poglavito prirodne komponentne zračenja od radona  $^{222}\text{Rn}$  te prirodno i umjetno stvorenih neutrona. Članica je Upravnog odbora Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja (HDZZ), Hrvatskog fizikalnog društva (HFD) i tajnica osječke podružnice HFD-a, te International Radiation Physics Society (IRPS). Redoviti je član je organizacijskog odbora međunarodnih simpozija Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja, a na 11. Simpoziju Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja s međunarodnim sudjelovanjem koji je održan u Osijeku u travnju 2017. bila je i predsjednica Organizacijskog odbora. Autorica je niza znanstvenih radova i izvještaja s konferencija.

### **SAŽETAK**

#### **NEUTRONSKA KOMPONENTA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA NA ZRAKOPLOVNIM VISINAMA**

*Marina Poje Sovilj*

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku, Trg Ljudevita Gaja 6, Osijek  
e-mail: [marina.poje@fizika.unios.hr](mailto:marina.poje@fizika.unios.hr)

Kozmičko zračenje je ionizirajuće zračenje proizvedeno u interakciji visoko energetskih čestica izvan Sunčevog sustava s komponentama Zemljine atmosfere. Drugi izvor kozmičkog zračenja su nabijene čestice sa Sunca, čiji utjecaj postaje značajan u razdobljima solarnih bljeskova („sunčana oluja”) – što može rezultirati povećanjem ambijentalne doze. Zemlja je kontinuirano izložena kozmičkom zračenju i galaktičkog i solarnog podrijetla. Čestice visoke energije međusobno djeluju s atmosferom, stvarajući sekundarne čestice koje stvaraju složena polja

zračenja na visinama komercijalnog zračnog prometa. Otkako je zračni prijevoz postao dostupniji većem broju ljudi, došlo je do porasta broja osoba izloženih ionizirajućem zračenju kozmičkog podrijetla. Neutronska komponenta kozmičkog zračenja izmjerena je korištenjem detektora nuklearnih tragova. Mjerenje neutronske doznog ekvivalenta dobar je pokazatelj ukupnog ambijentalnog doznog ekvivalenta, jer neutroni nose oko 50% ukupne ekvivalentne doze na zrakoplovnim visinama. Eksperimentalni rezultati dobiveni mjerenjima uspoređeni su s podacima dobivenim softverom EPCARD. Izmjerena neutronska brzina doze imala je raspon od 0,8 do 4,2  $\mu\text{Sv/h}$ , ovisno o ruti letenja što je u skladu s dobro poznatim geomagnetskim učinkom, kojeg smo vidjeli i u našim rezultatima u prethodnim mjerenjima.

## **11. Ivana Tucaković**

### **KRATAK ŽIVOTOPIS**

Radi na mjestu znanstvene suradnice (od 2019. godine) u Laboratoriju za radioekologiju (LRE) Zavoda za istraživanje mora i okoliša na Institutu Ruđer Bošković u kojem radi od ljeta 2015. godine (4,5 godina) na određivanju radioaktivnosti u različitim vrstama uzoraka korištenjem gama spektrometrije. Osim samih gama spektrometrijskih analiza, bavi se unaprijeđenjem tehnike mjerenja, standardnim i matematičkim kalibracijama efikasnosti HPGe detektorskih sustava, te temama iz radioekologije u svrhu boljeg razumijevanja biogeokemijskog ponašanja prirodnih i umjetnih radionuklida u okolišu. Završila je inženjerski smjer fizike (eksperimentalna fizika) na Prirodoslovno–matematičkom fakultetu Sveučilišta 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). Koautorica je 14 znanstvenih radova objavljenih u međunarodnim znanstvenim časopisima indeksiranim u bazi podataka Current Contents Connect.

## SAŽETAK

### PRIMJENA GAMA SPEKTROMETRIJE U DATIRANJU SEDIMENATA ODREĐIVANJEM Pb-210 i Cs-137

*Ivana Tucaković*

Institut Ruđer Bošković, Laboratorij za radioekologiju

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

U izlaganju će biti prezentirana gama spektrometrijska metoda visoke razlučivosti, te njene primjene u Laboratoriju za radioekologiju (LRE) Instituta Ruđer Bošković. Naglasak će biti na primjeni metode za određivanje starosti u profilima sedimenta i određivanju brzine sedimentacije mjerenjem aktivnosti Pb-210 i Cs-137. Bit će iznesena problematika određivanja efikasnosti za gama spektrometrijska mjerenja, kao i problematika određivanja Pb-210 s obzirom na nisku energiju i malu vjerojatnost emisije gama zrake ovog radionuklida. Datiranje sedimenta proračunava se i uspoređuje s modelima koji se razlikuju ovisno o ulaznim pretpostavkama, koji će također biti diskutirani. Naposljetku, bit će pokazana primjena metode na nekoliko primjera određivanja starosti sedimenata rađenih u LRE.

## 12. Ivana Zamboni

### KRATAK ŽIVOTOPIS

Radi na KBC Zagreb, Odjel medicinske fizike od 2018. godine. Od 2008. do 2018. je radila na Institutu Ruđer Bošković, Zavod za eksperimentalnu fiziku, u Laboratoriju za interakcije ionskih snopova. Prije toga je 2007. radila u Laboratoriju za hadronsku fiziku, a od 2005. do 2007. u Laboratoriju za elektromagnetske i slabe interakcije istog zavoda. Diplomirala je fiziku (istraživački smjer) 2005. na Prirodoslovno–matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, a doktorirala 2015. na istom fakultetu na smjeru Nuklearna fizika. Autorica je i koautorica 23 znanstvena rada u časopisima citiranim u bazi Current Contents. Ukupna citiranost tih radova prema Web Of Science je 467 citata, h-indeks = 11 te je prosječan broj citata po radu 21.23. Profesionalni interesi su joj radioterapija, onkologija, dozimetrija, kontrola kvalitete, sigurnost pacijenta, radiobiologija, zaštita od zračenja. Također je aktivna članica Hrvatskog društva za medicinsku fiziku (HDMF) i Hrvatskog društva za zaštitu od zračenja (HDZZ), organizacijskih odbora više međunarodnih konferencija, radionica i simpozija; recenzentica za znanstveni časopis NIM B, sudjeluje u domaćim i međunarodnim znanstvenim projektima te u popularizaciji znanosti.

## SAŽETAK

### **IZAZOVI RADIOTERAPIJE PACIJENATA SA SRČANIM UGRADBENIM ELEKTRONIČKIM UREĐAJIMA (CIED)**

*Ivana Zamboni*

KBC Zagreb, Odjel medicinske fizike, Kišpatićeva ulica 12, 10000 Zagreb

e-mail: [ivana.zamboni@kbc-zagreb.org](mailto:ivana.zamboni@kbc-zagreb.org)

Prema statističkim podacima od zatajenja srca boluje 1-2 % cjelokupne populacije te se u Europi svake godine ugrađuje oko 500 000 elektrostimulatora srca i 100 000 ugradbenih kardioverter defibrilatora. U isto vrijeme, bilježi se porast broja pacijenata sa spomenutim srčanim ugradbenim elektroničkim uređajima (engl. *Cardiac Implanted Electronic Device* – CIED) koji imaju potrebu za terapijskim zračenjem. Uslijed zračenja s visokim dozama te posebice kod korištenja energija većih od 6 MV, može doći do oštećenja i/ili otkazivanja CIED-a. Stoga je organizacija postupka radioterapije (RT) kod pacijenata sa srčanim uređajima izazovna i zahtijeva strukturirani multidisciplinarni pristup, prvenstveno liječnika i medicinskih fizičara, u svrhu minimiziranja rizika.

U 2019. godini Odjel medicinske fizike KBC Zagreb započeo izradu izvještaja o određivanju doze na CIED prema kojem se u suradnji s liječnikom procjenjuje stupanj rizičnosti pacijenta za RT. Pritom su ukupna procijenjena/izmjerena doza i ovisnost o srčanom uređaju kombiniraju u svrhu svrstavanja pacijenata u nisko, srednje i visoko rizične skupine. Također, predloženo je uvođenje upitnika za pacijente u svrhu prikupljanja ključnih informacija neophodnih za kvalitetnu provedbu RT postupka. U budućnosti se očekuje unapređivanje uvedenog kliničkog protokola, posebice nakon analize prikupljenih rezultata, kako bi se poboljšao i osigurao cjelokupni RT postupak te ugrožene skupine pacijenata.