

# ECOLOGICA

UDC:502.7

ISSN 0354 - 3285

No - 98 • Beograd, 2020. • Godina XXVII

Samo u pretplati



Izdavač:

Naučno-stručno Društvo za zaštitu  
životne sredine Srbije "ECOLOGICA"

# ECOLOGICA

Научно-стручно друштво за заштиту животне средине Србије; Београдска Банкарска Академија, Београд; АЛФА БК Универзитет, Београд; Институт за мултидисциплинарна истраживања, Београд; Институт за општу и физичку хемију, Београд; Универзитет „Унион - Никола Тесла“, Факултет за инжењерски менаџмент, Београд; Bulgarian National Union of Scientists - Ruse, Bulgaria; University of Ruse "Angel Kanchev", Bulgaria; Bulgarian National Society of Agricultural Engineers "Engineering and Research for Agriculture", Bulgaria; (B.EN.A.) Balkan Environmental Association

*Под покровитељством*

Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије  
Министарства заштите животне средине Републике Србије

Организују Међународни научни скуп

## ЧЕТВРТА ИНДУСТРИЈСКА РЕВОЛУЦИЈА – ЗНАЧАЈ ЗА РАЗВОЈ ЗЕЛЕНЕ ЕКОНОМИЈЕ И ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Београд, 16-18. септембра 2020. године,  
У просторијама Београдске банкарске Академије, Ул. Змај Јовина 12

### ТЕМАТСКЕ ОБЛАСТИ

1. Значај 4. Индустијске револуције за развој Зелене економије
2. Циркуларна економија и чување екоресурса
3. Дигитализација економије
4. Значај нових информационах технологија у формирању модела одрживог еколошко-економског развоја
5. Допринос Зелене економије развоју екотуризма и органској производњи
6. Примена дрона у мониторингу животне средине и стању екосистема
7. Просторно планирање помоћу беспилотних летелица
8. Нове методе конверзије и складиштења енергије
9. Internet of things (IoT) и обавештавање становништва о метеоусловима
10. Интернет (Internet of things – IoT) и мониторинг квалитета ваздуха
11. Значај IoT за рано упозоравање становништва о природним катастрофама и мерама заштите
12. Биотехнолошки инжењеринг и заштита животне средине
13. Значај биотехнологије у пољопривреди
14. Дистрибуција хране дронама у условима природних катастрофа
15. Примена дрона у пољопривреди
16. Нанотехнологије и нови материјали у заштити животне средине и здравља човека
17. Примена 3Д принтера у производњи хране
18. Значај технолошких иновација у развоју паметних градова (Smart City)
19. Улога роботике у индустријској производњи и медицини
20. Правна регулатива у области заштите иновација
21. Извештавање о плановима и резултатима у области заштите животне средине
22. Финансирање пројеката заштите животне средине и људског здравља у време епидемије

### ВАЖНЕ ИНФОРМАЦИЈЕ И ДАТУМИ

Радови за научни скуп могу бити саопштени на српском или енглеском језику. Пријаве учешћа и апстракте на српском и енглеском језику са кључним речима (обима једна страна укупно, А4 формата фонт 12 pt) примамо **до 20. августа 2020. на E-mail: [ecologica.drustvo@gmail.com](mailto:ecologica.drustvo@gmail.com)**. Апстракти ће бити штампани у Зборнику апстраката, а рецензирани радови у часопису **Ecologica** (формат 12 pt) доставити електронском поштом.

# ECOLOGICA

Osnivač i izdavač

NAUČNO-STRUČNO DRUŠTVO ZA ZAŠTITU ŽIVOTNE SREDINE SRBIJE - ECOLOGICA

Publisher

SCIENTIFIC PROFESSIONAL SOCIETY FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF SERBIA - ECOLOGICA

Za izdavača: Emeritus prof. dr Larisa Jovanović, Predsednik Društva ECOLOGICA

Suizdavač Institut opšte i fizičke hemije / Co-publisher Institute of General and Physical Chemistry

Glavni urednik / Editor in chief: Emeritus prof. dr Larisa Jovanović

## Odgovorni urednici / Associate editors

- Prof. dr Vidojko Jovič, redovni član SANU, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu  
Prof. dr Slavko Mentus, redovni član SANU, Fakultet za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu  
Prof. dr Dragan Veselinović, Fakultet za fizičku hemiju Univerziteta u Beogradu  
Prof. dr Vladan Joldžić, Institut za kriminološka i sociološka istraživanja, Beograd

## Međunarodni uređivački odbor / International Editorial board

- Prof. dr Vadim Ermakov, GEOHI RAS, Moscow, RF  
Prof. dr Sergej Ostroumov, MSU "Lomonosov", RF  
Prof. dr Vyacheslav Zaitsev, Astrakhan University, RF  
Dr Vladimir Safonov, GEOHI RAS, Moscow, RF  
Prof. dr Alexandr Syso, Institute of Soil Science and Agrochemistry, RAS, Novosibirsk, RF  
Prof. dr Elena Ponomarenko, Faculty of Political Economy, Peoples Friendship University, Moscow, RF  
Prof. dr Jaume Bech Borrás, Barcelona, Spain  
Prof. dr Srdjan Redzepagic, Univ. Sophia Antipolis, France  
Prof. dr Bekmamat Djenbaev, Institute of Biology and Pedology, Bishkek, Kirgizstan  
Prof. dr Mihail Panin, Astana, Kazahstan  
Prof. dr Neven Duić, University of Zagreb, Croatia  
Prof. dr Igor Stubelj, Univ. of Primorska, Koper, Slovenia  
Prof. dr Petar Hristov, Free University Varna, Bulgaria  
Prof. dr Anna Nedyalkova, Free University Varna, Bulgaria  
Prof. dr habil Galya Gercheva, Free Univ. Varna, Bulgaria  
Assoc. prof. dr Anelia Nenova, Free Univ. Varna, Bulgaria  
Prof. dr Velizara Pencheva, University of Ruse, Bulgaria  
Prof. dr Hristo Beloev, University of Ruse, Bulgaria  
Prof. dr Atanas Atanasov, University of Ruse, Bulgaria  
Assoc. prof. dr Margarita Filipova, Univ. Ruse, Bulgaria  
Dr Franz Brandstätter, Naturhistorisches Museum, Wien, Austria  
MSc Isabel Airas, Climate-KIC, Germany  
Dr Agni Vlavianos-Arvanitis, Biopolitics, Athens, Greece  
Dr Svetlana Jovanović, Tulsa University, OK, USA  
Prof. dr Valentin Vladut, Bucharest, Romania  
Prof. dr Sorin Bungescu, Timisoara, Romania  
Prof. dr Nataša Markovska, ICEIM-MANU, North Macedonia  
Prof. dr Nedim Suljić, University of Tuzla, BiH

## Uređivački odbor / Editorial board

- Emeritus profesor dr Hasan Hanić, BBA, Beograd  
Emeritus prof. dr Života Radosavljević, Univerzitet UNT  
Prof. dr Jozefina Beke Trivunac, ALFA BK Univerzitet, Beograd  
Prof. dr Miljana Barjaktarović, ALFA BK Univerzitet, Beograd  
Prof. dr Boško Jovanović, Matematički fakultet BU, Beograd  
Dr Dragica Stanković, Institut za multidiscipl. ist., Beograd  
Dr Stevan Blagojević, IOFH, Beograd  
Prof. dr Vladimir Tomašević, FIM, Univerzitet UNT, Beograd  
Prof. dr Nebojša Denić, ALFA BK Univerzitet, Beograd  
Prof. dr Olja Munitlak Ivanović, PMF, Novi Sad  
Dr Jovan Zubović, Institut ekonomskih nauka, Beograd  
Dr Ivan Stošić, Institut ekonomskih nauka, Beograd  
Prof. dr Dejan Filipović, Geografski fakultet, BU, Beograd  
Prof. dr Vesela Radović, Institut za multidiscipl. ist., Beograd  
Prof. dr Milan Radosavljević, FPSP, Univerzitet UNT, Beograd  
Prof. dr Ljubinko Jovanović, Univ. EDUKONS, S. Kamenica  
Prof. dr Maja Anđelković, FSOM, Univerzitet UNT, Beograd  
Prof. dr Đorđe Jovanović, FIM, Univerzitet UNT, Beograd  
Prof. dr Dragan Jovašević, Pravni fakultet, Niš  
Prof. dr Antonije Onjia, TMF BU, Beograd  
Prof. dr Jasmina Madžgalj, Gradska Uprava, Beograd  
Prof. dr Zoran Čajka, FEFA, Univ. Metropolitan, Beograd  
Doc. dr Mario Lukinović, Pravni fakultet Univerziteta Union  
Doc. dr Dragan Živković, ALFA BK Univerzitet, Beograd  
Prof. dr Aleksandar Prnjat, ALFA BK Univerzitet, Beograd  
Prof. dr Višeslav Hadži-Tanović, Akademija SKAIN, Beograd  
Prof. dr Vera Petrović, VIŠER, Beograd  
Dr Ivan Pavlović, Naučni institut za veterinarstvo, Beograd  
Dr Dušan Stojadinović, Institut "Jaroslav Černi", Beograd

## Izdavački savet / Publisher board

- Prof. dr Dejan Erić, Beogradska Bankarska Akademija  
Milorad Panjević, Alfa Bk Univerzitet, Beograd  
Prof. dr Aleksandar Andrejević, Univ. Edukons, S. Kamenica  
Danica B. Karić, docent, Alfa BK Univerzitet, Beograd  
Marko Babović, JP Elektroprivreda Srbije, Beograd  
Milutin Ignjatović, gen. direktor, CIP, Beograd  
Slika na koricama: Botanička bašta, MGU „Lomonosov“  
Prevodilac: Prof. dr Zoran Čajka



Štampanje časopisa pomažu

MINISTARSTVO PROSVETE, NAUKE I TEHNOLOŠKOG RAZVOJA REPUBLIKE SRBIJE

INŽENJERSKA KOMORA SRBIJE



<i>Ana Čučulović, Jelena Stanojković, Rodoljub Čučulović, Saša Nestorović, Nenad Radaković, Dragan Veselinović</i> <b>Raspodela masenih koncentracija kalijuma, radijuma i torijuma u zemljištu rejonu Dobra i Donji Milanovac, NP Đerdap .....</b>	<b>293</b>
<i>Aleksandar M. Damnjanović, Marijana Aleksić, Miro Sokić, Jasmina Popov Loćke</i> <b>Ekološki porezi u funkciji zaštite životne sredine Republike Srbije .....</b>	<b>299</b>
<i>Violeta Jovanović, Jane Paunković, Nebojša Marjanović</i> <b>Analiza stavova građana o ekološkoj bezbednosti na teritoriji lokalne samouprave Boljevac .....</b>	<b>306</b>
<i>Vladan Stanković</i> <b>Značaj institucija Evropske unije u suzbijanju ekološkog kriminala .....</b>	<b>312</b>
<i>Горан Дашић, Јасмина Попов-Лоцке, Ружица Ђервида, Адриана Радосавац</i> <b>Заштита животне средине у Индустији 4.0 – потенцијал корпоративне друштвене одговорности .....</b>	<b>319</b>
<i>Svetlana Marković, Olgica Milošević, Stefan Ditrih</i> <b>Institucionalni odgovor na vanredne situacije u Republici Srbiji .....</b>	<b>325</b>
<i>Jovana Radoičić, Ljiljana Arsić</i> <b>Cirkularna ekonomija putokaz ka zelenim radnim mestima .....</b>	<b>332</b>
<i>Milosav Miličković, Aleksandar M. Damnjanović, Aleksandar Matić, Miroslav Jevremović</i> <b>Investicioni ciljevi u sistemu zaštite životne sredine u Republici Srbiji .....</b>	<b>339</b>
<i>Slobodan Cvetanović, Dragan Turanjanin, Slavica Mandić</i> <b>Theoretical explanations for the interdependence of economic growth and environmental quality .....</b>	<b>345</b>
<b>Uputstvo za pripremu rada .....</b>	<b>162</b>
<b>Instructions for the preparation of the papers .....</b>	<b>194</b>

**Napomena: Autori snose punu odgovornost za originalnost i sadržaj svojih radova.  
Radovi objavljeni u časopisu ECOLOGICA proveravaju se na plagijarizam**

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

502.7

ECOLOGICA / glavni urednik Larisa Jovanović, God. 1, broj 1 (1994) – Beograd  
(Kneza Miloša 7a): Naučno-stručno društvo za zaštitu životne sredine Srbije –  
Ecologica, 1994 – (Zemun : Akademska izdanja) - 28 cm

Tromesečno

ISSN 0354 – 3285 = Ecologica

COBISS.SR – ID 80263175

**Posebnu zahvalnost Upravni odbor Naučno-stručnog društva «Ecologica» izražava  
Savezu inženjera i tehničara Srbije, organima, rukovodstvu i Stručnoj službi za pomoć**

# Raspodela masenih koncentracija kalijuma, radijuma i torijuma u zemljištu rejona Dobra i Donji Milanovac, NP Đerdap

Ana Čučulović<sup>1</sup>, Jelena Stanojković<sup>1</sup>, Rodoljub Čučulović<sup>2</sup>,  
Saša Nestorović<sup>3</sup>, Nenad Radaković<sup>3</sup>, Dragan Veselinović<sup>4</sup>

Naučni rad  
UDC: 620:631.438]:712.2(751)(497.11)

## UVOD

Nacionalni parkovi (NP) predstavljaju veće područje sa većim brojem raznovrsnih prirodnih ekosistema od nacionalnog značaja u pogledu očuvanosti, složenosti građe i biogeografskih obeležja, sa raznovrsnim oblicima izvorne flore i faune, reprezentativnim fizičko-geografskim objektima i pojavama i kulturno-istorijskim vrednostima i predstavljaju izuzetnu prirodnu celinu od nacionalnog značaja. Namereni su očuvanju postojećih prirodnih vrednosti i resursa, ukupne predelne, geološke i biološke raznovrsnosti i zadovoljenju naučnih, obrazovnih i drugih potreba u skladu sa načelima zaštite prirode i održivog razvoja [1]. U Srbiji postoji pet nacionalnih parkova, a jedan od njih je od 1974. godine i Đerdap, površine 63.350 ha, nadmorske visine od 70 do 806m, planinskog karaktera sa dominantnim hidrografskim sadržajima. Nalazi se u severoistočnom delu Srbije, na granici sa Rumunijom, na teritoriji tri opštine: Golubac, Majdanpek i Kladovo. Zauzima 100km desne obale srednjeg toka Dunava, nad kojim dominiraju krečnjačke stene u klisurama i kanjonima i izgrađuju visoke masive. Veoma složen reljef u NP, specifična mezoklima klisure, veliki broj reliktnih vrsta i fitocenoza, kao i izvanredna raznovrsnost u pogledu litološkog sastava stena, genetske pripadnosti i geološke starosti [2,3],

Adrese autora: <sup>1</sup>Univerzitet u Beogradu, Institut za primenu nuklearne energije – INEP, Banatska 31b, 11080 Zemun, Srbija, e-mail: [anas@inep.co.rs](mailto:anas@inep.co.rs), [jelenas@inep.co.rs](mailto:jelenas@inep.co.rs),

<sup>2</sup>Univerzitet Union Nikola Tesla, Poslovni i pravni fakultet, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: [rodoljub\\_cuculovic@yahoo.com](mailto:rodoljub_cuculovic@yahoo.com),

<sup>3</sup>Javno preduzeće Nacionalni Park Đerdap, Kralja Petra I 14a, 19220 Donji Milanovac, Srbija, e-mail: [npdjerdap@hotmail.com](mailto:npdjerdap@hotmail.com),

<sup>4</sup>Univerzitet u Beogradu, Fakultet za fizičku hemiju, Studentski trg 12-16, P. Fax 137, 11000 Beograd, Srbija, e-mail: [anas@inep.co.rs](mailto:anas@inep.co.rs).

Rad primljen: 17.03.2020.

Rad prihvaćen: 14.04.2020.

uslovili su i obrazovanje većeg broja tipova zemljišta različitih osobina i proizvodnog potencijala. Zemljište je jedan od osnovnih uslova za život, jedno od najznačajnijih prirodnih dobara, najvažnija i najosetljivija komponenta životne sredine. Predstavlja složen polidisperzni, heterogeni, sistem sačinjen od mineralne komponente i sastoji se od čestica nastalih erozivnim dejstvom prirodnih faktora na stene i od organske komponente, koja nastaje uglavnom razlaganjem biljnog materijala [4]. Na području NP Đerdap zemljišta pripadaju terestričnim zemljištima (nastala pod uticajem vode atmosferskog porekla, bez dopunskog vlaženja podzemnom ili plavnom vodom). Istraživanja na području NP Đerdap su pokazala, da ako se prate ekološko-proizvodni kriterijumi, postoje tri tipa zemljišta: 1) na silikatnim stenama, 2) na krečnjaku i 3) na aluvijalnim, aluvijalno-deluvijalnim i deluvijalnim nanosima, kao i da je smenjivanje krečnjačke i silikatne geološke podloge prouzrokovalo i smenjivanje tipova zemljišta: smeđeg zemljišta ili posmeđene rendzine i rendzine različitog stanja na krečnjacima i smeđeg kiselog zemljišta sa različitim procentom peska i gline na silikatima. Istraživanja su, takođe, pokazala da je u NP Đerdap podjednaka zastupljenost silikatnih i krečnjačkih geoloških silikatnih i krečnjačkih geoloških podloga, i da dominiraju smeđa zemljišta (različite dubine) na silikatima ili krečnjacima [5,6].

Svi organizmi na planeti Zemlja, su izloženi zračenjima, koja se po mestu nastanka, dele na: zračenja zemaljskog i kosmičkog porekla. Izvori jonizujućeg zračenja prema svojoj genezi i pojavljivanju u životnoj sredini se dele na: prirodne, antropogene i radioaktivni otpad. Najveći doprinos gama zračenju (96%) u životnoj sredini daju prirodni radionuklidi u zemljištu (<sup>40</sup>K, <sup>232</sup>Th, <sup>226</sup>Ra, <sup>238</sup>U...), koji su formirani u procesu nukleosinteze, pre nekoliko milijardi godina, imaju dugo fizičko vreme poluraspada i razlikuju se po fizičkim, geohemijskim osobinama, vrstama radioaktivnog raspada, intenzitetima zračenja, izotopskoj obilnosti, načinu pojavljivanja, migraciji i geohemijskim ciklusima [7]. Nivoi aktivnosti radionuklida u zemljištu zavise od:

mineralnog sastava i fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta, meteoroloških uslova i moguće translokacije i migracije radionuklida [8]. Prirodna radioaktivnost je deo životne sredine, menja se od mesta do mesta i kroz vrlo dugi vremenski period deluje na stanovništvo. Prema izveštaju UNSCEAR prosečne masene koncentracije (opseg koncentracija) uranijuma, radijuma, torijuma i kalijuma u zemljištu sveta su: 2,82 (1,29-8,87) mg/kg; 3,18 (1,53-5,45) mg/kg; 7,32 (2,68-15,61) mg/kg i 1,54 (0,54-3,28) (%), redom [9]. U Srbiji u smeđim-šumskim zemljištima utvrđeno je da su srednje vrednosti masene koncentracije: kalijuma 1,74 %; torijuma 7,88 mg/kg i uranijuma 1,78 mg/kg [10], a u zemljištu sakupljenom na Staroj planinini: kalijuma 1,87 %, torijuma 7,65 mg/kg i uranijuma 2,08 mg/kg [11].

Naša istraživanja zemljišta u periodu 2015-2017. god. u rejonu Dobra i Donji Milanovac (NP Đerdap) su pokazala da su vrednosti masenih koncentracija kalijuma, radijuma i torijuma bile u opsegu: od 0,25 do 2,31%; od 0,16 do 3,86 mg/kg i od 0,46 do 8,34 mg/kg, respektivno i da su srednje vrednosti masenih koncentracija kalijuma 1,32%; radijuma 2,15 mg/kg i torijuma 4,94 mg/kg niže od svetskih proseka [12,13].

Da bismo dobili pravu sliku stanja radioaktivnosti zemljišta, najvažnije i najosetljivije komponente životne sredine, u rejonu Dobra i Donji Milanovac (NP Đerdap), 2018. godine su sakupljeni uzorci zemljišta, a dobijeni rezultati su predstavljeni u ovom radu.

## 1. MATERIJAL I METODE RADA

Uzorci zemljišta (26) sakupljeni su u NP Đerdap, u rejonima Dobra (18 uzoraka sa gazdinskih jedinica (GJ): Čezava, Desna reka, Kožica, Leva reka) i Donji Milanovac (8 uzoraka sa GJ: Boljetinka i Pecka bara), do dubine od 10 cm, u junu 2018. godine. Gazdinske jedinice sa kojih je uzorkovano zemljište su pažljivo birane na osnovu rezultata nivoa aktivnosti radionuklida u bioindikatorima (mahovinama) iz prethodnih godina [14-16]. Nakon dopremanja uzoraka u laboratoriju, uzorci su očišćeni od vidljivih nečistoća, osušeni, homogenizovani i upakovani u Marinelli posude zapremine 0,5 L, koje su hermetički, zatopljene parafinom i ostavljene da odstoje najmanje 40 dana, kako bi se uspostavila radioaktivna ravnoteža post-radonskih članova niza  $^{238}\text{U}$ , pre gamaspektrometrijske analize. Masa uzoraka je bila do 600 g. Za određivanje nivoa aktivnosti radionuklida korišćen je poluprovodnički germanijumski detektor visoke čistoće n tipa, proizvođača ORTEC – AMETEK, USA, sa 8192 kanala, rezolucije 1,65 keV i relativne efikasnosti od 34% na 1,33 MeV za  $^{60}\text{Co}$ . Obrada spektra

je vršena pomoću softverskog paketa Gamma Vision 32 [17].

Specifične aktivnosti  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{232}\text{Th}$  konvertovane se u masene koncentracije elemenata kalijuma, radijuma i torijuma [18], respektivno, primenom jednačine (1):

$$F_E = \frac{M_E \times C}{\lambda_{E,i} \times N_A \times f_{E,i} \times A_{E,i}} \quad (1)$$

gde su:  $F_E$  - udeo elementa  $E$  u uzorku,  $M_E$  - atomska masa (kg/mol),  $\lambda_{E,i}$  - konstanta radioaktivnog raspada izotopa i elementa  $E$  (1/s),  $f_{E,i}$  - zastupljenost izotopa  $i$  u prirodi,  $A_{E,i}$  - izmerena specifična aktivnost (Bq/kg) radionuklida ( $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ),  $N_A$  - Avogadrov broj ( $6,023 \times 10^{23}$  atoma/mol) i  $C$  - konstanta sa vrednostima  $10^6$  za Ra i Th (masena koncentracija mg/kg) ili 100 za K (masena koncentracija u %).

Prema preporuci UNSCEAR [9], na osnovu izmerenih nivoa aktivnosti ( $A_{\text{Ra}}$ ,  $A_{\text{Th}}$ ,  $A_{\text{K}}$ ) (Bqkg $^{-1}$ ) prirodnih radionuklida, u ispitivanim uzorcima zemljišta može se izračunati jačina apsorbovane doze (D) na 1 m iznad tla prema jednačini (2) uz pretpostavku da su svi potomci u ravnoteži sa svojim prekursorima, kao i da radionuklidi neznatno doprinose ukupnoj dozi usled spoljašnjeg izlaganja, korišćenjem faktora konverzije za  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  i  $^{40}\text{K}$  0,462; 0,604 i 0,042 (nGy h $^{-1}$ / Bq kg $^{-1}$ ) respektivno:

$$D \text{ (nGyh}^{-1}\text{)} = 0,462A_{\text{Ra}} + 0,604A_{\text{Th}} + 0,042A_{\text{K}} \quad (2)$$

Znajući ukupnu apsorbovanu jačinu doze zračenja (D) može se na osnovu jednačine (3) izračunati godišnja efektivna doza zračenja za odraslu osobu H (mSv)

$$H \text{ (mSv)} = D \times 0,7 \times 0,2 \times 8760 \quad (3)$$

gde su: 0,7 (SvGy $^{-1}$ ) konverzioni koeficijent (odnos godišnje efektivne doze primljene od strane stanovništva i apsorbovane doze u vazduhu); 0,2 – faktor izloženosti za spoljašnje ozračivanje (pretpostavlja se da stanovništvo provodi u proseku 20% vremena na otvorenom); 8760 – broj časova u jednoj godini [9].

## 2. REZULTATI I DISKUSIJA

Prirodna radioaktivnost zemljišta zavisi od vrste zračenja i geološke strukture prostora. U tabeli 1. prikazane su masene koncentracije kalijuma (%), radijuma i torijuma (mgkg $^{-1}$ ) u zemljištu, sakupljenom 2018. godine u rejonima Dobra i Donji Milanovac (NP Đerdap), ukupna apsorbovana jačina doze zračenja (nGyh $^{-1}$ ) i godišnja efektivna doza zračenja (mSv).

Tabela 1 - Masene koncentracije kalijuma, radijuma i torijuma u zemljištu, sakupljenom 2018. godine u rejonima Dobra i Donji Milanovac (NP Đerdap), ukupna absorbovana jačina doze zračenja i godišnja efektivna doza zračenja.

Red. br.	Gazdinska jedinica, odeljenje	K	Ra	Th	Doza	God. doza
		(%)	(mgkg <sup>-1</sup> )		nGyh <sup>-1</sup>	mSv
<b>REJON DOBRA</b>						
1.	Čezava, 36/a	1,96	3,19	10,27	69,3	0,085
2.	Čezava, 37/b	1,50	2,06	6,93	48,7	0,060
3.	Čezava, 38/b	1,55	2,85	8,37	57,4	0,070
4.	Čezava, 40/a	1,90	2,91	9,46	65,1	0,080
5.	Desna reka, 47/a	0,77	1,88	4,44	31,8	0,039
6.	Desna reka, 56/b	0,82	1,06	2,80	23,8	0,029
7.	Kožica, 26	1,97	2,84	9,27	65,1	0,080
8.	Kožica, 26	1,64	2,76	8,10	57,4	0,070
9.	Kožica, 38	1,56	1,89	6,27	46,8	0,057
10.	Kožica, 38	1,52	1,44	5,76	42,4	0,052
11.	Kožica, 63	1,45	1,60	5,68	42,3	0,052
12.	Leva reka, 27	1,10	1,31	3,34	30,2	0,037
13.	Leva reka, 27	1,09	1,28	3,46	30,2	0,037
14.	Leva reka, 27	1,09	1,15	3,46	29,5	0,036
15.	Leva reka, 29	0,91	1,56	4,27	31,5	0,039
16.	Leva reka, 29	1,02	1,25	4,02	30,5	0,037
17.	Leva reka, 30	1,51	1,84	7,37	48,6	0,060
18.	Leva reka, 30	1,35	1,52	6,56	42,6	0,052
<b>REJON DONJI MILANOVAC</b>						
1.	Boljetinska reka, 58	0,49	1,34	3,61	23,0	0,028
2.	Boljetinka, 66	1,36	1,42	3,90	35,9	0,044
3.	Boljetinka, 81	0,38	1,84	5,76	29,7	0,036
4.	Pecka bara, 33/a	2,46	2,28	7,66	64,3	0,079
5.	Pecka bara, 33/a	2,30	2,28	9,56	66,9	0,082
6.	Pecka bara, 33/a	2,46	3,00	10,98	76,6	0,094
7.	Pecka bara, 40/a	2,61	4,27	14,78	95,3	0,117
8.	Pecka bara, 40/a	2,77	2,41	10,61	76,4	0,094

Kalijum je alkalni metal, koji se u litosferi nalazi u proseku 2,59%. Sadržaj kalijuma u zemljištu zavisi od geološke podloge, matičnog supstrata čijim razlaganjem zemljište nastaje, kao i od pedogenetskih procesa. Najčešće se nakuplja na mestima gde preovlađuju feldspati i liskuni i najveći deo kalijuma je vezan u primarnim i sekundarnim mineralima gline [19]. Iz tabele 1. sledi da je u uzorcima zemljišta sakupljenom 2018. godine u NP Đerdap (rejoni Dobra i Donji Milanovac) srednja masena koncentracija kalijuma 1,53% i da odgovara prosečnoj masenoj koncentraciji kalijuma u svetu (1,54%) [9]. Srednja vrednost masene koncentracije kalijuma (%) u zemljištu rejona Dobra je 1,37 (0,77 - 1,97), a u rejonu D. Milanovac je 1,85 (0,38 - 2,77). U zemljištu rejona Donji Milanovac izmerene su i minimalne (GJ Boljetinka, odeljenje 81 - 0,46%) i maksimalne (Pecka bara, odeljenje 40a - 2,77%) masene koncentracije kalijuma na teritoriji NP Đerdap. Rezultati su u opsegu masenih koncentracija kalijuma u zemljištu sveta (0,54-

3,28%) Srednje vrednosti masene koncentracije kalijuma (%) u zemljištu u GJ rastu sledećim redosledom: Boljetinka (0,74) < Desna reka (0,80) < Leva reka (1,15) < Kožica (1,63) < Čezava (1,73) < Pecka bara (2,52).

Radijum pripada II A grupi periodnog sistema. U prirodi se javlja među rudama urana u obliku oksida i hidroksida. Iz tabele 1. sledi da je srednja masena koncentracija (mgkg<sup>-1</sup>) radijuma u zemljištu NP Đerdap (Dobra, D. Milanovac) 2,07 i manja je od svetskog proseka (3,18) [9]. Minimum masene koncentracije radijuma izmeren je u uzorku zemljišta sakupljenom u rejonu Dobra, GJ Desna reka, odeljenje 56/b (1,06 mgkg<sup>-1</sup>), a maksimum u uzorku sakupljenom u rejonu D. Milanovac, GJ Pecka bara, odeljenje 41/a (4,27 mgkg<sup>-1</sup>). Srednja vrednost masene koncentracije radijuma (mgkg<sup>-1</sup>) u zemljištu rejona Dobra je 1,91 (1,06-3,19), a rejona D. Milanovac 2,36 (1,34-4,27). Dobijene vrednosti masenih koncentracija radijuma u zemljištu NP Đerdap su u opsegu istraživanja vršenih u zemljištu

sveta i Srbije [9, 20]. Srednje vrednosti masene koncentracije radijuma ( $\text{mgkg}^{-1}$ ) u GJ rastu sledećim redosledom: Leva reka (1,42) < Desna reka (1,47) < Boljetinka (1,53) < Kožica (2,11) < Čezava (2,75) < Pecka bara (2,85).

Torijum pripada aktinoidima i dobija se uglavnom preradom urana. Najznačajniji minerali torijuma su: torit i alanit, koji se javljaju u granitima. Iz tabele 1. sledi da je srednja masena koncentracija torijuma u zemljištu NP Đerdap (rejon Dobra i Donji Milanovac)  $6,80 \text{ mgkg}^{-1}$  i manja je od svetskog proseka ( $7,32 \text{ mgkg}^{-1}$ ) [9]. Minimum masene koncentracije torijuma izmeren je u uzorku zemljišta sakupljenom u rejonu Dobra, GJ Desna reka, odeljenje 56/b ( $2,80 \text{ mgkg}^{-1}$ ), a maksimum u uzorku rejona D. Milanovac, GJ Pecka bara, odeljenje 41/a ( $14,78 \text{ mgkg}^{-1}$ ). Srednja vrednost masene koncentracije torijuma ( $\text{mgkg}^{-1}$ ) u zemljištu rejona Dobra je 6,10 (2,80 - 10,27), a rejona D. Milanovac 8,36 (3,61 - 14,78). Dobijene vrednosti masenih koncentracija torijuma u zemljištu NP Đerdap su u opsegu svetskih vrednosti, a i istraživanja koja su vršena na tlu Srbije [9, 20]. Srednje vrednosti masene koncentracije torijuma ( $\text{mgkg}^{-1}$ ) u GJ rastu sledećim redosledom: Desna reka (3,62) < Boljetinka (4,42) < Leva reka (4,64) < Kožica (7,02) < Čezava (8,76) < Pecka bara (10,72).

Visoke vrednosti Pirsonovih koeficijenata između radionuklida K-Ra (0,723), K-Th (0,850) i Ra-Th (0,939) u zemljištu ukazuju na njihovo zajedničko poreklo i jaku linearnu povezanost.

Na osnovu jednačine (2) može se izračunati ukupna apsorbovana jačina doza zračenja D ( $\text{nGyh}^{-1}$ ). Izračunate vrednosti jačine doze zračenja ( $\text{nGyh}^{-1}$ ) u NP Đerdap (rejon Dobra i D. Milanovac) koje potiču od kalijuma su od 4,96 do 36,40 (srednja 20,00); od radijuma od 6,05 do 24,3 (srednja 11,68) i od torijuma od 6,95 do 36,60 (srednja 16,82). Izračunata vrednost ukupne apsorbovane jačine doze zračenja ( $\text{nGyh}^{-1}$ ) u NP Đerdap (rejon Dobra i D. Milanovac) su od 23,0 do 95,3 (srednja 48,5) i u opsegu je vrednosti za svet (32-107, srednja 57,6), i naših prethodnih rezultata, kao i rezultata drugih istraživača [9, 21, 22]. Srednja vrednost D ( $\text{nGyh}^{-1}$ ) u rejonu Dobra je 44,07 (23,80 - 69,30), a u rejonu D. Milanovac 58,51 (23,00 - 95,30). Srednje vrednosti ukupne apsorbovane jačine doze ( $\text{nGyh}^{-1}$ ) po GJ rastu sledećim redosledom: Desna reka (27,8) < Boljetinka (29,53) < Leva reka (34,73) < Kožica (50,8) < Čezava (60,13) < Pecka bara (75,9).

Znajući D ( $\text{nGyh}^{-1}$ ), a na osnovu jednačine (3) izračunata je srednja godišnja efektivna doza zračenja H (mSv). U NP Đerdap (rejon Dobra i D. Milanovca) srednja godišnja efektivna doza zračenja je 0,059 mSv i ona je manja od svetskog proseka (0,070 mSv). Srednja vrednost H (mSv) u rejonu Dobra je 0,054 (0,029 - 0,085), a u rejonu D. Milanovac 0,072 (0,028 - 0,117). Srednje vrednosti godišnje efektivne doze zračenja (mSv) po GJ rastu sledećim redosledom: Desna reka (0,034) < Boljetinka (0,036) < Leva reka (0,043) < Kožica (0,062) < Čezava (0,074) < Pecka bara (0,093). Iz rezultata se zaključuje da je srednja vrednost godišnje efektivne doze u GJ Čezava i GJ Pecka bara nešto veća od prosečne u svetu. Ovo odstupanje nije značajno, pošto je ukupna srednja godišnja doza uslovljena spoljašnjim terestrijalnim zračenjem prirodnog porekla na svetskom nivou 0,48 mSv, ali sa opsegom (0,3-1,0) mSv. Rezultati ovih istraživanja se slažu i sa rezultatima istraživanja drugih istraživača [21,22].

Srednja godišnja efektivna doza zračenja H (mSv) u NP Đerdap (rejon Dobra i D. Milanovca) je 0,059 i ona je manja od svetskog proseka (0,070 mSv) i znatno niža od Pravilnikom propisane za stanovništvo od 1 mSv za godinu dana [23].

#### ZAKLJUČAK

U uzorcima zemljišta sakupljenom 2018. godine u NP Đerdap (rejon Dobra i Donji Milanovac) srednja masena koncentracija kalijuma iznosi 1,53% i u opsegu je vrednosti za svet. Srednja masena koncentracija radijuma u zemljištu iznosi  $2,07 \text{ mgkg}^{-1}$  i manja je od svetskog proseka. Srednja masena koncentracija torijuma u zemljištu iznosi  $6,80 \text{ mgkg}^{-1}$  i manja je od svetskog proseka.

Visoke vrednosti Pirsonovih koeficijenata među radionuklidima K-Ra (0,723), K-Th (0,850) i Ra-Th (0,939) u zemljištu ukazuju na njihovo zajedničko poreklo i jaku linearnu povezanost.

Srednja vrednost ukupne apsorbovane jačine doze zračenja na teritoriji NP Đerdap (rejon Dobra i D. Milanovac) je  $48,5(\text{nGyh}^{-1})$  i u opsegu je vrednosti za svet.

Srednja godišnja efektivna doza zračenja u NP Đerdap (rejon Dobra i D. Milanovca) je 0,059 mSv i ona je manja od svetskog proseka i znatno niža od Pravilnikom propisane za stanovništvo od 1 mSv za godinu dana.

#### Zahvalnica

Ovaj rad je finansiralo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije.



## LITERATURA

- [1] Zakon o zaštiti životne sredine Srbije, Službeni glasnik Republike Srbije br 66/91, 83/92, 53/93, 67/93, 48/94 i 53/95.
- [2] Medarević M., *Šume Đerdapa*. JP Nacionalni park Đerdap Donji Milanovac i IP ECOLIBRI, Beograd, 2001.
- [3] Lazić M., *Inženjersko-geološke odlike terena u priobalju đerdapske akumulacije između Boljetinske i Porečke reke*. Studijski materijal za izradu planova gazdovanja šumama, Beograd, 1999.
- [4] Knežević M., Milošević R., Košanin O., Production potential of the soil and the basic elements of productivity of the most widely spread sessile types in the U.N.P. Đerdap, *Glasnik šumarskog fakulteta*, 2010, 102, 57-68.
- [5] Antić M., Jović N., Avdalović V., Genetsko-evolucionarna serija zemljišta u reliktnim šumama Đerdapa, *Zemljište i biljka*, Beograd, 1970, 19, (1-3), 109-116.
- [6] Košanin O., Knežević M., Šumska zemljišta u G.J. Čezava N.P. Đerdap, *Šumarstvo*, 2007, 1-2, 25-38.
- [7] Dangić A., *Geohemijski procesi u prirodi i radionuklidi*, monografija Jonizujuća zračenje iz prirode, Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja, Institut za nuklearne nauke Vinča, Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja, Beograd, 1995, 41-56.
- [8] Faure G., *Principles of Isotope Geology*, Second Edition John Wiley and Sons, 1986. P. Fritz, J. Fontes, *Handbook of Environmental Isotope Geochemistry*, Elsevier, 1980.
- [9] UNSCEAR, *Sources and Effects of Ionizing Radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes (Vol. I: Sources)*, New York, 2000. [http://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR\\_2000\\_Report\\_Vol.I.pdf](http://www.unscear.org/docs/publications/2000/UNSCEAR_2000_Report_Vol.I.pdf)
- [10] Gajić B., *Fizika zemljišta*, Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2006.
- [11] Momčilović M., Kovačević J., Tanić M., Đorđević M., Bačić G., Dragović S., Distribution of natural radionuclides in surface soils in the vicinity of abandoned uranium mines in Serbia, *Environ Monit Assess*, 2013, 185, 1319-1329.
- [12] Čučulović A., Stanojković J., Čučulović R., Nestorović S., Radaković N., Veselinović D., Radioaktivnost u mahovinama i zemljištu sakupljenom 2018. godine u NP Đerdap, XXX Simpozijum DZZ SCG, Zbornik radova, Divčibare, 2-4. oktobar, 2019, 58-63.
- [13] Čučulović A., Čučulović R., Nestorović S., Radaković N., Veselinović D., Radioactivity in soil and mosses from NP Đerdap in 2017, *PHYSICAL CHEMISTRY 2018*, 14th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Physical Chemistry, Proceedings, Volume II, Belgrade, september 24-28, 2018, K-14-P, 821-824.
- [14] Čučulović A., Čučulović R., Nestorović S., Radaković N., Veselinović D., Sadržaj  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{40}\text{K}$  u mahovinama i njihovim podlogama sakupljenim 2016. godine u NP Đerdap, *Ecologica*, 2019, 93 (26), 10-14.
- [15] Čučulović A., Stanojković J., Čučulović R., Nestorović S., Radaković N., Veselinović D., Nivoi aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{40}\text{K}$  u zemljištu sakupljenom 2018. godine u NP Đerdap, *Ecologica*, 2019, 94 (26), 136-140.
- [16] Čučulović A., Čučulović R., Sabovljević M., Radenković M.B., Veselinović D., Natural radionuclide uptake by mosses in eastern Serbia in 2008-2013, *Arh. Hig. Rada Toksikol.*, 2016, 67, 31-37.
- [17] ORTEC, Gamma Vision 32, *Gamma-Raz Spectrum Analysis and MCA Emulation*, ORTEC, Oak Ridge, Version 5.3, 2001.
- [18] IAEA, *Construction and use of calibration facilities for radiometric field equipment*, Technical Report Series 309. International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, 1989.
- [19] Kastori R., Ilin Ž., Maksimović I., Putnik-Delić M., *Kalijum u ishrani biljaka, kalijum i povrće*, Izdavač Poljoprivredni fakultet Novi Sad, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 2013.
- [20] Dragović S., Janković Lj., Onjia A., Bačić G., Distribution of primordial radionuclides in surface soils from Serbia and Montenegro, *Radiation Measurements*, 2006, 41, 611-616.
- [21] Ilić J., Arsić V., Bogojević S., Tanasković I., Monitoring radioaktivnosti zemljišta i procena radijacionog rizika za stanovništvo, XXIX Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Zbornik radova, Divčibare, 2-4. oktobar, 2019, 96-102.
- [22] Dragović S., Janković Lj., Onjia A., Assessment of gamma dose rates from terrestrial exposure in Serbia and Montenegro, *Radiation protection Dosimetry*, 2006, 121 (3), 297-302.
- [23] Pravilnik o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i merenjima radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima, Službeni glasnik RS, 86/2011 i 50/2018.

**IZVOD****RASPODELA MASENIH KONCENTRACIJA KALIJUMA, RADIJUMA I TORIJUMA U ZEMLJIŠTU REJONA DOBRA I DONJI MILANOVAC, NP ĐERDAP**

Uzorci zemljišta (26) sakupljeni su u junu 2018. godine na teritoriji Nacionalnog parka Đerdap (rejon Dobra - 4 gazdinske jedinice (GJ) i rejon Donji Milanovac - 2GJ). U radu su prikazane masene koncentracije kalijuma, radijuma i torijuma, koje su izračunate na osnovu gamaspektrometrijski izmerenih aktivnosti radionuklida. Srednje vrednosti masenih koncentracija analiziranih elemenata u uzorcima zemljišta iznose za kalijum 1,53%, radijum 2,07 mg/kg, torijum 6,80 mg/kg. Izračunate su jačine apsorbovanih doza gama zračenja koje potiču od aktivnosti radionuklida u zemljištu, kao i godišnje efektivne doze. Vrednosti jačine apsorbovane doze gama zračenja i godišnje efektivne doze od eksternog izlaganja gama zračenja na osnovu nivoa aktivnosti prirodnih radionuklida u zemljištu bile su u opsegu očekivanih i bližu prosečnih vrednosti u svetu.

**Ključne reči:** NP Đerdap, masene koncentracije, kalijum, torijum, radijum.

**ABSTRACT****THE DISTRIBUTION OF THE MASS CONCENTRATIONS OF POTASSIUM, THORIUM AND RADIUM IN LANDS FROM AREAS DOBRA AND DONJI MILANOVAC, NP ĐERDAP**

Soil samples (26) were collected in June 2018, on the territory of National Park (NP) Đerdap (from region Dobra, 4 management units (MU), and region Donji Milanovac 2 MU). In this study, the mass concentrations of potassium, radium and thorium, were calculated based on specific activities of these radionuclides measured by gamma-ray spectrometry. The mean values of elemental mass concentrations in analyzed soil samples were found to be 1.53% for potassium, 2.07 mg/kg for radium and 6.80 mg/kg for thorium. The strength of the absorbed gamma radiation dose originating from the activity of radionuclides in the soil and the yearly effective dose were determined. Values of the strength of the absorbed gamma radiation dose and the yearly effective dose from external exposure to gamma radiation based on the content of natural radionuclides in soil were in the range of the expected values and close to the average values in the world.

**Keywords:** NP Đerdap, mass concentration, potassium, thorium, radium.