

## RADIOAKTIVNOST BANJSKIH VODA U SRBIJI

**Irena TANASKOVIĆ, Maja EREMIĆ SAVKOVIĆ i Ljiljana JAVORINA**

*Institut za medicinu rada Srbije "Dr Dragomir Karajović", Deligradska 29,  
11000 Beograd, Srbija, irenatanaskovic@yahoo.com*

### SADRŽAJ

*U radu su prikazani rezultati merenja ukupne alfa i beta aktivnos, specifične aktivnosti  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  i provodljivosti u banjaskim vodama Srbije. Banjske vode su uzorkovane na terenima različitih tipova geološke sredine. Maksimalne vrednosti alfa i beta aktivnosti u vodama su 425 mBq/l i 1160 mBq/l, respektivno. Maksimalne specifične aktivnosti  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{R}$  i  $^{40}\text{K}$  su 0.53 Bq/l, < 0.22 Bq/l, i 1.13 Bq/l, respektivno. Maksimalna vrednost električne provodljivosti je 5100  $\mu\text{S/cm}$ .*

### 1. Uvod

Voda, kao glavno jedinjenje neophodno za opstanak živog sveta na planeti, od davnina pobuđuje veliko interesovanje istraživača. Zalihe podzemnih voda su oko pedeset puta veće od zaliha površinskih voda. One predstavljaju ključni element u velikom broju geoloških i hidrolohemijskih procesa.



**Slika 1. Geotektonska rejonizacija teritorije Srbije**

**A. Panonski basen; A-C. Savski rov; B. Dinaridi; C, Vardarska zona; D. Srpsko-makedonska masa; E. Karpato-balkanidi; F. Dakiski basen; 1. aluvioni; 2. neogen; 3. karst; 4. pukotinska sredina.**

Raznovrsnost geološke strukture zemljišta na našoj planeti, utiče da svako nalazište ima geološki uticaj na karakteristike vode. Teritorija Srbije se odlikuje veoma složenom geološkom građom, u kojoj su zastupljeni mnogobrojni litostratigrafski članovi, čija je

starost u rasponu od prekambrije do kvartara slika 1. Zbog specifične građe geotektonskih sredina u Srbiji, pojavljivanje mineralnih banjskih voda vezano je za 4 tipa geoloških sredina. : Hidrogeološki masiv, Oblast metamorfita, Karstna područja i Vulkanogeni masivi [1]. U radu su prikazani rezultati radioaktivnosti banjskih voda Srbije i uticaj geološke strukture izvorišta na sadržaj radioaktivnosti.

## 2. Materijal i metode

Uzorci banjskih mineralnih voda uzorkovani su na teritoriju Srbije direktno u banjskim centrima za lečenje, koje se aktivno koriste. Uzorkovanje banjskih mineralnih voda je bazirana na petrološko-strukturnim karakteristikama terena. Uzorkovano je 20 l mineralne vode po uzorku.

Merenje ukupne alfa i beta aktivnosti vrši se na niskofonskom  $\alpha\beta$  - proporcionalnom gasnom brojaču PIC-WPC-9550 proizvođača Protean Instrument Corporation. Nivo osnovnog alfa zračenja je 0.1 imp/s, a osnovnog beta zračenja 0.4 imp/min. Efikasnost brojača za alfa zračenje je 31 % a za beta zračenje iznosi 45 %, i određena je pomoću standarda  $^{241}\text{Am}$  i  $^{90}\text{Sr}$ , respektivno. U procesu merenja se koristi računski program *Vista 2000* nabavljen od proizvođača uređaja<sup>[3]</sup>. Za analizu ukupne alfa i beta aktivnosti u vodama korišćene su ISO 9696 i ISO 9696 metode [2,3].

Gamaspektrometrijska merenja vršena su na HPGe detektorima, rezolucije 1,95 keV, odnosno 1,85 keV, relativne efikasnosti 25% na 1,33 MeV firme "ORTEC". Energetska kalibracija, kao i kalibracija efikasnosti detektora obavlja se pomoću radioaktivnog standarda AMERSHAM [2]. Za gamaspektrometrijsku analizu voda korišćena je ISO 10703 metoda [4]. Provodljivost banjskih voda je merena konduktometrom CON 5/TDS 5, opseg od 0 do 199.9, 1999  $\mu\text{S}$ , 19.99 mS, rezolucija 0.1, 1  $\mu\text{S}$ ; 0.01 mS.

## 3. Rezultati i diskusija

Banjske vode su uzorkovane na teritorijama različitih tipova geoloških sredina. U sastav akvifera Hidrogeoloških masiva ulaze neogene jezerske tvorevine i krečnjaci. U Hidrogeološkom masivu uzorkovano je na sledećim lokacijama: Kanjiža Banja (S1), Junaković Banja (S2), Koviljača Banja (S3), Selters Banja (S4), Višnjička Banja (S5). U sastav akvifera Karstnog područja ulaze krečnjaci, stene koje sadrže Ca, Mg i  $\text{HCO}_3$ , vode su pokretne kroz pukotine u krečnjaku (šupljine). U Karstnim područjima uzorkovano je na sledećim lokacijama: Vrdnik Banja (S6), Bogutovačka Banja (S7), Niška Banja (S-8), Soko *Park* Banja (S-9), Ovčar Banja (S10).

Imajući u vidu da rastvorljivost radioelemenata u vodi prati sledeći red radium>uranium>thorium, analiziran je radium u mineralnim vodama [5]. Rezultati su prikazani u tabeli 1.

Geološki sastav akvifera nema uticaj na ukupnu alfa i beta aktivnosti, specifičnu aktivnost  $^{226}\text{Ra}$  i  $^{228}\text{Ra}$  u banjskim vodama, što pokazuje srednja vrednost u oba tipa geoloških sredina. Uočena je razlika u maksimalnim vrednostima  $^{40}\text{K}$ , gde se izdvaja voda iz Hidrogeološkog masiva sa vrednošću od 1.13 Bq/l. Vode iz Karstnog područja imaju veću provodljivost, što je posledica sastava akvifera.

**Tabela 1. Karakteristike banjskih voda Srbije**

Oznaka Banje	Alfa (mBq/l)	Beta (mBq/l)	<sup>40</sup> K (Bq/l)	<sup>226</sup> Ra (Bq/l)	<sup>228</sup> Ra (Bq/l)	Provodljivost [μS/cm]
S1	< 60	316±36	0.32±0.02	<0.02	<0.02	3770
S2	< 290	1131±173	1.03±0.08	0.22±0.02	<0.02	5100
S3	18±9	363±28	0.31±0.01	0.15±0.01	< 0.03	677
S4	170±90	1160±170	1.13±0.04	0.30±0.02	< 0.22	2219
S5	< 50	242±33	0.20±0.02	<0.01	< 0.015	1100
Srednja vrednost	118	642	0.60	0.14	0.06	2573
Max. vrednost	290	1160	1.13	0.3	0.22	5100
S6	< 20	302±25	0.26±0.02	<0.02	< 0.02	722
S7	101±15	457±28	0.41±0.07	0.22±0.01	< 0.02	440
S8	425±31	702±37	0.39±0.03	0.53±0.03	< 0.04	265
S9	186±10	283±17	0.22±0.02	0.21±0.02	< 0.03	248
S10	< 20	312±24	0.29±0.01	< 0.02	< 0.02	324
Srednja vrednost	150	411	0.31	0.2	0.03	400
Max. vrednost	425	702	0.41	0.53	0.04	722

#### 4. Zaključak

Dobijeni rezultati merenja radioaktivnosti u uzorcima banjskih voda Srbije, nisu potvrdili uticaj geološke strukture akvifera na njih. Ovde predstavljeni rezultati su osnov za dalje analize i merenja u oblasti hidrogeoloških ispitivanja.

## 5. Literatura

- [1] D. Protić, Mineralne i termalne vode u Srbiji, Knjiga 17, Geoinstitut,
- [2] ] ISO 9696, Water quality-Measurement of gross alpha activity in non-saline water Thich source method, 1992
- [3] ISO 9697 Water quality-Measurement of gross beta activity in non-saline water, 1992
- [4] ISO 10703 Water quality-Determination of the activity concentration of radionuclides by high resolution gamma-ray spectrometry, 1997
- [5] D. Bonotto, T. Bueno, Th natural radioactivity in Guarani aquifer ground water, Brazil, *Applied Radiation and Isotopes*, 66 (2008) 1507-1522.

## ABSTRACT

### TOTAL ALPHA AND BETA ACTIVITY OF AIR AND FALLOUT IN BELGRADE FROM 2006 TO 2008

**Irena TANASKOVIĆ, Maja EREMIĆ SAVKOVIĆ and Ljiljana JAVORINA**

*Institute of Occupational Health of Serbia "Dr Dragomir Karajović",  
Deligradska 29, 11000 Belgrade, Serbia, irenatanaskovic@yahoo.com*

The natural radioactivity of water is derived primarily from the radioactive rocks with which the water has been in contact. This study presents the natural radioactivity of mineral spa waters (total 10) collected from 4 different hydrological regions in Serbia (Hydrogeological masiff, Metamorphic area, Karstic region and Vulcanite massif) in the period 2007-2008. The measurements of gross alpha- and gross beta- activity are reported together with the activity concentration of the natural dissolved radionuclides  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{228}\text{Ra}$  and conductivity.