

ODREĐIVANJE SIMETRIČNOG INDEKSA ZA ^3H U REČNIM VODAMA

Marija JANKOVIĆ¹, Dragana TODOROVIĆ¹, Bojan JANKOVIĆ², Jelena NIKOLIĆ¹ i Nataša SARAP¹

- 1) *Univerzitet u Beogradu, Institut Vinča, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija, marijam@vinca.rs*
2) *Univerzitet u Beogradu, Fakultet za Fizičku Hemiju, Beograd, Srbija*

SADRŽAJ

U radu su prikazani rezultati određivanja simetričnog indeksa, koji opisuje veličinu promene koncentracije tricijuma sa vremenom, za uzorke rečnih voda Save, Dunava i potoka Mlake. Rezultati pokrivaju period od 2003 do 2008. godine. Pokazano je da je simetrični indeks najveći za uzorke Mlake, što je u skladu sa činjenicom da je u tim uzorcima koncentracija tricijuma najveća u poređenju sa uzorcima Save i Dunava.

1. Uvod

Prirodni radioaktivni izotop vodonika, tricijum, nalazi se u padavinama u obliku oksida HTO, odakle lako dospeva u sve površinske i podzemne vode. Različite vode, zavisno od stepena veze podzemne, površinske i atmosfere vode sadrže i različite količine tricijuma. Sredinom prošlog veka došlo je do naglog razvoja nuklearne industrije što je dovelo do novih izvora veštački stvorenog tricijuma i porasta njegove količine, koja dospeva u životnu sredinu.^[1] Zato je merenje koncentracije tricijuma u prirodnim vodama (padavinama, površinskim i podzemnim vodama) jako bitno, naročito u blizini nuklearnih postrojenja.

Cilj ovog rada bio je da se ispita da li postoji mogućnost korišćenja matematičkog parametra koji može da opiše promene koncentracije tricijuma u površinskim vodama sa vremenom.

2. Eksperimentalni deo

Uzorci rečnih voda Save, Dunava i potoka Mlake sakupljeni su 20-25 puta mesečno i koncentracija tricijuma merena je u zbirnom mesečnom uzorku. Mesto uzorkovanja na Savi je Makiš (6 km udaljenosti od ušća u Dunav) dok je mesto uzorkovanja na Dunavu u Vinči (1145 km udaljenosti od ušća u Crno More). Ove lokacije su bitne za ispitivanje jer se Beograd snabdeva vodom za piće iz Save i Dunava. Ispitivanje sadržaja tricijuma u potoku Mlaka, koji je dugačak 5 km sa prosečnim protokom vode od samo 10 l s^{-1} , je takođe bitno jer potok izvire u krugu Instituta "Vinča", protiče neposredno pored istraživačkog reaktora RA (teškovodni reaktor) i preko Bolečice se uliva u Dunav.

S obzirom na činjenicu da je aktivnost tricijuma u prirodnim vodama veoma niska, potrebno je primeniti elektrolitičko obogaćenje u cilju povećanja koncentracije tricijuma.^[2] Uzorci su mereni na tečnom scintilacionom detektoru LKB-Wallac 1219 RackBeta. Efikasnost detekcije određena je sa standardom tricijuma (Wallac Internal Standard $^3\text{H-W}$) i iznosila je $(18.0 \pm 0.5) \%$. Granica detekcije (MDC minimum detectable concentration) iznosila je 0.4 Bq l^{-1} .

3. Rezultati i diskusija

Aktivnost tricijuma u uzorcima Save za period 2003-2008. godine kretala se u opsegu od 0.4 Bq l^{-1} (MDC) (Januar 2003) do 4.84 Bq l^{-1} (Decembar 2005). U uzorcima Dunava za isti period koncentracija tricijuma bila je slična kao i za uzorke Save i kretala se u opsegu od 0.4 Bq l^{-1} (MDC) (Januar 2004) do 5.28 Bq l^{-1} (Jun 2003). Dobijene vrednosti

za aktivnost tricijuma u uzorcima iz potoka Mlake, bile su u opsegu 9.50 Bq l^{-1} (Januar 2005) – 33.14 Bq l^{-1} (Septembar 2003). Koncentracija tricijuma u uzorcima Mlake je znatno veća od vrednosti dobijenih za uzorke Save i Dunava. S obzirom na to da potok Mlaka protiče pored istraživačkog reaktora RA u Vinči, može se reći da postoji uticaj reaktora na sadržaj tricijuma u uzorcima Mlake. Reaktor RA je stavljen van pogona 1986. godine, a od 1987. vršena je redovna kontrola goriva od strane IAEA. Za vreme tih intervencija dolazilo je do ispuštanja tricijuma u obliku vodene pare u okolinu.^[3] Tako da tricijum u obliku HTO lako dospeva u površinske vode i prouzrokuje povećanu aktivnost.

Srednja mesečna koncentracija tricijuma (korišćena pri određivanju simetričnog indeksa) za period 2003-2008. godine, kretala se u opsegu $1.33 - 3.33 \text{ Bq l}^{-1}$ za uzorke Save, $1.69 - 3.72 \text{ Bq l}^{-1}$ za uzorke Dunava i $15.73 - 25.45 \text{ Bq l}^{-1}$ za uzorke Mlake.

U periodu 1988-1997 koncentracija tricijuma u Savi, Dunavu i Mlaci bila je u opsegu $1.5 - 8.1 \text{ Bq l}^{-1}$, $2.5 - 18.6 \text{ Bq l}^{-1}$ i $38.2 - 133.8 \text{ Bq l}^{-1}$, redom.^[4] U periodu 1976-1990 koncentracija tricijuma u Savi i Dunavu bila je u opsegu $1.5 - 16.8 \text{ Bq l}^{-1}$ i $2.5 - 18.2 \text{ Bq l}^{-1}$, redom.^[5]

Simetrični indeks, n , koji definiše veličinu promene koncentracije tricijuma sa vremenom, može se direktno dobiti sa maksimuma krivih koje su dobijene iz drugog izvoda koncentracije po vremenu:

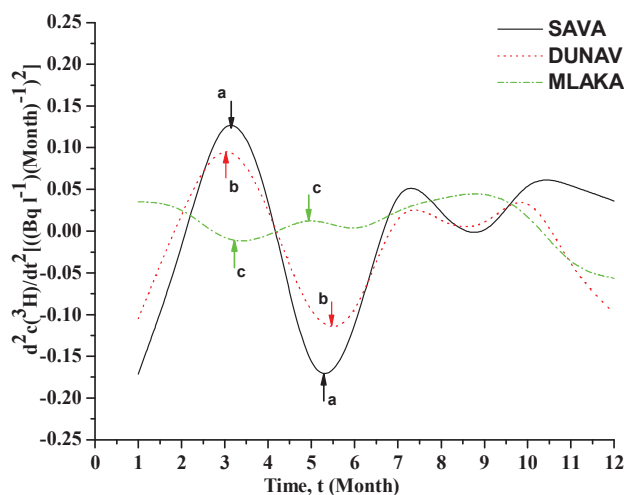
$$n = 1.88 \frac{\left[\frac{d^2 c(^3\text{H})}{dt^2} \right]_L}{\left[\frac{d^2 c(^3\text{H})}{dt^2} \right]_R} \quad (1)$$

gde je 1.88 konstanta, indeksi L i R odgovaraju levim i desnim vrednostima maksimuma na krivama drugog izvoda $d^2 c(^3\text{H})/dt^2$. Jednačina (1) slična je jednačini koja je predstavljena u drugoj Kissinger-ovoj tehnici.^[6]

Slika 1 predstavlja drugi izvod normalizovanih koncentracija tricijuma (normalizovanih srednjih mesečnih koncentracija za period 2003-2008) u funkciju vremena, na različitim lokacijama. Promene drugog izvoda krivih prate mesečne promene koncentracije tricijuma u vremenu (slika nije prikazana u radu). Korišćenjem grafičke metode i jednačine (1), izračunate vrednosti simetričnog indeksa (n) za različite ispitivane lokacije prikazane su u Tabeli 1. Može se videti iz Tabele 1. da je najveća vrednost indeksa n dobijena za uzorke Mlake ($n = 1.878$), što je u skladu sa činjenicom da je sadržaj tricijuma u uzorcima Mlake najveći.

4. Zaključak

Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da istraživački reaktor u Institutu Vinča ima uticaj na sadržaj tricijuma u potoku Mlaka gde su dobijene veće vrednosti nego u uzorcima Save i Dunava. Pokazano je da je vrednost simetričnog indeksa najveća za uzorke Mlake za ispitivani period u poređenju sa uzorcima Save i Dunava što je u skladu sa gore navedenom činjenicom da je sadržaj tricijuma u Mlaci veći nego u Savi i Dunavu. Simetrični indeks je matematički parameter koji adekvatno opisuje promene koncentracije tricijuma sa vremenom i koji ne uzima u obzir fizičke parametre koji utiču na promenu vrednosti koncentracije.



Slika 1. Drugi izvod ($d^2c(^3\text{H})/dt^2$) krive normalizovanih koncentracija tritijuma ($c(^3\text{H})$) u funkciji vremena, na različitim lokacijama. Na slici su strelicama označene pozicije pikova koji su korišćeni za računanje simetričnog indeksa (a – SAVA, b – DUNAV i c – MLAKA).

Tabela 2. Vrednosti simetričnog indeksa (n) za različite lokacije

Lokacija	Simetrični indeks (n)
SAVA	1.551
DUNAV	1.814
MLAKA	1.878

5. Reference

- [1] V. Šipka, N. Miljević, Ž. Vuković. Ispitivanje zagađenja površinskih i podzemnih voda tritijumom u istočnoj Srbiji. *Zbornik saopštenja naša ekološka istina*, pp. 99-100, Borsko jezero, 9-11 Jun 1994. Zavod za zaštitu zdravlja "Timok" Zaječar, Rudarsko topioničarski basen Bor.
- [2] S. Kaufman, W. F. Libby. The natural distribution of tritium. *Phys. Rev.*, 93 (1954) 1337.
- [3] M. Janković, V. Šipka, D. Todorović, N. Miljević, Z. Gršić. Sadržaj tritijuma u vazduhu hale reaktora RA u Institutu "Vinča". U: M. Kovačević, ed. *XXIV Simpozijum društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore. Zbornik radova*, pp. 105-108, Zlatibor, 3-5 Oktobar 2007. Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore.
- [4] N. Miljević, V. Šipka, A. Žujić, D. Golobočanin. Tritium around the Vinča Institute of Nuclear Sciences. *J. Environ. Radioact.*, 48 (2000) 303-315.

- [5] M. Hadžišehović, N. Miljević, V. Šipka, D. Golobočanin. Environmental tritium of the Danube basin in Yugoslavia. *Environmental Pollution*, 77 (1992) 23-30.
- [6] H. E. Kissinger. Reaction Kinetics in Differential Thermal Analysis. *Anal. Chem.*, 29 (11) (1957) 1702–1706.

ABSTRACT

DETERMINATION OF SYMMETRICAL INDEX FOR ^3H IN RIVER WATERS

Marija JANKOVIĆ¹, Dragana TODOROVIĆ¹, Bojan JANKOVIĆ², Jelena NIKOLIĆ¹, Nataša SARAP¹

1) *University of Belgrade, Institute Vinča, Radiation and Environmental Protection Department, Belgrade, Serbia, marijam@vinca.rs*

2) *University of Belgrade, Faculty of Physical Chemistry, Belgrade, Serbia*

The paper presents the results of determining the symmetric index, which describes the magnitude of the tritium content changes with time, for samples of Sava and Danube river waters and Mlaka creek water. The results cover the period from 2003 to 2008. It was shown that the value of the symmetric index is the highest for Mlaka samples, which is in accordance with the fact that in these samples the highest concentration of tritium was found in comparison with samples of the Sava and Danube.