

PROSTORNA RASPODJELA ^{137}Cs U SEDIMENTIMA ESTUARIJA RIJEKE KRKE

Neven Cukrov¹, Delko Barišić¹ i Marko Branica

¹ Institut Ruđer Bošković, Zavod za istraživanje mora i okoliša, Bijenička c. 54, PP 180, 10000 Zagreb, Hrvatska (ncukrov@irb.hr); (dbarisic@irb.hr)

Cilj ovog istraživanja bila je izrada okvirne karte aktivnosti ^{137}Cs u recentnim površinskim sedimentima estuarija rijeke Krke. Tijekom tri godine (2002.-04.) izvršeno je sezonsko uzorkovanje autonomnim ronjenjem pomoću plastičnih korena na više lokacija između Skradinskog buka i tvrđave sv. Nikole. Dodatno je uzorkovano kod otoka Zlarina i iznad slapa Skradinski buk. Analizirano je prvih 4 cm sedimenta. Određivanje aktivnosti ^{137}Cs u uzorcima izvršeno je gamaspektrometrijskom metodom. Dobivene vrijednosti aktivnosti ^{137}Cs varirale su od 1,3 do 22,3 Bq kg⁻¹ suhe mase u estuarijskim uzorcima. Aktivnost ^{137}Cs u sedimentu na poplavnom sprudu iznad Skradinskog buka bila je 52,1 Bq kg⁻¹ suhe mase, a u moru kod otoka Zlarina 0,3 Bq kg⁻¹ suhe mase. Izrađena je karta aktivnosti ^{137}Cs u površinskim sedimentima (0-4 cm) estuarija rijeke Krke.

Uvod

Već neko vrijeme istražuju se prirodni (^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{238}U) i antropogeni (^{137}Cs) radionuklidi u sedimentima estuarija rijeke Krke [1, 2, 3], te mogući antropogeni utjecaj na njihovu prostornu raspodjelu.

Antropogeni radionuklid ^{137}Cs u prirodni je okoliš prvi put dospio tijekom atmosferskih atomskih eksplozija 1945 godine. Prva globalna depozicija ^{137}Cs nastupa tijekom razdoblja intenzivnog atmosferskog testiranja nuklearnog oružja (1951.-1958.), s maksimumom 1957.-1958. godine. Taj vremenski interval uzima se za prvi maksimum ulaska ^{137}Cs u okoliš i može se pratiti u sedimentima širom svijeta. Još izraženiji maksimum slijedio je tijekom 1961. i 1962. godine. Za naše krajeve najznačajniji je zadnji veliki ispust ^{137}Cs u atmosferu koji se dogodio 1986. godine prilikom havarije reaktora nuklearne elektrane u Černobilu. Znajući te maksimume moguće je u recentnim sedimentima relativno jednostavno i pouzdano procijeniti brzinu sedimentacije uzimajući u obzir bioturbaciju, te još neke druge faktore.

S druge strane, u terigenom materijalu koji nose rijeke znatno je veća koncentracija ^{137}Cs nego u morskim sedimentima. Tako se može iz njegove aktivnosti u površinskim sedimentima estu-

arija relativno jednostavno i brzo procijeniti udio terigene komponente u sedimentu. Zato je cilj ovog rada bila izrada okvirne karte aktivnosti ^{137}Cs u recentnim površinskim sedimentima estuarija rijeke Krke kao pokazatelja terigenog utjecaja na sedimente estuarija.

Metode istraživanja

Tijekom tri godine (2002.-04.) izvršeno je sezonsko uzorkovanje recentnih marinskih sedimenta autonomnim ronjenjem pomoću plastičnih korera promjera 175 mm na 15 postaja između Skradinskog buka i tvrđave sv. Nikole (sl. 1). Dodatno je uzorkovano kod otoka Zlarina (Z1) i na poplavnom sprudu iznad slapa Skradinski buk (NPK1). Lokacije uzorkovanja određene su GPS uređajem, modelom Garmin GPSMap 72, s točnošću od ± 5 m. Za potrebe ovog istraživanja analizirana su prva 4 cm sedimenta na svakoj postaji. Nakon uzorkovanja sediment je smrznut na -18 °C i tako čuvan do analize.



Slika 1. Estuarij rijeke Krke s postajama uzorkovanja

Prije gamaspektrometrijskih mjerenja sediment je odmrznut na sobnu temperaturu i zatim sušen na temperaturi od 106 °C do konstantne težine. Nakon toga sediment je spakiran u posudice standardnog volumena i ostavljen 4 tjedna da bi se omogućilo uspostavljanje radiokemijske ravno-

teže između plinovitog ^{222}Rn i njegovog potomka ^{214}Bi . Uzorci su brojani na HPGe detektoru povezanom s Canberra 8192 kanalnim analizatorom. Sistem je kalibriran sljedećim standardima: IAEA marine sediment 306 (Monte Carlo, Monaco) i IAEA stream sediments 313, 314 (Seibersdorf, Austria). Spektri su snimani 80 000 sekundi i obrađeni na PC kompatibilnom računalu u Canberra GENIE 2K programu. Aktivnost ^{137}Cs je izračunata iz foto vrha na 661,6 keV.

Rezultati i diskusija

Dobivene vrijednosti aktivnosti ^{137}Cs varirale su od 1,3 do 22,3 Bq kg⁻¹ suhe mase u estuarijskim uzorcima (tab. 1). Aktivnost ^{137}Cs u riječnom sedimentu na poplavnom sprudu iznad Skradinskog buka je 52,1±1,1 Bq kg⁻¹ suhe mase, a u morskom sedimentu kod otoka Zlarina 0,3±0,2 Bq kg⁻¹ suhe mase, što odgovara prosječnim aktivnostima u obalnim karbonatnim sedimentima [4, 5]. Aktivnost ^{137}Cs u sedimentu idući nizvodno Krkom pokazuje generalni trend smanjivanja, da bi na kraju bila jedva primjetna (0,3±0,2 Bq kg⁻¹ suhe mase) u morskom sedimentu. Ovakav trend pokazuje smanjivanje količine terigene komponente u sedimentu, s par izuzetaka. Na prvoj postaji KE1 vrijednosti su relativno niske (3,3 ± 0,3 Bq kg⁻¹ suhe mase) i znatno niže od sljedeće postaje Skradin KE2, na kojoj je aktivnost najviša u estuarijskom dijelu Krke (22,5 ± 0,8 Bq kg⁻¹ suhe mase). Sediment na postaji KE1 sadrži velik udio sedrenog materijala koji u sebi ne sadrži veće količine terigenih čestica pa su vrijednosti aktivnosti niže. Sljedeće odstupanje nalazimo na postaji KE9, koja s aktivnošću ^{137}Cs od 7,9 ± 0,4 Bq kg⁻¹ suhe mase odskaka od susjednih postaja KE8, s aktivnošću od 4,3 ± 0,4 Bq kg⁻¹ suhe mase, i KE-10, s aktivnošću od 2,6 ± 0,3 Bq kg⁻¹ suhe mase.

Tablica 1. Postaje uzorkovanja s aktivnošću ^{137}Cs

Postaja	Opis Postaje	^{137}Cs bqkg-1
KE1	Ispod slapa Skradinski buk	3,3 ± 0,3
KE2	Skradin	22,5 ± 0,8
KE3	Ulaz u Prokljan	15,4 ± 0,5
KE4	Prokljan	12,0 ± 0,5
KE5	Izlaz iz Prokljana	10,4 ± 0,5
KE6	Kanjon Krke	8,1 ± 0,4
KE7	Kanjon Krke	5,6 ± 0,4
KE8	Kanjon Krke	4,3 ± 0,4
KE9	Kanjon Krke - ispred Zatona	7,9 ± 0,4
KE10	Kanjon Krke - ispred mosta	2,6 ± 0,3
KE11	Kanjon Krke - iza mosta	2,1 ± 0,2
KE15	Ulaz u kanal sv. Ante	2,4 ± 0,3
KE16	Kanal sv. Ante	2,9 ± 0,2
KE17	Tvrđava sv. Nikola	2,1 ± 0,2
KE18	Ušće Guduče u Prokljan	19,5 ± 0,6
Z1	Zlarin	0,3 ± 0,2
NPK1	Iznad slapa Skradinski buk	52,1 ± 1,1

Do ovakvog porasta aktivnosti došlo je najvjerojatnije uslijed većeg unosa terigenih čestica bujičnim donosom iz pravca Zatona. Na postaji KE-18 nađena je visoka aktivnost ^{137}Cs ($19,5 \pm 0.6 \text{ Bq kg}^{-1}$ suhe mase). Ta nam vrijednost pokazuje da rječica Guduča, iako ima relativno mali protok vode ($< 1 \text{ m}^3/\text{sec}$), nosi velike količine terigenog materijala.

Ovakva prostorna raspodjela aktivnosti ^{137}Cs ukazuje da je utjecaj terigene komponente na sedimentaciju znatan u gornjem dijelu estuarija (KE2 do KE5), dok je u donjem dijelu estuarija (KE10 do KE17) mali.

Izvori

- [1] Cukrov, N., D. Barišić, M. Branica, Ž. Kwokal, 2003. Preliminary results of Uranium and Radium content in Krka River Estuary. Abstracts book, 22nd IAS meeting of Sedimentology, str. 36, Opatija.
- [2] Cukrov, N., D. Barišić, M. Branica, 2004. Content of the ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{238}U & ^{137}Cs in the recent sediments of the Krka River Estuary. Rapport du 37 Congres de la CIESM, Briand, Frederic (ur.), Barcelona CIESM, str. 20, Barcelona.
- [3] Cuculić, V., N. Cukrov, D. Barišić, M. Mlakar, 2006. Uranium in sediments, mussels (*mytilus* sp.) and seawater of the Krka river estuary. Journal of Environmental Radioactivity. 85, (1), str. 59-70, Amsterdam.
- [4] Barišić, D., A. Vertačnik, S. Lulić, G. Mihelčić, I. Sondi, M. Juračić, E. Prohić, R. Crmarić, 1996. Radiological characteristics of recent marine sediments of the Adriatic Sea. International Seminar on the Use of Isotope Techniques in Marine Environmental Studies. Athens, Greece, IAEA-SR-194/8, str. 15-19, Athens.
- [5] Barišić, D., A. Vertačnik, S. Lulić, G. Mihelčić, I. Sondi, M. Juračić, E. Prohić, R. Crmarić, 1998. Natural radionuclides in recent marine sediments of the Adriatic Sea. Rapp. Comm. int. Mer. Medit. 35, str. 228-229, Monaco.

Neven Cukrov, Delko Barišić and Marko Branica

A SPATIAL ^{137}Cs DISTRIBUTION IN ESTUARINE SEDIMENTS

Summary

A spatial ^{137}Cs radionuclide distribution in recent estuarine sediments in the Krka River Estuary was studied. During three years (2002-04) the sediment has been sampled between Skradinski Buk and Sv. Nikola fortress, by scuba diving with plastic corers. Additionally samplings were performed upper the Skradinski Buk and near Island Zlarin. First 4 cm of the sediment were analyzed. Activities of ^{137}Cs were determined by a gamma-spectrometry method.

Activities of ^{137}Cs were found in range 1,3 – 22,3 Bq kg⁻¹ dry weight in estuarine samples, and was 52,1 Bq kg⁻¹ dry weight in the river Krka sediment upper the Skradinski Buk and 0,3 Bq kg⁻¹ in marin sediment near Island Zlarin. Map with spatial distribution of ^{137}Cs activities was made.

