



RADIOEKOLOŠKO STANJE ^{137}Cs U SJEVERNOM JADRANU TIJEKOM 2006. i 2007. GODINE

Dijana Pavičić-Hamer¹ i Stipe Lulić²

Institut "Ruđer Bošković"

¹Centar za istraživanje mora, Rovinj

²Zavod za istraživanje mora i okoliša, Zagreb

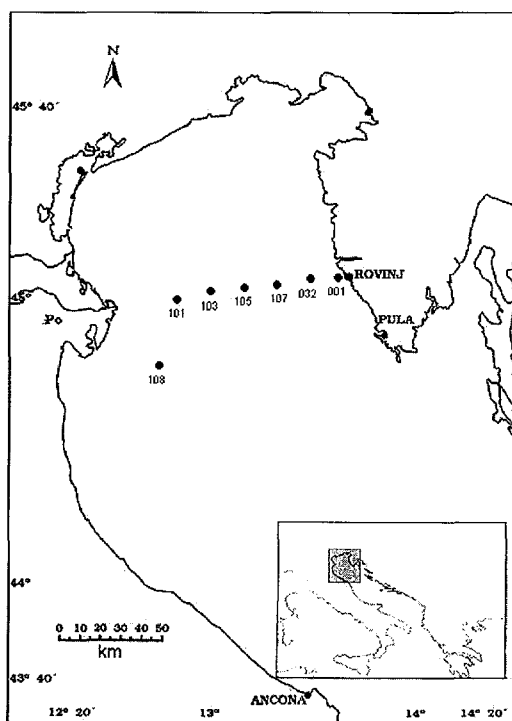
e-mail: pavicic@cim.irb.hr

UVOD

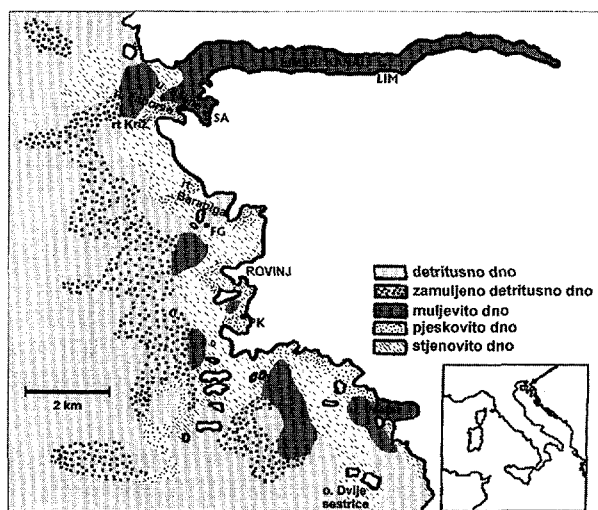
U Institutu "Ruđer Bošković", Centru za istraživanje mora, Rovinj, provode se gama-spektrometrijske analize radionuklida u morskom okolišu. Radioekološka procjena se provodi sa ciljem istraživanja distribucije i akumulacije radionuklida u ekosustavu [1]. Sjeverni Jadran je specifično područje zbog svojeg geografskog položaja i oceanografskih karakteristika [2]. Glavni izvori dotoka umjetne radioaktivnosti u Jadransko more su atmosfersko zagađenje radionuklidima (fallout) i donos rijekom Po [3]. ^{137}Cs je jedan od fisijjskih produkata, dugo se zadržava u morskom okolišu i široko je rasprostranjen pomoću strujanja vodenih masa stoga je od globalnog radiološkog značaja [4, 5]. Svrha ovih istraživanja je monitoring stanja ^{137}Cs u sjevernom Jadranu i utvrđivanje bioindikatorskih vrsta pogodnih za praćenje stanja radioaktivnosti. Na temelju rezultata dvogodišnjeg istraživanja napravljena je usporedba radioaktivnog stanja različitih ekosustava: područje pod utjecajem rijeke Po, zaštićeno područje Limskog zaljeva i obalno područje Rovinja.

MATERIJAL I METODE

Uzorkovanje, radiokemijska analiza i određivanje ^{137}Cs u uzorcima morske vode, sedimentu i biološkom materijalu napravljeni su po protokolu od IAEA [4, 6]. Tijekom 2006. i 2007. godine uzorkovano je na određenim postajama sjevernog Jadrana (Slika 1, 2). Na postaji 108 uzimani su sezonski uzorci morske vode (0, 15 i 30 m) i sediment korerom (0-10 cm). U Limskom zaljevu uzimani su uzorci morske vode i dagnji *Mytilus galloprovincialis*. Dva puta godišnje uzimani su uzorci u obalnom području Rovinja, morska voda kod otoka Figarole, sediment uvala Saline, te smeđa alga jadranski bračić *Fucus virsoides* kod Zlatnog rta. Od riba koristili smo sardelu *Sardina pilchardus*, cipal *Mugil cephalus* i trilju *Mullus barbatus* sa tržnice.



Slika 1. Postaja 108 ispred ušća rijeke Po u sjevernom Jadranu.



Slika 2. Karta priobalnog područja Rovinja, postaje: FG – otok Figarola, LIM – Limski zaljev, KZ – rt Križ, PK – Zlatni rt i SA – uvala Saline.

Za analizu ^{137}Cs u uzorku morske vode (50 l) korišten je za precipitaciju amonijum-fosfo-molibdat (AMP) i stabilni CsCl kao nosač. Uzorci su osušeni na 105°C , s tim da su biološki spaljeni na 360°C . Uzorci su mjereni 80 000 s nedestruktivnom metodom gama-spektrometrijom na GR detektoru (FWHM 1,83 keV do 1,33 MeV; relativne efikasnosti 25,8% peak to compton 57,8:1) na 8192 kanala u energetsom području od 2000 keV. Za kvalitativnu i kvantitativnu analizu dobivenih spektara korišten je Canberra Genie software (GENIE2K).

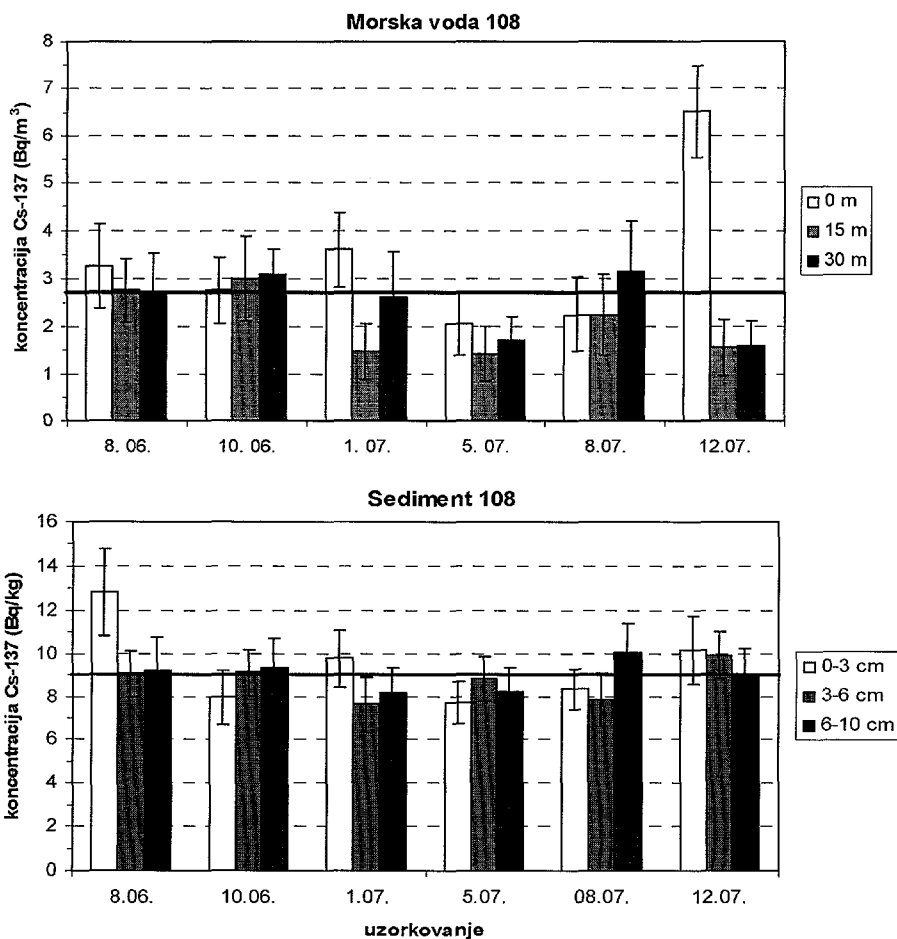
REZULTATI I DISKUSIJA

Tijekom 2006. i 2007. godine pratili smo radioekološko stanje u sjevernom Jadranu u tri različita ekosustava. Usporedili smo područje pod utjecajem rijeke Po, zaštićeno područje Limskog zaljeva i obalno područje Rovinja pod utjecajem antropogenog onečišćenja.

Na postaji 108 određena je vertikalna distribucija ^{137}Cs u morskoj vodi i u sedimentu (Slika 3). U morskoj vodi koncentracije ^{137}Cs su varirale od 1,42 do $3,60\text{ Bq m}^{-3}$. Profil ^{137}Cs u vodenom stupcu karakterizira opadanje koncentracije od površine prema dnu [7]. Na postaji 108 u vertikalnom transportu nije izražena tendencija opadanja ^{137}Cs s dubinom, razlog tome je mala dubina i strujanje mora. Srednja vrijednost ^{137}Cs za sediment je povišena ($9,06\text{ Bq/kg}$) u odnosu na sediment sjevernog Jadrana ($2\text{--}5\text{ Bq/kg}$), što ukazuje na donos radioaktivnosti rijekom Po [3].

Tijekom 2006. u Limskom zaljevu izmjerili smo nisku koncentraciju ^{137}Cs u dagnjama, dok 2007. ^{137}Cs nije bio detektiran (Slika 4). Tijekom 2007. koncentracija ^{137}Cs u morskoj vodi je bila niska ($1,99\text{ Bq m}^{-3}$). U Limskom zaljevu uslijed brojnih podmorskih izvora – vrulja, morska voda je smanjenog saliniteta, koji varira sezonski i s dubinom.

Na području Rovinja koncentracija ^{137}Cs u morskoj vodi je u rangu višegodišnjeg prosjeka prije Černobilske nesreće ($2,43\text{ Bq m}^{-3}$), kao i u površinskom sloju sedimenta ($2,15\text{ Bq/kg}$) (Slika 4). Rezultati akumulacije ^{137}Cs na odabranim organizmima pokazuju da određene vrste bolje akumuliraju radionuklide od drugih. U dagnje, cipla i sardele nije došlo do značajne akumulacije ^{137}Cs , dok u jadranskom bračiću i trilji je povećana koncentracija ^{137}Cs . Dosadašnja istraživanja na smeđoj algi *Fucus serratus* su pokazala da je dobar bioindikator za praćenje distribucije radionuklida [8]. Rezultati indiciraju da se jadranski bračić i trilja mogu primijeniti kao bioindikator otopljenih radionuklida u morskoj vodi i za praćenje nuklearne kontaminacije u sjevernom Jadranu.

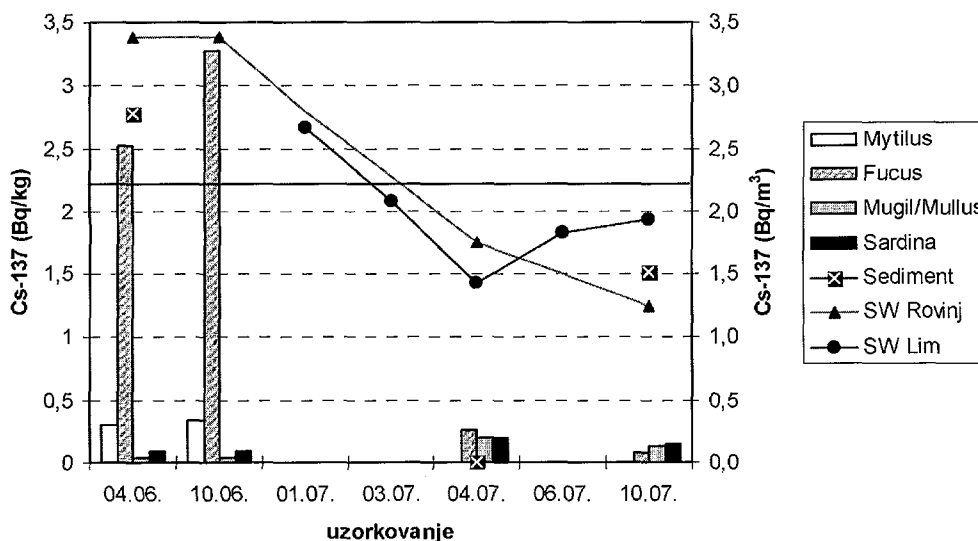


Slika 3. Koncentracija ^{137}Cs u morskoj vodi i sedimentu na postaji 108 tijekom 2006. i 2007. godine.

ZAKLJUČAK

Umjetnu radioaktivnost u sjevernom Jadranu procijenili smo određivanjem koncentracije ^{137}Cs u različitim ekosustavima: području pod utjecajem rijeke Po, zaštićenom području Limskog zaljeva i obalnom području Rovinja. *Fucus virsoides* i *Mullus barbatus* mogu se primijeniti kao indikatorske vrste u monitoringu radioekološkog stanja u Jadranskom moru. Radioekološko stanje ^{137}Cs u sjevernom Jadranu je u rangu višegodišnjeg prosjeka prije Černobilske nesreće, sa kolebanjima koja su pod utjecajem fizikalno-kemijskih i hidrografskih parametara tog područja.

Rovinj i Limski zaljev



Slika 4. Koncentracija ^{137}Cs u morskoj vodi, sedimentu i biološkom materijalu iz Limskog zaljeva i obalnog područja Rovinja tijekom 2006. i 2007. godine.

LITERATURA

- [1] Fowler SW. Biologically mediated removal, transformation and regeneration of dissolved elements and compounds. In: Mantolura, Martin and Wollast eds. Ocean Margin Processes in Global Change, 1991; 127-143.
- [2] Cushman-Roisin B, Gačić M, Poulain PM, Artegiani A. Physical Oceanography of the Adriatic Sea. Kluwer Academic Publishers, 2001. ISBN 1-4020-0225-4.
- [3] Nonnis Marzano F, Triulzi C. A Radioecological Survey of Northern and Middle Adriatic Sea before and After the Chernobyl Event (1979-90). Marine Pollution Bulletin 1994; 28 (4): 244-253.
- [4] Folsom TR, Sreekumaran C. Some reference methods for determining radioactive and natural caesium for marine studies. Technical reports series No.118: Reference methods for marine radioactivity studies. Vienna, International Atomic Energy Agency (IAEA); 1970, 129-187.
- [5] Florou H, Kritidis P, Vosniakos F, Trindafyllis J, Delfanti R, Papucci C, Cigna A, Polikarpov G.G, Egorov V.N, Bologna A.S, Patrascu V. Caesium-137 in the eastern Mediterranean – impact sources and marine pathways, FEB 2003; 12(1):3-9.
- [6] Mediterranean Mussel Watch – Designing a regional program for detection radionuclides and trace-contaminants. CIESM Workshop Series no. 15. Monaco, 2002.

- [7] UNEP. Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by radioactive substances. Athens: MAP Technical Reports Series 62, 1992.
- [8] Carlson L, Erlandsson B. Seasonal variation of radionuclides in *Fucus vesiculosus* L. from Oresund, Southern Sweden. *Environ Pollut* 1991; 73(1):53-70.

THE RADIOECOLOGICAL CONDITION OF ^{137}Cs IN THE NORTHERN ADRIATIC SEA (2006 – 2007)

Dijana Pavičić-Hamer¹ and Stipe Lulić²

Ruđer Bošković Institute

¹Center for Marine Research, Rovinj, Croatia

²Division for Marine and Environmental Research, Zagreb, Croatia
e-mail: pavicic@cim.irb.hr

Over the past 30 years, the Croatian Ruđer Bošković Institute, Center for Marine Research Rovinj has studied the levels and distribution of long-lived radionuclides in different marine samples. Artificial radioactivity in the northern Adriatic Sea was assessed by analysis of the concentration of ^{137}Cs in seawater, sediment and marine organisms. A comparison of radioactive contamination was made between different ecosystems including in front of the river Po delta, the protected area of Lim bay and the Rovinj coastal area from 2006 to 2007. At the station which was under the direct influence of the Po river discharge the concentrations of ^{137}Cs in seawater were back to pre-Chernobyl values (2.65 Bq m^{-3}), although in sediment values were slightly higher (9.06 Bq/kg). Inside Lim bay the concentrations of ^{137}Cs in seawater were low (1.99 Bq m^{-3}) and in mussel *Mytilus galloprovincialis* were undetectable in this period. The concentrations of ^{137}Cs in seawater in the surface layer in the Rovinj coastal area remained constant (2.43 Bq m^{-3}), as were found within the top sediment layer (2.15 Bq/kg). The concentrations of ^{137}Cs were detectable at very low levels in *Mugil cephalus* and *Sardina pilchardus*. *Fucus virsoides* and *Mullus barbatus* can be considered a good bioindicator of monitoring radiocontamination in the Adriatic Sea.

The radiological status of ^{137}Cs in the Adriatic Sea has returned to the pre-accident level, taking into consideration their natural fluctuations due to physico-chemical and hydrological parameters in the investigated area. Such knowledge of radioactive contamination could be useful in the estimation of the state of the environment and as an input to plans for the protection of the Adriatic Sea.