

RADIONUKLIDI I TEŠKI METALI U ZEMLJIŠTU OKOLINE TERMoeLEKTRANE "KOSTOLAC A"

Dr Nataša B. Sarap^{1*},
Dr Jelena D. Krneta Nikolić¹,
MSc Slađana Meseldžija²,
MSc Marjetka Savić Biserčić²,
Dr Marija M. Janković¹

¹Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

²Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča", Laboratorija za hemijsku dinamiku i permanentno obrazovanje

Izvod

Ovaj rad je fokusiran na određivanje koncentracije aktivnosti radionuklida (^{210}Pb , ^{238}U , ^{235}U , ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K) i koncentracije teških metala (Pb, Mn i Zn) u površinskom sloju zemljišta okoline termoelektrane "Kostolac A". Tehnike koje su korišćene za analizu pomenutih radionuklida i teških metala su gamaspektometrija i atomska apsorpciona spektrometrija, redom. Srednje vrednosti koncentracija aktivnosti ispitanih radionuklida, izražene u Bq/kg, iznosile su: 76,7 za ^{210}Pb ; 67,2 za ^{238}U ; 4,1 za ^{235}U ; 29 za ^{226}Ra ; 50,1 za ^{232}Th i 611 za ^{40}K . Srednje vrednosti koncentracija teških metala, izražene u mg/kg, iznosile su: 28 za Pb; 775,4 za Mn i 105,5 za Zn. Rezultati ove studije su ukazali da rad termoelektrane nema značajan negativan uticaj na okolinu u pogledu sadržaja radionuklida i teških metala.

Ključne reči: Radionuklidi; Teški metali; Zagađenje zemljišta.

Uvod

Kontaminacija životne sredine radionuklidima i teškim metalima predstavlja jedan od ozbiljnih i globalnih ekoloških problema čovečanstva. Najveći doprinos čini kontaminacija zemljišta koja potiče od radionuklida i teških metala, koji se prirodno nalaze u zemljištu i vode poreklo od matičnog supstrata površinskog sloja zemljine kore. Prirodno postojeće radioaktivne supstance (eng. *NORM - naturally occurring radioactive materials*) čine deo prirodnog pozadinskog zračenja i u životnoj sredini su najčešće prisutne kao članovi ^{238}U , ^{235}U i ^{232}Th serije, i izotopa ^{40}K . U ekosistemu se uglavnom distribuiraju prirodnim geološkim i geohemijskim procesima [1]. Uzimajući u obzir ograničenu količinu zemljišta i veoma spor proces nastajanja, neracionalno korišćenje i neprekidnu kontaminaciju, zemljište treba smatrati uslovno obnovljivim prirodnim resursom. Neophodno je smanjiti kontaminaciju zemljišta, jer zagađenje zemljišta dovodi do disbalansa kvaliteta i sadržaja minerala u tlu, pri čemu je ovo ometajući faktor biološkog balansa organizama u zemljištu, odnosno živog sveta rastresitog sloja zemljišta, čime se prekidaju biološki tokovi.

Usled svojevrsnog tehnološkog razvoja i industrijskih procesa, dolazi do emisije velike količine nus-proizvoda u atmosferu, koji mogu da sadrže različite koncentracije toksičnih i štetnih supstancija. Ljudske aktivnosti koje najviše degradiraju tlo, prvenstveno se odnose na širenje gradova, izgradnju industrijskih kompleksa i saobraćajnica, kao i deponovanje otpadnog materijala, pri čemu su

ogromne površine zemljišta izložene intenzivnom procesu erozije. Osim navedenog pojma NORM, koncept tehnološki povišenih prirodnih radioaktivnih materija (eng. *TENORM - technologically enhanced naturally occurring radioactive materials*), uveden je sredinom sedamdesetih godina prošlog veka, usled progresije kontaminacije radioaktivnim supstancijama daleko iznad nivoa u prirodnom okruženju, kao i potencijalne izloženosti populacije usled ljudskih aktivnosti [2]. Do povećanja nivoa koncentracije prirodnih radionuklida u životnoj sredini, može doći usled tehnoloških postupaka, kao što su: eksploatacija i prerada rude, sagorevanje uglja u termoelektranama, eksploatacija i prerada nafte i gasa, upotreba fosfata u proizvodnji mineralnih đubriva, recikliranje metala [3,4].

U uslovima kontaminacije, potrebno je utvrditi potencijalne zagađivače, kako bi se preduzele mere zaštite, koje podrazumevaju dekontaminaciju i remedijaciju zemljišta. Termoelektrane na uglj svakako predstavljaju jedan od navedenih izvora kontaminacije. Tokom procesa rada termoelektrane, sagorevanje uglja može povećati nivo zagađenja životne sredine u njenoj okolini, usled pepela koji se emituje kao čvrst otpad sagorevanja ili usled neadekvatno obezbeđenih deponija kada se vetrom prenosi na velika rastojanja [5]. Navedeni proces generiše brojne polutante, kao što su: oksidi sumpora, ugljenika i azota, toksični i teški metali, kao i organske čestice. Na taj način dolazi do povećanja koncentracije zagađujućih supstancija na različitim udaljenostima od izvora kontaminacije. Stoga je neophodan permanentni monitoring polutanata u životnoj sredini

*E-mail adresa: natasas@vinca.rs (N. Sarap)

okoline termoelektrana, kako bi se omogućilo određivanje porekla kontaminacije i prostorne raspodele svih potencijalnih izvora zagađenja.

Materijal i metode rada

Istraživani prostor je okolina termoelektrane "Kostolac A", koja se nalazi u gradskoj opštini Kostolac, grad Požarevac, Braničevski okrug, istočna Srbija (N: 44° 42', E: 21° 10'). Termoelektrane "Kostolac A" i "Kostolac B" imaju ukupnu instalacionu snagu 1007 MW i za proizvodnju struje koriste lignit. Kao nus-proizvod u procesu sagorevanja uglja dobija se velika količina pepela, koji se odlaze na deponije u okolini. Položaj TE "Kostolac" je prikazan na slici 1.



Slika 1. Termoelektrana "Kostolac" (slika preuzeta sa <https://www.google.rs/search?q=kostolac&client>)

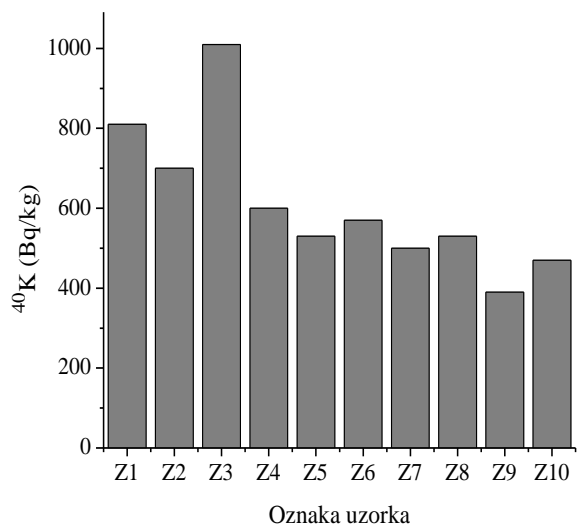
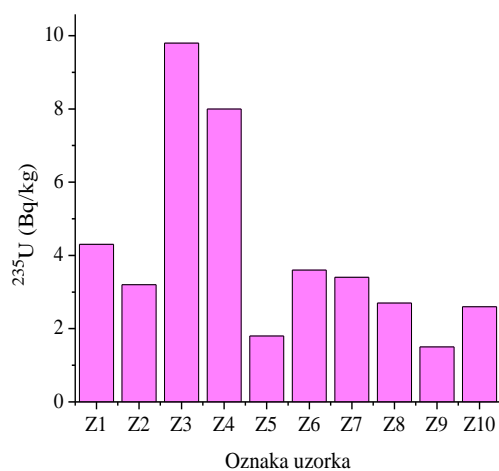
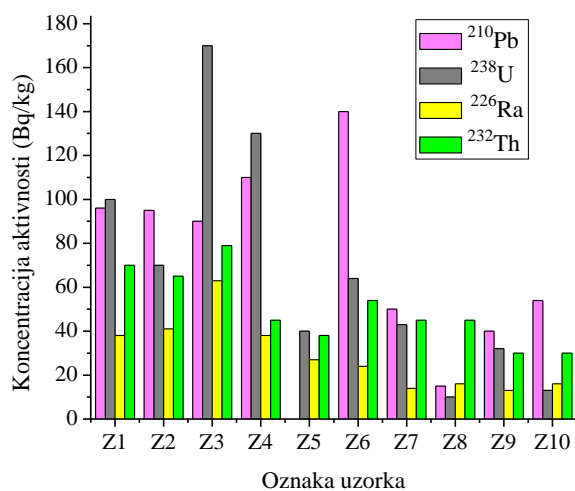
Određivanje aktivnosti radionuklida je izvršeno poluprovodničkim germanijumskim detektorom visoke čistoće (eng. *High Purity GERmanium detector*) proizvođača Canberra Industries, čija je relativna efikasnost 20 %. Vreme merenja uzoraka je iznosilo 60000 s. Spektri su analizirani pomoću programa GENIE 2000 (Canberra Industries).

Koncentracije teških metala u ispitanim uzorcima zemljišta određene su atomskim apsorpcionim spektrometrom AAnalyst700 (Perkin Elmer), tehnikom plamena. Sistem je kontrolisan pomoću softverskog paketa AA WinLab 32.

Rezultati i diskusija

Koncentracije aktivnosti gama emitera: ^{210}Pb , ^{238}U , ^{235}U , ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K u uzorcima površinskog sloja zemljišta, sakupljenim u okolini termoelektrane "Kostolac A", predstavljene su na slici 2. U uzorku obeleženom sa Z5 nije detektovan radioizotop ^{210}Pb , dok je koncentracija aktivnosti u uzorku Z8 bila ispod granice detekcije (< 15 Bq/kg). Koncentracija aktivnosti ^{238}U u uzorcima obeleženim sa Z8 i Z10 je bila ispod granice detekcije (< 13 Bq/kg). Vrednosti koncentracije aktivnosti radioizotopa (Bq/kg) u ostalim ispitanim uzorcima su iznosile: 40-140 za ^{210}Pb , 32-170 za ^{238}U , 1,5-9,8 za ^{235}U , 13-63 za ^{226}Ra , 30-79 za ^{232}Th i 390-1010 za ^{40}K . Poređenjem vrednosti koncentracija aktivnosti radioizotopa u zemljištu okoline termoelektrane "Kostolac A"

prikazanih u ovoj studiji, sa rezultatima u svetskoj literaturi [6-9], može se zaključiti da su vrednosti istog reda veličine.



Slika 2. Koncentracije aktivnosti radionuklida u zemljištu

Na osnovu vrednosti koncentracija aktivnosti ^{226}Ra , ^{232}Th i ^{40}K i određenih faktora konverzije, može se izračunati apsorbovana doza gama zračenja u vazduhu na 1 m iznad tla, koja predstavlja značajnu veličinu u proceni radijacionog rizika za populaciju [10]. Jačina doze usled primordijalnog gama zračenja za ispitane uzorke zemljišta okoline termoelektrane "Kostolac A" je varirala u opsegu od 40,5 do 119,2 nGy/h,

sa srednjom vrednošću od 69,3 nGy/h, što je u skladu sa literaturnim vrednostima.

Koncentracije određenih teških metala u površinskom sloju zemljišta su prikazane u tabeli 1. Srednje vrednosti koncentracija teških metala, izražene u mg/kg, iznosile su: 28 za Pb; 775,4 za Mn i 105,5 za Zn, pri čemu u jednom uzorku zemljišta nije detektovano olovo. Vrednosti prikazane u ovoj studiji su u skladu sa literaturnim vrednostima koncentracija metala u zemljištu okoline termoelektrana zemalja u regionu [11,12].

Tabela 1. Koncentracije teških metala (mg/kg)

Oznaka uzorka	Pb	Mn	Zn
Z1	25,1	962,1	107,3
Z2	16,1	826,1	87,5
Z3	8,4	858,2	121,7
Z4	25,8	743,1	98,5
Z5	nd	708,1	98,7
Z6	81,8	745,3	119,7
Z7	8,7	888,9	140,5
Z8	49,3	863,9	103,6
Z9	38,8	608,7	103,0
Z10	25,9	549,5	74,4

Kriterijum za kvantifikaciju antropogenog uticaja i nivoa rizika kontaminacije zemljišta teškim metalima je određivanje parametra stepena zagađenja, odnosno faktora obogaćenja EF (eng. *enrichment factor*), koji predstavlja stvarni nivo kontaminacije u poređenju sa nekontaminiranim tлом. Izračunava se kao odnos koncentracija ciljanog elementa i elementa koji se uzima za normalizaciju u ispitivanom i takozvanom "background" zemljištu [13,14]. Izračunate vrednosti faktora obogaćenja za ispitivani prostor iznose: 1,40 za Pb; 1,34 za Mn i 2,29 za Zn. Na osnovu poređenja izračunatih sa preporučenim vrednostima, može se zaključiti da nema značajnog antropogenog uticaja na nivo kontaminacije teškim metalima u okolini ispitivanog prostora. Neznatno veća vrednost za Zn može biti odraz razlike između referentnog uzorka i sastava lokalnog tla.

Zaključak

Sistematski monitoring koncentracije radionuklida u životnoj sredini je osnov na kome se zasnivaju kriterijumi radiološke sigurnosti populacije. Izloženost populacije dozi zračenja koja potiče iz tla, permanentno zavisi od koncentracije aktivnosti radionuklida u zemljištu, ali i od lokalne geološke strukture. Cilj radijacione zaštite populacije je zasnovan na smanjenju rizika od oštećenja organizma izazvanih zračenjem. Osim praćenja koncentracije radioizotopa, od izuzetne važnosti je i kontrola i praćenje sadržaja teških metala u životnoj sredini, zbog njihovog biološkog kruženja u ekosistemu i potencijalnog ekološkog rizika. Analizom sadržaja ispitanih radionuklida i teških metala u zemljištu okoline termoelektrane "Kostolac A", a potom i

izračunavanjem parametara radijacionog rizika za populaciju i antropogenog uticaja na ekosistem, ukazano je da rad ove termoelektrane nema značajniji negativni uticaj na njeno okruženje.

Zahvalnica

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije, u okviru projekta III43009.

Literatura

- [1] O. Maxwell, H. Wagiran, N. Ibrahim, S. Lee, S. Sabri, Comparison of activity concentration of ^{238}U , ^{232}Th and ^{40}K in different Layers of subsurface Structures in Dei-Dei and Kubwa, Abuja, northcentral Nigeria. *Radiat Phys Chem* 91 (2013) 70-80.
- [2] M. Montaña, A. Camacho, R. Devesa, I. Vallés, R. Céspedes, I. Serrano, S. Blázquez, V. Barjola, The presence of radionuclides in wastewater treatment plants in Spain and their effect on human health. *J Clean Prod* 60 (2013) 77-82.
- [3] S.M. El-Bahi, A. Sroor, G.Y. Mohamed, N.S. El-Gendy, Radiological impact of natural radioactivity in Egyptian phosphate rocks, phosphogypsum and phosphate fertilizers. *Appl Radiat Isotopes* 123 (2017) 121-127.
- [4] O.S. Zorer, H. Ceylan, M. Dođru, Determination of heavy metals and comparison to gross radioactivity concentration in soil and sediment samples of the Bendimahi river basin (Van, Turkey). *Water Air Soil Poll* 196 (2009) 75-87.
- [5] M.N. Tanić, Lj.J. Janković Mandić, B.A. Gajić, M.Z. Daković, S.D. Dragović, G.G. Bačić, Natural radionuclides in soil profiles surrounding the largest coal-fired power plant in Serbia. *Nucl Technol Radiat* 31 (2016) 247-259.
- [6] E. Charro, R. Pardo, V. Pena, Chemometric interpretation of vertical profiles of radionuclides in soils near a Spanish coal-fired power plant. *Chemosphere*, 90 (2013) 488-496.
- [7] L. Dai, H. Wei, L. Wang, Spatial distribution and risk assessment of radionuclides in soils around a coal-fired power plant: a case study from the city of Baoji, China. *Environ Res* 104 (2007) 201-208.
- [8] H. Aytekin, R. Baldik, On the Radiological Character of a Coal-Fired Power Plant at the Town of Çatalağzı, Turkey. *Turkish J Eng Env Sci* 32 (2008) 101-105.
- [9] M. Psychoudaki, H. Papaefthymiou, Natural radioactivity measurements in the city of Ptolemais (Northern Greece). *J Environ Radioactiv* 99 (2008) 1011-1017.
- [10] N.B. Sarap, M.M. Janković, D.J. Todorović, J.D. Nikolić, M.S. Kovačević, Environmental radioactivity in southern Serbia at locations where depleted uranium was used. *Arh Hig Rada Toksikol* 65 (2014) 189-197.
- [11] L. Tsikritzis, S. Ganatsios, O. Duliu, C. Kavouridis and T. Sawidis, Trace elements distribution in soil in areas of lignite power plants of Western Macedonia. *J Trace Microprobe T* 20 (2002) 269-282.
- [12] T.J. Keegan, M.E. Farago, I. Thornton, B. Hong, R.N. Colville, B. Pesch, P. Jakubis, M.J. Nieuwenhuijsen, Dispersion of As and selected heavy metals around a coal-burning power station in central Slovakia. *Sci Total Environ* 358 (2006) 61-71.

[13] M. Poznanović Spahić, S. Sakan, Ž. Cvetković, P. Tančić, J. Trifković, Z. Nikić, D. Manojlović, Assessment of contamination, environmental risk, and origin of heavy metals in soils surrounding industrial facilities in Vojvodina, Serbia. *Environ Monit Assess* 190 (2018) 208-227.

[14] K.D. Daskalakis, T.P. O'Connor, Normalization and Elemental Sediment Contamination in the Coastal United States. *Environ Sci Technol* 29 (1995) 470-477.

RADIONUCLIDES AND HEAVY METALS IN SOIL AROUND THE COAL-FIRED POWER PLANT "KOSTOLAC"

Dr Nataša B. Sarap^{1*}, Dr Jelena D. Krneta Nikolić¹,
MSc Slađana Meseldžija², MSc Marjetka Savić
Biserčić², Dr Marija M. Janković¹

¹University of Belgrade, Institute of Nuclear Sciences
"Vinča", Radiation and Environmental Protection
Department

²University of Belgrade, Institute of Nuclear Sciences
"Vinča", Department for Chemical Dynamics and
Permanent Education

Abstract

This study is focused on determination of the activity concentration of radionuclides (²¹⁰Pb, ²³⁸U, ²³⁵U, ²²⁶Ra, ²³²Th i ⁴⁰K) and concentration of heavy metals (Pb, Mn i Zn) in surface layer of soil around coal-fired power plant "Kostolac A". The techniques used to analyze of mentioned radionuclides and heavy metals are gamma spectrometry and atomic absorption spectrometry, respectively. The mean values of activity concentrations of investigated radionuclides, expressed as Bq/kg, were: 76.7 for ²¹⁰Pb, 67.2 for ²³⁸U, 4.1 for ²³⁵U, 29 for ²²⁶Ra, 50.1 for ²³²Th and 611 for ⁴⁰K. The mean concentrations of heavy metals, expressed as mg/kg, were 28 for Pb, 775.4 for Mn and 105.5 for Zn. The obtained results indicated that operation of the coal fired power plant has no significant negative impact on the surrounding environment with regard to the content of investigated radionuclides and heavy metals.

Keywords: Radionuclides; Heavy metals; Soil pollution.