

JACINA AMBIJENTALNOG EKVIVALENTA DOZE GAMA ZRAČENJA NA LOKALITETU I U NASELJIMA U OKOLINI TE „KOSTOLAC“

AMBIENT DOSE EQUIVALENT RATE OF GAMMA RADIATION ON THE SITE AND THE SETTLEMENTS IN THE VICINITY OF THE COAL-FIRED POWER PLANT „KOSTOLAC“

Jelena Krneta Nikolić¹,
Marija Janković¹,
Milica Rajačić¹,
Dragana Todorović¹,
Ivana Vukanac¹,
Jelena Stanković¹,
Gordana Pantelić¹

¹Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Institut za nuklearne nauke „Vinča“, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Srbija

¹Radiation and Environmental Protection Department „Vinča“ Institute of Nuclear Sciences - Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

Sažetak

U ovom radu su predstavljeni rezultati merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze gama zračenja, izvršenih u toku redovnog monitoringa TE „Kostolac“, koje sprovodi Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne okoline, Instituta za nuklearne nauke „Vinča“. Jačina ambijentalnog ekvivalenta doze je merena u vazduhu na 1 m iznad tla na određenim tačkama unutar lokaliteta termoelektrane i na deponijama pepela i šljake, istovremeno sa uzorkovanjem na istim lokacijama, korišćenjem dozimetra sa scintilacionom sondom. Takođe, tokom godina u kojima je vršen monitoring, vršena su i kontinualna merenja ambijentalnog ekvivalenta doze na lokacijama u naseljima u okolini TE „Kostolac“, korišćenjem termoluminescentnih (TLD) dozimetara. Analiziranjem dobijenih vrednosti tokom dužeg perioda kontinualnog i pojedinačnih merenja, dolazi se do zaključka o uticaju rada termoelektrane na životnu i radnu okolinu.

Ključne reči: radioaktivnost; doza; jačina ambijentalnog ekvivalenta doze gama zračenja;

Summary

This paper presents the results of measurements of the ambient dose equivalent rate of the gamma radiation performed within the regular monitoring of the coal-fired power plant „Kostolac“, performed by the Radiation and Environmental Protection Department of „Vinča“ Institute of Nuclear Sciences. Ambient dose equivalent rate is measured in the air, at 1 m height above the ground at defined sites within the territory of the power plant and the ash and slag disposal dumps, at the moment of sampling at these sites, using a dosimeter with a scintillation probe. Also, during the years in which the monitoring was performed, continuous measurements of the ambient dose equivalent on the location of settlements in the vicinity of the power plant were conducted, using thermo luminescent dosimeters (TLD). The comparison of the long term measurements and measurements performed on the sampling sites, a conclusion about the influence of power plant on the living and working environment can be reached.

Keywords: Organic production, state incentives, agriculture, Republic of Serbia.

UVOD

Jedna od veličina u operativnoj dozimetriji, koja se koristi radi procene izloženosti jonizujućem zračenju u nekoj oblasti, je jačina ambijentalnog ekvivalenta doze. Definicija ove veličine je data u (ICRU, 1992, 1993) i glasi:

„Ambijentalni ekvivalent doze, $H^*(d)$, u tački radijacionog polja je dozni ekvivalent koji bi bio proizveden u odgovarajućem polju u ICRU sferi na dubini d , na radijusu suprotnom od pravca usmerenja polja.“ Izražava se u jedinicama sivert (Sv), odnosno u manjim jedinicama mili sivert (mSv), mikro sivert (μ Sv) i nano sivert (nSv). Jedinica Sv je ekvivalentna jednom džulu energije apsorbovanom u jednom kilogramu mase (J/kg). Jačina ambijentalnog ekvivalenta doze se

najčešće izražava u jedinici nano sivert po času (nSv/h) [1 - 3].

To praktično znači da ambijentalni ekvivalent doze gama zračenja predstavlja procenjenju energiju koja bi bila apsorbovana u organizmu čoveka na osnovu poznavanja energije gama zračenja koje emituju izvori gama zračenja prisutni u okolini i kojima je organizam izložen, dok je jačina ambijentalnog ekvivalenta doze gama zračenja, prvi izvod ove veličine po vremenu.

Prirodna jačina ambijentalnog ekvivalenta doze gama zračenja u vazduhu (tzv. fon ili pozadinsko zračenje) je reda veličine 100 nSv/h. Svaki rezultat merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze koji prevazilazi ovu vrednost može se oceniti kao posledica neke

pojave u životnoj sredini koja može imati uticaj na zdravlje stanovništva [1 -3].

Pravilnik o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i mernjima radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima (Sl. Glasnik R. S. 86/2011 i 50/2018), propisuje vrste, način i vremenske intervale merenja radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima profesionalno izloženih lica, pacijenata i stanovništva, kao i granice izlaganja jonizujućim zračenjima za profesionalno izložena lica, lica na školovanju i stanovništvo. Na osnovu člana 37 ovog Pravilnika, granica izlaganja za stanovništvo iznosi 1mSv godišnje [4]. Ova granica se odnosi na ukupno spoljašnje izlaganje pojedinaca iz stanovništva, koji ne spadaju u grupu profesionalno izloženih lica, svim izvorima jonizujućeg zračenja koji se koriste u kontrolisanoj praksi. Takođe, da bi se postiglo minimalno izlaganje stanovništva, ovaj Pravilnik propisuje da se u radnoj i životnoj sredini obavljaju merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze kontinuirano, stacionarnim mernim uređajima, prenosnim mernim uređajima i pasivnim dozimetrima [4]. Iz tog razloga, u okviru redovnog monitoringa radioaktivnosti u radnoj i životnoj okolini termoelektrane „Kostolac“, vrše se i redovna merenja ambijentalnog ekvivalenta doze prenosnim i stacionarnim uređajima, radi procene spoljašnje izloženosti jonizujućem zračenju stanovništva, kao i zaposlenih u elektrani.

U ovom radu su predstavljeni rezultati merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze gama zračenja sprovedenih u toku redovnog monitoringa TE „Kostolac“, koje sprovodi Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne okoline, Instituta za nuklearne nauke „Vinča“. Merenja su izvršena u vazduhu na 1m iznad tla na određenim tačkama unutar termoelektrane TE „Kostolac“ i na deponijama pepela i šljake istovremeno sa uzorkovanjem na istim lokacijama. Takođe, u godinama u kojima je vršen monitoring životne sredine u okolini TE „Kostolac“, izvršena su i kontinualna merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze, u naseljenim mestima u okolini termoelektrane. Kontinualna merenja podrazumevaju izlaganje termoluminescentnih (TLD) dozimetara u periodima od po 6 meseci do godinu dana. Analiziranjem rezultata dobijenih u krugu elektrane i na deponijama pepela i šljake, sa rezultatima kontinualnih merenja u naseljima u okolini, može se proceniti uticaj rada termoelektrane sa stanovišta doze gama zračenja kojem je stanovništvo okolnih mesta izloženo.

METODE MERENJA

Redovna kontrola radioaktivnosti u okolini TE „Kostolac“ vrši se kontinuirano od 2005. godine. Gotovo svake godine, ovu kontrolu sprovodi Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Instituta za nuklearne nauke „Vinča“. To nam omogućava da kontinuirano pratimo sadržaj radionuklida u produktima sagorevanja uglja kao što su pepeo i šljaka, stanje otpadnih i tekućih voda, biljnih kultura koje se ciljano gaje na pasivnim deponijama kao i da pratimo iz godine u godinu nivo ambijentalnog ekvivalenta doze u krugu elektrane i u okolnim naseljima.

Prema programu ispitivanja, jačina ambijentalnog ekvivalenta doze se meri na više tačaka u krugu

termoelektrane, primenom prenosnih instrumenata, dok se kontinuirano merenje korišćenjem stacionarnih instrumenata vrši na pet mesta, od kojih dva pripadaju elektrani, dva su u okolnim naseljima u dvorištima privatnih kuća i jedno je na lokaciji firme Geo-Rad.

Prenosni instrument koji se koristi za merenja na lokalitetima na kojima se vrši i uzorkovanje, je dozimetar AUTOMESS AD6 sa scintilacionom sondom AD-b. Ovaj instrument se sastoji od scintilacione sonde koja služi kao detektor zračenja, na koju je povezan dozimetar 6150AD-6/H. Raspon osetljivosti sonde instrumenta je od 10 nSv/h do 9,99 mSv/h, sa rezolucijom od 1 nSv/h na 1 m iznad tla. Merenja ovim instrumentom se vrše u vazduhu na visini od 1 m iznad tla na lokacijama propisanim programom ispitivanja.

Za kontinualna merenja na 5 propisanih lokacija, koristi se termoluminescentni (TLD) dozimetar, Tip LiF:Mg,Ti (TLD100). Ovaj tip TLD-a sadrži litijum florid aktiviran manganom kao aktivnu supstancu. Prilikom izlaganja jonizujućem zračenju, elektroni koji se nalaze u ovom jedinjenju se nakon apsorpcije energije koja potiče od jonizujućeg zračenja, pobuđuju na viši energetski metastabilni nivo na kojem ostaju sve dok se dozimetar ne „očita“. Očitavanje dozimetra podrazumeva relaksaciju elektrona sa pobuđenog na osnovni energetski nivo. To se postiže zagrevanjem na temperature od 400 do 1000 °C, pri čemu se elektroni relaksiraju uz emisiju fotona talasnih dužina od 390 do 500 nm. Intenzitet snopa emitovanih fotona je srazmeran količini apsorbovanog jonizujućeg zračenja. Za očitavanje je korišćen čitač HARSHAW 6600 plus, čija je merna nesigurnost 20% a merni opseg doza je 0.1-100mSv.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati merenja ambijentalnog ekvivalenta doze, merenih na lokacijama unutar TE „Kostolac“, predstavljeni su u Tabeli 1. Rezultati se odnose na monitoring sproveden 2008., 2009., 2018. i 2020. godine.

Rezultati kontinuiranih merenja na 5 lokacija u okolini termoelektrane u periodu od 2005. do 2020. godine, predstavljeni su u Tabeli 2.

Kako se može videti iz Tabele 1, vrednosti jačine ambijentalnog ekvivalenta doze se kreću u rasponu od 51 do 150 nSv/h. U poređenju sa podacima iz literature koji se odnose na merenje jačine ambijentalne doze gama zračenja na našim prostorima, vrednosti jačine ambijentalne doze gama zračenja u prizemnom sloju atmosfere istog su reda veličine [5]. Iako lokacije na kojima su vršena merenja nisu identične u svim periodima, ne uočava se značajna varijacija između rezultata u toku godina. Naročito je značajno uočiti da nema visokih vrednosti iznad deponija pepela i šljake, kao ni u blizini površinskih kopova u Drmnu i Ćirikovac. S obzirom na to da se u pepelu nalaze koncentrisani prirodni radionuklidi koji su prisutni u uglju koji se koristi za sagorevanje, veoma je važno pratiti kretanje jačine ambijentalnog ekvivalenta doze na ovim lokacijama. Isti zaključak se odnosi i na površinske kopove, gde je usled iskopavanja uglja moguća migracija radionuklida iz različitih slojeva zemlje na površinu, kao i njihovo koncentrisanje.

Tabela 1. Rezultati merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze na lokacijama u okviru TE „Kostolac“, Merenja su sprovedena u okviru monitoringa 2008., 2009., 2018. 2020. godine.

Lokacija	Jačina ambijentalnog ekvivalenta doze na lokaciji [nSv/h]			
	2008.	2009.	2018.	2020.
Pepeo sa deponije pepela i šljake sa aktivne kasete	61	90	75	77
Pepeo sa deponije pepela i šljake sa pasivne kasete	74	90	80	81
Biljna kultura sa deponije pepela i šljake sa nasipa aktivne kasete	86	100	82	81
Biljna kultura sa deponije pepela i šljake sa nasipa pasivne kasete	72	85	75	68
Zemlja u blizini deponije pepela i šljake	66	115	72	77
Zemlja dalje od deponije pepela i šljake	90	88	86	81
Zemlja u blizini površinskih kopova PK Drmno	/	150	105	98
Zemlja dalje od površinskih kopova PK Drmno	/	113	88	86
Zemlja u blizini površinskih kopova PK Cirikovac	/	103	83	83
Zemlja dalje od površinskih kopova PK Cirikovac	/	76	76	72
Drenažne vode sa kopa Drmno	/	110	54	69
Prelivna voda sa aktivne kasete (deponija pepela i šljake)	89	90	81	72
Drenažna voda sa aktivne kasete (deponija pepela i šljake)	51	80	72	63
Podzemna drenaža PK Cirikovac	/	77	54	61
Deponija pepela (HC3)	/	70	80	70
Deponija pepela (HCS1)	/	76	84	74

Table 2. Rezultati kontinualnih merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze u okolini TE „Kostolac“, Merenja su sprovedena u okviru monitoringa od 2005. do 2020. godine.

Lokacija	Jačina ambijentalnog ekvivalent doze, kontinualna merenja [nSv/h]								
	09.09.05. do 29.03.06.	29.03.06. do 15.09.06.	15.09.06. do 20.04.07.	20.04.07. do 05.10.07.	05.10.07 . do 04.04.08.	04.04.08. do 19.09.08.	19.09.08. do 7.10.09.	21.05.18. do 09.10.18.	17.08.20. do 15.12.20.
	Trafo polje TEKO A	89	130	81	Nema dozimetra	Nema dozimetra	Nema dozimetra	Nije postavljen dozimetar	79
Firma Geo – rad	120	118	81	103	165	146	Nema dozimetra	98	101
Selo Stari Kostolac, porodica Milošević Dejana	120	127	109	98	145	129	Uništen dozimetar	113	105
Selo Klenovnik, porodica Grujić Slaviše	131	142	98	103	182	141	99	101	94
Trafo polje TEKO B	91	93	84	94	153	97	66	98	98

U Tabeli 2 prikazani rezultati kontinualnih merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze na lokacijama u okolini TE „Kostolac“. Dve od pet lokacija koje su izabrane za kontinualni monitoring se nalaze u dvorištima privatnih kuća, gde je bilo od posebnog značaja pratiti ovu veličinu u toku dužeg niza godina. Maksimalna vrednost jačine ambijentalnog ekvivalenta doze od 182 nSv/h je izmerena upravo na jednoj od ovih lokacija, u selu Klenovnik. Period merenja u kojem je dobijena ova vrednost obuhvata većim delom hladni period godine, kada su ovakvi rezultati očekivani zbog korišćenja individualnih ložišta. U ovom periodu se na svim lokacijama uočavaju vrednosti nešto više nego u drugim periodima, tako da se može pretpostaviti da se vidi uticaj lokalnih klimatskih uslova, specifične količine padavina i lokalne ruže vetrova, s obzirom na to da je nešto viša vrednost izmerena na većem prostoru. U prethodnim i narednim periodima izlaganja dozimetara, ne uočava se značajno odstupanje vrednosti od

prirodnog nivoa zračenja na svim lokacijama. Iako se i termoelektrana i površinski kopovi uglja nalaze u neposrednoj blizini ovih domaćinstava, ne uočava se značajno povećanje ambijentalnog ekvivalenta doze u odnosu na prirodni nivo. Takođe, na trafo poljima A i B uočava se nivo ambijentalnog ekvivalenta doze koji je nešto niži u odnosu na vrednosti dobijene na ostalim lokacijama. Najniža vrednost od 66 nSv/h, u svim posmatranim periodima i na svim lokacijama, izmerena je upravo na trafo polju Kostolac B. S obzirom na to da se trafo polja nalaze bliže termoelektrani u odnosu na naselje Klenovnik, može se zaključiti da nešto više izmerene vrednosti ambijentalnog ekvivalenta doze nisu posledica rada termoelektrane.

ZAKLJUČAK

U okviru kontrole životne i radne sredine u okolini TE “Kostolac” redovno se vrše merenja ambijentalnog

ekvivalenta doze. Ova merenja se vrše na lokacijama u okviru termoelektrane na kojima se vrše i uzorkovanja, korišćenjem prenosnog instrumenta sa scintilacionom sondom. Pored toga, kontinualna merenja ambijentalnog ekvivalenta doze se vrše na 5 lokacija u okolini termoelektrane, na kojima su postavljeni TLD dozimetri. Kontinualna merenja se vrše od 2005. godine a dozimetri su izlagani uglavnom u periodima od po 6 meseci. Rezultati merenja i pokretnim i stacionarnim dozimetrima nisu pokazala značajna odstupanja ambijentalnog ekvivalenta doze u odnosu na prirodni nivo zračenja. S obzirom na to da su termoelektrane značajni potencijalni zagađivači okoline, od izuzetnog značaja je kontinuirano praćenje ove veličine tokom dužeg perioda vremena. Na osnovu rezultata merenja u period od 2005. do 2020. godine, ne uočava se uticaj rada termoelektrane na životnu i radnu okolinu.

ZAHVALNICA

Istraživanje je finansirano od strane **Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije**.

LITERATURA

[1] ICRP 103. International Commission on Radiological Protection. Anex B. Quantities used in radiological protection. Oxford: Pergamon Press; Vol 37, 247-322, 2007

[2] IAEA Safety Standards Serise No. RS-G-1.3, Assesment of Occupational Exposure due to External Sources of Radiation, IAEA, Vienna 1999.

[3] ICRU (1993) International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU Report 51 Quantities and units in radiation protection dosimetry Bethesda, MD, ICRU Publications

[4] Pravilnik o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i mernjima radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima (Sl. Glasnik R. S. 86/2011 i 50/2018)

[5] Projekat, Zaštita od zračenja kod reaktora RA i RB, izveštaj o radu za 2002. g. Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija "Zaštita od zračenja i zaštita životne sredine" i "Zavod za radiološku i zdravstvenu zaštitu", Interna publikacija Instituta Vinča, Beograd, 2003.