

MJERENJE KONCENTRACIJE RADONA U VAZDUHU U OKOLINI JEZERA MODRAC

MEASURING OF RADON ACTIVITY CONCENTRACION IN AIR OF SURROUNDING MODRAC LAKE

Dr. sc. Feriz Adrović, vanredni profesor
Mr. sc. Amela Dedić, viši asistent
Mr. sc. Amira Kasumović, viši asistent
Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet
Tuzla

REZIME

Pouzdati vodeni resurs Tuzlanske regije je jezero Modrac. Međutim, problem otpadnih voda koje se ispuštaju u ovu akumulaciju iz obližnjih ugljenih kopova i jalovišta, industrijskih postrojenja, i komunalnih otpadnih voda još nije riješen. Konačno su se počele preduzimati akcije ekološke sanacije jezera. U tom cilju vrši se sveobuhvatni monitoring jezera, između ostalog i radiološki. Glavni doprinos izloženosti ljudi prirodnoj radijaciji dolazi od radioaktivnog gasa radona. U ovom radu prikazani su rezultati ispitivanja koncentracije aktivnosti radona u vazduhu jezera Modrac i njegove bliže okoline. Mjerenja su vršena na Alpha GUARD radon sistemu, čiji se rad zasniva na jonizaciji kao metodi detekcije radona.

Ključne riječi: koncentracija aktivnosti radona, zrak, Modrac

SUMMARY

In order to solve the problem of drinking water that this region lacks, the problem of waste water being let out from the near opencast mines and slag dumps, and factories into the reservoir and the problem of each day more evident sewage must be solved. The actions for ecological sanitation of the lake have finally started to be taken. Therefore the all-in monitoring of the lake, including, among other things, the monitoring of radioactivity, is being done. The results of the research on concentration of radon in the air above the lake Modrac and it's close environment are shown in this paper. The measurements were being done by Alpha GUARD radon portable measuring system.

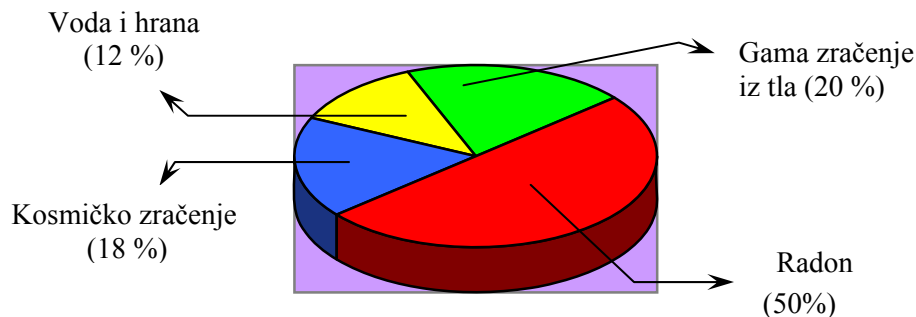
Key words: radon activity concentration, air, Modrac

1. UVOD

Jezero Modrac je najveće akumulacijsko jezero u Bosni i Hercegovini, koje sadrži preko 10^6 m^3 vode. Ova akumulacija teritorijalno pripada opštinama Tuzla, Živinice i Lukavac, a oko nje nalaze se ruralna mjesta: Šerići, Priluk, Poljice, Babice Donje, Turija, Prokosovići, Bokavići i Kiseljak. Jezero Modrac je jedini realni dugoročni vodeni resurs Tuzlanske regije,

čija se voda trenutno koristi isključivo u industrijske svrhe. Da bi se riješio problem vode za piće kojom oskudijeva ovaj region, mora se riješiti problem otpadnih voda koje se ispuštaju u ovu akumulaciju sa obližnjih površinskih ugljenih kopova i jalovišta, industrijskih postrojenja, i svakim danom sve izraženijih komunalnih otpadnih voda. Konačno su se počele preduzimati akcije ekološke sanacije jezera. U tom cilju vrši se sveobuhvatni monitoring jezera, između ostalog i radiološki.

Otvoreni izvori vode, kao što su jezera i rijeke, sadrže izvjesne koncentracije radionuklida koji su u njih dospjeli preko radioaerosola, efluenta i otpadnih voda. Glavni doprinos izloženosti čovjeka prirodnoj radijaciji, dolazi od inhalacije radioaktivnog gasa radona [1]. Zahvaljujući činjenici da se radon dobro rastvara u vodi, radon se može pomoću nje transportovati na velika rastojanja. To se prvenstveno odnosi na vode koje često prolaze kroz stijene bogate prirodnim uranom i njegovim produktima raspada. Pri radioaktivnom raspadu Ra-226, uzmaklo jezgro radona se otpušta u vodu i zato vode mogu sadržati značajne koncentracije radona [2]. Prisutan je u vazduhu u nivoima koji su određeni lokalnom geologijom i meteorologijom.



Slika 1. Izvori i prosječna distribucija osnovnog prirodnog zračenja za svjetsku populaciju

Problem radioaktivnog gasa radona izaziva veliku pažnju naučnih i stručnih krugova u svijetu. Izlaganje stanovništva visokim koncentracijama gasa radona, kao i unošenje velikih koncentracija aerosola kratkoživećih produkata raspada radona, dovodi do ozračivanja prvenstveno organa za disanje [3]. Disajni putevi čovjeka čine kompleksan labirint cijevi, koje se granaju od traheje u stotine hiljada bronhiola. Krupnije čestice se uglavnom izfiltriraju u nosnoj šupljini, manje čestice se odlažu kako prolaze kroz trakt, a najmanje se lijepe na zidove. Neki od produkata raspada radona će se rastvoriti u tečnostima u tom prostoru i biti preneseni u krv iz koje ih mogu preuzeti ćelije. Na taj način ćelija može biti ozračena i iznutra [4]. Smatra se da je radon, poslije pušenja, drugi najveći uzrok kancera pluća (radon je svrstan u kancerogene supstancije klase I). U slučaju konzumiranja visokoradonskih voda, najviše su ugrožene osjetljive ćelije unutar abdomena. Kancer želudca dovodi se u vezu i sa povećanim koncentracijom radona u vodi za piće [5].

2. METODE I INSTRUMENTALIZACIJA

Mjerenja jačine doze gama zračenja u vazduhu, kao i mjerenje koncentracije spoljašnjeg radona, izvršena su na jedanaest lokacija koja se nalaze u neposrednoj okolini jezera Modrac u krugu od 10 km. Lokacije za mjerenje su pažljivo odabrane, kako bi dobili prave informacije u istraživanju. To se prije svega odnosi na lokacije gdje se otpadne vode ulijevaju u jezero i močvarne dijelove jezera.

Za potrebe ovih istraživanja korištene su najsavremenije istraživačke metode i najsavremeniji sistemi za detekciju i dozimetriju jonizirajućeg zračenja. Za mjerenje nivoa koncentracije radona korišten je uređaj Alpha Guard PQ 2000 Multiparameter Radon Monitoring System, čiji se rad zasniva se na principu jonizacije. Jonizacione komore i proporcionalni brojači su najšire korištena tehnika mjerenja zračenja, kojima se određuje koncentracija radona. Ova impulsna jonizaciona komora, aktivne zapremine $0,56 \text{ dm}^3$, namijenjena za alfa spektrometriju sa digitalnim procesiranjem signala. Veliki filter od staklenih vlakana dozvoljava da u komoru difuzijom uđe gas radon, dok produkti raspada bivaju zadržani na filteru. Mjerni opseg za koncentraciju radona ovog sistema je od $2-2 \cdot 10^6 \text{ Bq/m}^3$, dok je temperatni opseg od -10 do $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Kalibraciona greška sistema za Rn-222 je $\pm 3 \%$. Na svim mjernim punktovima, mjerni sistem Gamma Tracer i Alpha Guard System PQ2000, bili su postavljeni 1m iznad površine zemlje.

Alpha Guard System PQ2000sistem je efikasno prevazišao probleme pasivnih detektora sa jednim očitavanjem i sada se koristi u mnogim modernim svjetskim laboratorijama za detekciju radona i njegovih potomaka u svim ambijentalnim sredinama. Sistem pored radona simultano mjeri temperaturu vazduha, atmosferski pritisak i relativnu vlažnost vazduha, dakle one meteorološke parametere koji su u dubokoj korelaciji sa distribucijom radona. Ovaj sistem je podržan profesionalnim Alpha Expert softverskim paketom za multiparametarsku analizu kao i grafičku vizuelizaciju dobijenih podataka i njihovo arhiviranje.



Slika 2. Sistem AlphaGUARD PQ 2000 PRO

3. REZULTATI MJERENJA I DISKUSIJA

U tabeli 1 su prikazane vrijednosti jačine doza gama zračenja u vazduhu na jedanaest mjernih lokacija u neposrednoj okolini jezera Modrac. To su desetominutne vrijednosti jačine doza gama zračenja u vazduhu [nSv/h] za cijeli mjerni vremenski ciklus. Kako se vidi iz ove tabele, najveća jačina ekvivalente doze gama zračenja u vazduhu, 151 nSv/h, izmjerena je na lokaciji br.4 (Mosorovac), a čija je srednja vrijednost za vremenski interval mjerenja 110 nSv/h. Istu srednju vrijednost jačine doze gama zračenja imala je i mjerna lokacija br.2 Poljice. Na mjernoj lokaciji br.7 Brana, maksimalna vrijednost jačine doze gama zračenja iznosila je 139 nSv/h, dok je srednja vrijednost bila 108 nSv/h. Najmanje vrijednosti jačine doza gama zračenja izmjerene su na mjernoj lokaciji br.1 (Kasumovići) – maksimalna 97nSv/h, a srednja 71 nSv/h.

Tabela 1. Vrijednosti jačine doze gama zračenja ispitivanih lokacija

Br. lokacije	Lokacija	Jačina doze gama zračenja [nSv/h]		
		Sred.vrijednost	min	max
1	Kasumovići	71	43	97
2	Poljice	110	74	142
3	Babice	107	80	139
4	Mosorovac	110	75	151
5	Prokosovići	108	77	134
6	Plaža	112	82	140
7	Brana	108	74	139
8	Priluk	109	75	138
9	Šerići	72	40	99
10	Kiseljak	106	74	133
11	Poljice (škola)	108	77	147

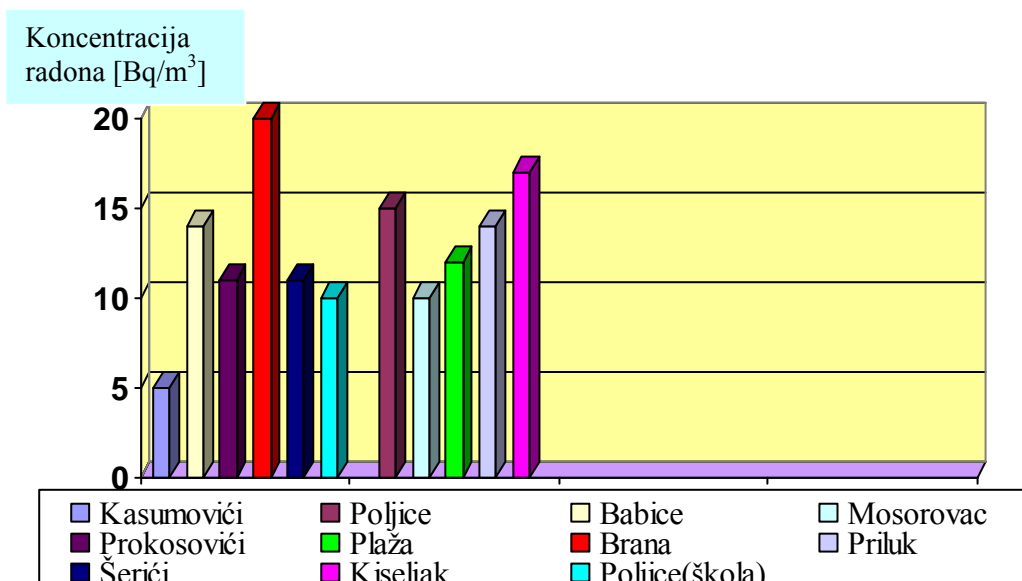
Srednja vrijednost jačine ekvivalentne doze gama zračenja u vazduhu na većini lokacija nalazi u intervalu od 106 nSv/h do 112 nSv/h, dakle u veoma uskom intervalu. Maksimalne vrijednosti na svim lokacijama nalaze se u intervalu 133 nSv/h -151 nSv/h. Dobijeni rezultati pokazuju da su varijacije gama polja neznatne, ali da ipak postoje.

Izmjerene vrijednosti koncentracije radona u vazduhu na obali jezera Modrac i njegove bliže okoline, kao i vrijednosti doza u vazduhu iznad same vodene površine, prikazane su u tabeli 2 i slici 3. Mjerni sistem Alpha GUARD PQ 2000/ MC50, bio je postavljan na 1-1,5 m od zemlje. Sistem je permanentno radio na 10 minutnom mjernom ciklusu u toku cjelokupnog istraživanja na svim mjernim lokacijama. Na taj način dobile su se izlazne 10 minutne vrijednosti koncentracije aktivnosti radona, što je od veoma bitnog značaja za prospekciju radona. Za vrijeme intenzivnih vjetrova, mjerenja su prekidana i nastavljena za vrijeme tišine vjetrova.

Tabela 2. Vrijednosti koncentracije aktivnosti radona u vazduhu [Bq/m³] ispitivanih lokacija

Br. lokacije	Lokacija	Koncentracija radona u vazduhu [Bq/m ³]		
		Sred.vrijednost	min	max
1	Kasumovići	5	0	22
2	Poljice	15	1	55
3	Babice	14	0	36
4	Mosorovac	10	0	33
5	Prokosovići	11	0	30
6	Plaža	12	0	33
7	Brana	20	2	54
8	Priluk	14	0	52
9	Šerići	11	0	41
10	Kiseljak	17	2	44
11	Poljice (škola)	10	0	28

Najveća srednja koncentracija radona u istraživanju izmjerena je na mjernoj lokaciji Brana i iznosila je 20 Bq/m^3 , dok je maksimalna koncentracija radona u vazduhu na ovoj lokaciji iznosila 54 Bq/m^3 . Između ostalih razloga, ovdje se razlog za ovoliku koncentraciju spoljašnjeg radona može naći u činjenici da jezerska voda sadrži određenu količinu radionuklida. Naime, mjerenje je vršeno u trenutku kada se voda ispuštala iz jezerske akumulacije. Pri tome voda ističe kroz cijevi pod veoma velikim pritiskom što dovodi do oslobađanja određene količine radona. Na ovom području treba nastaviti permanentno sa mjerenjem koncentracije radona, kako bi se dobile blagovremeno informacije o mogućim većim koncentracijama radioaktivnih elemenata u vodi, jer se Lukavac i okolna mjesta napajaju vodom iz ove akumulacije.



Slika 3. Srednje koncentracije aktivnosti radona u vazduhu mjernih lokacija

Na mjernim lokacijama Babice, Mosorovac, Plaža, Priluk, Kiseljak prosječne koncentracije radona su iznosile 14 Bq/m^3 , 10 Bq/m^3 , 12 Bq/m^3 , 14 Bq/m^3 i 17 Bq/m^3 respektivno, dok su vrijednosti maksimalnih koncentracija radona na ovim lokacijama iznosile 36 Bq/m^3 , 33 Bq/m^3 , 33 Bq/m^3 , 52 Bq/m^3 i 44 Bq/m^3 respektivno. Na mjernoj lokaciji br. 9 Šerići, koja je bila od velike važnosti zbog močvarnih dijelova gdje se talože razne nečistoće dospjele putem otpadnih voda, prosječna koncentracija radona iznosila je 11 Bq/m^3 , dok je izmjerena maksimalna vrijednost koncentracije radona 41 Bq/m^3 . Ista srednja i minimalna vrijednost je detektovana i na mjernoj lokaciji br.5 Prokosovići, dok je maksimalna vrijednost na ovoj lokaciji 30 Bq/m^3 . Najmanje vrijednosti koncentracije radona registrovane su na lokacijama br.1 Kasumovići i br.11 Poljice(škola) gdje su maksimalne vrijednosti koncentracije radona iznosile 22 Bq/m^3 i 28 Bq/m^3 respektivno, a prosječne koncentracija radona 5 Bq/m^3 i 10 Bq/m^3 , respektivno.

5. ZAKLJUČAK

Izmjerene vrijednosti jačine doza gama zračenja na skoro svim lokacijama nalaze se u dobroj korelaciji sa izmjerenim nivoima radona. Ovo nije od malog značaja, kada se uzme u obzir da rezultati kratkoročnog mjerenja jačine doze gama zračenja veoma mnogo zavise od vremenskih prilika i dinamičkih varijacija radona, jer su gama zraci Bi-214 i Pb-214, koji su

produkti raspada radona, daleko najveća komponenta i najveći energetik u uranovom nizu. Izmjerene vrijednosti jačine doza gama zračenja u vazduhu na svim mjernim lokacijama nalaze se u granicama varijacije prirodnog fona. Za uobičajenu normalnu vrijednost prirodnog fona vrijednost jačine doze gama zračenja većine zemalja u svijetu je oko 100 nSv/h.

Na ispitivanim lokacijama registrovane su vrijednosti koncentracije spoljašnjeg radona u vazduhu u intervalu prosječnih svjetskih vrijednosti koje se kreću od 10-20 Bq/m³. Maksimalne vrijednosti koncentracije aktivnosti radona u vazduhu, izmjerene su iznad močvarnih djelova jezera. Koncentraciju radona i njegovih kratkoživećih produkata raspada, kao i mjerenje jačine doza gama zračenja, treba sistematski vršiti na brani jezera Modrac, a periodična mjerenja vršiti na ekološki značajnim lokacijama, koja gravitiraju vodenoj masi jezera Modrac.

6. LITERATURA

- [1] F. Adrović, M. Prokić, M.M. Ninković and R. Glišić, *Measurements of environmental background radiation at location of coal-fired power plants*, Radiation Protection Dosimetry, Vol 112, No.3. pp 439-442, Oxford University, 2004.
- [2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic radiation (UNSCEAR): *Source, effects and risks of ionizing radiation*, New York, 2000.
- [3] F. Adrović, B. Jakupi and P. Vasić: *Measurements of radon concentration*, Radiation Measurements, Vol. 25, Nos 1-4, pp. 643-648, Printed in Great Britain, 1995.
- [4] NRC (National Research Council), Committee on Health Effects of Exposure to Radon (BEIR VI) and Commission on Life Sciences, *Health Effects of Exposure to Radon in Mines and Homes*, Washington, D.C. National Academy Press, 1994.
- [5] Protection against Rn-222 at home and at work, International Commission on Radiological Protection (ICRP), Publication 65, Pergamon Press, New York, 1994.