

MJERENJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI RADONA U BANJAMA BOSNE I HERCEGOVINE

MEASUREMENT OF THE RADON ACTIVITY CONCENTRATION IN SPAS OF BOSNIA AND HERZEGOVINA

dr.sc. Amela Kasić, docent
dr.sc. Feriz Adrović, redovni profesor
dr.sc. Amira Kasumović, docent
mr.sc. Ema Hankić, viši asistent
Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet,
Tuzla, Bosna i Hercegovina

REZIME

Poznato je da je terapija radonom jedna od najstarijih terapija kojom su se ljudi koristili i kojom se i danas koriste. Terapija radonom obuhvata inhalaciju iz prirodnih izvora ili kupanje u vodi bogatoj radonom, a manje se koristi način pijenja vode bogate radonom. U banjama termalna voda je najrelevantniji izvor radona, i u vodama nižih koncentracija, zbog velike količine korištene vode tokom tretmana. Ovaj rad predstavlja rezultate koncentracije radona u vazduhu u hidroterapijskim prostorijama u banjama Bosne i Hercegovine. Mjerenja su vršena pomoću AlphaGUARD radon sistema čiji se rad zasniva na jonizaciji kao metodi detekcije radona.

Ključne riječi: koncentracija radona, banje, Bosna i Hercegovina

SUMMARY

It is well known that radon therapy is one of the oldest therapies that people have used and which they still use today. Therapy by radon inhalation includes inhalation from natural sources or swimming in water rich in radon, while a less used method is drinking of water rich in radon. In spas thermal water is the most relevant source of radon, even when concentrations of radon are lower, due to large amounts of water used during treatment. This paper presents the results of radon concentration in air of the space for hydrotherapy in spas of Bosnia and Herzegovina. The measurements were taken with AlphaGUARD radon System whose function is based on ionization as a method for radon detection.

Keywords: radon activity concentration, spas, Bosnia and Herzegovina

1. UVOD

Među važnijim izvorima radona u zatvorenom prostoru, osim građevinskog materijala, je voda koja se crpi iz podzemnih izvora. Podzemne vode ipak, mogu akumulirati radon nastao u Zemljinoj kori i kao rezultat toga mogu se ponegdje naći vrlo visoke koncentracije radona. Pri normalnoj upotrebi takve vode može se očekivati značajan ulazak radona vrlo visokih koncentracija iz vode u vazduh unutar prostorije. Na taj način, radon iz vode doprinosi ukupnom riziku od udisanja radona u zatvorenom prostoru. Snabdijevanje pitkom vodom

može, takođe, pridonijeti koncentraciji radona u unutrašnjosti kuće. Kada se voda ispusti iz slavine oslobađa se radon otopljen u vodi. Radon je, naime, u gasovitom obliku srednje topljiv u vodi. Pod djelovanjem Van der Waalsovih sila stvara metastabilne strukture, tzv. klatrate ($Rn \cdot 6H_2O$) u kojima je atom radona polarizovan djelovanjem jakog dipolnog momenta molekule vode. Međutim, više pH-vrijednosti ($pH=7-12$) destabilizuju i razaraju klatrate čime se radon vraća u gasovitu fazu.

Radioaktivni gas radon se uzburkavanjem vode polako oslobađa u zatvoren prostor, što doprinosi ukupnoj koncentraciji radona u zatvorenom prostoru. Ingestijom vode unosi se u organizam određena količina radona i radonskih potomaka rastvorenih u vodi. Procijenjeno je da najveću dozu prima želudac, ali su i jetra, bubrezi, masno tkivo, kostana srž a naravno i čitavo tijelo izloženi zračenju.

Radon se rastvara u vodi, tijelu i krvi. U mastima rastvorljivost radona je sto puta veća nego u krvi, a rastvorljivost u krvi četiri puta veća nego u vodi. Ova osobina je od velikog uticaja na ljekovito djelovanje radona. Radon je više rastvorljiv u vodi nego lakši plemeniti gasovi (što je zabrinjavajuće), oko petnaest puta više nego helij i neon. Radon se lako apsorbuje iz gastrointestinalnog trakta i distribuiraju među tkivima, djelimično zbog njegove relativne rastvorljivosti u krvi i tkivu [1,2,3].

Vjeruje se da je odnos između radona i rizika od kancera pluća linearan. Drugim riječima, udvostručavanje izloženosti će udvostručiti rizik, a kad se prepolovi izloženost i rizik će se prepoloviti. Udvostručavanje rizika znači mnogo više za pušače koji već imaju visoki rizik od kancera pluća, nego za nepušače koji imaju veoma malu osnovnu liniju rizika. Rizik od kancera pluća od izloženosti radonu u prebivalištima je znatno niži, pošto je izlaganje u domovima mnogo niže nego u rudnicima, iako se rizik povećava sa nivoom koncentracije radona i vremenom izlaganja. Za izlaganje nivou radona od 20 Bq/m^3 u domovima tokom ljudskog vijeka rizik od kancera pluća se procjenjuje na 0.3% (ili 3 smrti na 1000 ljudi). Radi poređenja rizik od slučajne smrti u domu je 0.7 % (ili 7 na 1000).

Inhalacija gasa ^{222}Rn dovodi do prilično uniformne raspodjele ovog plemenitog gasa unutar tijela. Kada se radon i njegovi kratkoživeći potomci, koji mogu biti slobodni ili pripojeni, udahnu zadržavaju se djelimično u nosu, usnoj šupljini ili u gornjim dijelovima traheje. Doza u gornjem dijelu disajnog trakta je relativno mala, jer se alfa čestice slabije apsorbuju u gornjim dijelovima disajnih puteva, a doza u traheo-bronhijalnom dijelu je znatno veća. Odgovarajući odnosi apsorbovane doze zračenja je 95% u traheobronhijalnom dijelu, a samo 5% za gornje dijelove disajnih puteva, a od važnih napomena je da se u roku od 15 minuta aktivnost prenese na krv.

Nakon inhalacije radonski potomci se zadržavaju na početnom dijelu disajnih puteva, odakle se dalje transportuju duž bronhijalnog stabla pomoću mukocilijarnog sekreta. Zbog toga je bazalni sloj ćelija bronhijalnog epitela najviše izložen riziku od dejstva alfa zračenja. Dozimetrija pluća zbog inhalacije radonskih potomaka je usmjerena na ćelije bazalnog sloja traheobronhijalnog stabla i epitel pluća, kao dijela alveolarnih puteva i terminalnih bronhiola. Pri inhalaciji radonskih potomaka doza koju primaju ostali organi, osim pluća, jeste zanemarljiva.

Najvažniji izvor kratkovremenog izlaganja je oslobađanje radona iz vode tokom tuširanja i udisanje njegovih produkata raspada. Kao rezultat može doći do visoke lokalne koncentracije ^{222}Rn . Zato će se porast aktivnosti javiti sa efektivnim vremenom poluživota od trideset minuta, a aktivnost produkata raspada će se javiti nakon što osoba napusti područje. Promjene u veličini čestica će imati dvije posljedice. Prvo, dolazi do nataloženja čestica na površini prostorije, a to dovodi do nagomilavanja čestica produkata raspada radona, što utiče na povećanu inhalaciju. Drugo, poslije nagomilavanja čestica u dišnom traktu, dolazi do isporučivanja određene doze plućima [4,5].

Drugi način izlaganja radonu, je ingestija vode koja sadrži rastvoren radon. Tokom posljednjih pedeset godina povećan je broj oboljelih od kancera želuca, koji mnogi povezuju sa prisustvom radona u vodi za piće. Ova vrsta kancera javila se ne samo u siromašnim nego i u razvijenim zemljama [1,4].

Podzemne vode koje se, na osnovu svoje mineralizacije, opšteg hemijskog i gasnog sastava, sadržaja specifičnih komponenti, radioaktivnih elemenata ili povećane temperature, razlikuju od “običnih” niskomineralizovanih voda, a koje se koriste za liječenje, industrijsko dobijanje pojedinih korisnih sirovina, ili za toplifikaciju i dobijanje električne energije, nazivaju se mineralnim vodama.

Termalne vode obuhvataju grupu mineralnih voda koje se od “običnih”, hladnih voda razlikuju svojom temperaturom i koje, kao takve, nalaze primjenu u balneologiji, za toplifikaciju naselja, staklenika, farmi i dobijanje električne energije [6,7,8].

Bosna i Hercegovina ima veliki broj mineralnih i termomineralnih izvora. Među istraženim izvorima, do sada registrovano je šesnaest banja, koje su postale i zdravstvene institucije.

2. MATERIJAL I METODE MJERENJA

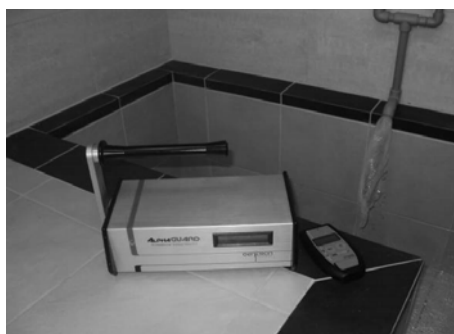
Za mjerenje koncentracije aktivnosti radona u vazduhu korišten je AlphaGUARD PQ2000PRO, mjerni sistem, sa 10 minutnim mjernim ciklusom. Prilikom mjerenja koncentracije aktivnosti radona u vazduhu, na istraživanim banjanskim lokalitetima, prvo je mjerena koncentracija aktivnosti radona u vazduhu prije korištenja vode, odnosno puštanja vode u terapijske svrhe.

AlphaGUARD je uređaj, male težine i posjeduje visok kapacitet pohranjivanja podataka. Osim određivanja koncentracije radona u vazduhu, AlphaGuard uz pomoć integrisanih senzora, mjeri i bilježi prostornu temperaturu, relativnu vlažnost i atmosferski pritisak. Podesan je kako za kratkovremeno, tako i za dugovremeno unutrašnje i vanjsko ispitivanje.

Mjerni opseg za koncentraciju aktivnosti radona ovog uređaja je $2\text{-}2\cdot 10^6$ Bq/m³ dok je temperaturni opseg od -10 do 50 °C. Osnovni dio uređaja za detekciju radona, AlphaGUARD PQ2000 PRO, je jonizaciona komora, aktivne zapremine 0,56 dm³. Uređaj može raditi na dva operativna načina: difuzijski i pumpni.

Pri difuzijskom načinu radon sam difuzijom ulazi u jonizujuću komoru kroz filter od fibreglasa koji sprječava ulazak radonovim potomcima odnosno aerosolima, dok se za pumpni režim rada upotrebljava AlphaPUMPA[9].

Na slici 1., prikazano je postavljanje mjernih instrumenata na ispitivanim lokalitetima.



a)



b)

Slika 1. Postavka mjernog instrumenta na ispitivanim lokalitetima:

- a) AlphaGUARD postavljen u hidroterapijski blok tokom terapije (Banja Slatina)
- b) AlphaGUARD postavljen u hidroterapijski blok tokom terapije (Banja Dvorovi)

Mjerenja su provedena tako da se u zatvorenim banjским centrima mjerila koncentracija aktivnosti radona u vazduhu u prostorijama za hidroterapiju (habard kade, biserne kade, bazeni). Da bi se što pouzdanije izvršila mjerenja, AlphaGuard PQ2000PRO uređaj je postavljan u blizini hidromasažnih kada. Radi što tačnijih i pouzdanijih rezultata, prilikom mjerenja, voda ispitivanih uzoraka u hidroterapijske kade je isticala, prilikom čega je nastajalo raspršivanje radona iz vode u vazduh. Tako je dobijena prava informacija o koncentraciji aktivnosti radona, koja dolazi iz vode u vazduh.

Mjerenja su izvršena na lokalitetima Banje Ilidža-Gradačac, Banje Laktaši-Banja Luka, Banje Reumal-Fojnica, Banje Vrućice-Teslić, Banje Dvorovi-Bijeljina i Banje Aquaterm-Olovo. Banja Ilidža, posjeduje prirodnu termalnu vodu, bistrog izgleda bez boje i mirisa. Stalna temperatura vode je od 28.5 °C, a mineralizacija od 1.178 mg/l. Voda je natrijsko-kalcijsko-magnezijsko-hidrokarbonatno sulfatna. Termalna voda Banje Ilidža se neprekidno koristi već oko 180 godina, za liječenje reumatoidnog artritisa, spondiloze, kod bolesti metabolizma kao što su blage forme šećerne bolesti i giht

Po svojim fizičko-hemijskim osobinama voda Banje Slatine je mineralna (2700 mg/l), hipertermna (40-42 °C). Ph vode je 7.4 (alkalna), te gas radon pri vrijednostima pH većim od 7 prelazi u gasovitu fazu. Voda Banje Slatina blagotvorno djeluje na sljedeća oboljenja: zapaljenski reumatizam u mirnoj fazi, degenerativni reumatizam, posljedice trauma, izvjesni oblici steriliteta—u prvom redu zapaljenskog i endokrinog porijekla, neuralgije, polineuriti, arterijska hipertenzija, funkcionalna i organska oboljenja perifernih arterijskih krvnih sudova. Banja Laktaši je jedna od najstarijih banja u Bosni i Hercegovini čija ljekovita voda pripada kategoriji kalcijum magnezijum hidrokarbonatnih ugljenokiselih oligomineralnih homeoterma. Ova ljekovita voda se osim kupanjem, koristi i pijenjem kod hroničnog gastritisa i duodenitisa, hroničnog nekalkuloznog holecistitisa, hroničnog cistitisa i urolitijaze.

Fojnička termalna voda pripada slabo mineralnim vodama hidrokarbonatno—sulfatno—kalcijsko—natrijskog tipa. Te se u njoj nalaze rijetki mikroelementi kao što su litijum, stroncijum i rubidijum koji su u balneološkom pogledu veoma značajni za kompleksno djelovanje vode na ljudsko zdravlje.

Prirodna ljekovita voda Banje Vrućice pripada kategoriji kalcijum-natrijum-hidrokarbonatnim-hloridnim-fluoridnim-ugljenokiselim hipertermalnim mineralnim vodama. Termomineralna voda Banje Dvorovi sadrži vodonik sulfid od 1.7 mg/l što joj daje balneološki—terapijski značaj. Ova voda sadrži terapijske vrijednosti fluora, te se može koristiti i pijenjem u prevenciji karijesa i kod oboljenja želuca, žuči i žučnih puteva.

Termalna voda koja se koristi u Banji Aquaterm po svojim karakteristikama pripada izotermama temperature 34 °C [3].

3. REZULTATI MJERENJA I DISKUSIJA

Mjerenje koncentracije aktivnosti radona u vazduhu izvršeno je u banjama na području Bosne i Hercegovine, metodom AlphaGuard mjernog sistema. Mjerenja su izvršena na lokalitetima Banje Ilidža-Gradačac, Banje Slatina-Banja Luka, Banje Laktaši-Banja Luka, Banje Reumal-Fojnica, Banje Vrućice-Teslić, Banje Dvorovi-Bijeljina i Banje Aquaterm-Olovo. Rezultati mjerenja ovom metodom su pokazali da se vrijednosti koncentracije aktivnosti radona u hidroterapijskim prostorijama ispitivanih banjских lokaliteta nalaze u intervalu 11 Bq/m³ do 262 Bq/m³. Najviša vrijednost je u hidroterapijskom bloku, na lokaciji br.2, Banja Slatina,

(262 ± 49) Bq/m^3 (Tabela 1), a najmanja u hidroterapijskom bloku na lokaciji br.6, Banja Vrućica, (11 ± 6) Bq/m^3 (Tabela 1).

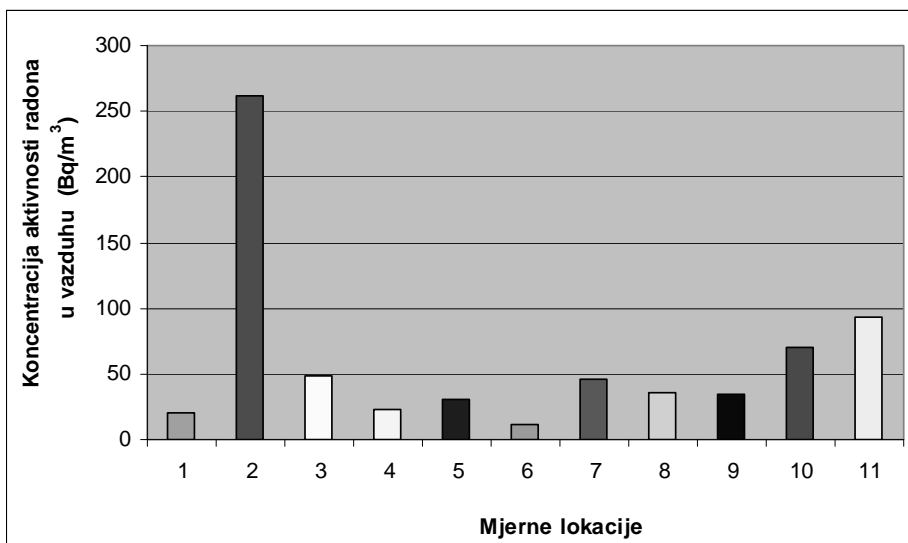
U tabeli 1., prikazane su minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti koncentracije aktivnosti radona izmjerene pokraj zatvorenih bazena, hidromasažnih kada koji se koriste u terapijske svrhe. Dok su na slici 2., predstavljene maksimalne vrijednosti koncentracije aktivnosti radona na istraženim lokalitetima. Takođe, u tabeli 1., navedene su i vrijednosti koncentracije aktivnosti radona u istraživanim prostorijama prije upotrebe vode.

Ono što je karakteristično da u pomenutim bazenima i hidroterapijskom bloku Banje Ilidža postoji stalni prirodni proces ventilacije što znatno utiče na smanjenje koncentracije aktivnosti radona. Pa je zbog toga maksimalna vrijednost koncentracije aktivnosti radona u Banji Ilidža 21 Bq/m^3 . Razlog malih koncentracija u prostorijama Banje Reumal, za hidroterapiju, elektroterapiju, je da poslije svakog tretmana, postoji prirodan način ventilisanja prostorija, otvaranjem prozora koji se nalaze u svakoj kabini. Koncentracija aktivnosti radona u terapijskom dijelu Banje Aquaterm je nešto manja od koncentracije aktivnosti radona izmjerene u bazenu Banje Aquaterm, zbog ne odlaska radona iz prostorije gdje je bazen, što dovodi do njegove akumulacije. Razlici u koncentraciji doprinosi, da pored ne ventilisanja prostorije postoji i stalno uzburkavanje vode što doprinosi povišenoj koncentraciji radona.

Male vrijednosti koncentracije aktivnosti radona zabilježene su u Banji Dvorovi, prvenstveno zbog nalaženja hidroterapijskog bloka na višim spratovima banje koje su dobro ventilisane. Značajno male koncentracije zabilježene su u Banji Vrućici i Banji Laktaši.

Tabela 1. Koncentracija aktivnosti radona u hidroterapijskom bloku, istraživanih banja u Bosni i Hercegovini

Broj uzorka	Lokalitet	Mjesto postavljanja uređaja	C_0 (Bq/m^3)	C_{vazduha} (Bq/m^3)		
				max	srednja	min
1.	Banja Ilidža	hidroterapija	4 ± 3	21 ± 8	14 ± 6	4 ± 3
2.	Banja Slatina	hidroterapija	14 ± 6	262 ± 49	100 ± 28	23 ± 9
3.	Banja Laktaši	bazen	16 ± 7	48 ± 14	30 ± 10	18 ± 8
4.	Banja Reumal	hidroterapija	14 ± 6	23 ± 9	19 ± 8	11 ± 6
5.	Banja Reumal	bazen	9 ± 5	31 ± 11	16 ± 7	7 ± 4
6.	Banja Vrućica	hidroterapija	7 ± 4	11 ± 6	9 ± 5	7 ± 5
7.	Banja Dvorovi	hidroterapija 1	11 ± 6	46 ± 15	30 ± 14	9 ± 5
8.	Banja Dvorovi	hidroterapija 2	12 ± 5	36 ± 12	21 ± 8	9 ± 5
9.	Banja Dvorovi	hidroterapija 3	14 ± 6	34 ± 12	22 ± 9	9 ± 5
10.	Banja Aquaterm	hidroterapija	11 ± 6	70 ± 22	55 ± 18	12 ± 5
11.	Banja Aquaterm	bazen	18 ± 6	93 ± 27	60 ± 18	23 ± 9



Slika 2. Maksimalne vrijednosti koncentracije aktivnosti radona u terapijskim blokovima istraživanih lokaliteta

4. ZAKLJUČAK

Generisanje radona, njegov transport i prodiranje, su veoma kompleksni procesi, čija se uzajamnost veoma teško može kvantifikovati bez sofisticirane opreme.

Analizom svih podataka zaključeno je da koncentracija aktivnosti ²²²Rn ima značajno veće vrijednosti nakon direktne upotrebe termalnih voda, u prostorijama kao što su kabine za terapiju i bazeni, u odnosu na koncentraciju radona u istim prostorijama prije upotrebe termalne vode.

Postojanje prirodne i vještačke ventilacije, količina upotrebljene termalne vode u terapijske svrhe, u ovom radu, su faktori koji su značajno uticali na vrijednosti koncentracije aktivnosti radona u zatvorenom prostoru.

5. LITERATURA

- [1] Committee on Risk Assessment of Exposure to Radon in Drinking Water, Risk assessment of radon in drinking water, National Academy Press, Washington D. C., 1999.
- [2] Sabol, J., Weng, P.S.: Introduction to radiation protection dosimetry, World Scientific Publishing, 1995.
- [3] Kasić, A.: Istraživanje prirodne radioaktivnosti u mineralnim i termomineralnim vodama BiH, doktorska disertacija, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Tuzli, juli 2013.
- [4] Jevtić M.; Vesković M.; Mirosavljev M.; Bikit I.; Čonkić Lj.: Značaj istraživanja izloženosti stanovništva radonu i njegovim potomcima, Medicinski pregled, Vol. 54, br. 3-4, 2001, pp.140-145.
- [5] Khalifa N.A.: Natural Radioactivity of Ground and Drinking Water in Some Areas of Upper Egypt, Turkish J. Eng. Env. Sci., Vol 28, 2004. pp. 345-354.
- [6] Dragišić V., Osnovi hidrogeologije, Podzemne vode, <http://www.rgf.bg.ac.yu>
- [7] Dragišić V., Osnovi hidrogeologije, Mineralne vode, <http://www.rgf.bg.ac.yu>
- [8] Kasić, A.; Hankić, E.; Kasumović, A.; Adrović, F.: Levels of Radon Activity Concentration in Thermal Waters of Bosnia and Herzegovina, Journal of Materials Science and Engineering B, Vol.3 No.8, 2013, pp.539-544.
- [9] AlphaGUARD, Portable Radon Monitor, User manual, Genitron Instruments Germany, 1998.