



HR9700051

MJERENJE RADONA U BIZOVAČKIM TOPLICAMA

*Zdravko FAJ, Vanja RADOLIĆ, Božica ŠUVELJAK,
Josip PLANINIĆ*

Pedagoški fakultet Sveučilišta u Osijeku, p.p. 144,
31000 Osijek

UVOD

Bizovačke toplice se nalaze 20 km zapadno od Osijeka. U blizini izvora geotermalne vode temperature 35 °C izgrađena su dva zatvorena i dva otvorena bazena s termalnom vodom, zatim otvoreni plivački bazen s običnom vodom iz gradskog vodovoda, te dvokatni hotel u kojem se nalazi i terapijska kupaonica s tri kade.

Istraživanja u vrlo posjećenim Bizovačkim toplicama izvedena su s namjerom da se odredi koncentracija radona u zraku i vodi terapijskog prostora, kao i u sobama, te da se procijeni dozni ekvivalent koji prime gosti, ali i stručno osoblje uposlano u toplicama.

Radon u zraku zatvorenog terapijskog prostora mjereno je pomoću poluvodičkog silikonskog detektora, dok je koncentracija radona u geotermalnoj vodi procijenjena uzimajući u obzir obujam prostorije i masu (obujam) vode u terapijskoj kadi; rezultati su uspoređeni s izravnim mjerenjima radona u vodi pomoću scintilacijskih posudica (1).

METODE

Koncentracije radona u zraku mjerene su pomoću poluvodičkog detektora Radhome (CEA, Francuska), koji ima osjetljivost od 50 Bq/m³ za jedan impuls po satu, a radi u režimu do 100 impulsa s vremenom mjerenja do 36 sati.

Trenutne koncentracije radona u zraku mjerene su s alfa scintilacijskim posudicama koje su baždarene pomoću standardne otopine radij klorida. Nakon uvođenja uzorka zraka u scintilacijsku posudicu, alfa aktivnost uzorka mjerena je u laboratoriju. Osjetljivost posudica bila je od 0.0019 do 0.0022 Bq⁻¹s⁻¹m³, a njihovo osnovno zračenje od 0.015 do 0.026 s⁻¹ (2). Donja granica detekcije je bila od 15 do 30 Bq/m³ za vremena mjerenja uzorka od 15 do 60 minuta.

Koncentracija radona u vodi mjerena je izravno na vodenom uzorku koji je unesen u staklenu ampulu obujma 0,6 L, a iz koje je radon protjeran u scintilacijsku posudicu; alfa aktivnost u posudici mjerena je nakon tri sata (1).

REZULTATI MJERENJA RADONA U ZRAKU I VODI

Koncentracije radona u zraku (C_z) u Bizovačkim toplicama mjerene su u jesen 1993, 1994. i 1995. godine pomoću poluvodičkog detektora Radhome u trajanju od jednog dana (24 sata). Vrijednost C_z u blizini novog i starog bazena s geotermalnom vodom, na visini od 1 m, bila je u prosjeku 70 Bq/m^3 ; u istom prostoru novog bazena na visini od 3 m radonska koncentracija je, međutim, bila dva puta viša u usporedbi s mjerenjem izvedenim na visini od 1 m. Na radnom mjestu blagajne, koja se nalazi ispred ulaza u dvoranu novoga bazena, koncentracija radona je bila prosječno 55 Bq/m^3 . U zatvorenoj sobi hotela na drugom katu koncentracija radona je bila 40 Bq/m^3 , a slična vrijednost dobivena je i na otvorenom balkonu prvoga kata. Ponavljanje mjerenja s detektorom Radhome pokazalo je relativnu pogrešku mjerenja od blizu 15 % (odnos standardne devijacije i aritmetičke sredine mjerenja). Mjerenje istim poluvodičkim detektorom pokazalo je da je u zraku bilo manje od 10 % torona (^{220}Rn) s obzirom na dominantnu koncentraciju radona (^{222}Rn).

Mjerenja trenutne koncentracije radona u zraku pomoću scintilacijskih posudica dala su ponešto više vrijednosti u noćnim satima (smanjena ventilacija), ali prosječne vrijednosti su bile blizu onima koje su izmjerene pomoću Radhome detektora. Neke vrijednosti radonske koncentracije bile su ispod donje granice detekcije (koja je srazmjerna drugom korijenu osnovnog zračenja), a ona je npr. iznosila 49 Bq/m^3 za zrak u starom bazenu, što je mjereno 23. rujna 1994.; relativne pogreške su bile uglavnom od 15 do 20 %.

Poseban pokus je izveden u zatvorenoj terapijskoj kupaonici s tri kade napunjene geotermalnom vodom, a zatim i s običnom vodom iz vodovoda. Mjerenje radona s detektorom Radhome u zraku kupaonice u prvom slučaju (kade napunjene termalnom vodom) dalo je koncentraciju $C_g = 135 \text{ Bq/m}^3$, dok je za kade napunjene običnom vodom dobivena radonska koncentracija u zraku $C_o = 50 \text{ Bq/m}^3$. Terapeutska kupaonica s praznim kadama (bez vode) imala je radonsku koncentraciju $C_b = 40 \text{ Bq/m}^3$.

S navedenim podacima bilo je moguće procijeniti količinu radona u geotermalnoj i običnoj vodi u Bizovačkim toplicama. Uzimajući u obzir ukupnu masu vode u kadama od blizu $m = 300 \text{ kg}$ i obujam prostorije $V = 80 \text{ m}^3$, uz manje aproksimacije dobivene su sljedeće koncentracije radona za geotermalnu ($C_{g,v}$) i običnu vodu ($C_{o,v}$):

$$\begin{aligned} C_{g,v} &= (C_g - C_b) V/m = 25,3 \text{ Bq/kg} = 25,3 \text{ kBq/m}^3 \\ C_{o,v} &= (C_o - C_b) V/m = 2,7 \text{ Bq/kg} = 2,7 \text{ kBq/m}^3 \end{aligned}$$

Mjerenje radona za običnu vodovodnu vodu Bizovačkih toplica izvedeno u rujnu 1994. pomoću staklene ampule i scintilacijske posudice (1) dalo je vrijednost $C_{o,v,s} = (3,5 \pm 0,1) \text{ kBq/m}^3$. Ranije dobivena vrijednost $C_{o,v}$ bila je za 25

% niža od izravno mjerene radonske koncentracije u običnoj vodi $C_{o,v,s}$, što pokazuje prihvatljivost usporedbe obiju metoda.

Podzemne vodovodne vode u SAD imaju radonske koncentracije od 1,24 do 65,6 kBq/m³, s geometrijskom sredinom od 11,5 kBq/m³ (3). Budući da termalna i obična voda u Bizovačkim toplicama imaju značajno različite radonske koncentracije, valja zaključiti da ove vode potječu iz različitih geoloških izvora.

Transforni faktor f , koji se definira kao omjer radonskih koncentracija u zraku (C_z) i vodi (C_v) ili $f = C_z/C_v$ (gdje je C_z zapravo povećanje radona zbog uporabe vode u prostoriji), uzima se da za normalnu uporabu vode u kući ima prosječnu vrijednost $f_n = 10^{-4}$ (3). Pokus izveden u zatvorenoj terapijskoj kupaonici dao je za geotermalnu vodu transforni faktor $f_k = 40 f_n$ dok je za zatvoreni bazen dobiven faktor $f_b = 10 f_n$.

Procjena efektivnog doznog ekvivalenta (H) za stručno osoblje uposleno u Bizovačkim toplicama, a boravi u terapijskoj kupaonici, gdje je radonska koncentracija $C_g = 135 \text{ Bq/m}^3$, izvedena je uz srednju vrijednost ravnotežnog faktora $F = 0,5$, i konverzijske faktore za radon $d_o = 0,33 \text{ } \mu\text{Sv/god per Bq/m}^3$, i za radonove potomke $d_c = 80 \text{ } \mu\text{Sv/god per Bq/m}^3$, pomoću sljedeće jednadžbe (4):

$$H = C_g(d_o + d_c F) \quad //$$

i dobivena je vrijednost $H = 5,4 \text{ mSv/god}$.

Procijenjeni dozni ekvivalent H odnosi se na aktivnost u zraku inhaliranog radona. U slučaju konzumiranja radona s vodom za piće, u kojoj je koncentracija radona 70 kBq/m³ (primjer privatnih izvora vode u SAD), procijenjen je dozni ekvivalent za želudac u iznosu od 45 $\mu\text{Sv/god}$ (5), što je stotinjak puta manje od izračunate doze za inhalirani radon.

Posjetitelji ili pacijenti koji provedu dva tjedna u Bizovačkim toplicama, i svakodnevno osam sati u prostoru zatvorenog bazena, mogu primiti radonski dozni ekvivalent od 77 μSv .

ZAKLJUČAK

Radonske koncentracije u zraku u Bizovačkim toplicama, izmjerene poluvodičkim detektorom Radhome, u prosjeku su iznosile 70 Bq/m³ u zatvorenim bazenima, 40 Bq/m³ u hotelskoj sobi i 135 Bq/m³ u zatvorenoj terapijskoj kupaonici. U pokusu s napunjenim kadama u zatvorenoj prostoriji procijenjena je koncentracija radona u geotermalnoj vodi na vrijednost od 25,3 kBq/m³, dok je za običnu vodu dobiveno 2,7 kBq/m³. Metoda uzorkovanja vode sa staklenom ampulom i scintilacijskom posudicom dala je za radonsku koncentraciju u običnoj vodovodnoj vodi 3,5 kBq/m³. Transforni faktori, koji se odnose na prijenos radona iz vode u zrak, imali su vrijednosti 40 f_n za terapijsku kupaonicu i 10 f_n za

zatvoreni bazen, gdje je $f_n = 10^{-4}$ srednja vrijednost faktora za normalni stambeni prostor.

Procjena efektivnog doznog ekvivalenta za osoblje, koje radi u terapijskoj kupaonici, dala je vrijednost od 5,4 mSv/god, dok posjetitelji koji provedu dva tjedna u Bizovačkim toplicama mogu primiti dozu od 77 μ Sv.

LITERATURA

1. Kobal I, Renier A. Radioactivity of the atomic spa at Podčetrtek, Slovenia. *Health Phys.* 1987;53:307-310.
2. Kobal I, Vaupotič J, Burger J. A method for determination of indoor radon concentration using α -scintillation cells. *Environment. Int.* 1988;14:345-348.
3. Nazaroff W.W, Nero A.V. Radon and its decay products in indoor air. John Wiley&Sons, New York, 1988.
4. Planinić J, Faj Z. Equilibrium factor and dosimetry of Rn by a nuclear track detector. *Health Phys.* 1990;59:349-351.
5. Yunaki E, Kataoka T, Michihiro K, Sugiyama H, Shimizu M, Mori T. ^{222}Rn in private well water in the vicinity of uranium mines over ten years. *J. Environ. Radioactivity* 1994;25:181-187.

RADON MEASUREMENT IN THE SPA OF BIZOVAC

*Zdravko FAJ, Vanja RADOLIĆ, Božica ŠUVELJAK,
Josip PLANINIĆ*

University of Osijek, Faculty of Education, P.O.B. 144
31000 Osijek

SUMMARY

The spa of Bizovac is located 20 km on the west of Osijek in east Croatia. Radon concentrations in the air and water of the Bizovac spa were measured by the Radhome silicon detector and the average values were obtained as 70 Bq/m^3 in the indoor pool, 40 Bq/m^3 in the hotel room and 135 Bq/m^3 in the closed therapeutic bathroom. A special experiment was performed in a closed therapeutic bathroom by three bathtubs filled up with geothermal water as well as normal (potable) one from a water-supply. Using measured radon concentrations in air by the Radhome detector under the mentioned conditions in the closed bathroom, radon concentrations were assessed for the geothermal water as 25.3 kBq/m^3 and 2.7 kBq/m^3 for potable water. Radon in potable water, measured by the sampling glass ampoule and scintillation cell, had the concentration of 3.5 kBq/m^3 . The radon transfer factor from water to air in the indoor pool and therapeutic bathroom was 10 and 40 times higher than for normal dwelling factor (10^{-4}), respectively. The effective dose equivalent of inhaled radon for permanent personnel under the worst conditions in the spa (closed therapeutic bathroom) was 5.4 mSv/y , but visitors spending two weeks in the Bizovac spa could receive the dose of $77 \mu\text{Sv}$

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**