



²²²Rn TŪRINIO AKTYVUMO INDIVIDUALIŲ GRĘŽINIŲ VANDENYJE TYRIMAS

Ingrida PLIOPAITĖ BATAITIENĖ¹, Sigita STEIBLYTĖ², Ona VAITEKĖNAITĖ³

UK Aplinkos apsaugos katedra

El. paštas: ¹ingrida.pl@gmail.com; ²sigita.steiblyte@gmail.com; ³onvait95@gmail.com

Anotacija. Žmonės, veikiami jonizuojančiosios spinduliuotės, kuri gali būti gamtinės ir dirbtinės kilmės, nuolat patiria apšvitą. Vienas iš jonizuojančiosios spinduliuotės gamtinių šaltinių yra radonas (²²²Rn). Tai radioaktyvios, bekvapės ir bespalvės inertinės dujos, kurios yra 7,5 kartų sunkesnės už orą, jos atsiranda skylant ²²⁶Ra. Pagrindinis šio radionuklido šaltinis Lietuvoje – dirvožemis. Dirvožemio ore esančios šios radioaktyviosios dujos gali išvirti gruntiniuose vandenyse. ²²²Rn tūrinis aktyvumas vandenyje priklauso nuo vandens tiekimo būdo ir naudojamų vandens kokybės gerinimo įrenginių. Gyventojai, vartodami vandenį, kuriame yra ²²²Rn padėję tūriniai aktyvumai, didina riziką susirgti skrandžio ir plaučių vėžiu. Lietuvoje leistinus radono kiekius gyvenamosiose patalpose ir geriamajame vandenyje reglamentuoja Lietuvos higienos norma HN 85:2011 „Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos“ – vandenyje, kurį vartoja 50 < žmonių ²²²Rn tūrinis aktyvumas neturi viršyti 100 Bq/l., vandenyje, kurį vartoja >50 žmonių, – neturi viršyti 1000 Bq/l. ²²²Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje tyrimams pasirinkta Vilniaus apskritis, ištirti 24 bandiniai (12 matavimo vietų), nustatytas tūrinis šio radionuklido aktyvumas geriamajame vandenyje kinta nuo (0,5±0,1) Bq/l iki (8,6±1,4) Bq/l.

Reikšminiai žodžiai: ²²²Rn, tūrinis aktyvumas, gręžinys, vanduo.

Įvadas

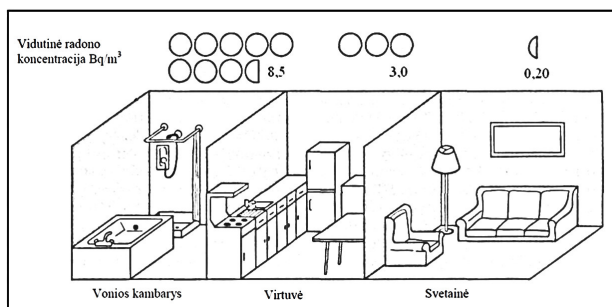
Jonizuojančiosios spinduliuotės šaltiniai žmogaus aplinkoje gali būti įvairūs: kosmosas, statybinės medžiagos, gruntas (Morkūnas *et al.* 2002). Gamtinės kilmės jonizuojančioji spinduliuotė nuolat veikia gyvuosius žemės organizmus. Jos šaltiniai skirstomi į dvi grupes. Pirmajai priskiriama kosminė spinduliuotė, pasiekianti žemę iš Visatos ir Saulės paviršinių sluoksnių. Kitai gamtinės kilmės jonizuojančiosios spinduliuotės grupei priskiriama sausumos grunte bei vandenyje (upių, ežerų, jūrų ir kt.), statybinėse medžiagose, ore ir kt. esančių radionuklidų skleidžiama jonizuojančioji spinduliuotė (Nedveckaitė 2004).

Lietuvoje gyventojai dėl kosminės spinduliuotės per metus patiria 0,35 mSv apšvitos dozę, 0,5 mSv dėl spinduliuotės iš grunto ir 1,5 mSv – gyvenamosiose patalpose (Butkus 2006). Vienas iš jonizuojančiosios spinduliuotės gamtinių šaltinių yra radonas (²²²Rn). Radonas – cheminis periodinės elementų lentelės elementas, žymimas Rn, eilės numeris – 86, tauriosios inertinės dujos (Kimtienė 2011). Šios radioaktyvios, bekvapės ir bespalvės inertinės dujos (²²²Rn), kurios yra 7,5 kartų sunkesnės už orą, atsiranda skylant radžiui (²²⁶Ra, kurio yra grunte, vandenyje, uolienose, statybinėse medžiagose, maiste ir netgi žmogaus kūne (Radiacinės saugos centras 2016).

Pagrindinis radono šaltinis Lietuvoje – dirvožemis. Dirvožemio ore esančios radioaktyviosios dujos gali išvirti gruntiniuose vandenyse. ²²²Rn tūrinis aktyvumas vandenyje priklauso nuo vandens tiekimo būdo ir naudojamų vandens kokybės gerinimo įrenginių. Vanduo – vienas iš radono (²²²Rn) ir jo skilimo produktų patekimo į žmogaus organizmą šaltinių (1 pav.) (Morkūnas *et al.* 2009).

Radono ir jo skilimo produktų į žmogaus organizmą patenka geriant vandenį, maudantis duše ar dirbant patalpose, kuriose yra palyginti daug vandens garų. Radono tūrinio aktyvumo tyrimus Lietuvoje 1996 metais pradėjo Radiacinės saugos centras (tuo metu – Radiologijos laboratorija) (Morkūnas *et al.* 2009).

Radiacinės saugos centras įsigyta vandens tyrimams skirta laboratorinė įranga 1996–1998 metais ištyrė radono kiekius trisdešimt keturiuose UAB „Minera“ mineralinio vandens gręžiniuose. Nuo 2004 metų Radiacinės saugos centro iniciatyva radono tyrimai buvo atliekami artezinio vandens gręžiniuose, individualiuose gręžiniuose ir šachtiniuose šuliniuose. Taip pat karstinio regiono, Vilniaus, Kauno, Klaipėdos ir Šiaulių viešo vandens tiekimo



1 pav. Radono koncentracija, patekusi į patalpų orą naudojant vandenį skirtingose patalpose (Levin *et al.* 2008)

vandenvietėse ir individualiuose gręžiniuose (Morkūnas *et al.* 2009).

Nuo 1996 m., kai buvo pradėti radono koncentracijos vandenyje tyrimai, didesnis nei 30 Bq/l tūrinis aktyvumas nenustatytas. Kiek didesnis aktyvumas Lietuvoje yra mineraliniame vandenyje, kurio didesnė mineralizacija, kartu didesnis ir gamtinių radionuklidų kiekis, tačiau net ir gydymui naudojamame vandenyje radono tūrinis aktyvumas neviršijo 50 Bq/l (Morkūnas *et al.* 2009; Radiacinės saugos centras 2009).

Lietuvoje leistinus radono kiekius gyvenamosiose patalpose ir geriamajame vandenyje reglamentuoja Lietuvos higienos norma HN 85:2011 „Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos“. HN 85:2011 nustatyta, kad geriamajame vandenyje, kurį vartoja 50 ir daugiau žmonių arba kurio per parą suvartojama vidutiniškai 10 m³ ar daugiau, arba kuris vartojamas ūkinei komercinei veiklai, radono tūrinis aktyvumas neturi viršyti 100 Bq/l. Vandenyje, kurį vartoja mažiau kaip 50 žmonių arba kurio per parą suvartojama vidutiniškai mažiau kaip 10 m³, ir kuris nevartojamas ūkinei komercinei veiklai, radono tūrinis aktyvumas neturi viršyti 1000 Bq/l (Lietuvos higienos norma HN 85:2011).

Radono kiekis vandenyje priklauso nuo radžio kiekio aplinkinėse uolienose, pirminėse uolienose ir vandenyje. Radono tūrinis aktyvumas paviršiniuose vandenyse (jūrose, ežeruose ir upėse) yra labai mažas – iki 2 Bq/l. Grunto vandenyje radono kiekis priklauso nuo radžio kiekio grunte ir radono atomų, kurie emanuoja į porose esantį vandenį, daleles. Todėl radono tūrinis aktyvumas grunto vandenyje svyruoja nuo 20 iki 150 Bq/l (1 lentelė) (Kanapickas 2003).

Radono kiekis šulinių vandenyje yra daug mažesnis, paprastai jo tūrinis aktyvumas yra 10–100 Bq/l. Tai sąlygoja lietaus vandens patekimas į šulinį ir vandens išbuvimas šulinyje ilgą laiką. Šuliniuose vandeniui būnant ilgą laiką dalis radono suskyla, o lietaus vandeniui patekus į šulinį vanduo yra atskiedžiamas (Kanapickas 2003).

1 lentelė. Radono kiekis vandenyje (Kanapickas 2003)

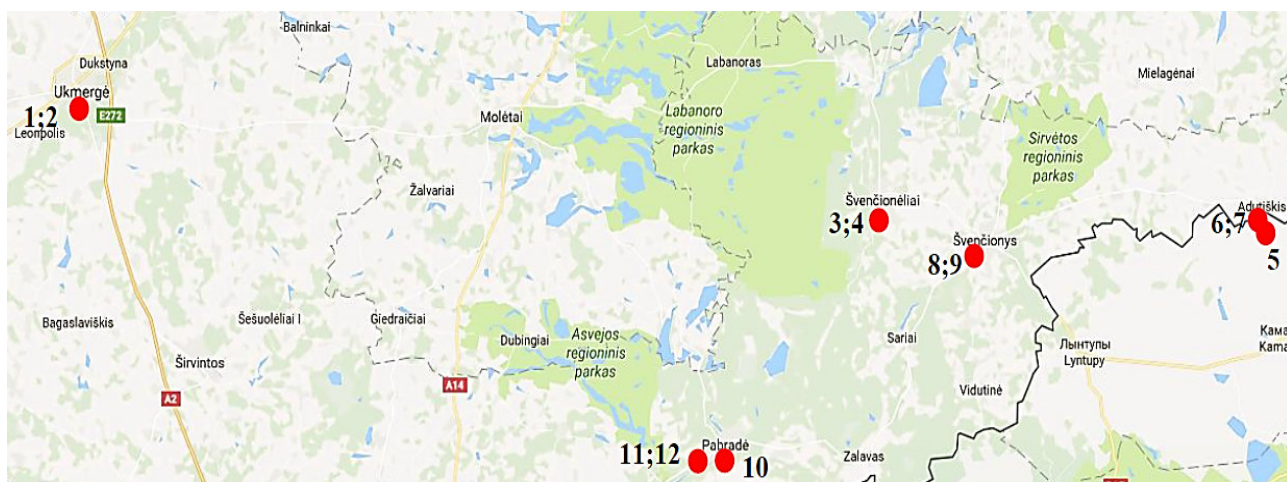
Vanduo	Rn tūrinis aktyvumas
Paviršinis ir lietaus	<2
Grunto	20–150
Šulinių	10–400
Gręžinių	50–500
Gręžinių uolienose su mažu Ra kiekiu	10–50
Gręžinių uolienose su dideliu Ra kiekiu	500–10000

Lyginant radono kiekį gręžinių vandenyje ir šulinių vandenyje, paprastai pastarojo yra daug aukštesnis. Taip yra todėl, kad radonas emanuoja iš radžio, nusėdusio ant plyšių paviršių, kuriais teka grunto vanduo. Taigi radonas į vandenį gali emanuoti tiesiog iš paviršinių nuosėdų, sąlygodamas aukštą tūrinį aktyvumą vandenyje (Kanapickas 2003).

Radono tūrinis aktyvumas vandenyje nustatomas įvairiais būdais. Kadangi radonas yra inertinės dujos, jų tūriniam aktyvumui vandenyje tirti naudojami būdai, kuriais jos sugeriamos tam tikromis medžiagomis – t. y. sulaikant dujas. Nustatant radono tūrinį aktyvumą vandenyje, ypatingas dėmesys turi būti skiriamas vandens mėginio ėmimui, nes nuo to gali smarkiai priklausyti tyrimų rezultatai. Turi būti imamas šviežio, vamzdynuose nenusistovėjęs ir neužsibuvęs vandens mėginys. Taip pat radonas neturėtų išgaruoti iš mėginio jį imant (Morkūnas *et al.* 2009).

Mėginį geriausia imti į stiklinį indą, nes stiklas kur kas geriau sulaiko radoną. Plastikiniame inde laikant vandens mėginį, per parą gali būti prarasta apie 5 % radono, be to, dar apie 7 % radono prarandama indą pripildžius iki pat galo ir iki 17 % – kai indas ne visai pripildytas. Daug radono prarandama, kai imant mėginį vanduo į indą pilamas greitai (Morkūnas *et al.* 2009).

Paprastai naudojami du skirtingi radono tūrinio aktyvumo matavimo būdai. Vienu atveju naudojami specialūs organiniai mišiniai, iš kurių matavimo inde susidaro du sluoksniai – vandeninis ir organinis. Radonas susikaupia organiniame sluoksnyje ir jo skleidžiama spinduliuotė registruojama scintiliatoriumi. Radžio izotopai lieka vandeniniame sluoksnyje ir jų skleidžiama spinduliuotė neregistruojama. Kitas skystojo scintiliatoriaus metodas taikomas matavimo inde sumaišant vandenį ir specialų mišinį su organinėmis medžiagomis. Šitai matavimo inde sukuriama gelio pavidalo terpė, kurioje yra registruojamos atsirandančios scintiliacijos (Morkūnas *et al.* 2009).



2 pav. Mėginių ėminių vietos Vilniaus apskrityje

Iš kitų metodų, naudojamų radono tūriniam aktyvumui vandenyje nustatyti, dar naudojami aktyvintosios anglies radono kaupikliai, jonizacinės kameros, radono skilimo produktų *gama* spektrometriniai matavimai, E-PERM elektreto ir stiklinio sandaraus indo derinys (Morkūnas *et al.* 2009).

Tyrimu siekiama nustatyti ir palyginti ^{222}Rn tūrinį aktyvumą geriamajame vandenyje, imtą iš individualių gręžinių, šulinių ir vandentiekio vandens.

Tyrimo tikslas – ištyrus radono turinį aktyvumą geriamajame vandenyje iš individualių gręžinių, šulinių ir vandentiekio vandens, nustatyti keliamą riziką žmonių sveikatai.

Metodika

Radono tūriniam aktyvumui ($A_V(^{222}\text{Rn})$) nustatyti geriamajame vandenyje mėginiai buvo imami iš Vilniaus apskrityje esančių individualių gręžinių, kurių $^{222}\text{Rn } A_V$ buvo lyginamas su šalia esančio šulinio vandeniu, taip pat buvo paimti mėginiai iš paruošto vandentiekio vandens prieš ir po vandens gerinimo įrenginių. Ėminių rinkimo vietos pateiktos 2 paveiksle pateiktame žemėlapyje.

Buvo pasirinkta 12 mėginių ėmimo vietų. Žemėlapyje 1;2 bei 6;7 numeriu pažymėtuose taškuose mėginiai imti iš vandentiekio prieš ir po vandens gerinimo įrenginių, 5 numeriu pažymėtame taške vandens mėginys taip pat imtas iš vandentiekio, tačiau tik prieš gerinimo įrenginius, 3;4 numeriu pažymėtame taške mėginiai imti iš individualaus gręžinio ir šulinio kaip ir iš 8–12 numeriais pažymėtų taškų (pastaba: 10 numeriu pažymėtas mėginys imtas tik iš gręžinio).

Tyrimų kokybei užtikrinti kiekvienoje ėminio vietoje imta po 2 mėginius. Iš viso paimti 24 mėginiai – 10 iš vandentiekio, 8 iš individualių gręžinių ir 6 iš šulinių.

Vandens mėginiai imami į stiklines talpas su reagentu. Joms paruošti į švarų matavimo indą įpilama 12 ml specialaus scintiliatorinio mišinio „Insta-Fluor“, pagaminto „Packard Instrument“ kompanijos. Organinis scintiliatorius sulaiko radoną, taip yra išvengiama radono netekimo.

Vandens mėginys imamas lėtai leidžiant vandenį iš čiaupo į stiklinį indą, iš kurio automatine pipete paimama 10 ml tiriamojo vandens. Vanduo į mėginiui skirtą indą leidžiamas silpna srove palei sienelę, pipetės galu neliečiant scintiliatorinio mišinio. Stiklinis buteliukas sandariai užsukamas (3 pav.).



3 pav. Paimtas mėginys

Radiacinės saugos centro laboratorijoje mėginiai tiriama skystojo scintiliatoriaus spektrometru *Quantulus 1220-003* (4 pav).



4 pav. Skystojo scintiliatoriaus spektrometras *Quantulus 1220-003*

Prieš dedant mėginius į spektrometrą, kiekvienas mėginys turi būti intensyviai apie 1 minutę plakamas. Suplaktas mėginys dedamas ant specialaus padėklo. Spektrometre yra 3 padėklai po 20 vietų mėginiams. Pradėjus matavimą prietaisais iš eilės ima mėginius, kurių kiekvieno tyrimas užtrunka apie 1 valandą. Matavimo metu skystame scintiliatoriuje atsiradę šviesos blyksniai registruojami skystojo scintiliatoriaus spektrometru naudojant impulsų formos atskyrimo funkciją.

Pagal gautus rezultatus įvertinama gyventojų (vaikų ir suaugusiųjų) patiriama apšvita (metinė efektinė dozė), geriant vandenį, kuriame yra ²²²Rn (1 formulė) (Somlai *et al.* 2007).

$$E_g = K \cdot A_v \cdot KM \cdot T, \quad (1)$$

čia E_g – metinė efektinė dozė, nulemta ²²²Rn, esančio geriamajame vandenyje, skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės, Sv; K – konversijos faktorius (suaugusiems – $1 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq; vaikams – $2 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq (Amin 2013); A_v – ²²²Rn tūrinis aktyvumas vandenyje, Bq/l; KM – suvartojamo vandens kiekis per metus, l/m (vertinant apšvitą, atsižvelgiant į Pasaulio sveikatos organizacijos rekomendacijas priimta dienos suvartojimo norma 2l/d (WHO 2004)); T – vandens naudojimo laikotarpis (vertinant apšvitą priimta dienos suvartojimo norma – 365d).

Pagal 2 formulę įvertinta metinė efektinė dozė dėl įkvėpto radono, kuris išgaravo iš vandens (UNSCEAR 2000):

$$E_{jk} = A_v \cdot R_{aW} \cdot F \cdot O \cdot DCF, \quad (2)$$

čia E_{jk} – metinė efektinė dozė, nulemta ²²²Rn, patekusio į orą iš geriamojo vandens, skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės, mSv; R_{aW} – radono santykis ore ir vandenyje (10–4), F – pusiausvyros tarp radono ir jo skilimo produktų faktorius (0,4), O – vidutinis gyventojų praleidžiamas laikas patalpoje per metus (7000 h/m), DCF – dozės konversijos faktorius (9×10^{-6} mSv Bq⁻¹ h⁻¹ m³).

Rezultatai ir jų analizė

²²²Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje tyrimams pasirinkta Vilniaus apskritis, ištirti 24 bandiniai (12 matavimo vietų), nustatytas šio radionuklido tūrinis aktyvumas geriamajame vandenyje kinta nuo (0,5±0,1) Bq/l iki (8,6±1,4) Bq/l. 2 lentelėje pateikti ²²²Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje tyrimo rezultatai. Pagal 2 lentelėje pateiktus tyrimo rezultatus matome, kad nei vienoje tyrimo vietoje ²²²Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje vertė neviršija norminių dydžių.

Didžiausia ²²²Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje vertė nustatyta Mežionėlių kaime, Švenčionių raj. sav. vandenyje iš gręžinio (8,6±1,4) Bq/l. Toje pačioje vietovėje vandens mėginyje, imtame iš šulinio, ²²²Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje nustatyta vertė yra 5,3 karto mažesnė nei gręžinio vandenyje. Švenčionyse (Tiesioji g. 16, Švenčionių raj. sav.) ²²²Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje vertė iš gręžinio yra 6 kartus didesnė nei vandenyje iš šulinio. Tačiau Pabradėje

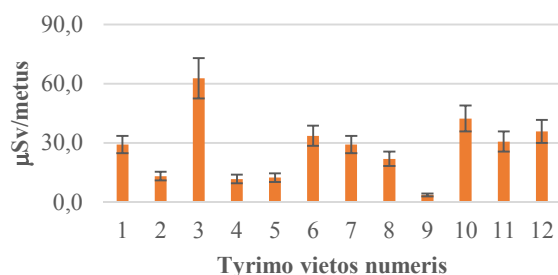
2 lentelė. Vidutinis radono tūrinis aktyvumas, Bq/l vandens ėminiuose

Ėminio vietos Nr.	Ėminio vieta	Vandens mėginys	Vidutinis radono tūrinis aktyvumas, Bq/l
1	Ukmergė, Gėlių g. 18. UAB „Ukmergės vandenys“	Gręžinių vandens mišinys prieš gerinimo įrenginius	4,0±0,6
2		Gręžinių vandens mišinys po gerinimo įrenginių (aeratorius + nugeležinimo įrenginiai).	1,8±0,3
3	Mežionėlių kaimas, Švenčionių raj. sav.	Vandens ėminys iš gręžinio, kuriame nėra įdiegtų filtrų	8,6±1,4
4		Vandens ėminys iš šulinio	1,6±0,3
5	Adučiškio miestelio vandentiekis Nr. 1, Švenčionių raj. sav.	Gręžinio vanduo prieš gerinimo įrenginius	1,7±0,3
6	Adučiškio miestelio vandentiekis Nr. 2, Švenčionių raj. sav.	Gręžinio vanduo prieš gerinimo įrenginius	4,6±0,7
7		Gręžinio vanduo po gerinimo įrenginių (nugeležinimas)	4,0±0,6
8	Švenčionys, Tiesioji g. 16, Švenčionių raj. sav.	Vandens ėminys iš gręžinio, kuriame nėra įdiegtų filtrų	3,0±0,5
9		Vandens ėminys iš šulinio	0,5±0,1
10	Pabradė, Projekto g. 16,	Vandens ėminys iš gręžinio, po įdiegtų filtrų	5,8±0,9
11	Pabradė, Magunų g. 6, Švenčionių raj. sav.	Vandens ėminys iš gręžinio, kuriame nėra įdiegtų filtrų	4,2±0,7
12		Vandens ėminys iš šulinio	4,9±0,8

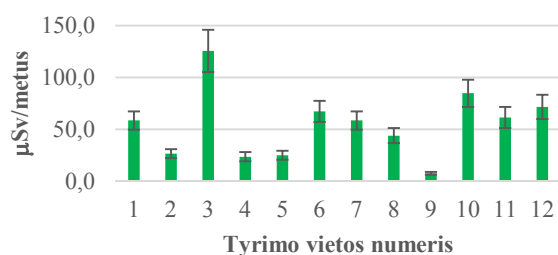
(Magunų g. 6, Švenčionių raj. sav.) imti vandens bandiniai tokio skirtumo neatskleidė – ^{222}Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje iš gręžinio vertė yra 1,2 karto mažesnė nei vandenyje iš šulinio.

Analizuojant vandens gerinimo įrenginių įtaką ^{222}Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje vertei, galima pastebėti, kad tose vandenvietėse, kur vandens kokybė gerinama naudojant aeravimo įrenginius, tūrinis aktyvumas po vandens gerinimo įrenginių yra 55 % mažesnis nei prieš gerinimo įrenginius (žr. 2 lentelę 1,2 ėminių rinkimo vietos). Tuo tarpu naudojant tik nugeležinimo įrenginius ^{222}Rn tūrinio aktyvumo geriamajame vandenyje nustatyta vertė po vandens kokybės gerinimo įrenginių yra tik 13 % mažesnė nei prieš gerinimo įrenginius (žr. 2 lentelę 6,7 ėminių rinkimo vietos).

Suaugusiųjų (5 pav. a dalis) ir vaikų (5 pav. b dalis) patiriamos apšvitos geriant vandenį, kuriame yra ^{222}Rn , vertintos pagal 1 formulę.



a)



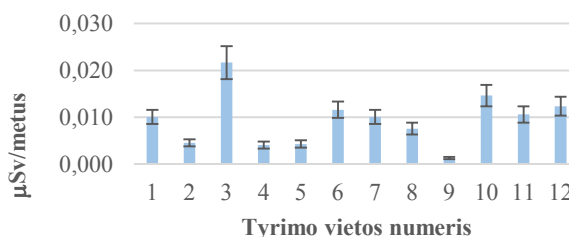
b)

5 pav. Metinė efektinė dozė, nulemta ^{222}Rn , esančio geriamajame vandenyje, skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės: a – suaugusiems, b – vaikams; 1–12 bandinių ėmimo vietos (žr. 2 lentelę)

Suaugęs žmogus, gerdamas vandenį, kuriame vidutinis ^{222}Rn tūrinis aktyvumas yra $(3,7 \pm 0,6)$ Bq/l, patiria papildomą gamtinės kilmės apšvitą – vidutiniškai $(27,2 \pm 4,4)$ μSv per metus, o vaikas – $(54,4 \pm 8,8)$ μSv per metus. Apšvitos skirtumas tarp suaugusiojo ir vaiko yra nulemtas vaiko organizmo didesnio jautrumo jonizuojančiosios spinduliuotės poveikiui. Analizuojant vandens tiekimo būdo įtaką žmogaus patiriamai apšvitai, galima

pastebėti, kad mažiausios apšvitos bus tų gyventojų, kurie vartoja vandenį, tiekiamą centralizuotai, kur vandens kokybė gerinama naudojant aeravimo įrangą – $(13,1 \pm 2,2)$ μSv per metus suaugusiems ir – $(26,3 \pm 4,4)$ μSv per metus vaikams. Atsižvelgiant į ^{222}Rn tūrinio aktyvumo tyrimo efektinės metinės dozės skaičiavimo rezultatus galima teigti, jog vandens nugeležinimo įrenginių įtaka šio radionuklido kiekiui vandenyje bei nulemtai apšvitai yra mažesnė nei aeravimo įrenginių.

6 pav. pateikiama gyventojų (suaugusiųjų ir vaikų) apšvitos, atsiradusios dėl išgaravusio ^{222}Rn iš vandens, kaita. Ji vertinta pagal 2 formulę.



6 pav. Metinė efektinė dozė, nulemta ^{222}Rn , esančio patalpų ore, kuris išgaravo iš geriamojo vandens, skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės: 1 – 12 bandinių ėmimo vietos (žr. 2 lentelę)

Pagal 6 pav. pateiktus metinės efektinės dozės, nulemtos ^{222}Rn , esančio patalpų ore, kuris išgaravo iš geriamojo vandens, skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės tyrimo rezultatus matome, kad vidutinė metinės efektinės dozės vertė (įkvėpus) yra $(9,4 \pm 1,5) \cdot 10^{-3}$ μSv per metus – t. y. vidutiniškai apie 4300 kartų mažesnė apšvita nei geriant vandenį.

Apibendrinant galima pasakyti, jog tirtosiose vietose ^{222}Rn tūrinis aktyvumas neviršijo norminių lygių, o vertinant patiriamą apšvitą dėl radono, esančio vandenyje, didesnis indėlis tenka apšvitai, kuri patiriama geriant vandenį nei įkvėpiant iš vandens išsiskyrusio radono dujų.

Išvados

1. Ištyrus 12 bandinių, nustatytas ^{222}Rn tūrinis aktyvumas, kuris kinta nuo $0,5 \pm 0,1$ Bq/l (šulinio vandens mėginyje Nr. 9) iki $8,6 \pm 1,4$ Bq/l (gręžinio vandens mėginyje Nr. 3).

2. Tyrimo metu pastebėta, jog radono tūrinį aktyvumą mažina įdiegti vandens gerinimo įrenginiai. Didžiausią įtaką radono tūrinio aktyvumo sumažėjimui turi vandens aeravimo įrenginiai.

3. Vertinant patiriamą apšvitą dėl radono, esančio vandenyje, didesnis indėlis tenka apšvitai, kuri patiriama geriant vandenį nei įkvėpiant iš vandens išsiskyrusio radono dujų.

Padėkos

Dėkojame Radiacinės saugos centro kolektyvui už pagalbą atliekant tyrimus.

Literatūra

- Amin, R. M. 2013. Evaluation of radon gas concentration in the drinking water and dwellings of south-west Libya, using CR-39 detectors, *International Journal of Environmental Sciences* 4(4): 484–490.
- Butkus, D. 2006. *Jonizuojančioji spinduliuotė aplinkoje*. Vilnius: Technika, 145; 159.
- Kanapickas, A. 2003. *Radioekologija: mokomoji knyga*. Vytauto Didžiojo universitetas, 37–41.
- Kimtienė, D. 2011. *Radonas. Visuotinė lietuvių enciklopedija*. T. XIX (Perk-Pra). Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos institutas. 427 p.
- Lietuvos higienos norma HN 85:2011 „Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos“, *Valstybės žinios* 2011-10-15, Nr. 124-5917.
- Morkūnas, G.; Pilkytė, L.; Ladygienė, R.; Gricienė, B. 2009. *Radonas ir gamtinė apšvita*. Vilnius: LĮ „Kriventa“, 49–50; 60–62; 74–78.
- Morkūnas, G.; Pilkytė, L.; Plyčiuraitienė-Plyčienė, J.; Akerbloom, G.; Clavensjō, B. 2002. *Radonas patalpose. Jo kiekio mažinimo būdai*. Asveja, 1.
- Nedveckaitė, T. 2004. *Radiacinė sauga Lietuvoje*. Vilnius. 63 p.
- Radiacinės saugos centras. 2009. *Ar pavojingas radonas? Ką reiktų žinoti kiekvienam*. Vilnius: LĮ „Kriventa“, 2–3; 6.
- Radiacinės saugos centras. 2016. *Radonas* [žiūrėta 2016 m. spalio 29 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.rsc.lt/index.php/pageid/937/print/1>
- Somlai, K.; Tokonami, S.; Ishikaw, T.; Vancsur, P.; Gáspár, M.; Jobbágy, V.; Somlai, J.; & Kovács, T. 2007. ^{222}Rn concentrations of water in the Balaton Highland and in the southern part of Hungary, and the assessment of the resulting dose, *Radiation Measurements* 42: 491–495. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2006.11.005>

UNSCEAR. 2000. *Sources and effects of ionizing radiation*. Report to the general assembly, with scientific annexes. New York.

WHO. 2004. *Guidelines for drinking-water quality: recommendations*. World Health Organization, 1.

Levin, M. N.; Negro"ov, O. P.; Gitlin, V. R.; Selivanova, O. V.; Ivanova, O. A. 2008. *Radon. Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta*. 27 p.

RESEARCH OF ^{222}Rn ACTIVITY IN WATER FROM INDIVIDUAL WELLS

I. Pliopaitė Bataitienė, S. Steiblytė, O. Vaitekėnaitė

Summary

People are constantly exposed to both natural and artificial ionizing radiation. One of the natural sources of ionizing radiation is radon (^{222}Rn). Radon is radioactive, colorless and odorless inert gas, which is 7.5 times heavier than air. Radon is a result of decomposition of ^{226}Ra . The main source of this radionuclide in Lithuania is soil. Radioactive gases from the soil pores can dissolve in groundwater. ^{222}Rn volumetric activity in the water depends on the water supply and water preparation equipment. People who use water with a higher volumetric activity of ^{222}Rn are at a higher risk of gastric and lung cancer. Radon levels in households and in the drinking water is regulated by the Lithuanian hygiene standard HN 85:2011 “Natural Exposure. Radiation Protection”. In the water which is used for less than 50 people the ^{222}Rn volumetric activity should not exceed 1000 Bq/l, and in the water which is used for more than 50 people the ^{222}Rn volumetric activity should not exceed 100 Bq/l. For the research of ^{222}Rn volumetric activity in the Vilnius county 24 samples (12 measuring points) were investigated. According to the research results, the volumetric activity of radon radionuclide in drinking water ranges from (0.5±0.1) Bq/l to (8.6±1.4) Bq/l.

Keywords: ^{222}Rn , volumetric activity, well, water.