

Tvirtinu:  
Fizinių ir technologijos mokslų centro direktorius

Gintaras Valušis

2014 m. kovo mėn. 31 d.

UŽSAKOMOJO DARBO

**TOLIMŲJŲ ORO TERŠALŲ PERNAŠŲ IŠ KITŲ VALSTYBIŲ POVEIKIO  
BENDRAM LIETUVOS ORO BASEINO UŽTERŠTUMO LYGIUI IR  
RADIOLOGINĖS APLINKOS BEI ATMOSFEROS UŽTERŠTUMO  
RADIONUKLIDAIŠ LIETUVOJE ĮVERTINIMAS**

2012 m. birželio 22 d. sutartis: Nr. 4F12-63

**ATASKAITA**  
(V-VI dalys)

**Fizinių ir technologijos mokslų centras**  
**Fizikos institutas**  
Savanorių pr. 231, LT-02300, Vilnius

-Vilnius 2014-  
**VYKDYTOJŲ SĄRAŠAS**

vyr. m. d. Arūnas Gudelis, V-VI dalių darbų vadovas

vyr. m. d. Tatjana Nedveckaitė

m. d. Darius Valiulis

inž. Inga Gorina

inž. Gintautas Kandrotas

inž. Vida Kandrotienė

sargė-budėtoja Alina Švelinska

## ANOTACIJA

Užsakomojo darbo pagal 2012 m. birželio 22 d. sutartį Nr. 4F12-63 V-VI dalyse atliktas radiologinės aplinkos bei atmosferos užterštumo radionuklidais įvertinimas Vilniaus mieste ir Ignalinos AE aplinkoje (Vosyliškių stotyje, esančioje 3,5 km atstumu nuo Ignalinos AE), išmatavus radionuklidų – gama spindulių – tūrinį aktyvumą ore. Ėminių paėmimo tikslu buvo atliekamas nepertraukiamas pažemio atmosferos oro rinkimas, filtruojant orą per aerosolinius FPP-15 (Petrianovo) tipo filtrus. Vilniaus stotyje eksponuoti 24 filtrai, darbo rezultatai apima laikotarpį nuo 2013 m. sausio 3 d. iki 2014 m. sausio 2 d.; Vosyliškių stotyje eksponuoti 25 filtrai, apimantys laikotarpį nuo 2013 m. sausio 9 d. iki 2014 m. sausio 5 d. Tyrimų metu pažemio atmosferos ore stebėti gamtiniai radionuklidai  $^7\text{Be}$  ir  $^{210}\text{Pb}$  bei vieną kartą – technogeninės kilmės  $^{137}\text{Cs}$  (Vosyliškių stotyje). Kitų technogeninių radionuklidų nebuvo stebėta,  $^7\text{Be}$  ir  $^{210}\text{Pb}$  aktyvumo koncentracijos atitiko tipiškas ankstesniais tyrimų laikotarpiais registruotas vertes.

## I. Radiologinės aplinkos įvertinimas Vilniaus mieste

Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos darbai, suplanuoti pagal jos dalį “Radiologinis monitoringas”, Vilniaus mieste buvo pradėti 2005 m. balandžio 30 dieną [1]. 2013 m. atliktų tyrimų duomenys papildė anksčiau gautus rezultatus, leidžia daryti lyginamąją analizę. Vilniaus stotyje oro mėginių ėmimui naudota palyginti nedidelio našumo orapūtė, užtikrinanti apie  $12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  oro srauto eksponavimą, mėginiai buvo imami 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus, panaudojant aerolinius FPP-15 tipo filtrus, šių filtrų efektyvumas sulaikant ore esančias dulkeles ir smulkias skendos daleles, prie kurių prikimba ir yra pernešami radionuklidai, yra labai aukštas – siekia 99% [2]. Užsakomojo darbo techninės specifikacijos priede nurodyti parametrai buvo užtikrinami laikantis dokumento [3] reikalavimų, matavimus atliekant stacionariuoju gama spektrometru su puslaidininkiniu gryno germanio detektoriumi, turinčiu šulinį. Gama spektrometras buvo kalibruotas, panaudojant Amersham paliudytąją pamatinę medžiagą [4], kalibravimas atliktas remiantis metodologija, išdėstyta [5-7], kalibravimo patikra atlikta 2002 m. vykusio TATENA profesinio testo metu [8]. Kalibravimo ir patikros rezultatai rodo, kad stacionariojo gama spektrometro pagalba (122-1461) keV energijos ruože radionuklidų absoliutinį aktyvumą galima nustatyti su ne blogesniu kaip 6% santykinu nuokrypiu nuo pamatinės vertės (1 lentelė).

1 lentelė. Profesinio testo metu Fizikos instituto gautų verčių palyginimas su TATENA laboratorijos vertėmis.

Analitė	TATENA duomenys, $\text{Bq kg}^{-1}$		Fizikos instituto duomenys, $\text{Bq kg}^{-1}$		Santykinis nuokrypis, %
	Vertė	Neapibrėžtis	Vertė	Neapibrėžtis	
$^{54}\text{Mn}$	36,5	0,92	35,1	1,7	-3,8
$^{57}\text{Co}$	33,9	0,87	32,0	2,2	-5,7
$^{60}\text{Co}$	145	3,6	143,5	6,9	-0,8
$^{65}\text{Zn}$	23,0	0,71	23,4	1,4	1,9
$^{88}\text{Y}$	34,9	0,93	33,4	2,0	-4,2
$^{134}\text{Cs}$	76	1,9	73,7	4,7	-2,6
$^{137}\text{Cs}$	160	4,6	164,7	7,6	3,0

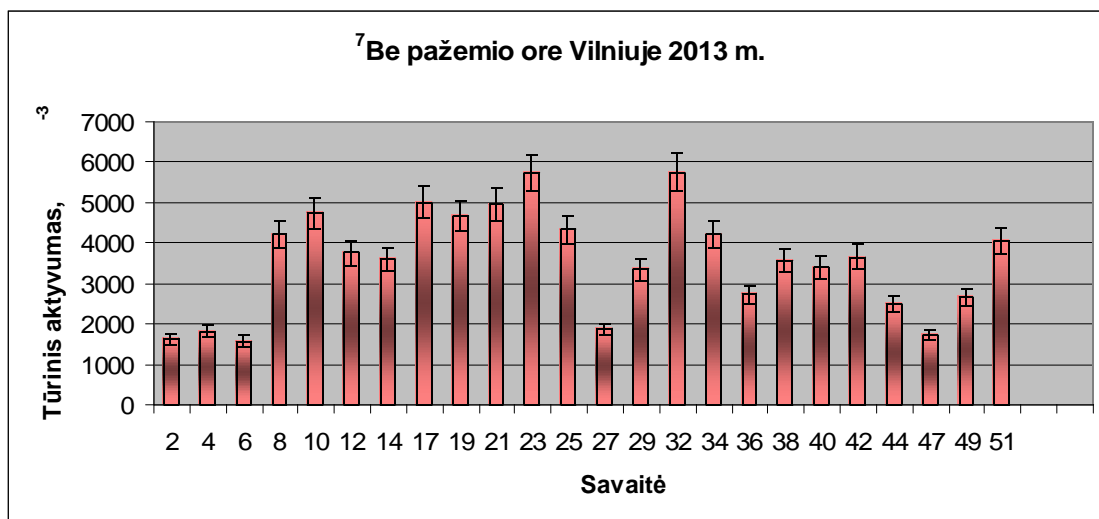
Kaip matyti iš 1 lentelės, panaudojant aukščiau minėtą įrangą, tipiški radionuklidai – gama spindulių – gali būti nustatyti su neapibrėžtimi, neviršijančia 7%, o kai kurie technogeniniai radionuklidai ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$  ir  $^{137}\text{Cs}$ ) su neapibrėžtimi, ne

didesne kaip 5%. 2006-2011 m. dalyvauta kituose TATENA organizuotuose profesiniuose testuose. Pavyzdžiui, dalyvavimo IAEA-CU-2006-03 teste metu buvo patvirtintas pakankamas matavimų tikslumas ( $^{137}\text{Cs}$ :  $\pm 3\%$ ,  $^{210}\text{Pb}$ :  $\pm 6\%$ , savitojo aktyvumo matavimai buvo atliekami grunto mėginyje). Vėliau, 2010-2013 m., matavimų sietis buvo užtikrinta su valstybiniu radionuklidų aktyvumo vieneto etalonu.

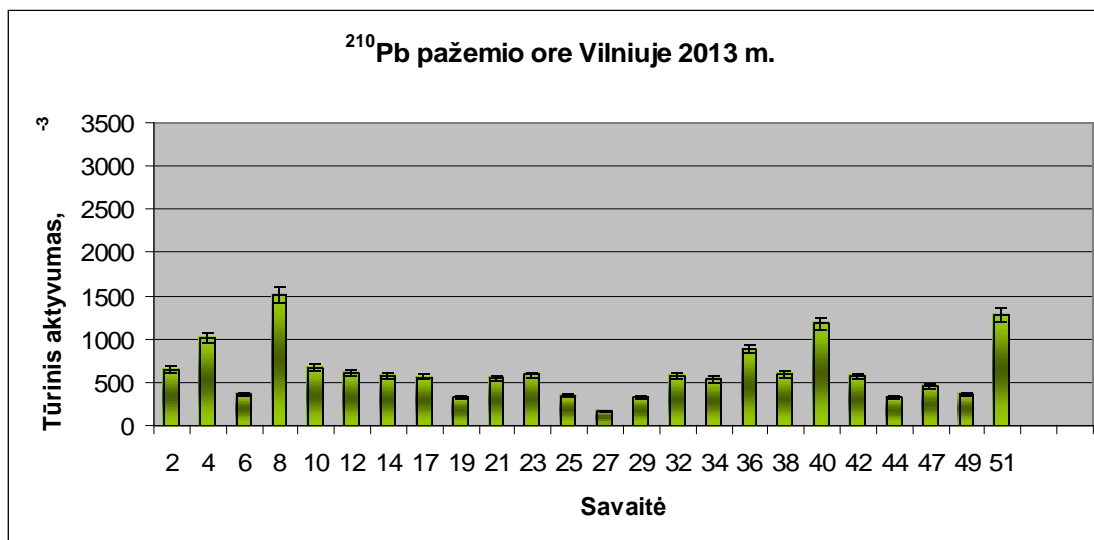
Stacionarusis gama spektrometras įrengtas laboratorijoje, kurioje palaikoma pastovi temperatūra ir santykinė oro drėgmė. Tyrimas “šulinio” geometrijoje, kai erdvinis kampas, kuriuo jutiklis “mato” mėginį, yra artimas  $4\pi$ , užtikrina maksimalią matavimo efektyvumo vertę. Darbe [9] nustatyta  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{60}\text{Co}$  aptikimo riba, esant 100000 s matavimo trukmei, yra, atitinkamai, 0,012 Bq ir 0,020 Bq detektoriumi su šuliniu.

Gama spektrometrums su Ge detektoriais taikomos kokybės laidavimo procedūros, pradėtos dar naudojant Ge(Li) detektorius [10]. Šių procedūrų pagrindas – nuolatinis parametrų stebėjimas ir dalyvavimas tarptautiniuose bei kompetentingų Lietuvos institucijų organizuojamuose palyginamuosiuose matavimuose [11, 12].

Atlikus tyrimus 2013 m. Vilniaus mieste nustatytas tik gamtinių gama spindulių – kosmogeninės kilmės  $^7\text{Be}$  ir terigeninio  $^{210}\text{Pb}$  – tūrinis aktyvumas atmosferos aerozoliuose (atitinkamai, 1 Pav. ir 2 Pav.), tuo tarpu technogeninio radionuklido  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumas visuose filtruose buvo žemiau aptikimo ribos  $3 \mu\text{Bq m}^{-3}$ . Vertinant poveikį gyventojams laikytasi konservatyvios prielaidos – kad vidutinis  $^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas Vilniuje 2013 m. buvo  $3,0 \mu\text{Bq m}^{-3}$ .



1 Pav.  $^7\text{Be}$  tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2013 m.



2 Pav.  $^{210}\text{Pb}$  tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2013 m.

Kaip matome iš 1 Pav. ir 2 Pav. pateiktų duomenų, stebėtos gamtinių radionuklidų koncentracijos atitinka jų globalųjį pasiskirstymą:  $^7\text{Be}$  vidutinis metinis tūrinis aktyvumas yra  $3561 \mu\text{Bq m}^{-3}$  (standartinis nuokrypis  $1277 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ), o  $^{210}\text{Pb}$  metinis vidurkis yra  $625 \mu\text{Bq m}^{-3}$  (standartinis nuokrypis  $330 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ). Vertinant  $^7\text{Be}$  tūrinio aktyvumo kaitą per tyrimų atlikimo laikotarpį, matyti šiam kosmogeniniam radionuklidui būdingas koncentracijos pavasarinis maksimumas, nulemtas tropopauzės svyravimų, tuo tarpu  $^{210}\text{Pb}$  aktyvumo koncentracijos padidėjimas metų pabaigoje galėtų būti aiškinamas šildymo sezono pradžios efektais ir didesnėmis gamtiniais radionuklidais praturtintų degimo produktų emisijomis į atmosferą iš lokaliųjų šaltinių. Lyginant šių radionuklidų vidutines metines vertes su analogiškais vertėmis, išmatuotomis 2012 m., galima matyti, kad  $^7\text{Be}$  tūrinio aktyvumo vidurkis 1,4% didesnis, tuo tarpu  $^{210}\text{Pb}$  atveju – 8,1% mažesnis. Tai – nereikšmingi skirtumai, nerodantys esminių kaitos tendencijų. Tačiau verta pastebėti, kad  $^{210}\text{Pb}$  tūrinio aktyvumo mažėjimas lemia mažesnes gyventojų patiriamas dozes dėl vidinės apšvitos per kvėpavimo traktą.

Tyrimų rezultatai rodo, kad 2013 m. radioaktyviųjų medžiagų pernaša per Lietuvos Respublikos teritoriją po branduolinių incidentų nevyko, ir jokie poveikio, susijusio su kitais technogeniniais radionuklidais, nei gyventojams, nei aplinkai stebėta nebuvo.

Poveikis Vilniaus miesto gyventojams dėl radionuklidų, įkvėpiamų į plaučius, buvo vertinamas pagal LUDEP modelį [13, 14]. 2 lentelėje pateiktos skaičiavimuose

naudotos efektinės dozės koeficientų vertės. Kaip matyti iš 2 lentelės, patekę su įkvepiamu oru į plaučius radionuklidai lemia kur kas didesnę dozę negu tie patys radionuklidai, patekę su maistu į virškinimo traktą, be to, didžiausią įnašą, esant vienodam aktyvumui, sudaro  $^{210}\text{Pb}$  spinduliuotė. Pastarąją aplinkybę galima paaiškinti papildomu dukterinių švino-210 skilimo produktų ( $^{210}\text{Bi}$  ir  $^{210}\text{Po}$ ) poveikiu.

Skaiciuojant laikyta, kad vidutinio gyventojų kvėpavimo sparta yra  $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

2 lentelė. Stebėtų radionuklidų efektinės dozės koeficientai.

Radionuklidas	Efektinės dozės koeficientas, $\text{Sv Bq}^{-1}$	
	Patekus į plaučius	Patekus su maistu
$^7\text{Be}$	$5,5 \cdot 10^{-11}$	$2,8 \cdot 10^{-11}$
$^{137}\text{Cs}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$
$^{210}\text{Pb}$	$5,6 \cdot 10^{-6}$	$6,9 \cdot 10^{-7}$

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad vidutinis gyventojas Vilniaus mieste 2013 m. patyrė šias metines apšvitos dozes dėl įkvepiamų su oru į plaučius radionuklidų:  $0,0017 \mu\text{Sv}$  dėl  $^7\text{Be}$ ,  $0,001 \mu\text{Sv}$  dėl  $^{137}\text{Cs}$  ir  $30,8 \mu\text{Sv}$  dėl  $^{210}\text{Pb}$ . Kaip matyti, dozės, nulemtos  $^7\text{Be}$  ir  $^{137}\text{Cs}$ , yra žymiai mažesnės už apšvitą, kurią nulemia radioaktyviojo švino izotopo  $^{210}\text{Pb}$  spinduliuotė – vertinimai rodo, kad pastarojo radionuklido indėlis gali sudaryti apie 3,1% gyventojams leistinos metinės dozės ( $1 \text{ mSv}$ ), kurios didžioji dalis paprastai būna nulemta gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės. Palyginimui galima prisiminti, kad 2006-2008 m. laikotarpiu metinė efektinė dozė dėl  $^{210}\text{Pb}$  patekimo į vidutinio Vilniaus gyventojų plaučius buvo mažesnė – siekė  $18 \mu\text{Sv}$ , arba apie 2% gyventojams leistinos metinės dozės [15].

## II. Pirminiai stebėjimų duomenys Vilniaus stotyje

Pirminiai stebėjimų duomenys, gauti Vilniaus stotyje, apima laikotarpį nuo 2013 m. sausio 3 d. iki 2014 m. sausio 2 d., jie pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Gama spindulių tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje.

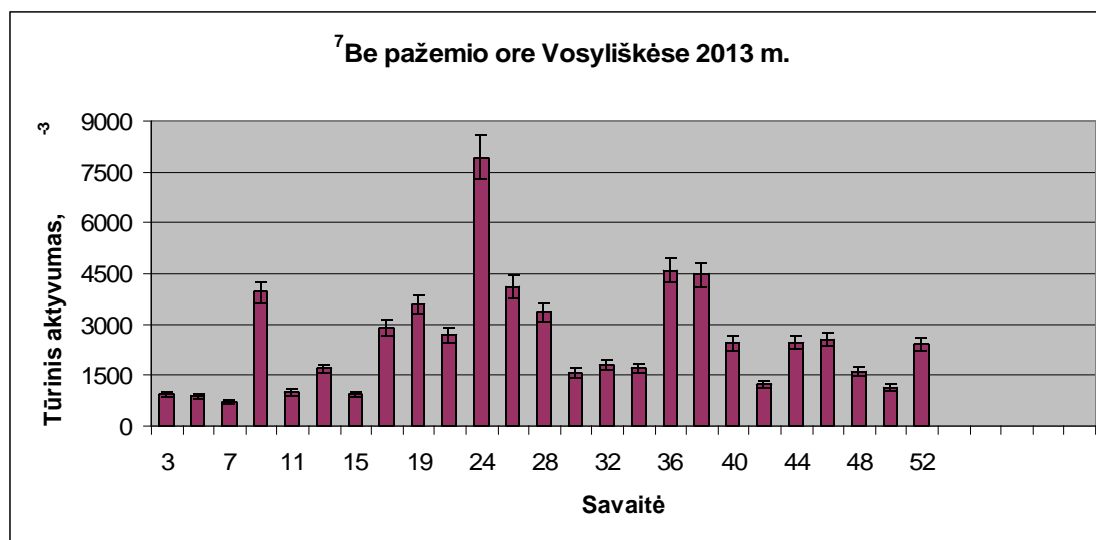
Eil. Nr.	Mėginio Nr.	Ekspozicijos laikotarpis	Radionuklidų tūrinis aktyvumas, $\mu\text{Bq m}^{-3}$ ( $1\sigma$ )		
			$^7\text{Be}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{137}\text{Cs}$
1	F13-223	20130103- 20130117	$1620 \pm 130$	$647 \pm 53$	$< 3,0$
2	F13-224	0117-0131	$1815 \pm 145$	$1020 \pm 83$	$< 3,0$
3	F13-225	0131-0214	$1570 \pm 130$	$364 \pm 30$	$< 3,0$
4	F13-226	0214-0228	$4215 \pm 340$	$1510 \pm 120$	$< 3,0$
5	F13-227	0228-0314	$4730 \pm 380$	$667 \pm 54$	$< 3,0$
6	F13-228	0314-0328	$3750 \pm 300$	$608 \pm 50$	$< 3,0$
7	F13-229	0328-0411	$3600 \pm 290$	$579 \pm 48$	$< 3,0$
8	F13-230	0411-0425	$5010 \pm 400$	$561 \pm 46$	$< 3,0$
9	F13-231	0425-0509	$4670 \pm 370$	$323 \pm 27$	$< 3,0$
10	F13-232	0509-0527	$4950 \pm 400$	$548 \pm 45$	$< 3,0$
11	F13-233	0527-0610	$5720 \pm 460$	$584 \pm 48$	$< 3,0$
12	F13-234	0610-0626	$4330 \pm 350$	$348 \pm 29$	$< 3,0$
13	F13-235	0626-0711	$1870 \pm 150$	$168 \pm 14$	$< 3,0$
14	F13-236	0711-0725	$3340 \pm 270$	$328 \pm 27$	$< 3,0$
15	F13-237	0725-0814	$5750 \pm 460$	$576 \pm 47$	$< 3,0$
16	F13-238	0814-0912	$4220 \pm 340$	$533 \pm 44$	$< 3,0$
17	F13-239	0912-0926	$2730 \pm 220$	$889 \pm 72$	$< 3,0$
18	F13-240	0926-1010	$3540 \pm 280$	$600 \pm 49$	$< 3,0$
19	F13-241	1010-1024	$3400 \pm 270$	$1180 \pm 96$	$< 3,0$
20	F13-242	1024-1107	$3660 \pm 290$	$565 \pm 46$	$< 3,0$
21	F13-243	1107-1121	$2510 \pm 200$	$317 \pm 26$	$< 3,0$
22	F13-244	1121-1205	$1720 \pm 140$	$450 \pm 37$	$< 3,0$
23	F13-245	1205-1219	$2670 \pm 210$	$365 \pm 30$	$< 3,0$
24	F13-246	1219-20140102	$4070 \pm 330$	$1280 \pm 100$	$< 3,0$



### III. Radiologinės aplinkos įvertinimas Ignalinos AE aplinkoje

Vosyliškių stotyje buvo naudota didelio našumo orapūtė, užtikrinanti apie 1900 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> oro srautą, mėginiai imti 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus aerolinių FPP-15 tipo filtrų pagalba. Užsakomojo darbo techninės specifikacijos priede nurodyti parametrai buvo užtikrinami laikantis dokumento [3] reikalavimų, panaudojant stacionarų gama spektrometrą su 30% santykinio efektyvumo puslaidininkiniu gryo germanio detektoriumi. Gama spektrometras kalibruotas, panaudojant Amersham paliudytąją pamatinę medžiagą [4], kalibravimas atliktas remiantis metodologija, išdėstyta [5-7], kalibravimo patikra atlikta 2002 m. vykusio TATENA profesinio testo metu [8]. Darbe [9] nustatyta <sup>137</sup>Cs ir <sup>60</sup>Co aptikimo riba, esant 100000 s matavimo trukmei, yra, atitinkamai, 0,13 Bq ir 0,15 Bq, tiriant šiuo detektoriumi. Vėliau, 2010-2013 m., matavimų sietis buvo užtikrinta su valstybiniais radionuklidų aktyvumo vieneto etalonu.

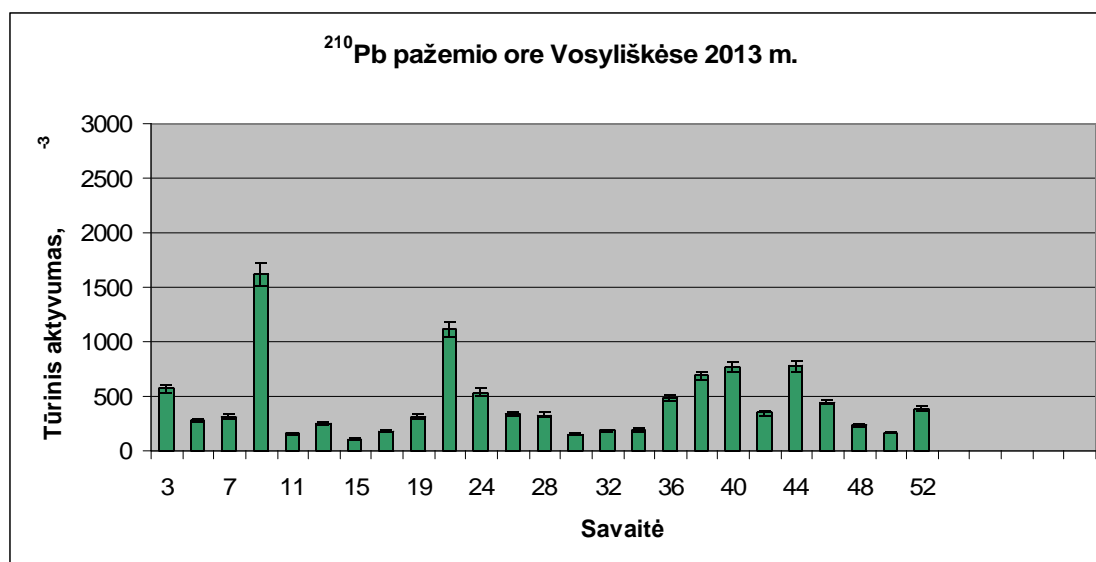
Atlikus tyrimus 2013 m. Vosyliškėse nustatytas gamtinių gama spindulių – kosmogeninio <sup>7</sup>Be ir terigeninio <sup>210</sup>Pb (atitinkamai, 3 Pav. ir 4 Pav.), o taip pat – tik viename mėginyje – globaliai pasiskirsčiusio technogeninio dalijimosi produkto <sup>137</sup>Cs tūrinis aktyvumas atmosferos aeroliuose.



3 Pav. <sup>7</sup>Be tūrinis aktyvumas pažemio ore Vosyliškėse 2013 m.

3-4 Pav. pateikti duomenys rodo, kad stebėtų gamtinių radionuklidų (<sup>7</sup>Be ir <sup>210</sup>Pb) aktyvumo koncentracijos atitinka jų globalųjį pasiskirstymą: vidutinis metinis <sup>7</sup>Be tūrinis aktyvumas yra 2508 μBq m<sup>-3</sup> (standartinis nuokrypis 1643 μBq m<sup>-3</sup>), <sup>210</sup>Pb metinis vidurkis yra 438 μBq m<sup>-3</sup> (standartinis nuokrypis 345 μBq m<sup>-3</sup>).

$^7\text{Be}$  tūrinio aktyvumo Ignalinos AE aplinkoje kaitai per tyrimų atlikimo laikotarpį būdingas ryškus koncentracijos maksimumas birželio antroje pusėje (ekspozicija nuo 06.16 iki 06.25), kai tūrinis aktyvumas išaugo iki  $(7930 \pm 440) \mu\text{Bq m}^{-3}$ .  $^{210}\text{Pb}$  tūrinis aktyvumas dukart per metus nežymiai viršijo  $1000 \mu\text{Bq m}^{-3}$ . Lyginant su Vilniaus stotyje gautais rezultatais, vidutinės metinės radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės Vosyliškėse yra mažesnės.  $^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas, išskyrus vieną epizodą pavasarį, buvo artimas aptikimo ribai, kuri Vosyliškių stotyje šiam nuklidui yra  $1,5 \mu\text{Bq m}^{-3}$ .  $^{137}\text{Cs}$  patikimai išmatuotas vieninteliame mėginyje, kuris eksponuotas nuo 03.23 iki 04.14 (4 lentelė). Nebuvimas mėginiuose kitų technogeninių radionuklidų ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ) leidžia teigti, kad: 1) Ignalinos AE eksploatacijos nutraukimo metu radioaktyviosios aerozolinės priemaišos į aplinką nepatenka; 2) radionuklidų srautai po galimų branduolinių incidentų pasaulyje į šiaurės rytų Lietuvą nepernešami. Pravartu prisiminti, kad po 2011 m. kovo mėn. įvykusios avarijos Fukušimos AE, Europa bei kiti žemynai patyrė poveikį, kuris buvo juntamas apie porą mėnesių [16-18]. Tuo metu Vilniuje  $^{134}\text{Cs}$  ir  $^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas 2011 m. balandžio pradžioje siekė apie  $900 \mu\text{Bq m}^{-3}$ , o Vosyliškių stotyje kiekvieno šių nuklidų maksimali aktyvumo koncentracija buvo apie  $400 \mu\text{Bq m}^{-3}$  [19].



4 Pav.  $^{210}\text{Pb}$  tūrinis aktyvumas pažemio ore Vosyliškėse 2013 m.

Atlikus jonizuojančiosios spinduliuotės dozės skaičiavimus nustatyta, kad vidutinis gyventojas Ignalinos AE aplinkoje 2013 m. patyrė tokias metines vidinės

apšvitos dozės dėl įkvėptų radionuklidų: 0,0012 μSv dėl <sup>7</sup>Be, 0,0005 μSv dėl <sup>137</sup>Cs ir 22 μSv dėl <sup>210</sup>Pb. Kaip ir radiologinės padėties Vilniuje vertinimo atveju, dozės Ignalinos AE aplinkoje, kurios yra nulemtos <sup>7</sup>Be ir <sup>137</sup>Cs jonizuojančiosios spinduliuotės, yra daug mažesnės už apšvitą, sukliamą radioaktyviojo švino izotopo <sup>210</sup>Pb spinduliuotės – vertinimai rodo, kad pastarojo radionuklido indėlis gali sudaryti apie 2,2% gyventojams leistinos metinės dozės (1 mSv).

#### IV. Pirminiai stebėjimų duomenys Vosyliškių stotyje

Pirminiai stebėjimų duomenys, gauti Vosyliškių stotyje, apima laikotarpį nuo 2013 m. sausio 9 d. iki 2014 m. sausio 5 d., jie pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Gama spinduolių tūrinis aktyvumas pažemio ore Vosyliškėse.

Eil. Nr.	Mėginio Nr.	Ekspozicijos laikotarpis	Radionuklidų tūrinis aktyvumas, μBq m <sup>-3</sup> (1σ)		
			<sup>7</sup> Be	<sup>210</sup> Pb	<sup>137</sup> Cs
1	93225	20130109- 20130120	930 ± 74	571 ± 51	< 1,5
2	93226	0120-0125	880 ± 71	284 ± 26	< 1,5
3	93227	0125-0216	700 ± 56	315 ± 28	< 1,5
4	93228	0216-0303	3970 ± 320	1620 ± 144	< 1,5
5	93229	0303-0323	990 ± 80	157 ± 14	< 1,5
6	93230	0323-0414	1680 ± 135	254 ± 23	6,7 ± 0,6
7	93231	0414-0422	940 ± 75	107 ± 10	< 1,5
8	93232	0422-0507	2890 ± 230	183 ± 17	< 1,5
9	93233	0507-0531	3580 ± 290	314 ± 28	< 1,5
10	93234	0531-0616	2700 ± 220	1120 ± 100	< 1,5
11	93235	0616-0625	7930 ± 630	535 ± 48	< 1,5
12	93236	0625-0708	4120 ± 330	339 ± 30	< 1,5
13	93237	0708-0724	3370 ± 270	329 ± 29	< 1,5
14	93238	0724-0807	1560 ± 125	153 ± 14	< 1,5
15	93239	0807-0821	1810 ± 145	185 ± 17	< 1,5
16	93240	0821-0904	1700 ± 140	190 ± 17	< 1,5
17	93241	0904-0914	4610 ± 370	490 ± 44	< 1,5
18	93242	0914-0927	4490 ± 360	686 ± 61	< 1,5
19	93243	0927-1011	2450 ± 200	763 ± 68	< 1,5
20	93244	1011-1026	1220 ± 100	349 ± 31	< 1,5
21	93245	1026-1109	2450 ± 200	773 ± 69	< 1,5
22	93246	1109-1124	2550 ± 205	447 ± 40	< 1,5
23	93247	1124-1206	1620 ± 130	240 ± 22	< 1,5
24	93248	1206-1220	1140 ± 90	165 ± 15	< 1,5
25	93249	1220-20140105	2430 ± 195	386 ± 35	< 1,5



## IŠVADOS

1. Nuo 2013 m. sausio 3 d. iki 2014 m. sausio 2 d. Vilniuje ir nuo 2013 m. sausio 9 d. iki 2014 m. sausio 5 d. Vosyliškių stotyje prie Ignalinos AE buvo atliekamas nenutrūkstamas oro mėginių rinkimas. Surinkti mėginiai išanalizuoti kalibruotais gama spektrometrais su gryno germanio (HPGe) detektoriais.
2. Per ataskaitinį laikotarpį pažemio atmosferos ore Ignalinos AE aplinkoje buvo stebėti gamtiniai radionuklidai  ${}^7\text{Be}$  ir  ${}^{210}\text{Pb}$  bei vieną epizodą – technogeninės kilmės  ${}^{137}\text{Cs}$ . Vidutinės  ${}^7\text{Be}$  ir  ${}^{210}\text{Pb}$  tūrinio aktyvumo vertės buvo, atitinkamai:  $2508 \mu\text{Bq m}^{-3}$  ir  $438 \mu\text{Bq m}^{-3}$ . Tuo tarpu Vilniuje buvo stebėti tik gamtiniai radionuklidai  ${}^7\text{Be}$  ir  ${}^{210}\text{Pb}$  (vidutinės tūrinio aktyvumo vertės, atitinkamai,  $3561 \mu\text{Bq m}^{-3}$  ir  $625 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ), o  ${}^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas buvo žemiau aptikimo ribos  $3,0 \mu\text{Bq m}^{-3}$ . Stebėtos radionuklidų koncentracijos atitinka jų globalųjį pasiskirstymą.
3. Vidutinis gyventojas Vilniaus mieste 2013 m. patyrė šias metines apšvitos dozes dėl įkvepiamų su oru į plaučius radionuklidų:  $0,0017 \mu\text{Sv}$  dėl  ${}^7\text{Be}$ ,  $0,001 \mu\text{Sv}$  dėl  ${}^{137}\text{Cs}$  ir  $30,8 \mu\text{Sv}$  dėl  ${}^{210}\text{Pb}$ . Pastarojo radionuklido indėlis gali sudaryti apie 3,1% gyventojams leistinos metinės dozės, kuri yra lygi 1 mSv.
4. Ignalinos AE eksploatacijos nutraukimo metu 2013 m. radioaktyviosios aerozolinės priemaišos į aplinką nepateko, o radionuklidų srautai po galimų branduolinių incidentų pasaulyje į Lietuvą nebuvo pernešami.

## LITERATŪRA

1. Fizikos institutas (2006) Radiologinis oro monitoringas Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2005 m. rugpjūčio 11 d. sutartį Nr. 4F05-86 (300S345).
2. Arnold D., Jagielak J., Kolb W., Pietruszewski A., Wershofen H., Zarucki R. (1994) Practical experience in and improvements to aerosol sampling for trace analysis of airborne radionuclides in ground level air. PTB-Ra-34, ISBN 3-89429-436-1.
3. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. (2000) Aplinkos elementų užterštumo radionuklidais matavimas – mėginių gama spektrinė analizė spektrometru, turinčiu puslaidininkinį detektorių. LR aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 36-2000.
4. DEUTSCHER KALIBRIERDIENST (DKD), 17 February 1997. Page 2 of calibration certificate for Reference Solution No. FE101.
5. Debertin K., Helmer R. G. (1988)  $\gamma$ - and X-ray spectrometry with semiconductor detectors. North Holland, Amsterdam.
6. Debertin K., Schötzig U. (1979) Coincidence summing corrections in Ge(Li)-spectrometry at low source-to-detector distances. Nuclear Instruments and Methods, 158, 471-477.
7. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (1995). IEC 1452, International Standard, Nuclear Instrumentation – Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides – Calibration and use of germanium spectrometers.
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, ANALYTICAL QUALITY CONTROL SERVICES, Seibersdorf, 31 May 2002. Summary Report of the Proficiency Test for the Determination of Anthropogenic  $\gamma$ -emitting Radionuclides in a Mineral Matrix.
9. Gudelis A., Remeikis V., Plukis A., Lukauskas D. (2000) Efficiency calibration of HPGe detectors for measuring environmental samples. Environmental and Chemical Physics, 22, 3-4, 117-125.
10. SWEDISH RADIATION PROTECTION INSTITUTE, Stockholm, 28 July 1992. Results of intercalibration exercise of cesium isotopes in soil.
11. Glavič-Cindro D., Vodenik B., Korun M., Martinčič R. (2000) Quality control of gamma-ray spectrometry measurements. Applied Radiation and Isotopes, 52, 765-770.
12. Nikkinen M. (2001) The use of Synthetic Spectra to Test the Preparedness to Evaluate and Analyze Complex Gamma Spectra. NKS-43.
13. Birchall A., Bailey M. R., James A. C. (1991) LUDEP: a lung dose evaluation program. Radiat. Prot. Dosim., 38, 1, 167-174.
14. Jarvis N. S., Birchall A., James A. C., Bailey M. R., Dorrian M.-D. (1997) LUDEP 2.0: Personal Computer Program for Calculating Internal Doses Using the ICRP Publication 66 Respiratory Tract Model. NRPB-SR287.
15. Fizikos institutas (2009) Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2008 m. liepos 10 d. sutartį Nr. 4F08-89 (300S634).
16. Masson, O., Baeza, A., Bieringer, J., Brudecki, K., Bucci, S., Cappai, M., Carvalho, F. P., Connan, O., Cosma, C., Dalheimer, A., Didier, D., Depuydt, G., De Geer, L. E., De Vismes, A., Gini, L., Groppi, F., Gudnason, K., Gurriaran, R., Hainz, D., Halldorsson, O., Hammond, D., Hanley, O., Holey, K., Homoki, Zs.,

- Ioannidou, A., Isajenko, K., Jankovic, M., Katzlberger, C., Kettunen, M., Kierepko, R., Kontro, R., Kwakman, P. J. M., Lecomte, M., Leon Vintro, L., Leppanen, A.-P., Lind, B., Lujanienė, G., Mc Ginnity, P., Mc Mahon, C., Mala, H., Manenti, S., Manolopoulou, M., Mattila, A., Mairing, A., Mietelski, J. W., Møller, B., Nielsen, S. P., Nikolic, J., Overwater, R. M. W., Palsson, S. E., Papastefanou, C., Penev, I., Pham, M. K., Povinec, P. P., Ramebäck, H., Reis, M. C., Ringer, W., Rodriguez, A., Rulik, P., Saey, P. R. J., Samsonov, V., Schlosser, C., Sgorbati, G., Silobritiene, B. V., Söderström, C., Sogni, R., Solier, L., Sonck, M., Steinhauser, G., Steinkopff, T., Steinmann, P., Stoulos, S., Sykora, I., Todorovic, D., Tooloutalaie, N., Tositti, L., Tschiersch, J., Ugron, A., Vagena, E., Vargas, A., Wershofen, H., Zhukova, O. (2011) Tracking of airborne radionuclides from the damaged Fukushima Dai-Ichi nuclear reactors by European Networks. *Environ. Sci. Technol.* 45 (18), 7670-7677.
17. Gudelis A., Druteikienė R., Lujanienė G., Maceika E., Plukis A., Remeikis V. (2012) Radionuclides in the ground-level atmosphere in Vilnius, Lithuania, in March 2011, detected by gamma-ray spectrometry. *Journal of Environmental Radioactivity*, 109, 13-18.
  18. Lujanienė, G., Byčenkienė, S., Povinec, P. P., Gera, M. (2012) Radionuclides from the Fukushima accident in the air over Lithuania: measurement and modelling approaches. *Journal of Environmental Radioactivity*, 114, 71–80.
  19. Gudelis A., Gorina I., Nedveckaitė T., Kovař P., Dryak P., Šuran J. (2013) Activity measurement of gamma-ray emitters in aerosol filters exposed in Lithuania in March-April 2011. *Applied Radiation and Isotopes*, 81, 362-365.