

FIZIKOS INSTITUTAS

TVIRTINU:

Instituto direktorius

.....Prof. Vidmantas Remeikis

2009 m. gruodžio 9 d.

RADIOLOGINIAI ORO TYRIMAI VILNIAUS MIESTE

2009 m. gegužės 14 d. sutartis Nr. 4F09-38 (300S655)

MOKSLO TYRIMŲ DARBŲ ATASKAITA

Branduolinių ir aplinkos

radioaktyvumo tyrimų laboratorija

Temos vadovas:

grupės vedėjas dr. A. Gudelis

VILNIUS

2009

ATLIKTŲ DARBŲ ANOTACIJA

Darbo pavadinimas: Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste.

Darbas "Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste" yra anksčiau vykdytos temos "Radiologinis monitoringas Vilniaus mieste" tęsinys. Jis yra atliekamas pagal Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos dalį "Radiologinis monitoringas". Darbo rezultatai apima laikotarpį nuo 2008 m. gruodžio 30 d. iki 2009 m. lapkričio 30 d.

2009 metais atlikti tokie darbai:

1. Atlikti orapūtės techninės profilaktikos darbai.
2. Nuo 2008 m. gruodžio 30 d. iki 2009 m. lapkričio 30 d. buvo vykdomas nenutrūkstamas oro mėginių rinkimas, filtruojant orą per aerzolinius FPP tipo filtrus. Per šį laikotarpį eksponuoti 24 filtrai.
3. Eksponuotų filtrų radiometrinė analizė buvo atliekama panaudojant kalibruotą gama spektrometrą su puslaidininkiniu gryno germanio detektoriumi su šuliniu.
4. Organizuota gama spektrometro valstybinė patikra.
5. 2005-2009 m. rezultatai panaudoti pranešimui konferencijoje "International Topical Conference on Po and Radioactive Pb isotopes", vykusioje spalio 26-28 d. Sevilijoje, Ispanija.
6. Gama spektrometru išmatuoti 24 mėginiai, nustatytas atmosferos aerzolinėje komponentėje esančių radionuklidų aktyvumas, apskaičiuotas jų tūrinis aktyvumas pažemio ore.
7. Per ataskaitinį laikotarpį pažemio atmosferos ore buvo stebėti gamtiniai radionuklidai ^7Be ir ^{210}Pb bei technogeninės kilmės ^{137}Cs . Jokių anomalijų nei kokybine ("nauji" radionuklidai), nei kiekybine prasme (reikšmingas ^{137}Cs , ^7Be ir ^{210}Pb aktyvumo koncentracijos padidėjimas) stebėta nebuvo.

I. Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste

Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos (toliau, Programos) darbai, suplanuoti pagal jos dalį “Radiologinis monitoringas”, Vilniaus mieste buvo pradėti 2005 m. balandžio 30 dieną [1].

Tęsiant Programoje numatytų darbų vykdymą, radionuklidų koncentracijų Vilniaus miesto ore matavimai buvo nuolat atliekami nuo 2008 m. gruodžio 30 d. 9 val. iki 2009 m. lapkričio 30 d. 9 val. Oro mėginiai buvo gaunami orapūtės pagalba eksponuojant FPP-15 (Petrianovo) 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]. Oras buvo imamas 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus, ekspozicijos trukmė – 2 savaitės.

Fizikos instituto mokslo darbuotojai, remdamiesi sukaupta tokio darbo patirtimi ir naudodami šiuolaikinę įrangą, kuri gauta dėka techninio bendradarbiavimo su TATENA organizacija (projektai LIT/9/003, LIT/9/004, LIT/9/005), gali atlikti išsamią radionuklidų kokybinės sudėties analizę ir kiekybinius matavimus. Sutartyje numatytas gama spinduliuotės visame energijų diapazone prasiurbto per aerosolinius filtrus oro bandiniuose registravimas buvo atliekamas laikantis dokumento [3] reikalavimų, panaudojant stacionarųjį gama spektrometrą su puslaidininkiniu gryo germanio detektoriumi, turinčiu šulinį. Stacionarusis gama spektrometras įrengtas laboratorijoje, kurioje palaikoma pastovi temperatūra ir santykinė oro drėgmė. Tyrimas taip vadinamoje “šulinio” geometrijoje, kai erdvinis kampas, kuriuo jutiklis “mato” mėginį, yra artimas 4π , užtikrina maksimalią matavimo efektyvumo vertę. Darbe [4] nustatyta ^{137}Cs ir ^{60}Co radimo riba, esant 100000 s matavimo trukmei, yra, atitinkamai, 0,012 Bq ir 0,020 Bq detektoriumi su šuliniu. Atliekant gama spektrometrinę analizę mėginiai buvo matuojami standartinėje geometrijoje, kuriai tiksliai žinomi kalibravimo parametrai, nustatyti panaudojus Amersham firmos standartinį radionuklidų tirpalą [5], kalibravimas atliktas remiantis metodologija, išdėstyta [6, 7, 12], kalibravimo patikra atlikta 2002 m. TATENA profesinio testo metu [8] (1 lentelė), gautas sertifikatas. Iš kalibravimo ir patikros rezultatų matyti, kad stacionarusis gama spektrometras (122-1461) keV energijos ruože leidžia nustatyti visų radionuklidų absoliutinį aktyvumą su ne didesne kaip 6% paklaida [4, 8]. Vėliau šie rezultatai buvo patvirtinti dalyvaujant Riso Nacionalinės laboratorijos, Danija, organizuotuose tarplaboratoriniuose palyginamuosiuose

matavimuose, o taip pat įvairiuose TATENA organizuotuose profesiniuose testuose 2006-2008 metų laikotarpiu.

Gama spektrometriui su Ge detektoriumi taikomos kokybės laidavimo procedūros, pradėtos dar naudojant Ge(Li) detektorius [9], kurių pagrindas – nuolatinis parametrų stebėjimas ir dalyvavimas tarptautiniuose bei kompetentingų Lietuvos institucijų organizuotuose palyginamuosiuose matavimuose [10, 11].

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

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

Kaip matyti iš 1 lentelės, panaudojant aukščiau minėtą įrangą, tipiški radionuklidai – gama spinduliai – gali būti nustatyti su paklaida, neviršijančia 6%, o technogeniniai radionuklidai ¹³⁷Cs ir ⁶⁰Co su paklaida, ne didesne kaip 3%. 2006 m. dalyvauta kitame TATENA organizuotame profesiniame teste IAEA-CU-2006-03, kurio metu buvo patvirtintas pakankamas matavimų tikslumas (¹³⁷Cs: ±3%, ²¹⁰Pb: ±6%, savitojo aktyvumo matavimai buvo atliekami grunto mėginyje).

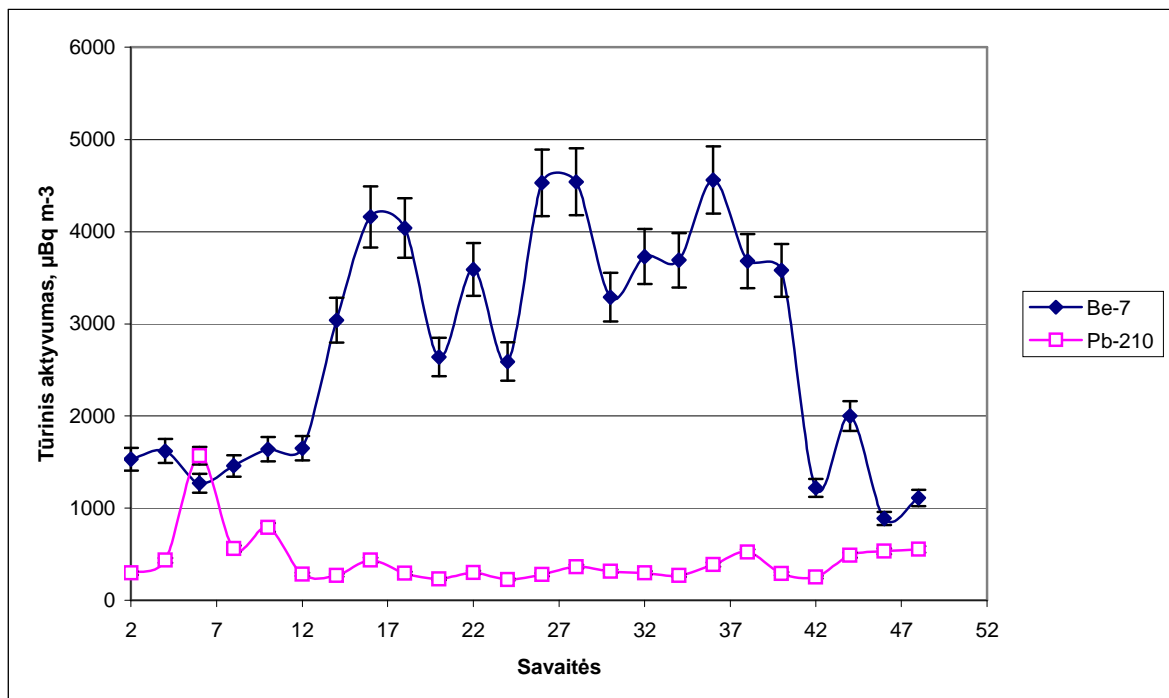
Išmatuotos radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės (1, 2 Pav., 3 lentelė) buvo panaudotos skaičiuojant gyventojų vidinės apšvitos dozes. 2 lentelėje pateiktos skaičiavimuose naudotos efektinės dozės koeficientų vertės. Kaip matyti iš 2 lentelės, patekę su įkvepiamu oru į plaučius radionuklidai lemia kur kas didesnę dozę negu tie patys radionuklidai, patekę su maistu į virškinimo traktą, be to, didžiausią įnašą, esant vienodam aktyvumui, sudaro ²¹⁰Pb spinduliuotė. Pastarąją aplinkybę nesunku paaiškinti dukterinių švino-210 skilimo produktų (²¹⁰Bi ir ²¹⁰Po) poveikiu.

Skaičiuojant buvo laikyta, kad vidutinio gyventojų kvėpavimo sparta yra 1 m³ h⁻¹.

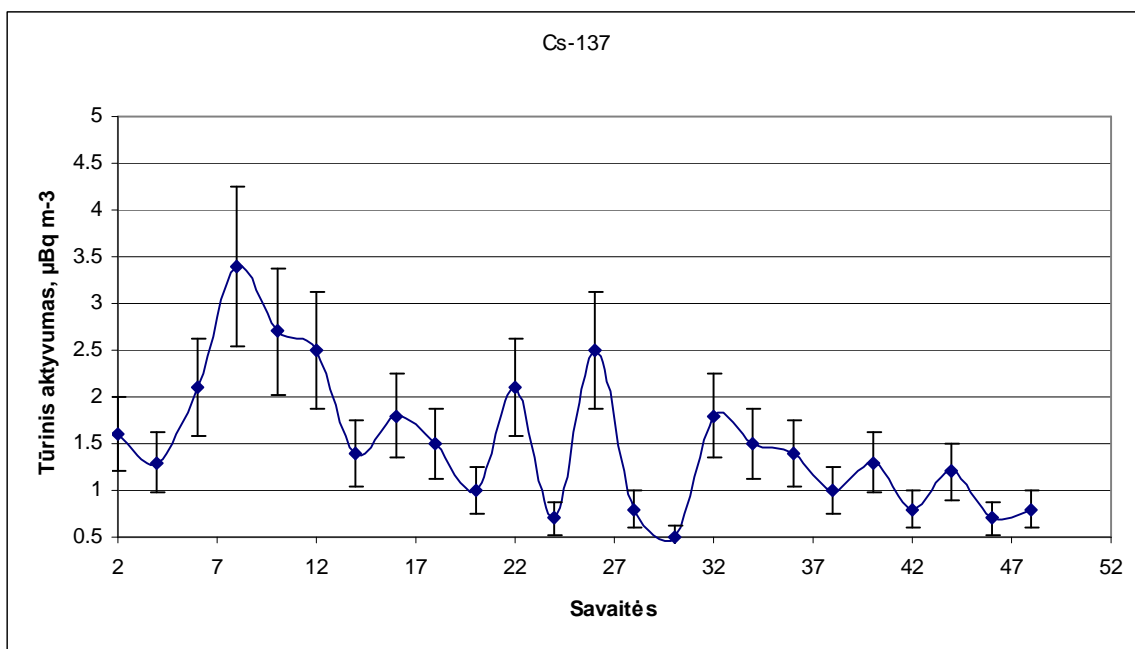
2 lentelė. Išmatuotų radionuklidų efektinės dozės koeficientai [11].

Radionuklidas	Efektinės dozės koeficientas, Sv Bq ⁻¹	
	Patekus į plaučius	Prarijus su maistu
⁷ Be	5,5 10 ⁻¹¹	2,8 10 ⁻¹¹
¹³⁷ Cs	3,9 10 ⁻⁸	1,3 10 ⁻⁸
²¹⁰ Pb	5,6 10 ⁻⁶	6,9 10 ⁻⁷

Kaip ir 2006-2008 m. tyrimų laikotarpiu, Vilniaus miesto gyventojų apšvita, gama spinduliams patekus į organizmą su įkvepiamu oru per plaučius, lėmė ¹³⁷Cs, ⁷Be ir ²¹⁰Pb [13, 17, 18]. Skaičiavimams panaudojus LUDEP modelį [14, 15] nustatyta, kad vidutinis gyventojas Vilniaus mieste 2009 m. patyrė tokias metines vidinės apšvitos dozes: 1,2 nSv dėl įkvepiamo ⁷Be, 19 μSv dėl įkvepiamo ²¹⁰Pb ir 0,6 nSv dėl įkvepiamo ¹³⁷Cs. Kaip matyti, dozės, nulemtos ⁷Be ir ¹³⁷Cs, yra daug mažesnės už apšvitą, kurią nulemia radioaktyviojo švino izotopo ²¹⁰Pb spinduliuotė – vertinimai rodo, kad pastarojo radionuklido indėlis gali sudaryti apie 2% gyventojams leistinos metinės dozės (1 mSv), kurios didžioji dalis paprastai būna nulemta gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės.



1 Pav. ⁷Be ir ²¹⁰Pb tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2009 m.



2 Pav. ^{137}Cs tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2009 m.

II. Pirminiai stebėjimų duomenys

Pirminiai stebėjimų duomenys, apimantys laikotarpį nuo 2008 m. gruodžio 30 d. iki 2009 m. lapkričio 30 d., pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Gama spindulių tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje.

Eil. Nr.	Mėginio Nr.	Ekspozicijos laikotarpis	Radionuklidų tūrinis aktyvumas, $\mu\text{Bq m}^{-3}$ (1σ)		
			^7Be	^{210}Pb	^{137}Cs
1	F9-121	20081230-20090112	1530±120	296±18	1,6±0,5
2	F9-122	0112-0126	1620±130	435±26	1,3±0,5
3	F9-123	0126-0209	1270±160	1570±90	2,1±0,6
4	F9-124	0209-0223	1460±120	560±34	3,4±1,0
5	F9-125	0223-0309	1640±130	791±47	2,7±0,7
6	F9-126	0309-0323	1650±130	283±17	2,5±0,6
7	F9-127	0323-0406	3040±240	272±16	1,4±0,5
8	F9-128	0406-0420	4160±330	436±26	1,8±0,5
9	F9-129	0420-0504	4040±320	294±18	1,5±0,5
10	F9-130	0504-0518	2640±210	234±14	1,0±0,5
11	F9-131	0518-0601	3590±290	302±18	2,1±0,6
12	F9-132	0601-0615	2590±210	227±14	0,7±0,4
13	F9-133	0615-0626	4530±360	282±17	2,5±0,6
14	F9-134	0626-0713	4540±360	365±22	0,8±0,4
15	F9-135	0713-0727	3290±260	315±19	0,5±0,3
16	F9-136	0727-0810	3730±300	299±18	1,8±0,5
17	F9-137	0810-0825	3690±300	271±16	1,5±0,5
18	F9-138	0825-0907	4560±360	390±23	1,4±0,5
19	F9-139	0907-0921	3680±290	523±31	1,0±0,5
20	F9-140	0921-1005	3580±290	291±17	1,3±0,5
21	F9-141	1005-1019	1220±100	253±15	0,8±0,4
22	F8-142	1019-1102	2000±160	491±29	1,2±0,5
23	F8-143	1102-1116	890±70	534±32	0,7±0,4
24	F8-144	1116-1130	1110±90	555±33	0,8±0,4

III. IŠVADOS

1. Nuo 2008 m. gruodžio 30 d. iki 2009 m. lapkričio 30 d. buvo atliekamas nenutrūkstamas oro mėginių rinkimas. Surinkti mėginiai buvo išanalizuoti kalibruotu gama spektrometru.
2. Per ataskaitinį laikotarpį pažemio atmosferos ore buvo nuolat stebėti gamtiniai radionuklidai ^7Be ir ^{210}Pb bei technogeninės kilmės ^{137}Cs . Vidutinės šių radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo, atitinkamai: $2750 \mu\text{Bq/m}^3$, $428 \mu\text{Bq/m}^3$ ir $1,5 \mu\text{Bq/m}^3$. Jos yra labai panašios, lyginant su 2006-2008 m. išmatuotomis vertėmis.
3. Tolimosios pernašos būdu atnešamų netipiškų radionuklidų – aktyvacijos ir dalijimosi produktų – nestebėta.
4. Kaip ir 2006-2008 metų tyrimų laikotarpiu, Vilniaus miesto gyventojų apšvita, gama spinduliams patekus į organizmą su įkvepiamu oru per plaučius, lėmė ^{137}Cs , ^7Be ir ^{210}Pb . Ši apšvita sudaro nedidelę dalį (apie 2%) visos apšvitos, kurią žmogus patiria veikiant išorinei gamtinei spinduliutei, atitinkančiai vidutinę lygiavertės dozės galią 100 nSv h^{-1} . Didžiausią įnašą iš įkvepiamų gama spindulių sukuria ^{210}Pb kartu su savo dukterinių skilimo produktų (^{210}Bi ir ^{210}Po) spinduliuote.

IV. Analizės rezultatai ir rekomendacijos radiologinio oro monitoringo Vilniaus mieste programos tobulinimui

Išanalizavus 2005-2009 m. atliktų tyrimų rezultatus [13, 16-18], matyti, kad per penkerių metų laikotarpį gama spindulių Vilniaus miesto pažemio ore kokybinė sudėtis nesikeitė (stebėti tie patys nuklidai – ^7Be , ^{137}Cs ir ^{210}Pb), o šių radionuklidų tūrinis aktyvumas atitiko jų vidutines ilgametes aktyvumo koncentracijas, nulemtas: a) tropopauzės svyravimų, reikšmingų kosmogeninio ^7Be koncentracijai ore; b) horizontaliosios oro masių pernašos kaitos, lemiančios ^{137}Cs patekimą į Vilniaus pažemį iš Černobylio aplinkos, o taip turinčios įtaką terigeninio ^{210}Pb koncentracijai ore; c) šildymo sezono pradžios, jo trukmės ir U-238 šeimos gamtinių radionuklidų kiekio deginamose medžiagose, nes būtent šie degimo produktai padidina radioaktyviojo švino aktyvumo koncentraciją pažemio ore šaltuoju metų periodu. Tai ypač gerai matyti 2009 m. pirmą ketvirtį, kada maksimalus ^{210}Pb tūrinis aktyvumas 4 kartus viršijo vidutinę metinę vertę.

Atsižvelgiant į šiuolaikinę Europos valstybių patirtį siūloma tobulinti Valstybinę aplinkos monitoringo 2011-2016 metų programą tokiu būdu:

1. Tęsti mokslo tyrimus nemažinant jų dabartinės apimties, kad būtų galima daryti patikimas eksperimentiniais rezultatais paremtas apibendrinančias išvadas, jų pagrindu atlikti realistines prognozes;
2. Numatyti foninius ne gama spindulių (^3H , ^{14}C , ^{90}Sr , Pu) tūrinio aktyvumo Vilniaus m. pažemio ore matavimus dėl atominės energetikos vystymo regione (Baltarusija, Rusija, Lietuva, Suomija), kad būtų galima patikimai vertinti naujų branduolinių reaktorių, kurie netolimoje ateityje galimai bus įrengti 100-400 km atstumu nuo Lietuvos sostinės, poveikį gyventojų sveikatai;
3. Atnaujinti techninę oro mėginių paėmimo bazę, planuojant modernią orapūtę su įrengtais dozės galios matuokliais, galimybe rinkti oro drėgmės mėginius;
4. Atlikti branduolinius reaktorius naudojančių Europos valstybių šiuolaikinės radiologinės stebėsenos techninių galimybių analizę, parengti techninį projektą įrangos naujinimui ir pasiūlyti jį Europos Sąjungos atitinkamų fondų paramai gauti.

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. 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.
5. DEUTSCHER KALIBRIERDIENST (DKD), 17 February 1997. Page 2 of calibration certificate for Reference Solution No. FE101.
6. Debertain K., Helmer R. G. (1988) γ - and X-ray spectrometry with semiconductor detectors. North Holland, Amsterdam.
7. Debertain K., Schotzig U. (1979) Coincidence summing corrections in Ge(Li)-spectrometry at low source-to-detector distances. Nuclear Instruments and Methods, 158, 471-477.
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, ANALYTICAL QUALITY CONTROL SERVICES, Seibersdorf, 31 May 2002. Summary Report of the Proficiency Test for the Determination of Anthropogenic γ -emitting Radionuclides in a Mineral Matrix.
9. SWEDISH RADIATION PROTECTION INSTITUTE, Stockholm, 28 July 1992. Results of intercalibration exercise of cesium isotopes in soil.
10. Glavič-Cindro D., Vodenik B., Korun M., Martinčič R. (2000) Quality control of gamma-ray spectrometry measurements. Applied Radiation and Isotopes, 52, 765-770.
11. Nikkinen M. (2001) The use of Synthetic Spectra to Test the Preparedness to Evaluate and Analyze Complex Gamma Spectra. NKS-43.
12. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (1995). IEC 1452, International Standard, Nuclear Instrumentation – Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides – Calibration and use of germanium spectrometers.
13. Fizikos institutas (2008) Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2007 m. liepos 23 d. sutartį Nr. 4F07-88 (300S604).
14. Birchall A., Bailey M. R., James A. C. (1991) LUDEP: a lung dose evaluation program. Radiat. Prot. Dosim., 38, 1, 167-174.
15. 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.
16. Fizikos institutas (2006) Radiologinis monitoringas Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2005 m. rugpjūčio 11 d. sutartį Nr. 4F05-86 (300S345).
17. Fizikos institutas (2007) Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2006 m. gegužės 24 d. sutartį Nr. 4F06-40 (300S566).
18. Fizikos institutas (2009) Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2008 m. liepos 10 d. sutartį Nr. 4F08-89 (300S634).