

FIZIKOS INSTITUTAS

TVIRTINU:

Instituto direktorius

.....Vidmantas Remeikis

2007 m. kovo 30 d.

RADIOLOGINIAI ORO TYRIMAI VILNIAUS MIESTE

2006 m. gegužės 24 d. sutartis Nr. 4F06-40 (300S566)

MOKSLO TYRIMŲ DARBŲ ATASKAITA

Branduolinių ir aplinkos
radioaktyvumo tyrimų laboratorija

Temos vadovas:
grupės vedėjas dr. A. Gudelis

VILNIUS

2007

SANTRAUKA

Darbo pavadinimas: Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste.

Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste pagal Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos dalį "Radiologinis monitoringas" atliekami nuo 2005 m. balandžio mėnesio. Šioje ataskaitoje pateikiami radionuklidų tūrinio aktyvumo matavimų rezultatai apima laikotarpį nuo 2006 m. kovo 24 d. iki 2007 m. kovo 16 d., kurio metu buvo užtikrintas nenutrūkstamas atmosferos aerolinės komponentės mėginių rinkimas pažemio ore. Visi eksponuoti filtrai buvo išmatuoti kalibruotu gama spektrometru su gryno germanio (HPGe) detektoriumi, nustatytas gama spindulių aktyvumas kiekviename mėginyje ir apskaičiuotas jų tūrinis aktyvumas ore filtrų ekspozicijos metu. Visą laikotarpį pažemio atmosferos oro aerolinėje komponentėje buvo stebėti tik gamtiniai radionuklidai ^7Be ir ^{210}Pb bei globaliai pasiskirstęs dalijimosi produktas ^{137}Cs . Apskaičiuotos gyventojų vidinės apšvitos dozės išmatuotiems radionuklidams patekus į plaučius sudaro nežymią dalį apšvitos, patiriamos dėl išorinės gamtinės spinduliuotės. Didžiausią įnašą sudaro ^{210}Pb spinduliuotė. Jokių anomalijų, susijusių su artimąja ir tolیمąja oro masių pernaša, 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. Tyrimų rezultatai, apėmę laikotarpį iki 2006 m. kovo 24 d. 9 val., buvo pateikti ataskaitoje už sutartyje Nr. 4F05-86 numatytus darbus [1].

Tęsiant Programoje numatytų darbų vykdymą, radionuklidų koncentracijų Vilniaus miesto ore matavimai buvo nuolat atliekami nuo 2006 m. kovo 24 d. 9 val. iki 2007 m. kovo 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, filtrai keisti penktadieniais. Ataskaitoje pateikti tyrimų rezultatai apima laikotarpį nuo 2006 m. kovo 24 d. 9 val. iki 2007 m. kovo 16 d. 9 val.

Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste remiasi gama spektrometriniais eksponuotų filtrų matavimais ir gyventojų vidinės apšvitos skaičiavimais, atliekamais atsižvelgiant į išmatuotų radionuklidų kiekį, patekusį su įkvepiamu oru į plaučius. Gama spektrometro naudojimo ypatybės kartu su kokybės laidavimo procedūromis plačiau aprašytos ankstesnėje ataskaitoje [1], todėl čia nėra kartojamos. Analitinių rezultatų kokybės laidavimo programa, įdiegta Fizikos instituto Branduolinių ir aplinkos radioaktyvumo tyrimų laboratorijoje, numato nuolatinį darbuotojų dalyvavimą tarplaboratoriniuose palyginimuose arba profesiniuose testuose, kuriuos organizuoja kompetentingos užsienio ir Lietuvos įstaigos. Pradedant 2002 m. dalyvauta keturiuose TATENA organizacijos profesiniuose testuose ir dviejuose tarplaboratoriniuose palyginimuose, taip pat dviejuose Riso Nacionalinės Laboratorijos (Danija) bei keliuose IRMM (Institute for Reference Materials and Measurements, Belgija) organizuoetuose tarplaboratoriniuose palyginimuose [3-6]. Fizikos institutas taip pat dalyvavo ir Radiacinės saugos centro organizuoetuose tarplaboratoriniuose palyginimuose.

Nuo 2006 m. vykdomas Pereinamojo laikotarpio Dvynių projektas LT/2004/IB/NS/01 “Nacionalinės jonizuojančiosios spinduliuotės matavimo infrastruktūros kūrimas atsižvelgiant į geriausią ES valstybių narių praktiką” leido realizuoti metrologinę sietį su pirminiu radionuklidų aktyvumo etalonu, sukurtu ir išlaikomu Čekijos metrologijos institute Prahoje.

Nustatant mažą radionuklidų aktyvumą (paprastai, iki 1 Bq), svarbus spektrometro parametras yra fonas. Mūsų atveju, foniniame spektre nestebima nei ^{137}Cs , nei ^7Be spinduliuotė, nors labai nedidelį įnašą turi ^{210}Pb spinduliuotė, kurios intensyvumas foniniame spektre sudaro nežymią (mažiau kaip 1%) dalį oro filtruose registruojamos radioaktyviojo švino spinduliuotės intensyvumo. Tipiški foniniai spektrai parodyti Priede 1 Pav. ir 2 Pav. Lyginant eksponuoto oro filtro spektrą su foniniu spektru neabejotina, kad ^{137}Cs , ^7Be ir ^{210}Pb spinduliuotė sklinda iš mėginio (3, 4 Pav.). Tai leidžia kalbėti apie minėtų radionuklidų egzistavimą pažemio atmosferos ore ir eksperimentiniais metodais nustatyti jų tūrinį aktyvumą. Tūrinis ^7Be , ^{210}Pb ir ^{137}Cs aktyvumas Vilniaus oro aerozolinėje komponentėje laikotarpiu nuo 2006 m. kovo 24 d. 9 val. iki 2007 m. kovo 16 d. pateiktas, atitinkamai, 5, 6 ir 7 paveikslėliuose. Vidutinės šių radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo: ^7Be $2470 \mu\text{Bq m}^{-3}$, ^{137}Cs $2,0 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ir ^{210}Pb $404 \mu\text{Bq m}^{-3}$. Lyginant su atitinkamo praeitų metų laikotarpio vidutinėmis vertėmis matyti, kad šių radionuklidų tūrinis aktyvumas nežymiai sumažėjo – ^7Be , ^{137}Cs ir ^{210}Pb atveju, atitinkamai, 26%, 20% ir 7%. Darbe [7] pateikti ^{210}Pb ir ^7Be koncentracijų matavimo Edinburgo (Didžioji Britanija) pažemio ore nuo 2002 m. liepos iki 2003 m. birželio matavimo rezultatai. Buvo nustatyta, kad švino-210 tūrinis aktyvumas tirtu laikotarpiu kito nuo $10 \mu\text{Bq m}^{-3}$ iki $740 \mu\text{Bq m}^{-3}$, o berilio-7 tūrinis aktyvumas tuo pačiu laikotarpiu kito nuo $630 \mu\text{Bq m}^{-3}$ iki $6540 \mu\text{Bq m}^{-3}$, tuo tarpu vidutinės minėtų radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo, atitinkamai, $210 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ir $2500 \mu\text{Bq m}^{-3}$. Lyginant šias vertes su vidutinėmis vertėmis, išmatuotomis Vilniaus pažemio ore, matyti, kad ^7Be vidutinė koncentracija yra labai panaši Vilniuje ir Edinburge, ir tai aiškintina kosmogenine radionuklido kilme ir nedideliu abiejų miestų aukščių virš jūros lygio skirtumu. ^{210}Pb atveju dukart didesnės vertės Vilniuje gali būti interpretuojamos kaip efektyvesnio kontinentinių oro masių poveikio rezultatas.

Išmatuotos radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo panaudotos skaičiuojant gyventojų vidinės apšvitos dozes. 1 lentelėje pateiktos skaičiavimuose naudotos efektinės dozės koeficientų vertės. Kaip matyti iš 1 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}Pb spinduliuotė. Pastarąją aplinkybę nesunku paaiškinti dukterinių švino-210 skilimo produktų (^{210}Bi ir ^{210}Po) poveikiu.

Skaičiuojant buvo laikyta, kad vidutinio gyventojų kvėpavimo sparta yra $1 \text{ m}^3/\text{val}$.

1 lentelė. Išmatuotų radionuklidų efektinės dozės koeficientai [8].

Radionuklidai	Efektinės dozės koeficientas, Sv/Bq	
	Patekus į plaučius	Prarijus su maistu

${}^7\text{Be}$	$5,5 \cdot 10^{-11}$	$2,8 \cdot 10^{-11}$
${}^{137}\text{Cs}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$
${}^{210}\text{Pb}$	$5,6 \cdot 10^{-6}$	$6,9 \cdot 10^{-7}$

Nustatyta, kad vidutinis gyventojas Vilniaus mieste patiria tokias metines vidinės apšvitos dozes: 1,2 nSv dėl įkvepiamo ${}^7\text{Be}$, 20 μSv dėl įkvepiamo ${}^{210}\text{Pb}$ ir 0,7 nSv dėl įkvepiamo ${}^{137}\text{Cs}$. Kaip matyti, dozės, nulemtos ${}^7\text{Be}$ ir ${}^{137}\text{Cs}$, yra neįžymios, tuo tarpu ${}^{210}\text{Pb}$ įnašas gali sudaryti apie 2% gyventojams leistinos metinės dozės (1 mSv), kurios didžioji dalis paprastai būna nulemta gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės.

II. Pirminiai stebėjimų duomenys

Pirminiai stebėjimų duomenys, apimantys laikotarpį nuo 2006 m. kovo 24 d. iki 2007 m. kovo 16 d., pateikti 2 lentelėje.

2 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	F6-50	20060324-0331	1970±160	305±18	3,2±0,9
2	F6-51	0331-0421	1640±130	170±10	2,1±0,5
3	F6-52	0421-0505	1650±130	178±11	2,4±0,6
4	F6-53	0505-0519	4520±360	447±27	2,1±0,6
5	F6-54	0519-0602	2350±190	155±10	2,3±0,5
6	F6-55	0602-0616	3540±280	256±15	2,1±0,5
7	F6-56	0616-0701	2320±190	278±17	1,7±0,5
8	F6-57	0701-0714	4260±340	451±27	2,5±0,9
9	F6-58	0714-0727	4490±360	450±27	3,3±0,7
10	F6-59	0727-0811	3830±310	413±25	2,1±0,6
11	F6-60	0811-0825	2730±220	538±32	2,6±0,6
12	F6-61	0825-0915	3170±250	451±27	1,1±0,6
13	F6-62	0915-0928	2260±180	439±26	1,4±0,4
14	F6-63	0928-1013	2920±230	489±29	1,7±0,4
15	F6-64	1013-1027	2990±240	711±43	2,1±0,5
16	F6-65	1027-1111	3120±250	361±22	3,7±0,7
17	F6-66	1111-1124	1440±120	686±41	3,0±0,6
18	F6-67	1124-1208	1020±80	830±50	1,0±0,5
19	F6-68	1208-1222	1660±130	480±30	0,9±0,5
20	F6-69	1222-20070105	1930±150	234±14	1,0±0,4
21	F7-70	20070105-0119	2020±160	201±12	0,8±0,5
22	F7-71	0119-0202	2030±160	219±13	0,9±0,5
23	F7-72	0202-0219	1530±120	725±44	3,7±0,7
24	F7-73	0219-0302	1150±90	341±20	0,8±0,5
25	F7-74	0302-0316	1270±100	291±18	1,3±0,5

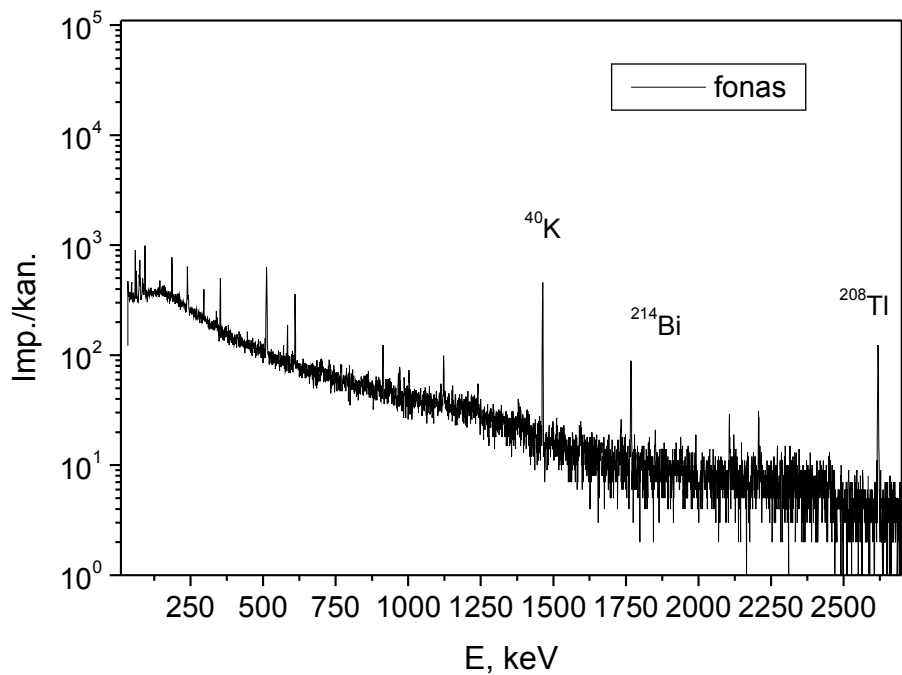
III. IŠVADOS

1. Nuo 2006 m. kovo 24 d. iki 2007 m. kovo 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: $2470 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, $404 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ir $2,0 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Jos yra kiek mažesnės lyginant su panašiu laikotarpiu praėjusiais metais.
3. Tolimosios pernašos būdu atnešamų netipiškų radionuklidų – aktyvacijos ir dalijimosi produktų – nestebėta.
4. Vilniaus miesto gyventojų apšvitos dozės, patiriamos ^{137}Cs , ^7Be ir ^{210}Pb radionuklidams patekus į žmogaus plaučius sudaro nežymią dalį apšvitos, kurią žmogus patiria dėl išorinės gamtinės spinduliuotės. Didžiausią įnašą (apie 2% dozės dėl išorinės gamtinės spinduliuotės) sudaro ^{210}Pb .

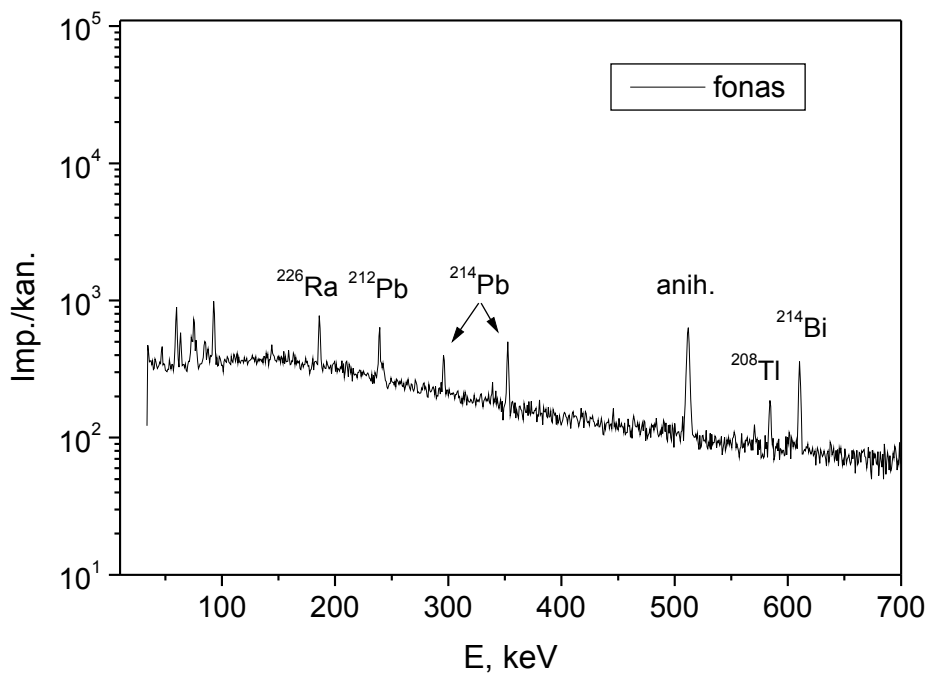
LITERATŪRA

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. 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.
4. Pham M. K., Sanchez-Cabeza J. A., Povinec P. P. (2005) Report on the worldwide Intercomparison Exercise IAEA-385. Radionuclides in Irish Sea Sediment. IAEA/AL/151, IAEA/MEL/76.
5. Nielsen S. P. (2004) An Intercomparison on Radionuclides in Environmental Samples, Baltic-Danish Co-operation Project on Radiation Protection 2001-2003. Riso National Laboratory, Riso-R-1467(EN).
6. Nielsen S. P. (2006) Intercomparison of Laboratory Analyses of Radionuclides in Environmental Samples. Riso National Laboratory, NKS-144, ISBN 87-7893-207-6.
7. Likuku A. S. (2006) Factors influencing ambient concentrations of ^{210}Pb and ^7Be over the city of Edinburgh (55.9°N, 03.2°W). Journal of Environmental Radioactivity, 87, 289-304.
8. Magill, J. 2003 *Nuclides.net* (An integrated environment for computations on radionuclides and their radiation. European Communities and Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg).

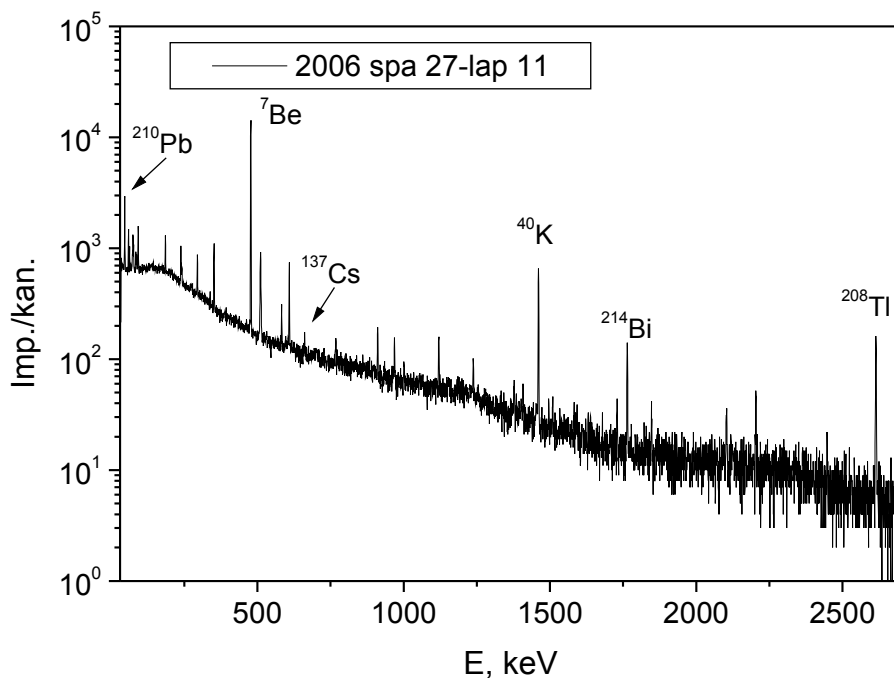
PRIEDAS



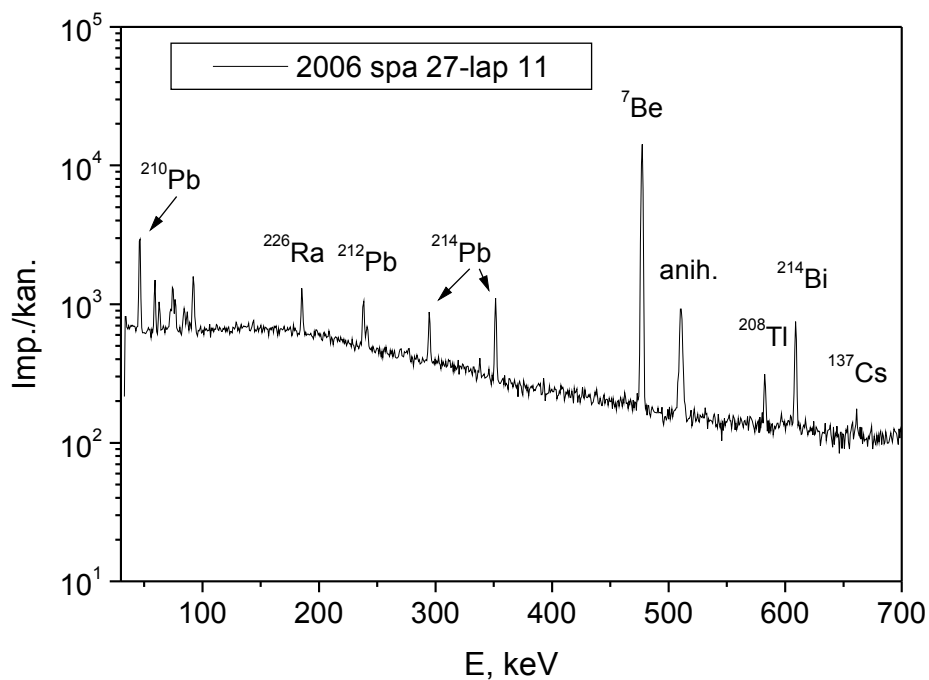
1 Pav. Foninis spektras energijos diapazone nuo 30 keV iki 2700 keV.



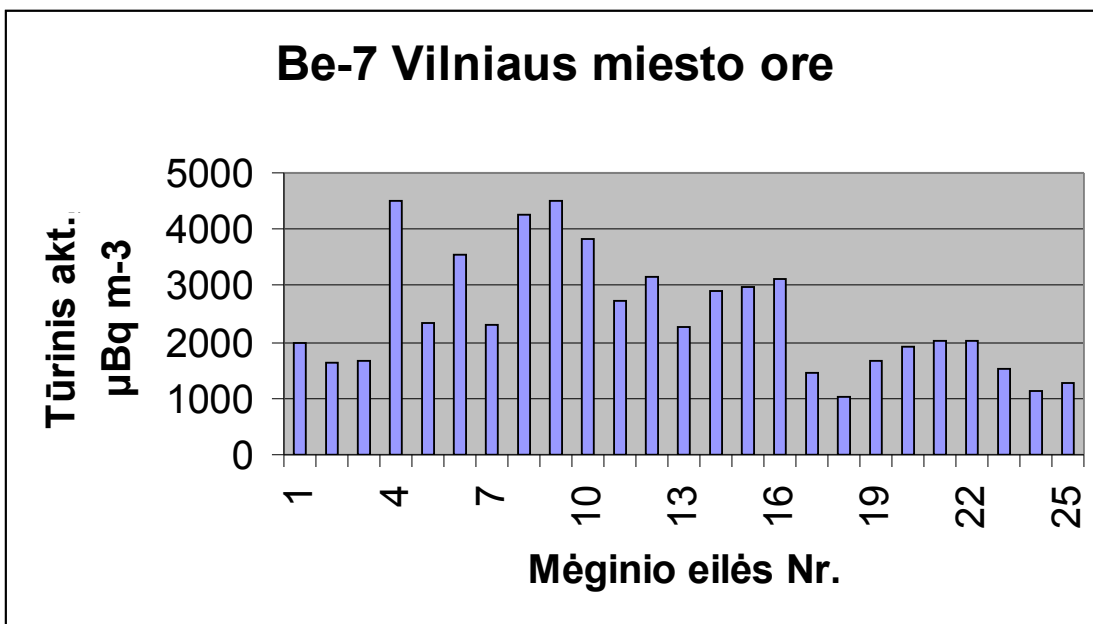
2 Pav. To paties foninio spektro fragmentas, demonstruojantis ruožą nuo 30 keV iki 700 keV.



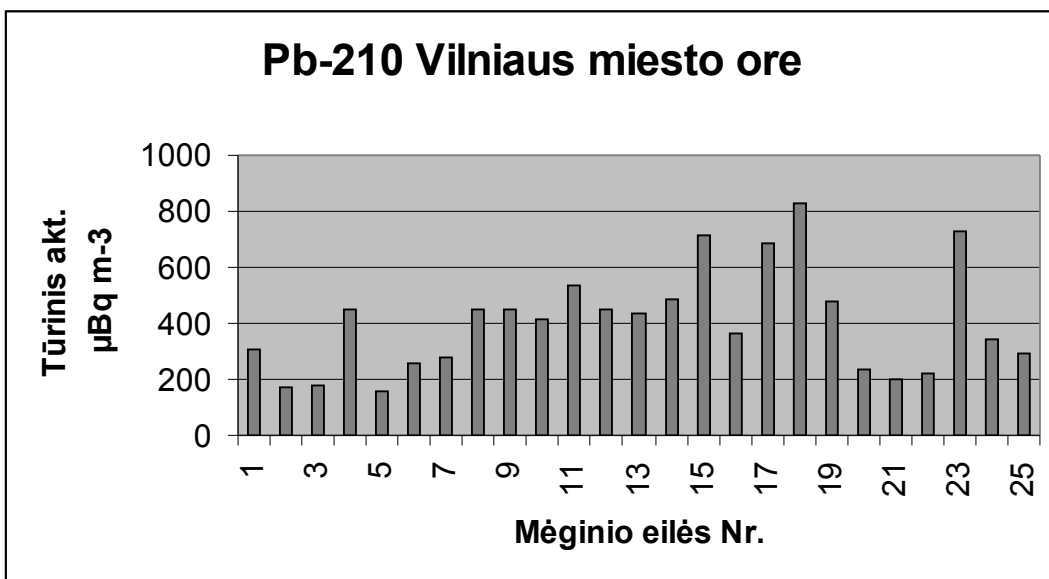
3 Pav. Mėginio spektras energijos diapazone nuo 30 keV iki 2700 keV.



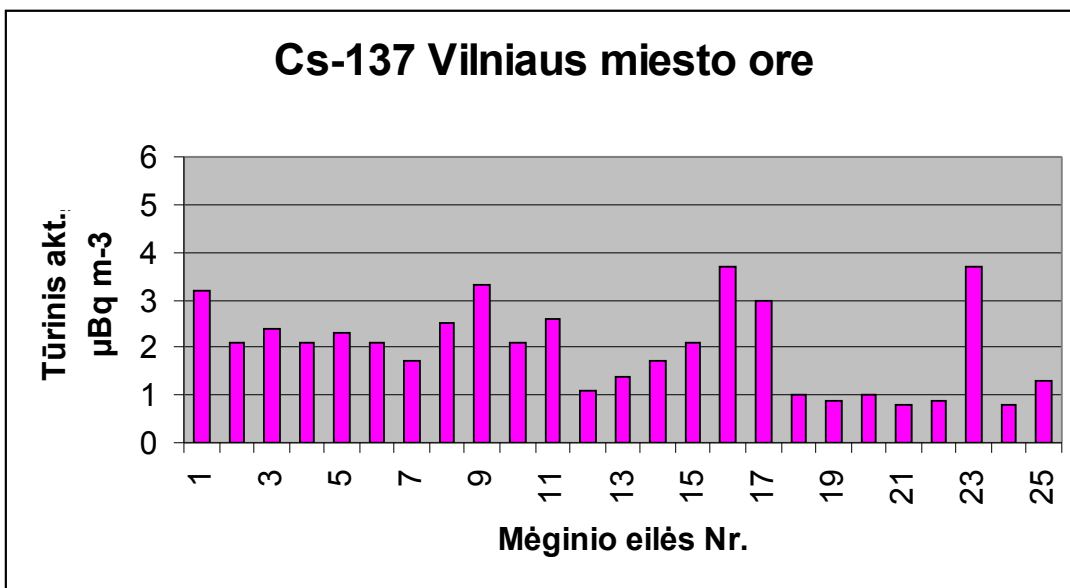
4 Pav. To paties (žr. 3 Pav.) mėginio spektro fragmentas, demonstruojantis ruožą nuo 30 keV iki 700 keV.



5 Pav. ⁷Be tūrinio aktyvumo kaita laikotarpiu nuo 2006 m. kovo 24 d. iki 2007 m. kovo 16 d.



6 Pav. ²¹⁰Pb tūrinio aktyvumo kaita laikotarpiu nuo 2006 m. kovo 24 d. iki 2007 m. kovo 16 d.



7 Pav. ^{137}Cs tūrinio aktyvumo kaita laikotarpiu nuo 2006 m. kovo 24 d. iki 2007 m. kovo 16 d.