

ACTIVITY REPORT

YEAR 2011

Edytor:
P. Krajewski
Edytor techniczny:
P. Lipiński

ISBN 83-92940-5-0

Wydrukowano w
Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej
ul. Konwaliowa 7, 03-194 Warszawa



Spis treści/Contents

Introduction	1
ACTIVITY REPORTS.....	4
Department of Radiation Hygiene.....	4
<i>Monitoring of Radioactive Contamination of the Baltic Sea in 2011.....</i>	<i>4</i>
<i>Monitoring of Radioactive Contamination of Surface Waters and Bottom Sediments.....</i>	<i>11</i>
<i>Risk Assessment for Population of Bydgoszcz and Poznań Based on Analyses of Meals in 2011.....</i>	<i>13</i>
<i>The Assessment of Cs-137 and Sr-90 Activity in Milk-Based Baby-Food for Children under One Year of Age.....</i>	<i>15</i>
<i>Concentration of Cs-137 and Sr-90 in Food Products and Meals in 2011.....</i>	<i>17</i>
<i>Radiological Evaluation of the Post-Mining Areas, Waste Landfills and Low-Percentage Uranium Mineralization</i>	<i>19</i>
<i>Comparative Measurements Regarding Cs-137 Isotope Determination by Basic Units Performing Radioactive Contamination Measurements within the Framework of Radiation Monitoring of the Country.....</i>	<i>21</i>
<i>Development and Implementation of the Method for Po-210 and Pb-210 Determination in Environmental Samples</i>	<i>22</i>
<i>Determination of Radiological Parameters of Drinking Water in Large Cities, and Evaluation of Doses Received by Its Consumption</i>	<i>25</i>
<i>Evaluation of Doses for Standard Organisms Characteristics for Land and Aquatic Environment in Poland.....</i>	<i>26</i>
<i>Maintaining the Quality Assurance System in Radiochemical and Spectrometric Analysis Laboratory</i>	<i>29</i>
Department of Dosimetry	31
<i>Monitoring of ¹³⁷Cs Concentration in Soil, 2010-2011</i>	<i>31</i>
<i>Operation of High Sensitivity ASS-500 Stations Network.....</i>	<i>33</i>
<i>Prototype for the New Ground-Level Atmosphere Aerosol Sampling Station.....</i>	<i>36</i>
<i>The Estimate of the Radiological Situation in the Vicinity of the National Radioactive Waste Repository (KSOP) in Różan and around the Institute in Świerk</i>	<i>38</i>
<i>The Quality Assurance System in the Accredited Natural Radioactivity Laboratory Regarding the Research of Radium Ra-226, Thorium Th-228 and Potassium K-40 Reference Source</i>	<i>41</i>
<i>Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in Years 1980-2011.....</i>	<i>42</i>
Department of Dose Control and Calibration.....	47
<i>Establishment of ¹⁹²Iridium γ-Ray Dose-Response Curve for the Lymphocyte Dicentric Assay for Estimating Absorbed Doses in Cases of Radiation Incidents in Industrial Radiography.....</i>	<i>47</i>
<i>Development of the Methodology for Secondary Standard Neutron Calibration Facility Establishment.....</i>	<i>51</i>
<i>Development and Implementation of the Methodology for the Measurement of Hp(10) and Hp(0.07), and the Methodology to Assess Environmental Doses in Mixed Gamma, Beta and X-ray Field Performed with Thermoluminescent Detectors</i>	<i>53</i>
<i>Assurance and Support of the Quality System in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments.....</i>	<i>54</i>
<i>Assurance and Support of the Quality System in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments Radon Position - Activities and Technical Maintenance</i>	<i>56</i>
<i>Assurance and Support of the Quality System in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments Gamma, X-ray and Surface Contamination Positions – Activities and Technical Maintenance</i>	<i>57</i>
<i>The Assurance and Maintenance of the Quality System in the Laboratory of Personnel Monitoring for Radiological Protection</i>	<i>59</i>
<i>Maintaining a Laboratory for Measurement of the Radioactive Iodine in the Thyroid Gland for the Operation of the Emergency Services and the Emergency Situation.....</i>	<i>60</i>
Department of Training and Information	65
<i>Annual Effective Dose (2011).....</i>	<i>65</i>
Other.....	67
<i>Development of Nuclear Safety and Radiological Protection Methods for the Nuclear Power Engineering's Current and Future Needs (research network leader – Central Laboratory for Radiological Protection) Technologies Supporting Development of Safe Nuclear Power Engineering.....</i>	<i>67</i>



THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011

WSTĘP.....	67
RAPORTY Z DZIAŁALNOŚCI.....	70
Zakład Higieny Radiacyjnej.....	70
Monitoring Skażeń Promieniotwórczych Morza Bałtyckiego w 2011 roku.....	70
Monitoring Skażeń Promieniotwórczych Wód Powierzchniowych i Osadów Dennyh w latach 2011-2012	77
Oznaczanie Stężenia Cs-137 i Sr-90 w Próbkach Całodziennego Pożywienia Mieszkańców Bydgoszczy i Poznania w 2011 roku.....	79
Ocena Zawartości Cs-137 i Sr-90 w Odżywkach Mlecznych i Mleku Modyfikowanym Przeznaczonych do Karmienia Dzieci do 1 Roku Życia.....	81
Pomiary Zawartości Izotopów Cs-137 i Sr-90 w Produktach Żywnościowych i Gotowych Daniach.....	83
Ocena Radiologiczna Terenów Pogórnich i Składowisk Odpadów oraz Niskoprocentowych Mineralizacji Uranowych...85	
Przeprowadzenie Pomiarów Porównawczych w Zakresie Oznaczania Izotopu Cs-137 przez Placówki Podstawowe Prowadzące Pomiary Skażeń Promieniotwórczych w Ramach Monitoringu Radiacyjnego Kraju	87
Opracowanie i Wdrożenie Metody Oznaczania Polonu – 210 oraz Ołowiu – 210 w Próbkach Środowiskowych	88
Oznaczenie Promieniotwórczości Wody do Picia w Dużych Aglomeracjach Miejskich i Ocena Dawek od Jej Spożycia.....	91
Ocena Dawek dla Organizmów Standardowych Charakterystycznych dla Środowiska Lądowego i Wodnego w Polsce.....	93
Utrzymanie Systemu Zapewnienia Jakości w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych	96
Zakład Dozymetrii.....	98
Monitoring Stężenia ¹³⁷ Cs w Glebie w latach 2010-2011	98
Eksploatacja Sieci Wysokociężnych Stacji ASS-500.....	100
Prototyp Nowej Stacji do Poboru Aerozoli z Przyziemnej Warstwy Powietrza Atmosferycznego.	103
Ocena Sytuacji Radiacyjnej w Otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Ośrodka w Świerku.....	105
Utrzymanie Systemu Zapewnienia Jakości w Akredytowanej Pracowni Promieniotwórczości Naturalnej w Zakresie Badań Wzorcowania Radu Ra-226, Toru Th-228 oraz Potasu K-40.....	109
Analiza oraz Ocena Zmian Radioaktywności Surowców i Materiałów Budowlanych Stosowanych w Polsce w latach 1980-2011	110
Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania.....	114
Zbadanie Zależności Częstotliwości Chromosomów Dicytrycznych od Dawki Promieniowania Gamma Irydu-192 w Ludzkich Limfocytach Krwi Obwodowej dla Potrzeb Dozymetrii Biologicznej w Przypadku Wypadków Radiacyjnych w Radiografii Przemysłowej.....	114
Opracowanie Metodyki Niezbędnej do Uruchomienia Wzorcowania Wtórniczego Promieniowania Neutronowego.....	119
Opracowanie i Wdrożenie Metodyki Pomiarów H _p (10) i H _p (0,07) oraz Metodyki Oceny Dawek Środowiskowych od Promieniowania Mieszanego Gamma, Beta i X Wykonywanych za Pomocą Detektorów Termoluminescencyjnych	121
Zapewnienie i Utrzymanie Systemu Jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych.123	
Zapewnienie i Utrzymanie Systemu Jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych Stanowisko Radonowe – Działalność i Utrzymanie Techniczne	125
Zapewnienie i Utrzymanie Systemu Jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych Stanowiska Skażeń, Rtg i Gamma – Działalność i Utrzymanie Techniczne.....	126
Utrzymanie Systemu Zapewnienia Jakości w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) dla Potrzeb Ochrony Radiologicznej.....	128
Utrzymanie Laboratorium Pomiaru Zawartości Jodu Promieniotwórczego w Tarczycy dla Potrzeb Działania Służb Awaryjnych oraz na Wypadek Zagrożenia Radiacyjnego	130
Dział Szkolenia i Informacji.....	136
Roczna Dawka Efektywna (2011).....	136
Inne.....	138
Zadanie Badawcze nr 6 pt. „Rozwój Metod Zapewnienia Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej dla Bieżących i Przyszłych Potrzeb Energetyki Jądrowej” Strategicznego Projektu Badawczego „Technologie Wspomagające Rozwój Bezpiecznej Energetyki Jądrowej”.....	138



**THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011**



**THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011**



Introduction

Origin of CLOR - legal basis

Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) was created in 1957 by a decree of Prime Minister with functions concerning the protection of state from radiation hazards. Until 2001 CLOR was under the authority of the National Atomic Energy Agency, than from August 2001 has been under the authority of the Ministry of Economy, who in 6 January 2005 approved the Statute of CLOR as research-development unit.¹² CLOR was established as operational and research center conducting works on protection of general population, occupationally exposed persons, and the environment against the hazards of ionizing radiation. On 3 April 2012, the special frame agreement with the National Atomic Energy Agency and CLOR was signed, establishing CLOR as Agency's TSO (Technical Support Organization) in the Radiological Protection and Nuclear Safety matter.

Mission, strategy and main lines of development

Thereby, the priority mission of CLOR became establishing of TSOs enhanced credibility with the broadest range of audiences, including regulatory bodies, operators, stakeholders, interest groups, the media, legislators, government officials and the total population. The TSOs' enhanced credibility, is commonly considered as the key factor for successful State's nuclear programme. Generally, the statutory duties of CLOR impose an obligation to provide an efficient and on the competent level assessment of radiological hazard that follow from current state requirement. Multidisciplinary character of radiological protection, spanning several scientific disciplines, needs a close cooperation between operational and research staff of our institution. For TSOs the main task on a long term is to maintain the necessary competence in a proper safety culture environment, in order to assure the proper support for domestic NNP and to be able to join huge and continuous efforts required to support development of safe and competitive nuclear energy.

Practically all research activity in CLOR is carried out to support operational services in radiation protection. Such arrangement seems rational as it ensures a more efficient use of equipment, limits of costs, and enables taking advantage knowledge and experience of scientists both in normal operations and in nuclear emergency.

Particular importance of such solution rises in the face of:

- growth of usage radioactive materials in industry and medicine,
- constant risk of radioactive releases to the environment from neighbor nuclear installations,
- thread of using radioactive materials in malevolent purposes,
- development of domestic nuclear energy.

On a large scale, one could observe rapid development of researches related to broad framework of radiological protection and nuclear safety and this determines specific challenges for CLOR as:

- optimizing support missions for public authorities.
- reworking its research process in consultation with its main partners.

¹ The Statute was amended in 28 May 2008.

² According to the new regulations concerning a reform of science system in Poland,, from 1st October 2010, CLOR becomes Research Institute.



THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION YEAR 2011

- opening up its expertise to take the expectations of society into account.
- developing the European and international dimension.

Statutory duties

Based on almost 50 years tradition, CLOR fulfills this task by routine practical activities, preventive and operational tasks, by scientific studies, and by providing sound advice to private and governmental organizations. According to its statutory responsibility, CLOR duties comprise of:

1. Radiological emergency service assistance, conducted by Team of Prevention and Dose Assessment Service.
2. Research on matters dealing with radiation, radiation protection, radiobiology and radioecology.
3. Monitoring of radioactive contamination in environmental components, foodstuffs and in human bodies.
4. Support the countermeasures against illegal trafficking in nuclear and radioactive materials,
5. Monitoring of personal radiation doses.
6. Calibration and attestation of radiation measurement instruments,
7. Professional training in radiation protection.

CLOR offers services which are based on its many years' experience in radiological protection and which are backed up by continual research and development. Our customers include major corporations, industrial organizations, hospitals, universities and local authorities. Our staffs have a wide range of practical experiences in the measurements of radiation both in the workplace and environment.

Staff and budget

CLOR staff numbers about 50 employs: engineers, researchers, physicians, and technicians, experts competent in radiation protection and assist and administrative personnel. In 2011 the CLOR budget receipts 1.5 M€, expenditure of 0.8 M€, of which 0.2 M€ went into investments.

CLOR financial sources consist of state and private organizations as follow: Ministry of Science and Higher Education (scientific activities), National Atomic Energy Agency(statutory operational activities), Main Inspectorate of Environmental Protection (environmental monitoring), EU Structural Funds (scientific activities), Norwegian Financial Mechanism and self service (assessments, evaluations).

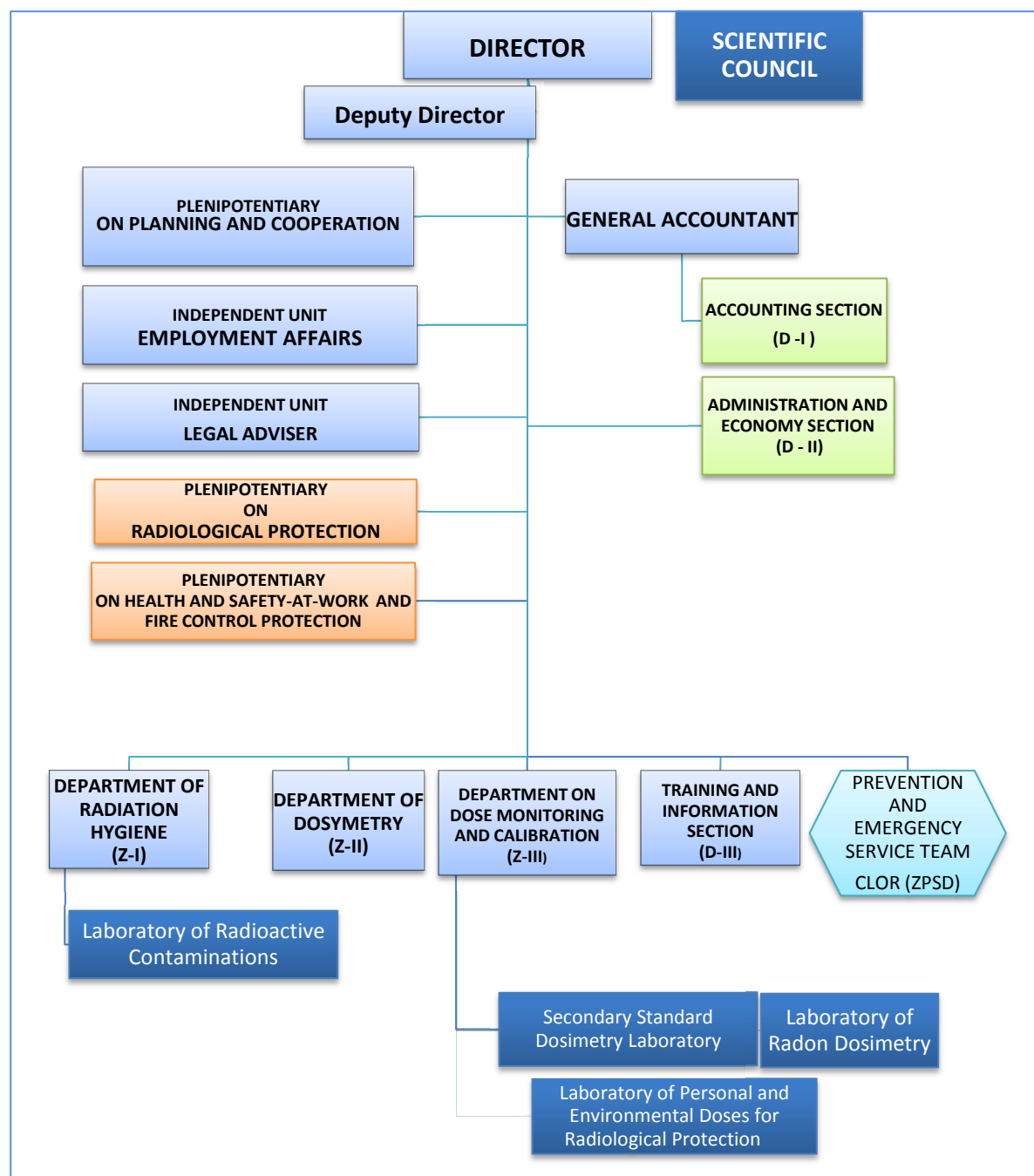
Pawel Krajewski PhD
General Director

Central Laboratory for Radiological Protection



THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011

ORGANIZATION CHART



ACTIVITY REPORTS

Department of Radiation Hygiene

Monitoring of Radioactive Contamination of the Baltic Sea in 2011

M. Suplińska, A. Adamczyk

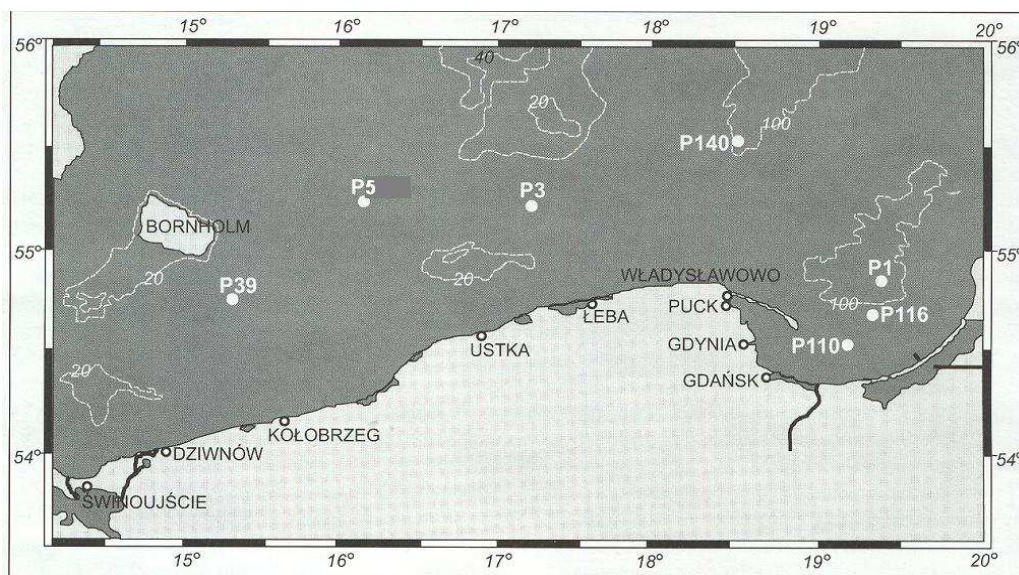
(Performed under an agreement PAA nr 7/SP/2011)

Studies on Baltic Sea environment coordinated by Helsinki Commission are carried out by all Baltic States, signatories of the Helsinki Convention. Central Laboratory for Radiological Protection performs regular observations on radionuclides in two sea components: bottom sediments and biota (fish). The activity concentrations of ^{137}Cs and ^{226}Ra were determined in all samples, whereas the activity concentrations of ^{238}Pu and $^{239,240}\text{Pu}$ in chosen sediment core samples. CLOR also performs ^{226}Ra determination in selected water samples, in addition to monitoring performed by the IMGW. Data on radioactive contamination from Polish economic zone are transferred to the Data Bank of Helsinki Commission.

1. Bottom sediments

Bottom sediments are formed from organic and inorganic particles which settle from water body of aquatic reservoirs. Accumulated radionuclides are more or less permanently fixed to the bottom sediments depending on their properties and sediment qualities. Studies on the distribution of radioactive substances in Baltic Sea bottom sediments have been performed in CLOR during last 30 years. In 2011 sediment core samples were collected in 1-7 of June from six sampling stations of southern part of the Baltic Sea in (Fig.1).

Fig. 1. Bottom sediment sampling stations in Polish sector of the Baltic Sea



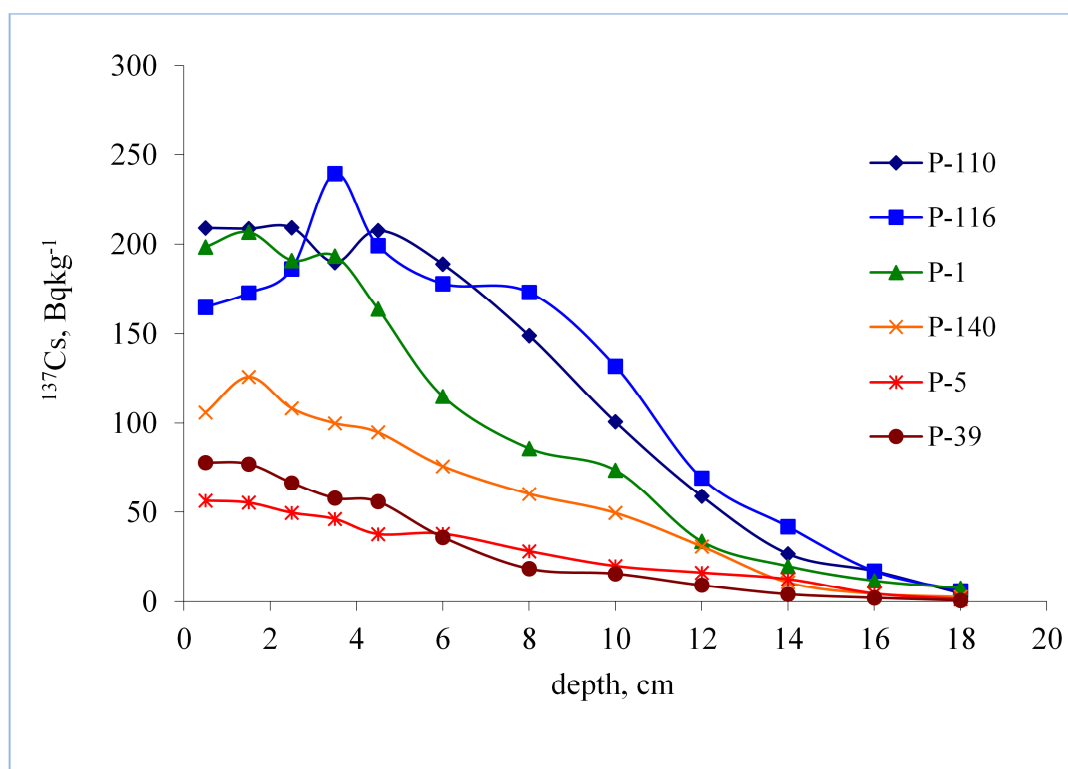
Methods

The following methods were applied for the determination of analyzed radionuclides:

- ^{137}Cs activity concentration was determined by gamma spectrometry.
- $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu was acid leached from sediment sample, separated by ion exchange followed by electrodeposition onto stainless steel disks. ^{242}Pu was used as an internal tracer. Activity of $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu was measured by alpha spectrometry.
- ^{226}Ra activity concentration was determined using the emanation method (measurement of ^{222}Rn in the Lucas-type scintillation chambers) preceded by separation of radium.

Distribution of ^{137}Cs

Fig. 2. Vertical distribution of ^{137}Cs in bottom sediments from the Southern Baltic Sea in 2011

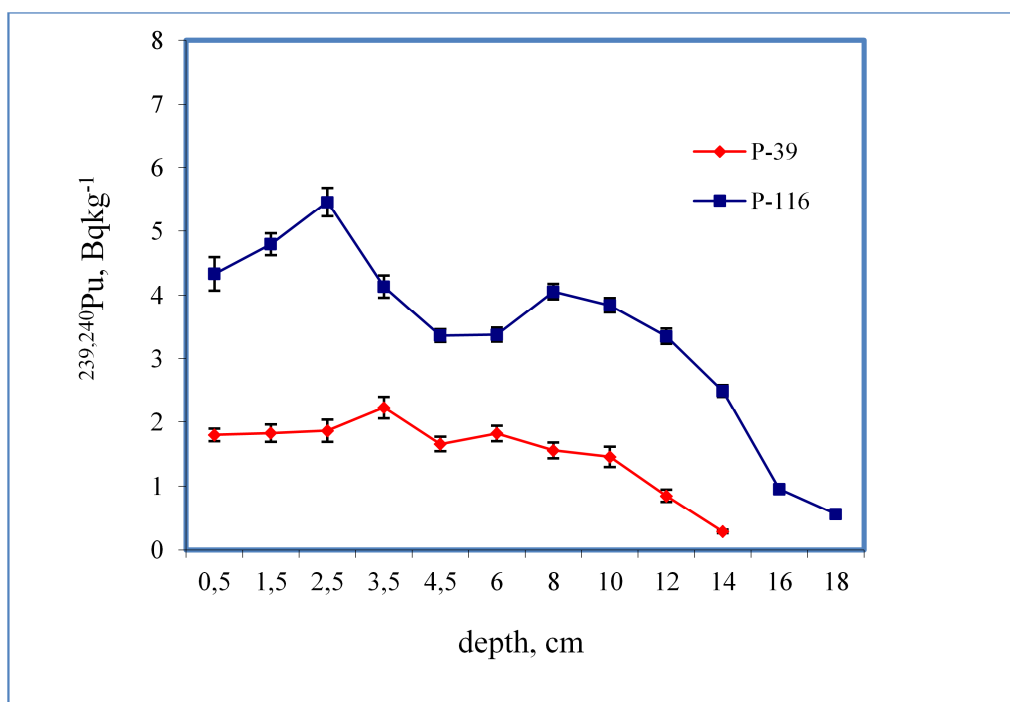


The activity concentrations of ^{137}Cs in sediments differ depending on sampling site and sampling depth. In three sampling stations located in Gulf of Gdansk and Gdansk Deep (P-110, P-116 and P-1) concentration of ^{137}Cs in the upper layers from 0 to 5 cm was rather high: it ranged from $164 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ to $239 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$. In the deeper layers of the sediment, activity concentration of ^{137}Cs decreased down to a few Bq kg^{-1} . The average concentration of ^{137}Cs in these upper layers were equal to $205 \pm 18 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ (P-110), $192 \pm 29 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ (P-116) and $191 \pm 16 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ (P-1). In the remaining sampling stations ^{137}Cs concentrations were lower. In the open sea area (P-140) the average concentration of ^{137}Cs in the upper five layers was equal to $107 \pm 12 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$. In the Bornholm Basin, these concentrations were: $67.0 \pm 10.4 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$, (P-39) and $48.9 \pm 7.3 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ (P-5).

Distribution of plutonium

Determinations of alpha isotopes of plutonium in the Southern Baltic Sea were performed once in a three-year period. In 2011 two core samples from: Bornholm Basin (P-39) and Gulf of Gdansk (P-116) were analyzed. Similarly as for ^{137}Cs , the concentrations of plutonium in Bornholm Basin were evidently lower than in the Gdansk Basin[1]. In core samples P-39 concentrations of $^{239,240}\text{Pu}$ ($1.86 \pm 0.19 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$) and ^{238}Pu ($0.057 \pm 0.023 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$) were uniform in layers from 0 to 7 cm, and then slightly decreased along the profile (Fig. 3). In the Gulf of Gdansk (P116) the maximum of plutonium was determined at 2-3 cm layer and the activity concentrations of $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{238}Pu reach $5.46 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ and $0.137 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$, respectively (Fig.4). The second increase of plutonium activity was observed in the layer at 7-9 cm: $4.06 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ ($^{239,240}\text{Pu}$) and $0.130 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ (^{238}Pu), then activity concentrations of plutonium decreased with depth of sediment to $0.56 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ ($^{239,240}\text{Pu}$) and $0.015 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$ (^{238}Pu). The activity ratios of ^{238}Pu to $^{239,240}\text{Pu}$ in particular layers were in the range of 0.03-0.04 – similar to the ratio of global fallout [2].

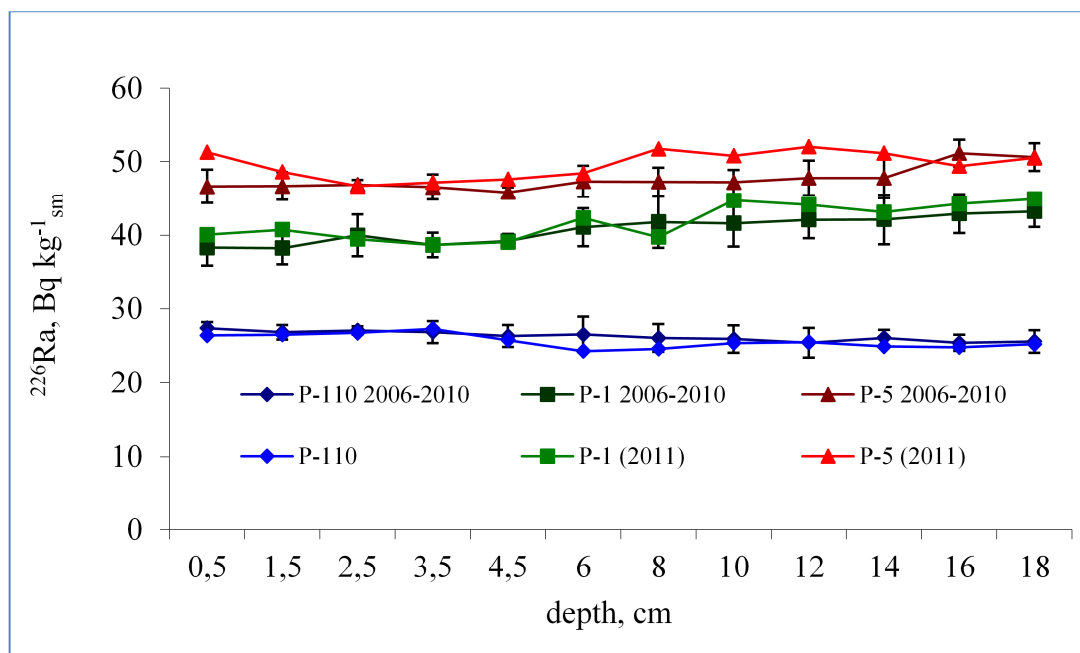
Fig. 3. Vertical distribution of $^{239,240}\text{Pu}$ in bottom sediments from Bornholm Basin (P39) and Gulf of Gdansk (P116)



Distribution of ^{226}Ra

Distribution of ^{226}Ra activity concentrations was uniform along the profiles, however, differences were observed between particular sub-regions. The lowest concentration of ^{226}Ra was found in the Gulf of Gdansk ($25.6.1 \pm 0.9 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$) and the highest in Bornholm Deep ($49.6 \pm 1.9 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{dw}}$). Vertical distributions of ^{226}Ra at three selected locations in 2011 and the average concentration of ^{226}Ra calculated for the years 2006-2010 are presented in Figure 4. Differences in ^{226}Ra concentrations at each sampling station were negligible for particular years.

Fig. 4. Vertical distribution of activity concentrations of ^{226}Ra in bottom sediments in 2011 and the average concentrations of ^{226}Ra calculated for the years 2006-2010 for sampling stations P-110, P-1 and P-5.



Total amount of isotopes

Total amounts of ^{137}Cs , $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , and ^{226}Ra in years 2009-2011 are presented in Table 1.

- Deposition of ^{137}Cs in 2011, ranged from $1.08 \pm 0.05 \text{ Bq m}^{-2}$ in P-39 (Bornholm Basin) to $5.26 \pm 0.16 \text{ kBq m}^{-2}$ in P-110 (Gulf of Gdansk).
- Deposition of $^{239,240}\text{Pu}$ in 2009-2011 ranged from $28.6 \pm 2,0 \text{ Bq m}^{-2}$ in the Bornholm Deep (P-5) to $220 \pm 7.6 \text{ Bq m}^{-2}$ in the Gulf of Gdansk (P110), and deposition of ^{238}Pu ranged from $1.34 \pm 0.18 \text{ Bq m}^{-2}$ to $6.64 \pm 0.53 \text{ Bq m}^{-2}$, respectively.
- Total amount of ^{226}Ra (layer from 0 to 19cm) ranged from $1.10 \pm 0.05 \text{ kBq m}^{-2}$ (P-116) to $2.62 \pm 0.09 \text{ kBq m}^{-2}$ (P-5).



Table 1. Total amounts of ^{137}Cs , ^{238}Pu i $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{226}Ra in bottom sediments from Southern Baltic Sea (0-19cm layer) in 2009-2011.

Sampling station	Year	^{137}Cs kBq m^{-2}	^{238}Pu Bq m^{-2}	$^{239,240}\text{Pu}$ Bq m^{-2}	^{226}Ra kBq m^{-2}
P-110 Gulf of Gdansk	2009	5.08±0.16	6.64±0.53	220±7.6	1.54±0.06
	2010	3.88±0.14			1.81±0.09
	2011	5.26±0.16			1.62±0.08
P-116 Gulf of Gdansk	2009	3.57±0.10	2.78±0.19	113±3.6	1.10±0.05
	2010	2.94±0.10			1.15±0.05
	2011	3.86±0.12			1.15±0.05
P-1 Gdansk Deep	2009	1.04±0.06	1.40±0.15	54.7±2.4	1.76±0.05
	2010	2.34±0.09			1.70±0.07
	2011	2.36±0.08			1.63±0.06
P-140 Open sea area	2009	3.63±0.10	3.50±0.39	86.9±3.17	2.20±0.07
	2010	3.57±0.06			2.13±0.08
	2011	2.60±0.09			2.36±0.10
P-5 Bornholm Deep	2009	1.13±0.04	1.34±0.20	28.6±1.9	1.86±0.05
	2010	0.95±0.04			2.26±0.08
	2011	1.23±0.04			2.62±0.09
P-39 Bornholm Basin	2009	2.09±0.06	1.60±0.90	50.3±2.5	1.39±0.04
	2010	1.43±0.05			1.59±0.07
	2011	1.08±0.05			-

2. Fish

Activity concentrations of ^{137}Cs , ^{226}Ra and ^{40}K were determined in four fish species: herring, sprat, cod and plaice. Fish samples were collected from Southern Baltic Sea in February. Concentrations of ^{137}Cs differed for fish species, however, they were similar in sub-regions of Southern Baltic Sea. As earlier, in 2011 the highest activity concentrations of ^{137}Cs was found in the cod sample - $6.05 \pm 0.09 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{fw}}$, the lowest in the plaice sample - $3.08 \pm 0.09 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{fw}}$. The average concentration of ^{137}Cs found in cod flesh ($5.07 \pm 0.82 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{fw}}$) was higher by 30%, than that in the remaining species ($3.77 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{f.w}}$ - $3.88 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{f.w}}$) – Table 2. Activity concentration of ^{226}Ra in fish flesh ranged from 29 mBq kg^{-1} (herring) to 97 mBq kg^{-1} (cod).

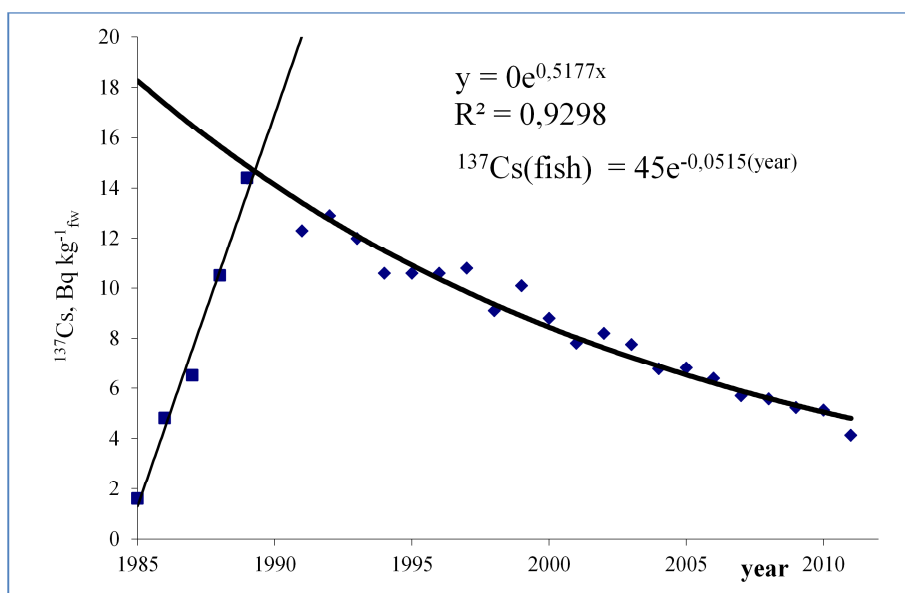
Table 2. The average concentrations of ^{137}Cs and ^{226}Ra in Baltic Sea fish flesh in 2011

Species (number of samples)	Weight of sample, g	Fish length cm	^{137}Cs $\text{Bq kg}^{-1}_{\text{ww}}$	^{226}Ra $\text{Bq kg}^{-1}_{\text{ww}}$
Herring (5)	500-550	17-33	3.77 ± 0.38	0.029 ± 0.004
Sprat* (5)	500-520	9-13	3.80 ± 0.30	0.071 ± 0.004
Plaice (5)	290-530	20-32	3.88 ± 0.90	0.058 ± 0.010
Cod (5)	500-630	28-40	5.07 ± 0.82	0.097 ± 0.013

* whole fish with-out head

Activity concentration of ^{137}Cs in the Baltic sea fish decreased exponentially with time (Fig 5). Since 1989, the average ^{137}Cs activity concentrations in fish flesh decreased from $14.4 \pm 2.9 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{fw}}$ [3] to $4.13 \pm 0.63 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{fw}}$. At present ^{137}Cs activity concentrations were about 2 times higher than before the Chernobyl accident ($\sim 2.0 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{fw}}$) [4]. The calculated effective half times for the decrease of ^{137}Cs in fish (T_{eff}) is about 14 years.

Fig. 5. The average ^{137}Cs activity concentrations in fish in the period of 1985-2011



3. Water

Activity concentrations of ^{226}Ra in sea water were similar in sub-regions of Southern Baltic Sea. The average concentration of ^{226}Ra in 2011 was equal to $2.76 \pm 0.24 \text{ Bq m}^{-3}$ and was similar to that determined in previous years ($3.13 \pm 0.57 \text{ Bq m}^{-3}$ in 2010).



THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011

References:

1. Suplińska M., 2002, Vertical distribution of ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{226}Ra and $^{239,240}\text{Pu}$ in bottom sediments from the Southern Baltic Sea in the years 1998–2000. *Nukleonika* 47 2: 45–52.
2. Bunzl K, Kracke W. Soil to plant transfer of $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{90}Sr from global fallout in flour and bran from wheat, rye, barley and oats has obtained by field measurements. *Sci Total Environ*, 63, pp.111-123, (1987).
3. D.Grzybowska. Concentration of ^{137}Cs in marine fish from the southern Baltic Sea in 1990-1995. *Nukleonika* 1997, 42 (3) 665-674.
4. Z.Jaworowski i wsp. Study of radioactive materials in the Baltic Sea. IAEA-TECDOC-362, 1986

Monitoring of Radioactive Contamination of Surface Waters and Bottom Sediments

M. Kardaś, L. Rosiak, A. Fulara, E. Starościak D. Podstawka, A. Adamczyk

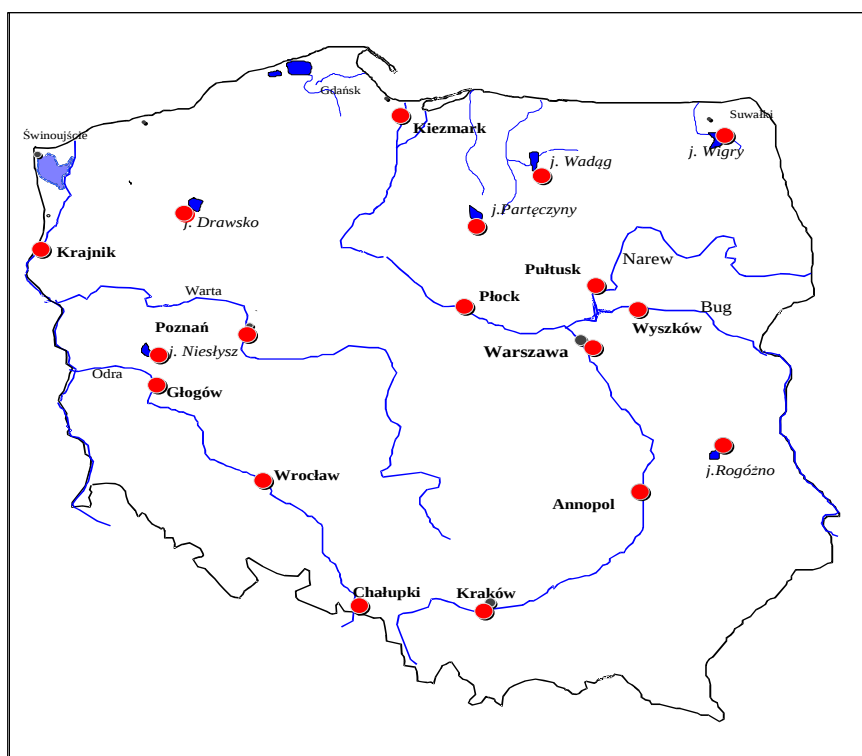
(The work prepared on request of the National Fund for Environmental Protection)

In the frame of monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in year 2011, samples of water and bottom sediment were collected twice a year (in spring and autumn) in 18 sampling points. These sampling points were located along the Vistula river (7 sampling points), and along the Odra river (5 sampling points). Six sampling points were located in the selected Polish lakes. Locations of the sampling points are given in Fig. 1.

The samples of river water were taken from the main stream, and the lake water samples from platforms. Volume of each water sample was 20 liters. Samples of bottom sediments (total mass about 1 kg) consisted of sub-samples collected from three points distant from each other by 30-50m.

^{137}Cs and ^{90}Sr in water and plutonium in bottom sediments were determined by radiochemical methods. ^{137}Cs in bottom sediments was determined using gamma spectrometry.

Fig. 1. Locations of the sampling points.



For an overall assessment of the radiological situation in the Polish inland waters the averages values of activity concentrations of analyzed radionuclides are compared. The unambiguous evaluation and comparison of particular data obtained in spring and autumn, causes some difficulties. They result mainly from the different atmospheric conditions under which the sampling was carried out.



The average activity concentrations of ^{137}Cs in river and lake waters were at the same level and ranged from 2.13 mBq/l (for basin of Vistula river) to 3.11 mBq/l (for lakes). Also, ^{90}Sr levels in the water were similar and its average activity concentrations ranged from 4.24 mBq/l (for lakes) to 4.77 mBq/l (for basin of Vistula river). However, differences in the activity concentrations of ^{137}Cs in bottom sediments were observed and the lowest was determined in the basin of Vistula river – 3.23 Bq/kg, and the highest in the basin of Odra river – 14.28 Bq/kg.

In case of plutonium, the lowest average activity concentration of $^{239,240}\text{Pu}$ was observed in bottom sediments from lakes – 27.91 mBq/kg, and the highest in Odra river basin – 46.87 mBq/kg.

Both, the annual average concentrations of analyzed radionuclides and the data obtained for single determinations for water and sediment samples do not differ from data obtained in previous years.

CONCLUSIONS

Monitoring of radioactive contamination of surface waters and sediments leads to the conclusion that ^{137}Cs and ^{90}Sr contamination of surface waters is low. Also, the concentration of radioactive ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in bottom sediments of rivers and lakes remains on low level.

Our determinations confirm that there were no new releases of radioactive isotopes into the environment.



Risk Assessment for Population of Bydgoszcz and Poznań Based on Analyses of Meals in 2011

B.Rubel, W.Muszyński, M.Kardaś, K.Trzpił

(donation of PAA)

Radioactivity in foodstuffs is an important indicator of the transfer of radionuclides from the environment to man. We can express the radioactivity content of foodstuffs per unit weight or to estimate the ingestion activity per day per person.

This paper presents results of dose assessment based on ingestion of prepared complete meals from Bydgoszcz and Poznań. Dose assessment had been done due to intake of Cs-137 and Sr-90.

Radiochemical and spectrometric methods were applied to determine activity of Cs-137 in meals and food products. For spectrometric measurement a gamma spectrometer with HPGe detector was used. Measurements performed in the geometry of a flat cylinder placed on detector after homogenization of products and in the form of ash. For radiochemical analyses a dissolved sample was filtered through a radiochemical funnel with ammonium molybdeno-phosphate (AMP) bed, selective for cesium. The activity of cesium in the AMP bed was measured using Low Level GM Multicounter system (production Risoe, Denmark).

Strontium 90 was determined from beta radiation of Y-90, after equilibrium Sr-90 – Y-90 was reached.

Samples of complete meals were collected in 2011 through 5 days in May from school canteen from Poznań (west Poland) and Bydgoszcz (north Poland). The meals were analyzed separately for days and towns.

Average content of Cs-137 and Sr-90 in daily diets collected in canteen in Bydgoszcz and Poznań is presented in table. 1.

Table 1. Average concentration of Cs-137 and Sr-90 in daily diet.

L.p.	Bydgoszcz		Poznań	
	Average content of Cs-137 [Bq/d]	Average content of Sr-90 [Bq/d]	Average content of Cs-137 [Bq/d]	Average content of Sr-90 [Bq/d]
1	0.22 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.30 ± 0.03	0.06 ± 0.01
2	0.33 ± 0.03	0.06 ± 0.01	0.38 ± 0.04	0.06 ± 0.01
3	0.26 ± 0.03	0.03 ± 0.01	0.42 ± 0.04	0.10 ± 0.01
4	7.00 ± 0.21	0.05 ± 0.01	0.26 ± 0.03	0.05 ± 0.01
5	0.34 ± 0.03	0.09 ± 0.01	0.30 ± 0.03	0.06 ± 0.01

The differences in Cs-137 in daily meals are attributed to the variation in the Cs-137 activity in food products. The activity on the level of 7.00 Bq/day is connected with mushrooms soup that were served for a dinner. Activity of Cs-137 in this kind of mushrooms varies from single Bq to some hundreds Bq per kilogram. The average content of Cs-137 in diet from different towns is on the same level. The variation of Cs-137 is mostly caused by



mass of meals and products used to prepare meals. The concentration of Sr-90 in meals is on the same level. Small differences are mainly due to mass of daily diet.

Based on concentration of Cs-137 and Sr-90 in daily diet annual intake and effective dose were assessed. The results are presented in table 2.

Table 2 **Annual intake and effective dose due to consumption meals**

	Annual intake from daily meals [Bq]		Effective dose [μ Sv]	
	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90
Bydgoszcz	106 (594*)	22	1.4 (7.7*)	0.6
Poznań	120	26	1.6	0.7

*) dish with mushrooms was included

The study has shown that the annual intake of Cs-137 and Sr-90 by the population of Poland is on a fairly low level. There are no significant variations in intakes in different region of Poland. The annual intake of Cs-137 and Sr-90 with food is mainly dependent on the mass of a daily diet, amount of consumed milk, its products, fish (some kinds) and beef. It is difficult to assess the impact of forest mushrooms consumption because of a lack of the relevant data in Annual Statistic Book. If we assumed that average Pole could eat dishes with mushrooms one a week the effective dose would be 7.7 μ Sv.



The Assessment of Cs-137 and Sr-90 Activity in Milk-Based Baby-Food for Children under One Year of Age

B. Rubel, W. Muszyński, M. Kardaś

(donation MNiSZW)

Milk is the essential component in the diet of infants and small children. In many cases children cannot be fed with natural human milk. Therefore, modified milk-based food is prepared for them. In the modification process of cow milk the content of albumins and fat is changed to resemble the composition of human milk.

This paper provides data on the Cs-137 and Sr-90 activity level in milk-based food for babies under 1 year of age. Assessment of the intake and the total dose due to consumption is given. Milk designed for two age categories of infants was analyzed: (i) milk for babies 0-6 months old and (ii) 7-12 months old. Following products were analyzed: Nan-Pro, Bebico, Bebilon, Mami-Lac, Hipp, Humana and Enfamil. Samples for analyses were taken twice a year.

The activity of Cs-137 was determined using Canberra spectrometer with HPGe detector and software Genie. Samples of 300g milk were measured in Marinelli geometry (450 ml) during 230000 sec (64h). The Sr-90 activity was determined by means of radiochemical method. Yttrium 90 activity was measured after equilibrium with Sr-90. The mass of milk samples was 300 g. Low level beta multi-counter was used to detect beta radiation of Y-90. Average activity of Cs-137 and Sr-90 in modified milk is presented in Table 1.

Table 1. Mean values of Cs-137 and Sr-90 activity in baby-food.

	Activity concentration of Cs-137 [Bq/kg]		Activity concentration of Sr-90 [Bq/kg]	
	Milk for infants 0-6 months old	Milk for infants 7-12 months old	Milk for infants 0-6 months old	Milk for infants 7-12 months old
NAN-Pro	0.10	0.04	0.03	0.06
GERBER	0.17	0.12	0.03	0.06
BEBICO	0.27	0.20	0.07	0.07
BEBILON	0.19	0.19	0.04	0.04
MAMI_LAC	0.17	0.09	0.03	0.05
HIPP	0.38	0.44	0.09	0.08
HUMANA	0.24	0.23	0.05	0.05
ENFAMIL	0.26	0.23	0.05	0.08

Activity concentration of Cs-137 varied from 0.04 Bq/kg to 0.44 Bq/kg. There are no significant differences between milk for infants in different age. Also the concentration of Sr-90 is fairly uniform at low level from 0.03 to 0.09 Bq/kg. In general, the activity related to Cs-137 is somewhat greater than Sr-90. However, for a given isotope, the differences in its activity in the two types of milk products (0-6 and 7-12) are very small.

Children up to 1 year typically eat milk 3 - 7 times per day depend on the age and suggestions of the milk producer. Based on activity concentration of Cs-137 and Sr-90 in milk and daily consumption and annual consumption, the annual intake and effective dose could be assessed. The intake of two isotopes with two types of milk is presented in Table 2.



Table 2. Annual intake of Cs-137 and Sr-90 activity related to milk consumption.

	Intake of Cs-137 with milk [Bq]		Intake of Sr-90 with milk [Bq]	
	0-6 month old kids	7-12 month old kids	0-6 month old kids	7-12 month old kids
NAN-Pro	1.93	0.66	0.58	0.99
GERBER	3.28	1.95	0.58	0.98
BEBICO	5.21	3.42	1.35	1.25
BEBILON	3.92	3.38	0.83	0.72
MAMI_LAC	3.28	1.53	0.58	0.85
HIPP	7.33	7.52	1.74	1.37
HUMANA	4.63	3.93	0.96	0.85
ENFAMIL	5.02	3.93	0.96	1.37

The data indicate that the annual intake of Cs-137 with modified milk by infants is in the range 2.59 Bq (milk Nan-Pro) to 14.85 Bq (Hipp milk), while for Sr-90 it is between 1.55 and 3.11 Bq. The intake of Cs-137 with milk is more diverse than the Sr-90 intake. This is connected with differences in the Cs-137 activity in various milk products. Based on the annual intake, effective dose could be assessed for infants. The values related to Cs-137 are from 0.05 to 0.3 μ Sv and for Sr-90 from 0.3 to 0.7 μ Sv.



Concentration of Cs-137 and Sr-90 in Food Products and Meals in 2011

B.Rubel, W.Muszyński, M.Kardaś, K.Trzpił

(donation PAA)

This work is concerned with assessment of the annual intake of radioactive isotopes (Cs-137 and Sr-90) by food consumption. For the study the concentration of isotopes in following stuff was taken into account: (a) complete meals served in some canteens in Warsaw and (b) food product purchased in hypermarkets in the Warsaw area. Results of the analyses and statistical data concerning consumption are presented. Radiochemical and spectrometric methods were applied to determine activity of Cs-137, whereas activity of Sr-90 was determined by radiochemical method.

Foodstuffs (separate products) were purchased in hypermarkets located on the outskirts of Warsaw. Products sold in such stores originate from all districts of Poland. In the selection of samples for examination and sampling frequency the share and importance of respective products in an average diet have been taken into account. This was based on the data from the Annual Statistical Book. The activity of Cs-137 and Sr-90 is shown in Table 1.

Table 1. **Concentration of Cs-137 and Sr-90 in various food products.**

Products	Cs-137 activity concentration [Bq/kg, Bq/l]	Sr-90 activity concentration [Bq/kg, Bq/l]
Milk I-VI (Jan-Jun)	$0.28 \pm 4.1\%$	$0.03 \pm 11\%$
Milk VII-XII (Jul-Dec)	$0.11 \pm 8.1\%$	$0.03 \pm 11\%$
Meat	$0.22 \pm 9.2\%$	<0.02
Poultry	$0.14 \pm 9.9\%$	<0.02
Eggs	$0.11 \pm 8.1\%$	<0.02
Fish:		
• Trout	$0.14 \pm 14\%$	0.03 ± 0.01
• Amur	$0.20 \pm 15\%$	<0.02
Fruits	$0.08 \pm 9.4\%$	$0.02 \pm 10.2\%$
Vegetables	$0.12 \pm 8.1\%$	$0.07 \pm 8.3\%$
Potatoes	$0.14 \pm 10.3\%$	$0.01 \pm 15\%$
Cereals products	$0.09 \pm 10.8\%$	$0.08 \pm 9.9\%$
Bakery goods	$0.28 \pm 7.3\%$	$0.08 \pm 10.5\%$

The general conclusion is that the activity concentration of Cs-137 and Sr-90 in different products is on the same level as it was in the previous years of 2008-2010.

Samples of complete meals were collected in 2011 twice during 5-day periods in February and in September from school canteen in Warsaw. The average content of Cs-137 and Sr-90 in daily diets collected in canteen in Warsaw is presented in Table 2.



Table 2. Average daily content of Cs-137 and Sr-90 in meals from canteens in Warsaw.

	Content of Cs-137 isotope [Bq/day]		Content of Sr-90 isotope [Bq/day]	
	February	September	February	September
1	0.47 ± 0.05	0.23 ± 0.03	0.10 ± 0.01	0.07 ± 0.01
2	0.39 ± 0.04	0.31 ± 0.03	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.01
3	0.36 ± 0.03	0.45 ± 0.03	0.11 ± 0.01	0.07 ± 0.01
4	0.25 ± 0.02	0.38 ± 0.04	0.04 ± 0.01	0.06 ± 0.01
5	0.19 ± 0.02	0.24 ± 0.03	0.06 ± 0.01	0.08 ± 0.01

The differences in Cs-137 in daily meals are attributed to the variation in the Cs-137 activity in food products. A higher activity level of this isotope is detected in milk, and its products, beef and certain species of fish. The differences in cesium content in meals from February and September in Warsaw are due to the gross mass of particular meals. The concentration of Sr-90 in meals is on the same level throughout the study period.

The intake of Cs-137 and Sr-90 in connection with consumption of various foodstuffs were estimated from the isotopes' concentration in respective products and the consumption rate. The annual intake of Cs-137 and Sr-90 from daily diets and foodstuffs is shown in Table 3.

Table 3. Annual intake of C-137 and Sr-90.

Sampled food	Cs-137 annual intake [Bq/year]	Sr-90 annual intake [Bq/year]
Diet based on meals from canteens	120	26
Diet based on analyses of purchased food products (hypermarkets)	110	25

The intake of Cs-137 and Sr-90 is on the same level when food from canteens and mega-shops is considered. The study shows that the annual intake is on the low and the same level as was in previous years.



Radiological Evaluation of the Post-Mining Areas, Waste Landfills and Low-Percentage Uranium Mineralization

Work carried out in the framework of the research project

TECHNOLOGY SUPPORTING THE DEVELOPMENT OF NUCLEAR POWER SAFETY

Agreement concluded with NCBiR SP/J/3/143045/11 - Research task No 3

Basics of securing fuel needs for the Polish nuclear power

Małgorzata Kardaś, Maria Suplińska

In the frame of the research of the task 3, five Polish research institutions, are involved one of which is the CLRP. Under the project we are required to fulfill:

1. Spatial distribution and variability during the gamma dose rate including the components of natural radiation and the anthropogenic components. It will be determined using a portable ultra-sensitive radiometers supported by passive detectors TLDs.
2. Will be determined geographical coordinates of dose rate measurement and sampling points by GPS method, then maps (map) using MAP-INFO package will then be made.
3. Will be determined the anthropogenic components of the dose rate by measuring the gamma spectrometric method "in situ".
4. The levels of environmental radioactivity will be determined (depending on the type of emitter) using gamma-ray spectrometry (^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{40}K), alpha spectrometry (uranium isotopes) and, beta-ray spectrometry (^{210}Pb).
5. Dose rate calculations for representatives of fauna and flora, and "critical groups of the population" will be carried out with the help of specialized software recommended by the IAEA: RESRAD-Offsite and ERIC-TOOLS.

Previously, under the preliminary work, has been verified method for determining the concentration of radioactive isotopes of uranium. For the method verification has been used several reference samples. The results of determinations of uranium isotopes are shown in Table 1.

Table 1. Activity concentrations of the uranium isotopes determined in the reference samples

Sample	Efficiency %	Values determined Bq/kg		Reference values Bq/kg	
IAEA 381 sea water	71	0.045±0.005*	0.053±0.006	0.042 ± 0.004	0.051 ± 0.006
IAEA 385 Bottom sediment	83	26.8±2.4	26.4±2.3	29 (28-30) **	27 (26-28)
	84	28.6±2.8	26.8±2.7		
IAEA 434 phospho-gypsum	84	124±10	138±11	120 ± 9	120 ± 11
	84	120±13	136±15		
IAEA 447 soil	87	21.6±2.2	20.0±2.0	22.2 ± 0,8	21.8 ± 0.8
	87	20.5±2.1	20.2±2.1		

* level of confidence p=95%



**THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011**

**** concentration range provided by the IAEA**

Using this verified method for the determination of uranium isotopes the first determination of the samples of water and soil were performed.



Comparative Measurements Regarding Cs-137 Isotope Determination by Basic Units Performing Radioactive Contamination Measurements within the Framework of Radiation Monitoring of the Country

W. Muszyński, M. Kardaś, W. Kurowski, B. Rubel, K. Trzpił

*The study financed by the National Atomic Energy Agency
(Contract No. 22/OR/2010 of 18 May 2010 r.)*

The project aimed at comparative measurements of Cs-137 isotope content in samples of control material with pre-determined amount of that isotope. The study was carried by basic units responsible for monitoring and measurements of local radioactive contamination in Poland.

Whey powder was used as a control material (required activity concentration of Cs-137 – not more than 5 Bq/kg).

Calibration of gamma spectrometers (Canberra spectrometers with HPGe detectors and Genie 2000 software) and beta measurement system (low-level β -multicounter – Risoe, Denmark) was checked. The accuracy of calibration was earlier verified in the framework of international program „Radiotoxicology Intercomparisons 2010” managed by PROCORAD, France.

Purchased bath of whey powder was placed in 200 liters container. The whey powder was mechanically stirred to ensure homogeneity of the entire volume. 4 samples were randomly collected from the prepared control samples, to determine activity concentration of Cs-137 by mean of spectrometric methods. The results showed that reference material is homogeneity.

45 reference samples were prepared for sending to the basic units.

Each parcel was accompanied with blank forms to be filled out with data regarding the laboratory location, staff doing the analysis, method(s) of measurement and apparatus type.

Results of measurements of the control samples were received from 33 units. The units determined 44 activity concentrations of Cs-137 (11 units used two methods: spectrometry and radiochemistry).

All measurement results were recorded and analyzed. Measurements' results were compared to reference values. With the use of Dixon, Grubbs and t-Student tests, uncertain results were rejected and other results were subject to statistical analysis. The results “less than” were not taken into account.

A number of results in the range of $\pm 25\%$ of reference value equals 22 (50% of a total number of received). The accuracy and precision of results provided by the units was assessed based on MAEA criteria. The result is acceptable if it meets both criteria. 26 results satisfy this requirement. "Z" parameter was determined (for radiochemical and spectrometric method separately). Its absolute value is: $Z \leq 2$ for 39 results which means that the result does not significantly differ from the reference value.



Development and Implementation of the Method for Po-210 and Pb-210 Determination in Environmental Samples

L.Rosiak, E.Starościak, D.Podstawka

^{210}Po is natural, short-lived ($T_{1/2} = 138.3$ days) alpha radiation emitter. It occurs in Earth crust in trace amounts as a product of radioactive Uranium –Radium decay series. The isotope is found in small amounts in human environment: air, drinking water (about 0.5 mBq/l), food (20-200 mBq/kg), tobacco and cigarette smoke. Polonium introduced into the body is strongly radiotoxic, damages circulatory system and lungs. In the case of ^{210}Po absorbed by humans, the content of this radionuclide in the human body can be determined based on the analysis of excreta such as urine samples. ^{210}Po is a daughter of ^{210}Pb which is beta and gamma emitter of half-decay $T_{1/2} = 22.3$ years. ^{210}Pb in the atmosphere in addition to a natural origin, is an artificial isotope, introduced during nuclear tests in 1952 – 1962. ^{210}Pb is toxic both as a heavy metal, accumulating in the human body and as a radioactive isotope.

The aim of this study was to develop and implement a method for the determination of side by side ^{210}Po and ^{210}Pb in environmental samples, allowing the determination of their content in samples of water, soil, plants, food in areas with increased content of these radionuclides in the environment resulting from human activities. The chosen method is a radiochemical one led in the presence of the tracer ^{209}Po . ^{210}Po and ^{210}Pb were determined in samples of water, soil and sediment and in plants. So preconditioning of the samples was different. 5-liter water samples were filtered and evaporated almost to dryness in the presence of nitric acid. Soil and sediment samples (approximately 1 kg) were dried, sieved through a sieve. For ^{210}Po and ^{210}Pb determination 1 to 10g of the sample was taken. The samples were dissolved in hydrofluoric acid and nitric acid and then evaporated almost to dryness. Plants (about 0.5 kg sample) were washed in distilled water and burned “wet” in nitric acid. Nitric acid was evaporated. For the prepared samples perchloric acid was added in order to drive off the nitric acid. The samples were evaporated and the residue was dissolved in 0.5 M hydrochloric acid solution with a small addition of ascorbic acid (complexing metal ions such as Fe). Then the deposition of ^{210}Po and ^{210}Pb was carried out on nickel disc size of: $\varnothing = 23.8$ mm, thickness 0.5 mm, coated on one side with teflon. Deposition was carried out, constantly stirring the solution, for 3 hours at 85°C, all the while controlling the temperature and liquid level. At the end of the deposition disc was removed, rinsed with water, ethanol and dried after IR. Then the measurement of ^{210}Pb β radiation was performed (thin film covering the puck in order to eliminate α radiation). After that the measurement of ^{210}Po α radiation was performed.

The results of ^{210}Po and ^{210}Pb determination in water samples are shown in Table 1. Fluctuations in ^{210}Po radioactivity concentration in water are relatively small, from 0.61 mBq/l in water collected from Vistula River in Tyniec to 3.43 mBq/l in water from Wigry Lake. Average chemical yield of ^{209}Po was 33%. Radioactivity concentrations of ^{210}Pb in water varied more significant: from <0.15 mBq/l (water samples from Oder in Poznan and Glogow, and also water from Drawsko Lake) to 5.67 mBq/l in water from Wigry Lake.

Table 2 presents the results of ^{210}Po and ^{210}Pb determination in soil, sediments and plants. ^{210}Po radioactivity concentrations in plants are relatively low and they vary from 1.17 mBq/kg_(fresh weight) to 5.42 mBq/kg_(fresh weight). In soils and sediments, these concentrations are much higher and range from about 40 Bq/kg_(dry weight) in sediment from Gdansk water-work to about 1 kBq/kg_(dry weight) in phosphogypsum from Wislinka.



Table 1.

Place	Po-210 [mBq/l]	Pb-210 [mBq/l]	Chemical yield % Po-209
Annopol	0.97±0.19	2.54± 0.23	26.4
Rogozno	1.23 ±0.19	3.61± 0.30	35.8
Tyniec	0.61 ±0.12	0.94± 0.10	37.0
Chalupki	0.68 ±0.12	0.76± 0.08	35.1
Wroclaw	1.21 ±0.14	2.50± 0.22	49.5
Warszawa	0.73 ± 0.13	0.19± 0.02	32.1
Plock	1.27 ± 0.20	1.78± 0.17	33.2
Wyszkow	1.80 ± 0.47	2.20± 0.20	31.0
Pultusk	1.91 ± 0.27	0.41± 0.04	25.8
Poznan	2.12 ± 0.37	<MDA	11.6
Drawsko	0.3 ± 0.07	<MDA	37.3
Glogow	0.92 ± 0.22	<MDA	14.8
Nieslysz	0.82 ± 0.14	0.38± 0.04	29.4
Krajnik	1.11 ± 0.18	2.08± 0.19	25.3
Wadag	1.35 ± 0.12	4.53± 0.35	83.4
Wigry	3.43 ± 0.28	5.67± 0.41	32.2
Kiezmark	1.32± 0.28	1.96± 0.18	38.7

Radioactivity concentrations of ^{210}Pb in plants are small and oscillated in range from 1.17 mBq/kg_(fresh weight) to 3.59 mBq/kg_(fresh weight). In soils and sediments, these concentrations vary more significantly, from 4.90 Bq/kg_(dry weight) in sediment from Gdansk water-work to 879 Bq/kg_(dry weight) in phosphogypsum from Wislinka.

The results of determination ^{210}Po and ^{210}Pb radioactivity concentrations within the various components of the environment are compact. The average chemical yield of ^{209}Po is > 30%. In view of these we can assume this method as developed and implemented to determent ^{210}P and ^{210}Pb together in environmental samples.



**THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011**

Table 2.

Plant Fresh weight	Po-210 [Bq/kg]	Pb-210 [Bq/kg]	Chemical yield % Po-209
Dandelion CLOR	1.60 ±0.21	1.17± 0. 02	22.4
Dandelion Parteczyny	1.26 ±0.11	3.59± 0.06	51.3
Oak leaves CLOR	1.171 ±0.11	2.23± 0.03	10.3
Oak leaves Parteczyny	5.42 ±0.47	1.98± 0.02	50.6
Soil and sediment Dry weight			
Phosphogypsum	1011 ± 320	879± 22.8	45.1
Sediment water-work	39.6 ±8.4	4.90± 0.43	38.0
Soil	78.4 ± 11.3	79.79± 4.22	47.7



Determination of Radiological Parameters of Drinking Water in Large Cities, and Evaluation of Doses Received by Its Consumption

A.Fulara, A.Adamczyk

The investigations of tap water radioactivity in 2011 were performed in six large cities southern and south-western Poland regions of Poland. We studied water originating from Tarnow, Sanok, Krosno, Nowy Sacz, Jelenia Góra and Bielsko-Biala. The origin of most water samples was from surface or infiltration water.

A quantity of 20 liters of water was taken in each sampling point.

^{137}Cs and ^{90}Sr were determined in the same 15 l sample. In the rest 5 liters sample, the tritium activity and total alpha and beta radioactivity were determined.

The results of ^{137}Cs and ^{90}Sr determinations in drinking water collected in six cities indicate, that both ^{137}Cs and ^{90}Sr concentrations were at low level, ranging from values below detection limit (<0.41 mBq/l) to 2.59 ± 0.32 mBq/l. In case of ^{90}Sr that range was from 1.23 ± 0.22 mBq/l to 4.14 ± 0.45 mBq/l.

The tritium concentration in drinking water ranged from values below detection limit (0.5 Bq/l) to 3.5 Bq/l.

The total beta radioactivity in investigated water samples was very low and ranged from 0.03 ± 0.01 Bq/l to 0.14 ± 0.02 Bq/l.

Gross alpha radioactivity was greater than the limit of only the water taken from wells in Jelenia Gora. The water collected from other cities has not exceeded the detection limit (0.015 Bq/l).

According to the Ministry of Health regulations issued on 29 March 2007, concerning the quality of drinking water designed for public consumption, tritium concentration in drinking water must not exceed 100 Bq/l and total permissible dose is 0.1 mSv/y. The dose is not exceeded if the total alpha radioactivity does not exceed 0.1 Bq/l and total beta radioactivity does not exceed 1 Bq/l.

The analyzes show that the tap water tested meet the requirements specified in the Ministry of Health of 29 March 2007.

The total indicative dose from yearly ingested ^{137}Cs with drinking water for six investigated cities are in range from 0.004 $\mu\text{Sv/y}$ for children aged 1-10 years, to 0.010 $\mu\text{Sv/y}$ for adults. While from yearly ingested ^{90}Sr these doses are from 0.051 $\mu\text{Sv/y}$ for adults, to 0.144 $\mu\text{Sv/y}$ for children younger than 1 year old.

The total indicative doses from yearly ingested ^{137}Cs are several times lower than from ingested ^{90}Sr .

The results of these work indicate that calculated doses are negligibly low.

The work has been performed for Polish Atomic Agency (Contract 26/OR/2011).



Evaluation of Doses for Standard Organisms Characteristics for Land and Aquatic Environment in Poland

L.Rosiak, E.Starościak, P.Krajewski, D.Podstawka

The subject is a continuation of work carried on since 2003. In 2011 concentrations of were measured in samples of plants. Samples of dandelion (*Taraxacum officinal*), nettle (*Urtica dioica*), cattail (*Typha*), duckweed (*Lemna minor*), pine (*Pinus sylvestris*) and oak (*Quercus robur*) were collected in 2010 (May to September) and in 2011 (August to September). Whole plants were gathered except trees from which the samples of wood and leaves with twigs (to 5 mm of diameter) were collected. The samples were collected from Warsaw (Zeran, Chomiczówka, Mlociny, Kepa Zawadowska), from six places at Mazowsze – Plock, Wyszok, Pultusk, Zyrardow, Kozienice and Zegrze and also from 6 Pomeranian localities (Wislinka, Bogatka, Zarnowiec, Drawsko, Leba and Parteczyny). Samples of plants were gathered also from Rogozno at east of Poland and from Niesulice at the west. Samples of soil (about 2 kg) and water (about 5 l) were also taken. Plants are on the list of reference organisms in EU. Ra-226, K-40 and Cs-137 were determined in plants washed in distilled water. Determination of these three radionuclides were done in 79 samples in all. The highest activity concentrations of Ra-226 were observed in samples of duckweed from Zyrardow (6 Bqkg^{-1}) and dandelion from Warsaw Chomiczowka (3.06 Bqkg^{-1}), and the lowest in samples of oak wood from Kozienice ($<0.001 \text{ Bqkg}^{-1}$) and in samples of duckweed from Pomeranian Bogatka (0.01 Bqkg^{-1}). Average activity concentrations of Ra-226 were the highest in samples of duckweed (1.27 Bqkg^{-1}) and oak wood and oak leaves (0.64 and 0.59 Bqkg^{-1} respectively) whereas the lowest in samples of cattail and pine needles (0.07 and 0.06 Bqkg^{-1} respectively).

The concentration of Cs-137 in plant samples considerably varied from $<0.001 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$ (pine wood from Zegrze and duckweed from Parteczyny and Pultusk) to $5 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$ (dandelion from Kozienice). The highest average concentration of this radionuclide was observed in samples of oak and pine wood (1.24 and $0.80 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$ respectively) and also in samples of duckweed ($0.85 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$) whereas the lowest in samples of cattail and pine needles (0.001 and $0.005 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$ respectively).

Activity concentration of K-40 oscillated from $2.85 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$ (pine wood from Bogatka) to $340 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$ (dandelion from Kozienice). The highest average concentration of this radionuclide was observed in samples of dandelion and oak leaves (152 and $80 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$ respectively), and the lowest in samples of pine and oak wood (10.1 and $35.4 \text{ Bq/kg}_{\text{fresh weight}}$ respectively).



The results of Ra-226, Cs-137 and K-40 measurements in plant samples are shown in Table 1.

An evaluation of absorbed doses for plants was made using our own- written in CLOR software (called BIOTA) - for doses calculation.

Table 2 shows an evaluation of annual absorbed doses for plants. Total annual absorbed doses from three determined radionuclides are not high and oscillated from 0.66 to 3.04 mGy y⁻¹ (average 1.89 mGy y⁻¹). The highest dose is about 26 mGy y⁻¹. Doses from natural isotopes Ra-226 and K-40 are the greatest parts of total dose (average doses 1.24 and 0.71 mGy y⁻¹ respectively). Doses from Cs-137 are in general the lowest parts of the total dose (average 0.21 mGy y⁻¹).

In table 3 annual absorbed doses from Ra-226, K-40 and Cs-137 for all being examined reference organisms in Poland are shown.

Table. 1.

PLANT	Number of samples	Ra-226 [Bq/ kg _{fr.w}] Average Range min - max	Cs-137 [Bq/ kg _{fr.w}] Average Range min - max	K-40 [Bq/ kg _{fr.w}] Average Range min - max
Dandelion	26	0.27 0.03 - 3.26	0.52 0.001 - 5.07	152 32.9 - 340
Nettle	13	0.23 0.06 - 0.75	0.05 <0.001 - 0.11	128 72.8 - 210
Cattail	8	0.07 0.03 - 0.15	0.002 <0.001 - 0.01	70.8 3.80 - 142
Duckweed	11	1.27 0.01 - 6.00	0.85 0.001 - 8.34	50.3 12.0 - 234
Oak wood	8	0.59 <0.001 - 0.98	1.24 <0.001 - 9.41	35.0 6.14 - 40.1
Oak leaves & twigs	6	0.64 0.20 - 1.32	0.016 <0.001 - 0.067	85.0 17.8 - 126
Pine wood	4	0.12 0.02 - 0.26	0.80 <0.001 - 4.58	10.1 2.85 - 18.9
Pine needles & twigs	3	0.06 0.03 - 0.12	0.005 0.001 - 0.12	70.6 55.0 - 80.0
Total	79			



**THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011**

Table. 2

PLANT	K-40 [mGy y ⁻¹] Average Range min - max	Ra-226 [mGy y ⁻¹] Average Range min - max	Cs-137 [mGy y ⁻¹] Average Range min - ma	Sum [mGy y ⁻¹]
Dandelion	0.85 0.70 1.25	0.97 0.26 9.35	1.22 0.13 15.0	3.04
Nettle	1.19 0.35 2.03	0.69 0.18 2.35	0.09 0.05 0.13	1.97
Cattail	0.72 0.55 0.90	0.21 0.16 0.45	0.11 0.04 0.17	1.04
Duckweed	0.71 0.57 1.19	3.83 0.11 18.0	0.04*	2.58
Oak wood	0.66 0.58 0.68	1.77 0.42 2.94	0.04 0.03 0.07	2.47
Oak leaves & twigs	0.51 0.38 0.63	1.92 1.02 3.97	0.11 0.08 0.13	2.54
Pine wood	0.28 0.17 0.39	0.36 0.13 0.78	0.02*	0.66
Pine needles & twigs	0.72 0.71 0.74	0.18 0.09 0.43	0.01*	0.91
AVERAGE	0.71	1.24	0.21	1.89

*the highest value

Table. 3. Annual doses from ⁴⁰K, ¹³⁷Cs and ²²⁶Ra for reference organism in Poland in [mGy y⁻¹]

	⁴⁰ K	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	Total
Rodent Jakuszyce	1.7 1.5 – 2.0	6.8 0.17 - 29	1.3 0.32 - 10	9.80
Fish Baltic Sea	-	0.28 0.14 - 0.5	0.39 0.26 – 0.54	0.67
Fresh-water fish	1.07 0.50 – 1.94	0.016 0.004 – 0.038	0.37 0.07 – 2.22	1.45
Frog Mazowsze	0.91 0.1 – 1.6	0.08 0.007 – 1.6	1.20 0.49 – 4.87	2.19
Gastropod Mazowsze	0.44 0.39-0.47	0.32 0.03-0.76	3.63 0.86-9.15	4.39
Plant	0.71 0.17-2.03	0.21 0.01-15.0	1.24 0.09-9.35	2.51

The highest doses receive: rodents from Jakuszyce and gastropod from Mazowsze. The lowest doses fishes receive both living in fresh-water and in the sea.

The work is finished. Reference levels of environmental radiation exposure are evaluated for fauna and flora in Poland. Our country, as a member of Europe Union will be under the obligation to suit polish radiation protection law to UE standards.



Maintaining the Quality Assurance System in Radiochemical and Spectrometric Analysis Laboratory

E.Starościak, W.Muszyński, B.Rubel, L.Rosiak, A.Fulara, M.Kardaś

The work on „Maintaining the quality assurance system in Radiochemical and Spectrometric Analyses Laboratory" was carried out in the Radiation Hygiene Department of the Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) in 2011. The work was devoted to tasks covered by Contract No 6/SP/2011. The following products were developed within the framework of tasks specified in the Contract:

1. Supervision by Polish Centre for Accreditation (PCA) of the accredited Radiochemical and Spectrometric Analyses Laboratory (conduct assessment):

On 7 February 2011 in the Laboratory took place an external audit carried out by experts from PCA. During the audit auditors wrote 4 cards of incompatibilities and 4 observations. The Laboratory has taken corrective and preventive actions in relation to all incompatibilities and observations. The evidence of made corrections and corrective actions were accepted by the PCA's auditors. During audit Laboratory range of accreditation was established.

2. Improving management system in Radiochemical and Spectrometric Analysis Laboratory:

Incompatibilities and observations made during the external audit were used to improve Laboratory management system documentation. New editions of all Research Procedures (edition 4 of 07.02.2011) and Quality Paper (edition 4 of 28.03.2011) were prepared and implemented.

18 internal trainings were performed in the Laboratory (Laboratory or CLOR) according to the "Training Plan 2011" and resulting from the corrective and preventive actions. The Laboratory staff also participated in 6 external training such as: "Validation and consistency of chemical measurements", "Improving Laboratory management system in terms of the PN-EN ISO/IEC 17025: 2005 + AP 1:2007", and the PCA meeting with representatives of accredited testing laboratories.

Following the PCA recommendation on participation in proficiency tests and interlaboratory comparisons (DA-05) the Laboratory participated in 2011 in international and national interlaboratory comparisons organized by:

- PROCORAD 2011, France;
- International Atomic Energy Agency: The IAEA-CU-2010-03 worldwide proficiency test on the determination of natural radionuclides in water and Ra-226 in soil;
- European Commission - EC interlaboratory comparison on Sr-90, Cs-137 and K-40 in wild bilberry powder;
- National Atomic Energy Agency (PAA) and IChTJ: Comparison measurements - determination of Am-241, H-3 activity concentration in the samples of drinking water and Pu-238, Pu-239,240 in the samples of drinking water and dried carrots.



3. Supplementing the Research Procedures of determination of isotopes: Sr-90 and U-238, 234, 235 in samples of water:

Developed a Research Procedure QPB8 "Determination of activity concentration of strontium-90 in water" - (edition 1 of 24.11.2011). Research Procedure QPB5 "Determination of activity concentration of uranium - 238, 234 and 235" was completed for determination of these isotopes in the samples of water, milk and dairy products - (edition 5 of 24.11.2011). In the Research Procedure QPB4 "Determination of activity concentration of plutonium – 239, 240 and 238" described procedure in case of determination of this element in the samples of soils and sediments (edition 5 of 24.11.2011).

4. Registration to the PCA application to extend accreditation range about determination of activity concentration of strontium-90 and uranium - 238, 234, 235 in waters:

On 19 December 2011 an application for extension of accreditation range of Radiochemical and Spectrometric Analyses Laboratory was submitted in the Polish Centre for Accreditation. Laboratory extended the range of accreditation about determination of activity concentration of strontium-90 in waters, uranium - 238, 234, 235 in waters and in milk and dairy products, plutonium 239, 240, 238 in soils and sediments.

5. Conduct of internal audits by authorized personnel of CLOR in the duties:

According to a Program of audits for the year 2011 two internal audits were conducted in the Radiochemical and Spectrometric Analyses Laboratory. On 29-30 September 2011 held internal audit No. 1/2011 checking the technical area of management system. On 27-28 October 2011 held internal audit No. 2/2011 concerning general requirements of management system. During audits 3 incompatibilities were written. The Laboratory has taken corrections and corrective action in relation to all incompatibilities written by the internal auditor. Audits have shown that the Laboratory management system is implemented and continuously improved. Internal audits were carried out very carefully, and the auditor presented the areas to improve Laboratory management system.

6. Technical supervision and repair of Laboratory research equipment:

New Canberra spectrometric system for measuring the alpha activity with PIPS detector was purchased. In accredited producers standard solutions Sr-85 and H-3 were purchased. In accredited calibration laboratories the following calibrations were done: the glass liquid thermometer, digital thermometer with sensor, mass standards 1g and 10g, calibration weights 100g and 200g, calibration cylinders 1000ml, 500ml and 50ml. Periodically checking of Laboratory research equipment and auxiliary equipment was performed.



Department of Dosimetry

Monitoring of ^{137}Cs Concentration in Soil, 2010-2011

K.Isajenko, B.Piotrowska, M.Fujak, M.Kuczbajska

(This project supported by the National Environmental Protection and Water Management Fund).

The investigations of the radioactive contamination of soil are performed in the frame of Polish National Environmental Monitoring System. The soil sampling is carried out at the premises of the network of meteorological stations of the Institute of Meteorology and Water Management.

The results of the measurements of soil samples are stored in the computer data base and are used for the preparation of radiological maps of Poland using MapInfo 8.5PL system. The system allows the visualization of the results of the investigation at the sampling points as circle cartodiagrams or extrapolates results of the point measurements to the whole area of Poland (raster maps).

The soil samples were collected at 254 sites and the determination of the concentration of the cesium ^{137}Cs and natural radionuclides (radium ^{226}Ra , actinium ^{228}Ac and potassium ^{40}K) by means of the spectrometric analysis was carried out.

The soil samples were taken in October 2010 with a knife-edge pipe of 7 cm diameter from the 10 cm thick surface layer at six places, at the circumference of the circle of 2 m radius, and in the center of the circle. The measurements of radionuclide concentration in the samples were performed using spectrometers having HPGe detectors, located in low-background lead shielding houses. The time of each measurement was 80000s.

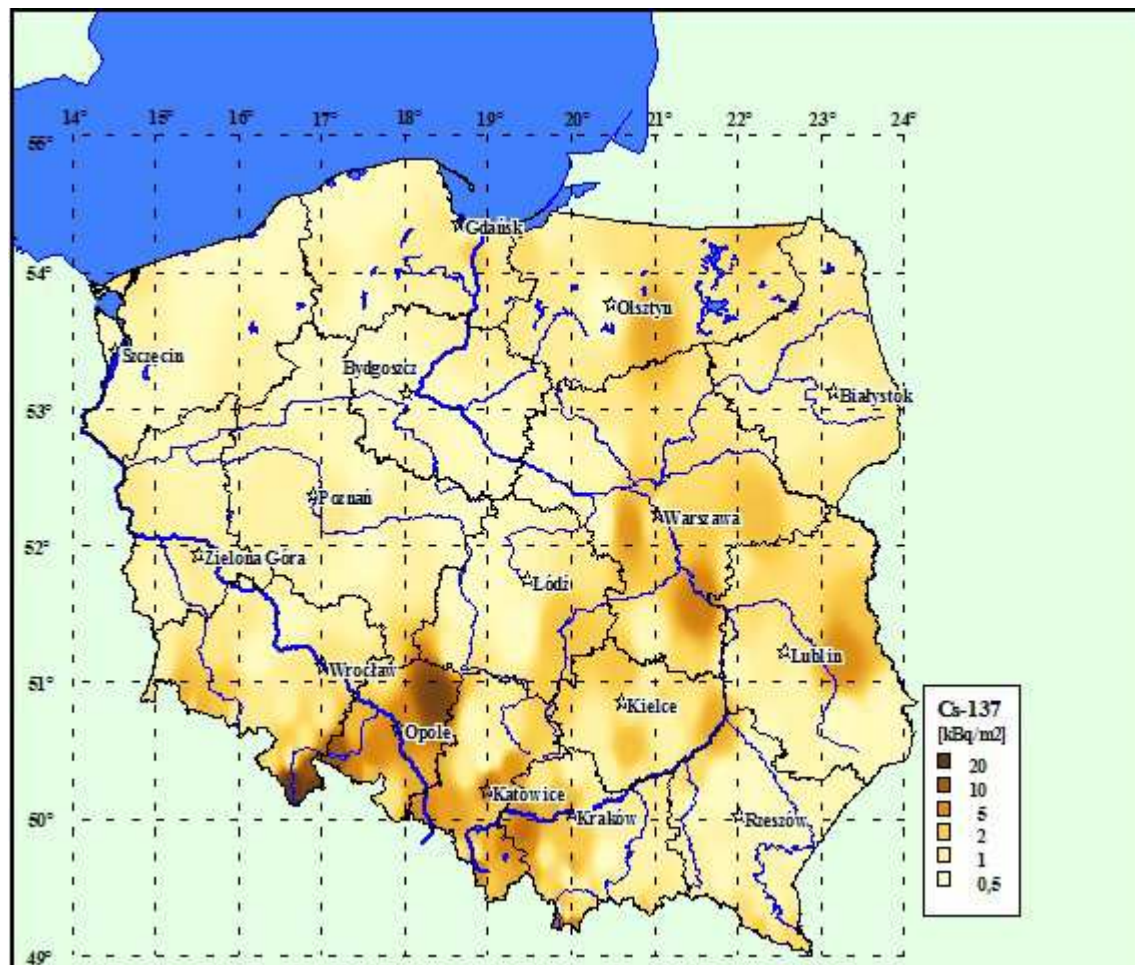
The mean value of ^{137}Cs deposition in Poland is 1.93 kBq m^{-2} , ranging from 0.22 to 23.78 kBq m^{-2} . The radiological map of ^{137}Cs deposition density (raster map) is presented in Fig.1. Such distribution of ^{137}Cs is mainly due to the weather conditions - in particular rainfall - in Poland in May 1986, i.e. in the period immediately after the Chernobyl accident. All results refer to soil samples taken in October 2010.

The mean values of concentration of natural radionuclides in soil in Poland are: for ^{226}Ra - 25.3, for ^{228}Ac - 24.4 and for ^{40}K - 428 Bq kg^{-1} . These values are very close to the world average concentrations ranging 33, 45 and 420 Bq kg^{-1} , respectively [1].

The highest concentration of ^{226}Ra and ^{228}Ac occurs in the southern part of Poland, depending on the geological structure of the country. For instance for the soil sample taken in Szklarska Poręba the concentrations are: 143.2 Bq kg^{-1} of ^{226}Ra and 125.0 Bq kg^{-1} of ^{228}Ac .

Basing upon the measurement results mentioned above the fourth edition of "Radiation Atlas of Poland, 2011" will be released in 2012.

Figure 1. ^{137}Cs deposition in the 10 cm surface layer of soil in Poland, in October 2010



References:

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation:
Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations , New York, 2000.



Operation of High Sensitivity ASS-500 Stations Network

K.Isajenko, B.Piotrowska, I.Kwiatkowska, M.Kuczbajska

In 2011 the ASS-500 aerosol sampling stations were located in Warsaw, Białystok, Katowice, Kraków, Lublin, Gdynia, Wrocław, Szczecin, Sanok, Toruń, Łódź and Zielona Góra (12 stations). Every station is equipped with NaI(Tl) detector placed above the filter. The gamma spectra and other parameters, e.g. the air flow rate through the filter, are transmitted to the station computer and sent to CLOR. Filters from three stations: in Szczecin, Toruń and Zielona Góra are measured in the Dosimetry Department in CLOR. The network of ASS-500 stations belongs to the Polish Early Warning System.

All stations collected aerosols without longer breaks. This resulted in collection of 616 weekly aerosol samples throughout the year. Filters with the deposited aerosol, i.e. the total dust, are kept for at least 2 days in room temperature, then pressed into tablets 50 mm in diameter, and measured with HPGe detectors and multichannel analyzers. The efficiencies of the detectors are in the range from several to 40%. The thickness of the pressed tablets is in the range of 3,1-8,0 mm. In emergency, the filters are measured immediately after sampling is finished.

In 2011 the average mass of the weekly sampled total dust was 3.5 g with a range of 0,8-13,6 g. The average volume of filtered air was 75053 m³, ranging from 14213 to 138231 m³. The wide ranges of the weekly samples of total dust and filtered air are due to different types of electric fans, as well as to various dustiness at the particular sites.

It is assumed that concentrations of radionuclides giving the results lower than the lower detection limit, LLD (confidence level 70%), were at the LLD values, instead of the zero.

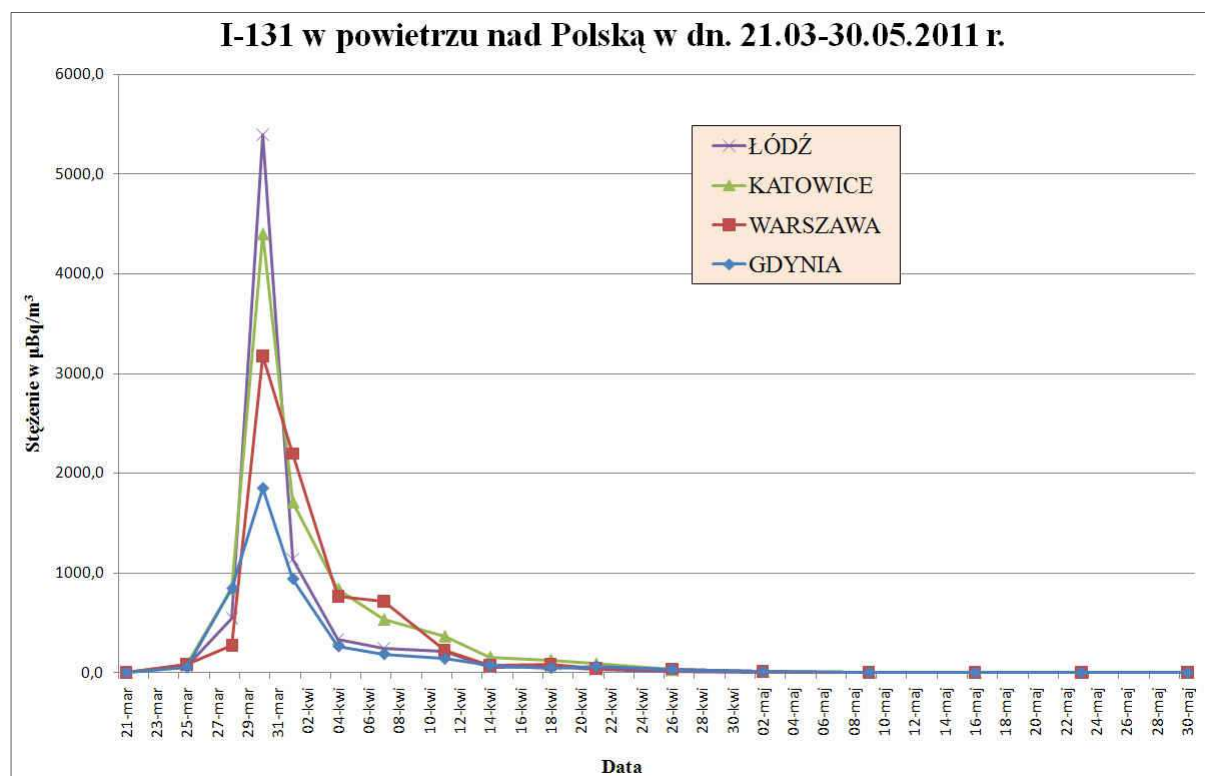
On 11 March, following the 9.0 magnitude earthquake near Japan coast and subsequent tsunami the accident occurred in Fukushima-Dai-ichi Nuclear Power Plant. Around March 23 (Wednesday) the air masses from the Fukushima reached over Poland. In response, the stations began more frequent replacement of the filters (only those stations with the possibility to measure filters on site). The filters were exchanged also on Friday (March 25). During the period mentioned the filters were exchanged at 8:00 AM (not at noon - as in a normal situation). Immediately after replacing the filters were pressed and measured (the first measurement lasted 10-15 thousand seconds to obtain the results same day - this procedure was also used for the following filters (28.03). The filters were measured again after 2-3 days with measurement time 60-240 thousand seconds. The relatively high concentrations of artificial radionuclides (fission products of uranium) - especially iodine-131, cesium-134 and cesium-137 – were detected on the filters collected during the passage of air masses coming from Fukushima Nuclear Power Plant. Table 1 and Figure 1 give the concentration of iodine-131 in the air in the selected locations (Warsaw, Gdynia, Łódź and Katowice).



Table 1. Concentration of radioactive ^{131}I in air at four selected locations

End date of exposure	Radioactive concentration of iodine ^{131}I in air [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]							
	GDYNIA		WARSZAWA		ŁÓDŹ		KATOWICE	
	Concentr.	Error	Concentr.	Error	Concentr.	Error	Concentr.	Error
21-Mar	< 0.6		0.7	0.2	< 0.22		< 0.57	
25-Mar	52.9	2.6	83.9	2.0	65.1	3,2	86,3	3,6
28-Mar	845.2	20.6	271.3	5.5	542.6	9,1	847,3	43,6
30-Mar	1849.8	40.9	3173.0	57.5	5400.0	95,0	4400,0	226,1
01-Apr	939.4	25.0	2196.9	40.2	1139.0	19,0	1709,6	87,9
04-Apr	265.5	9.7	763.1	14.2	338.2	5,6	837,9	43,1
07-Apr	186.3	4.1	712.6	13.4	243.6	5,1	532,7	27,5
11-Apr	139.7	6.2	222.5	4.4	215.6	3,7	365,6	18,8
14-Apr	70.5	3.9	72.1	1.7	52.5	1,0	157,1	8,1
18-Apr	47.1	2.6	81.9	1.9	60.0	2,4	126,3	6,6
21-Apr	63.0	3.3	42.2	1.5	33.7	0,7	89,1	4,6
26-Apr	31.6	1.8	36.9	1.1	16.5	0,5	28,4	1,6
02-May	7.8	0.7	13.9	0.6	6.2	0,3	12,4	0,8
09-May	2.3	0.3	2.9	0.2	1.8	0,1	4,3	0,5
16-May	< 0.7		< 0.75		0.4	0.1	1.3	0,3
23-May	< 0.7		< 0.57		< 0.19		1.4	0.3
30-May	< 0.6		1.7	0.2	< 0.19		< 0.36	

Figure 1. Concentration of radioactive ^{131}I in air at four selected sites [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]





The iodine-131 was present on the territory Poland since 25 March to 26 April 2011. Its concentration reached $5400 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (or $5.4 \text{ mBq}/\text{m}^3$). The maximum concentration was measurement on 30 March in Łódź. The concentration of radioactive iodine ^{131}I at other sites was smaller (Katowice – $4400 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, Warszawa – $3173 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$).

Tables 2 and 3 present the mean values of all measured concentrations of radionuclides in the air volume as well as the collected dust, including the information about sites and weeks of the maximum concentration.

The measurements carried out in 2011 clearly demonstrated that the Polish Early Warning System is sensitive enough to detect even tiny changes in environmental radioactivity, caused by local radiation events, and by comparatively minor releases from distant sources abroad. The network of ASS-500 stations is the only one in Poland that detected the radioactive contamination from the accident Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant.

Table 2. The concentration of radionuclides in the ground-level air, Poland, 2011. Annual summaries.

Radio-nuclide	Concentration, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$		n	Maximum of concentration Location, period	
	Mean $\pm \sigma/\sqrt{n}$	(Range)			
^{137}Cs	7.9 ± 1.4	(<0.04- 493.1)	615	Białystok,	4.04 - 11.04
^{131}I	45.7 ± 9.1	(<0.1-2104.7)	615	Katowice,	28.03 - 4.04
^7Be	3380 ± 70	(470-15650)	615	Szczecin,	9.05 – 16.05
^{40}K	36.2 ± 2.9	(1.4-632.2)	615	Szczecin,	18.07 - 25.07
^{210}Pb	499 ± 21	(<3-5421)	613	Kraków,	19.09 - 26.09
^{226}Ra	6.9 ± 0.3	(0.4-<55.8)	615	Kraków,	7.11 - 14.11
^{228}Ra	1.9 ± 0.1	(<0.1-<24.2)	616	Kraków,	18.04 - 26.04

n = number of results obtained at all sampling sites.

Table 3. The concentration of radionuclides in the total dust, Poland, 2011. Annual summaries.

Radio-nuclide	Concentration in dust, Bq/g		n	Maximum of concentration Location, period	
	Mean $\pm \sigma/\sqrt{n}$	(Range)			
^{137}Cs	0.14 ± 0.02	(<0.002-8.9)	615	Białystok,	4.04 - 11.04
^{131}I	0.8 ± 0.1	(<0.001-34.2)	615	Warszawa,	28.03 - 4.04
^7Be	76.11 ± 1.63	(0.28-318.7)	615	Lublin,	27.06 – 4.07
^{40}K	0.9 ± 0.1	(0.01-27.1)	615	Zielona Góra,	18.07 - 25.07
^{210}Pb	10.3 ± 0.3	(0.1-97.6))	613	Kraków,	19.09 - 26.09
^{226}Ra	0.15 ± 0.01	(<0.01-0.9)	615	Wrocław,	28.03 - 4.04
^{228}Ra	0.04 ± 0.00	(<0.002-0.4)	616	Kraków,	18.04 – 26.04

n = number of results obtained at all sampling sites.

Prototype for the New Ground-Level Atmosphere Aerosol Sampling Station

K.Isajenko, A.Boratyński, W.Chmielewski

In 2011, the Department of Dosimetry CLOR developer prototype of the new station for the collection of aerosols from ground level air. The work was funded by the investment received from National Atomic Energy Agency.

The new station has a draft name NASS-500 (New Aerosol Sampling Station) - after widely known and used ASS-500 station. Picture 1 presents the new station working at the Central Laboratory for Radiological Protection. Two new stations were constructed within the framework of the project. The second station has been installed and run in Lublin (Marie Curie-Skłodowska University).

Fig. 1. *New station NASS-500 designed and produced in the Dosimetry Department of the Central Laboratory for Radiological Protection.*



The main purpose for the development of the new station was to cut the operating costs. The former design of the station was very power-consuming, and under continuously rising costs of electricity had substantial impact in the overall costs of running the station.

The changes implemented to the stations running within the early radioactive contamination detection network:

- single-phase fan (replacing 3-phase fans) having much smaller dimensions and power consumption;
- power inverter controlling the fan– much smaller power consumption;
- atmospheric parameters measurement circuit (temperature and humidity) for controlling the filter heating unit;



THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION YEAR 2011

- air flow stabilization – the air flow rate through filter is constant throughout the whole sampling period (week) – additionally the flow rate can be programmed within the range of 100 to 500 m³/h (and more, but it is not recommended due to the usage of Petrianoff type filter);
- special container for the scintillation detector used for on-line measurements enabling the efficient temperature stabilization;
- cylindrical silencer considerably eliminated the air flow resistance in the station and thus minimized the noise generated by the station;
- ceramic infrared heaters with directed beam allowing more efficient filter drying;
- circuits responsible for air flow measurements are temperature stabilized;
- construction including external mantle is made of acid-resistant steel sheets.

Coming months of operation shall be devoted to pick possible shortfalls of the new station. This is the reason for running one station in Warszawa at the Central Laboratory for Radiological Protection. Unfortunately, the old on-line system (scintillation detector and controller) taken from the older type station was implemented due to the absence of the on-line system elements exchange in the investment application. The investment covered the preparation of the full documentation of the station.

The new stations were included into the existing early radioactive contamination detection network.



The Estimate of the Radiological Situation in the Vicinity of the National Radioactive Waste Repository (KSOP) in Różan and around the Institute in Świerk

K.Isajenko, B.Piotrowska, A.Fulara, I.Kwiatkowska, M.Kuczbajska, W.Chmielewski, A.Boratyński, A.Adamczyk

The estimate of the radiological situation in the vicinity of the National Radioactive Waste Repository (KSOP) Różan focused on:

- gamma radioactivity measurements of the spring waters taken once in a year at the three measuring sites, allowing the detection of artificial gamma radionuclides of activity $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$, measuring the total content of cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) and tritium (^3H) $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$;
- realization of research: the total beta activity measurements of ground water collected by piezometers in eight points twice a year – and when exceeding 1 Bq/dm^3 - the measurement of content of potassium (^{40}K) and determining the content of tritium (^3H) $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$;
- measurements the dose rate in the five points and the collection, measurement and analysis of gamma radioactivity with the determination of the gamma radioactive isotopes : artificial $> 0.7 \text{ Bq/kg}$ (dry mass) and natural $> 2.5 \text{ Bq/kg}$ (dry mass),
- determination by means of gamma spectrometry the content of artificial radionuclides deposited on aerosol filters from air at several $\mu\text{Bq/dm}^3$ twice a year .

The estimate of the situation of radiation in around the Institute in Świerk focused on:

- gamma radioactivity measurements allowing the detection of artificial isotopes in water from the River Świder content $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$ (collected at two sites twice a year) and measurement of the total content of cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) and tritium (^3H) $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$;
- gamma radioactivity measurements of water from the sewage treatment plant in Otwock from one point twice a year and the measurement of the total content of cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) 0.4 Bq/dm^3 ;
- measurement of gamma radiation to detect artificial isotopes in well water taken from two points twice a year for content $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$ and measurement of the total content of cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) and content of tritium (^3H) in each sample $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$, as well as the measurement of a strontium content (^{90}Sr) $> 0.4 \text{ Bq/dm}^3$ in two collective samples (for two points);
- gamma dose rate measurements in the five points, and the collection of grass and soil for further analysis of gamma radioactive isotopes:
 - artificial: $> 1 \text{ Bq/kg}$ is for grass (dry mass); $> 0.7 \text{ Bq/kg}$ for a soil (dry mass);
 - natural: $> 20 \text{ Bq/kg}$ is for grass (dry mass); $> 2.5 \text{ Bq/kg}$ (dry mass).

Vicinity of the National Radioactive Waste Repository (KSOP) in Różan

Spring water

The analysis of the spring water from the vicinity of the National Radioactive Waste Repository (KSOP) in Różan, at three sites resulted in the following:

- no artificial gamma radioactive isotopes having concentration $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$;



- the maximum content of tritium was recorded in a sample of water from point Z3: $2.9 \pm 0.4 \text{ Bq/dm}^3$;
- the maximum content of cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) was found in spring water from point Z2: $8.0 \pm 0.11 \text{ mBq/dm}^3$.

Groundwater

The analysis of the beta radiation in the samples of ground water from around KSOP in Rózan showed:

- the maximum content of tritium in the sample marked 2p (F-1): $13.6 \pm 2.0 \text{ Bq/dm}^3$ –collected in spring, (the highest content confirmed also in samples collected in autumn);
- the largest total beta radioactivity of $0.41 \pm 0.04 \text{ Bq/dm}^3$ (sample 8 p (20P)-a collected in spring) and $0.15 \pm 0.02 \text{ Bq/dm}^3$ (sample 4 p (2 p) collected in autumn).

Soil

The gamma spectrometric analysis of the soil samples from the surroundings of the KSOP in Rózan showed the presence of cesium (^{137}Cs); with more content in collective (summary) sample marked G123MD. The detected activity concentration amounted to $31.3 \pm 0.55 \text{ Bq/kg}$ for ^{137}Cs .

Atmospheric aerosols

The analysis of the gamma spectra of aerosols collected on the filters showed the lack of presence of artificial radionuclide concentration above few $\mu\text{Bq/m}^3$ in the energy range 40-2000 keV.

The activity concentration of the isotopes identified in both samples (RSO and RSOA) i.e. beryllium (^7Be) and lead (^{210}Pb) correspond to average concentration of these isotopes in aerosol samples collected by the ASS-500 station network in Poland.

Exposition dose rate

Exposition dose rate of radiation in the vicinity of KSOP in Rózan is between 80.7 nGy/h at point 5MD to 93.2 nGy/h at point 1MD.

The average exposition dose rate for surroundings of KSOP in Rózan is 86.3 nGy/h .

Vicinity of the Institute in Świerk

Water

The gamma spectrometric analysis of the water samples from the River Świder (WS1 and WS2 samples) and the well water (W106 and W108) didn't found the presence of radioactive isotopes gamma of artificial content $> 0.1 \text{ Bq/dm}^3$.

The iodine ^{131}I was detected in the water samples (WOS sample) collected from the outlet of sewage treatment plant in Otwock (RSD) both in spring and autumn sampling. The activity on the day of sampling:

- $29 \pm 0.006 \text{ Bq/dm}^3$ (spring sampling);
- $0.231 \pm 0.013 \text{ Bq/dm}^3$ (autumn sampling).

The measurements of the tritium (^3H) content in samples of well water and water from the River Świder by means of enrichment of tritium electrolytic method and measurement of



the beta activity using LSC spectrometry showed the presence of tritium at low level. The average value of the tritium concentration in water taken from the vicinity of the Institute in Świerk are:

- river water WS1- 2.3 ± 0.4 Bq/dm³,
- river water WS2- 1.5 ± 0.4 Bq/dm³,
- well water W106- 1.8 ± 0.4 Bq/dm³,
- well water W108- 1.9 ± 0.4 Bq/dm³.

The measurements of the cesium (¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs) content in water samples of water by means of selective sorption of cesium on a fluid quinoline ammonium (AMP) and measuring the β activity showed that in all samples the cesium activity level is low. The largest average content of cesium (¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs) was found in water from the sewage treatment plant in Otwock.

The average value of the activity concentration of cesium (¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs) in water samples were, respectively:

- river water WS1- 0.95 ± 0.18 mBq/dm³;
- river water WS2- 1.06 ± 0.20 mBq/dm³;
- well water W106- 2.66 ± 0.35 mBq/dm³;
- well water W108- 3.63 ± 0.42 mBq/dm³;
- water from sewage treatment plants in Otwock RSD- 5.25 ± 0.5 mBq/dm³.

The analysis of two bulk samples (i.e W106+W106A and + W108A+W108) of well water of spring and autumn for ⁹⁰Sr found the presence of strontium (⁹⁰Sr), with more content in sample W108 + W108A at the level of 17.9 ± 0.49 mBq/dm³.

Soil

The gamma-spectrometric analysis of soil samples from the vicinity of the Institute in Świerk showed the presence of cesium (¹³⁷Cs) in all samples ranging from 0.55 ± 0.5 Bq/kg (04MD) to 13.1 ± 0.24 Bq/kg (sample 05MD).

Grass

The gamma-spectrometric analysis of grass samples from the vicinity of the Institute in Świerk found the presence of cesium (¹³⁷Cs) in all samples within the range of 0.18 ± 0.10 Bq/kg (sample 03MD) and 5.98 ± 0.21 Bq/kg (sample 05MD).

Exposition dose rate

The exposition dose rate around the Institute in Świerk falls within the range from 56.57 nGy/h in point 05MD to the value 72.86 nGy/h point 02MD having the mean value equal to 65.38 nGy/h.



The Quality Assurance System in the Accredited Natural Radioactivity Laboratory Regarding the Research of Radium Ra-226, Thorium Th-228 and Potassium K-40 Reference Source

K.Isajenko, B.Piotrowska, I.Kwiatkowska, M.Kuczbajska, A.Kiełbasińska

The specific scope of tasks for the year 2011 comprised:

- technical supervision over the equipment of the Laboratory and performing of the periodical calibration of the spectrometers;
- improving the management system in the Natural Radioactivity Laboratory regarding the measurements of the natural radioisotopes: Ra-226, Th-228 and K-40 in raw and building materials;
- performing the accreditation audit by the PCA;
- performing two internal audits (technical and comprehensive).

In 2011 the calibration of the spectrometers of AZAR and MAZAR types was performed in the scope of the technical supervision over the equipment of the Laboratory.

The update of the documentation of the management system, i.e. the Quality Manual and the Research Method Manual was performed in the frame of the continuous improvement of the management system. The changes regarded the introduction of the corrections after the audits and after the survey of the management. After introducing the changes the staff was trained in the scope of the norm PN-EN ISO/IEC 17025 items 4.12 and 4.13 i.e. preventive actions and supervision over the records.

In 2011, one person has participated on two external training on Improving laboratory management system in terms of the requirements of PN-EN ISO/IEC 17025: 2005 organized by the Office of Quality Management, Environmental and HEALTH and SAFETY at WORK.

12 training internal curricula were conducted for the entire staff of the laboratory: custody of documents and records, internal audits, management reviews, analysis of uncertainties, ensure the quality of the measurements results and customer service.

The PCA auditors performed the evaluation in the laboratory in May 2011. Four non-compliant issues were found during the audit:

- One major issue:
 - Noncompliance of the confirmation of the order with the contents of the report;
- Three medium issues:
 - Policy and procedure QPO5 "the matter of complaints the customer" issue 3 of 10.01.2011 and Paper quality p. 7.5 does not provide for the handling of complaints from other parties;
 - Containers for tests according to procedures QPB2 are not tight;
 - The test sample by QPB2 procedures does not meet the requirement to fill the investigation material containers.

The discrepancies were removed by the end of June 2011.

In 2011 one review of the Management and internal audit were carried out.

The objectives of the review of the management were achieved.



Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in Years 1980-2011

B. Piotrowska, K. Isajenko, I. Kwiatkowska, M. Kuczbajska, A. Kiełbasińska

The evaluation of raw and building materials in terms of the presence of radioactivity concentration is based upon the criteria published in the Ordinance of the Council of Ministers of 2 January 2007, (Journal of Laws No 4 pos. 29) "on the requirements regarding the content of natural isotopes of potassium, K-40, radium Ra-226 and thorium Th-232 in the raw materials and the materials used in buildings intended for the dwelling of people and livestock, and also in the industrial waste used in buildings and control the content of these isotopes". The regulation classifies the possibility to apply different raw materials and building materials in different types of housing by specifying two parameters:

- the qualification coefficient f_1 - specifies the content of natural isotopes in the tested material and is the coefficient of exposure to whole body gamma radiation.
- the qualification coefficient f_2 , - specifies the content of radium (^{226}Ra) in the test material and is the coefficient of the exposure of the epithelium of the lungs to radiation emitted by the decay products of radon Alpha collected together with air by the human respiratory system.

In 2011 the Laboratory for Measurements of Natural Radioactivity completed studies and developed opinions on application of building and raw materials for the 81 samples originating from different regions of the country. They were for example: mixture ash-slag (30 samples), boiler slag (17 samples) and mixtures of dust-slag (6 samples), rock materials (14 samples) and another 14 samples.

In 2011 the new database for storing the results of radioactivity of natural raw and building materials and preparation of different types of statements (the previously used dBase III database was stopped) was implemented.

Since 1980 to the end of 2011 40664 samples were recorded into Polish national database of raw and building materials. In 2011 1385 sample records were added, including:

- | | |
|---|------|
| 1. the results of raw materials of natural origin: | 86 |
| 2. the results of the building materials industrial origin: | 427 |
| 3. the results of building materials: | 872. |

In 2011 fewer excess of the limit values defined by the qualification coefficients of $f_1 = 1.2$ or $f_2 = 240 \text{ Bq/kg}$ for housing and utilities were registered in comparison with the year 2010. The excess regarded 12.7% fly ashes, 1.4% of the batch of ashes of the volatile mixture of ash and gas desulphurization products, cement and 14.3% of cements and 3.4% of building ceramics produced in 2011.

Figures 1-6 show the changes in the average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for several selected raw and building materials (Fig. 1-clay and silt, Fig. 2 – ashes, Fig. 3 – boiler-slag ashes, Fig. 4 - cements, Fig. 5-concrete, Fig. 6- building ceramics) in the years 1980-2011.

Fig. 1 Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for clay and gravelly in the years 1980-2011

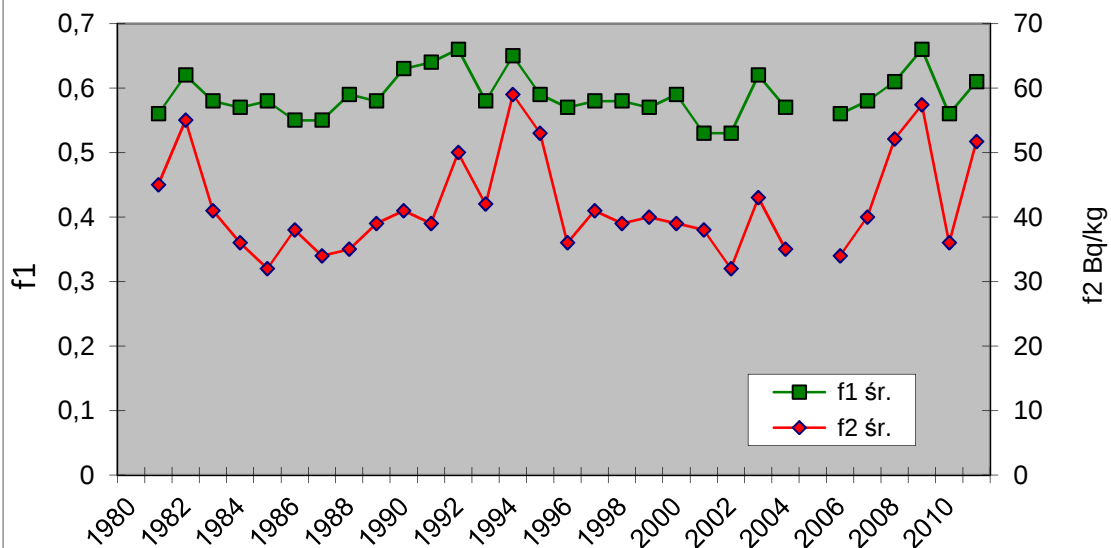


Fig. 2 Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for ashes in the years 1980-2011.

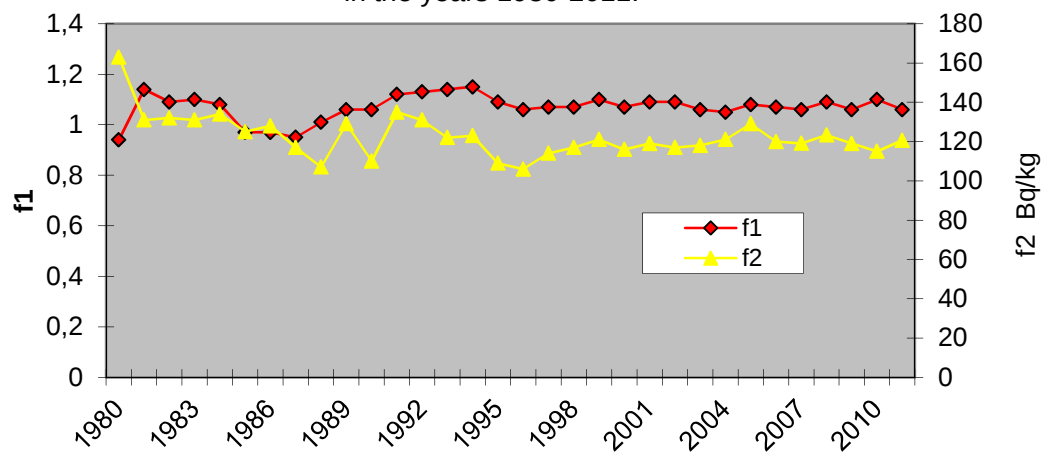


Fig. 3 Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for ash-slag boiler in the years 1980-2011.

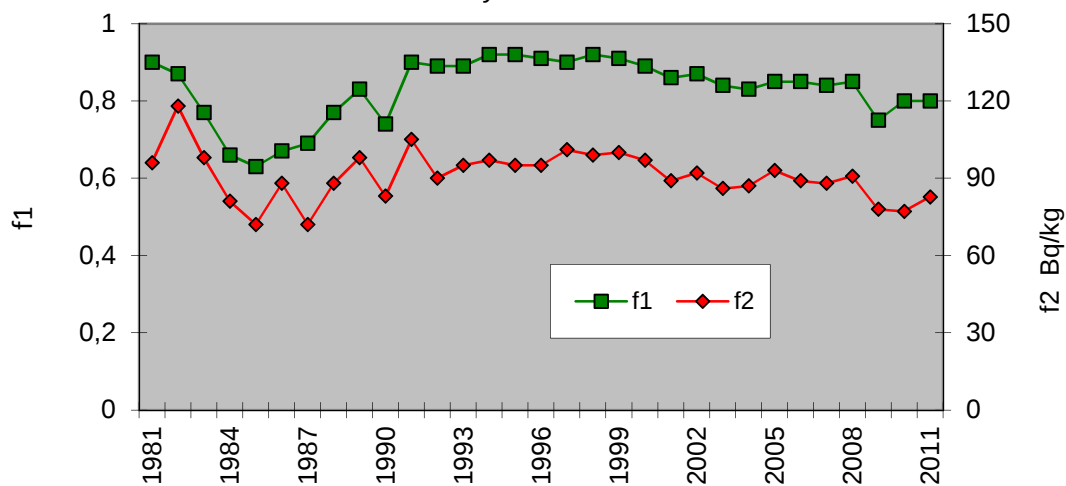


Fig. 4 Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for cement in the years 1980-2011

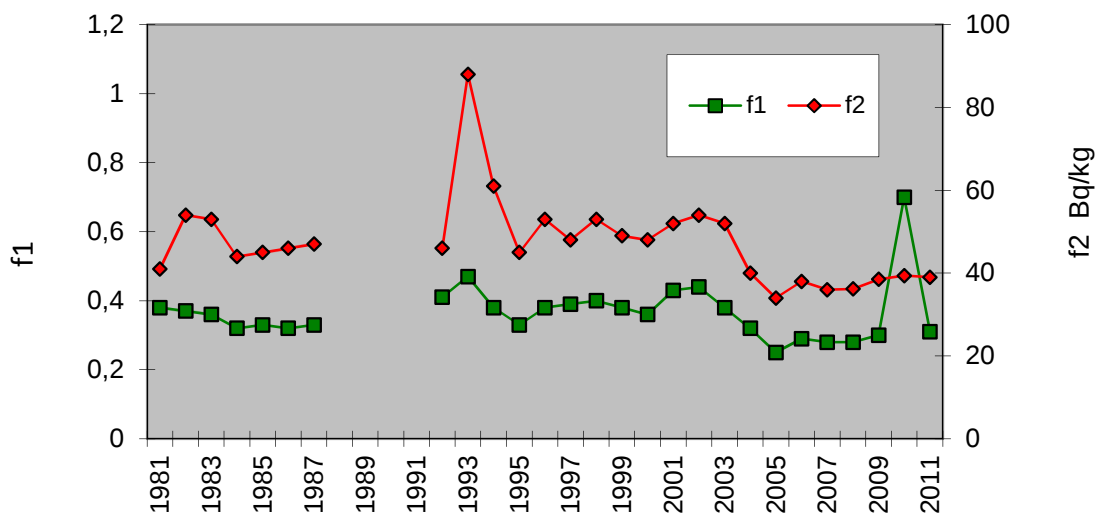


Fig.5 Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for concrete in the years 1980-2011.

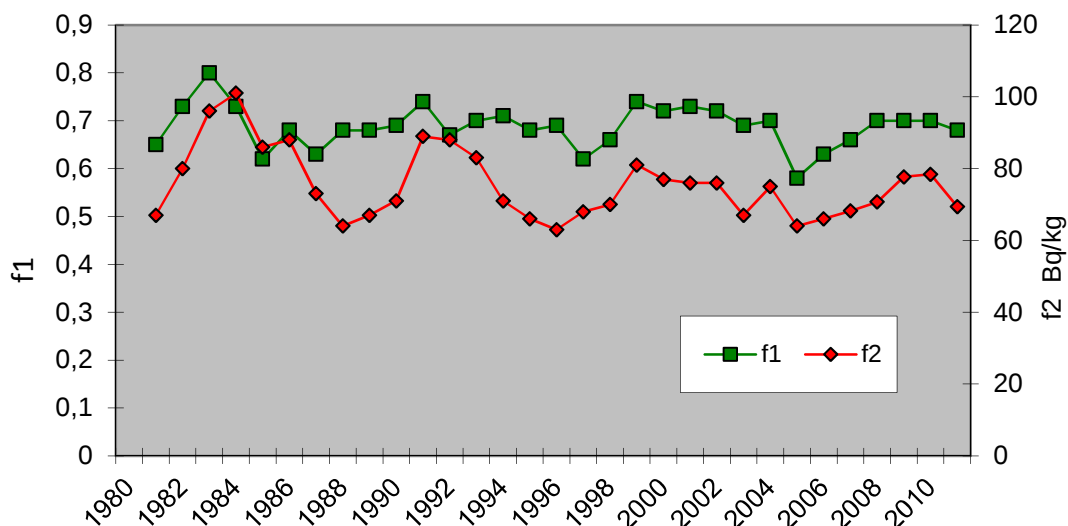
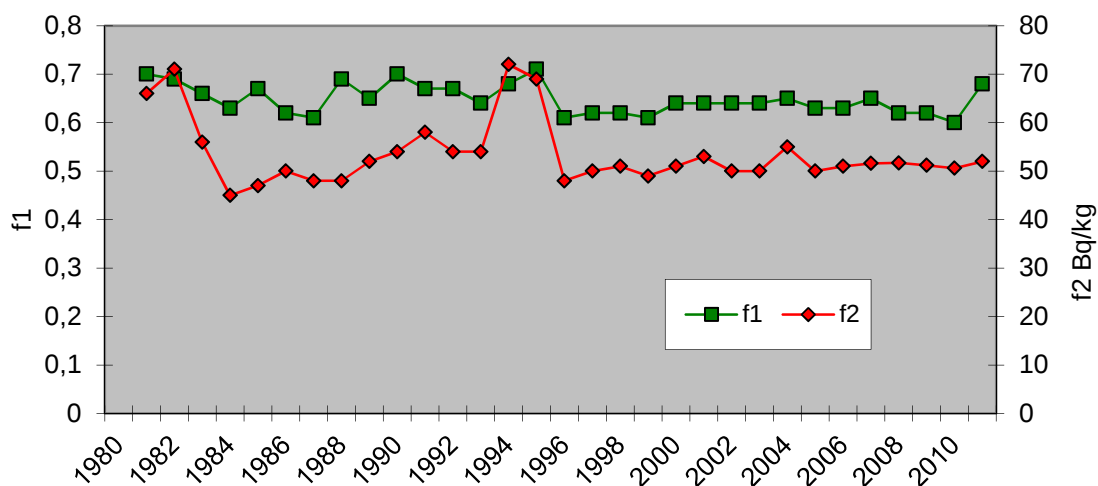


Fig. 6 Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for ceramics building in the years 1980-2011.



The analysis of the average values of the qualification coefficients of f_1 and f_2 of the entire database specified for dwelling construction and public service in the years 1980-2011 it can be noted that:

- the trend of average values of the measured qualification coefficients of f_1 and f_2 for raw and building materials remained constant for the last years.
- 100% raw materials of natural origin is applicable for dwelling construction in 2011 (as in previous years).



THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION YEAR 2011

- in 2011 fly ashes were found less admissible, among measured raw materials of industrial origin, taking into account the qualification coefficients, for dwelling construction.
- 14.3% of cements were not authorized for use in dwelling construction among the ready-to-use building materials produced in 2010 year.

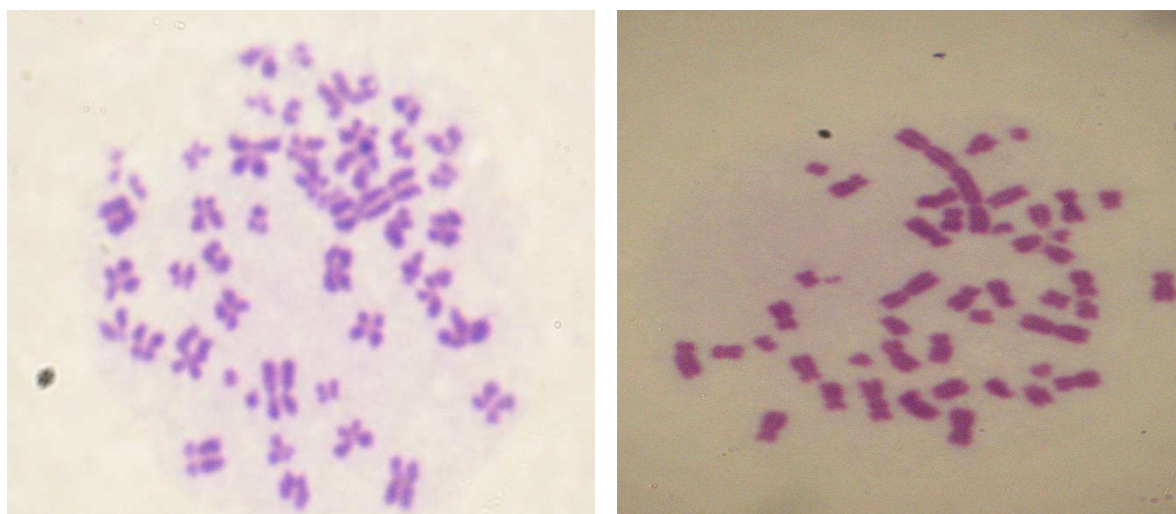
Department of Dose Control and Calibration

Establishment of ^{192}Ir Iridium γ -Ray Dose-Response Curve for the Lymphocyte Dicentric Assay for Estimating Absorbed Doses in Cases of Radiation Incidents in Industrial Radiography

M.Kowalska, K.Golnik, K.Szewczak

The most common radiation incidents are in industrial radiography using X rays or γ rays from isotopic sources. In the case of accidental overexposure to ionizing radiation, which may occur, the lymphocyte dicentric assay is the most sensitive and specific biomarker of an absorbed dose to an exposed individual. By the use of cytogenetic techniques the dicentrics in peripheral blood lymphocytes are quantifiably measured at the metaphase step of the cell cycle (Fig.1) and converted to the whole body radiation dose received by an individual by inverse interpolation from a dose-response curve established in vitro. In order to establish a such curve, samples of the whole peripheral blood from control, non-irradiated donors are exposed to several doses of an appropriate reference radiation, under the support of reliable and accurate physical dosimetry. The exposure of blood lymphocytes in vitro and in vivo produces similar frequencies of dicentrics per grey (Gy). These frequencies are, however, affected by the linear energy transfer (LET) and the relative biological effectiveness (RBE) of any particular radiation. Therefore, the calibration curve must be established for the type of radiation which is the same, or very similar, to that of the radiation being studied. The aim of the present paper is to display the work for setting up at CLOR the calibration curve for the lymphocyte dicentric assay for γ -rays from a ^{192}Ir iridium source. This isotopic source is commonly used in industrial radiography due to wide energy spectrum of photons emitted from ^{192}Ir .

Figure 1. The pictures represent two abnormal metaphases containing one dicentric chromosome and one tricentric chromosome, which is assumed to be an equivalent to two dicentrics. These pictures are taken from CLOR's in vitro dose-response experiments with ^{192}Ir γ rays.



Heparinized whole blood from two healthy donors of both sexes was used for in vitro ^{192}Ir irradiation. The blood samples were irradiated at room temperature using the Gammamat TSI-3 industry standard γ -ray projector containing the ^{192}Ir source with an activity 2 644 GBq at the time of irradiation. The dose rate at the distance of 15 cm between the source and the



sample was calculated to be 0.113 Gy/min. The samples were irradiated for: 1'30"; 2'57"; 4'25"; 6'; 12'24"; 18'36" and 24'48", respectively, and received doses of 0.175; 0.35; 0.52; 0.7; 1.4; 2.1 and 2.8 Gy. The dose in same blood sample was measured using TLD dosimeters, attached from the bottom of the tubes with the blood. A control blood was kept at the same room temperature for the same period of time but received no radiation dose.

Just after irradiation, the samples were transported back to the Central Laboratory, where were incubated at 37°C for 2 hours to permit DNA repair processes to take place. From each sample, two whole blood cultures were set up as insurance against poor yields of metaphases of the first cell cycle in vitro. Lymphocytes were cultivated for 48 hours, at 37°C in a 95% air plus 5% CO₂ incubator, in PB-MAXTM Karyotyping medium (Gibco Invitrogen GmbH, Germany) containing liquid RPMI 1640 medium, 15% (v/v) foetal bovine serum, gentamicin sulphate at 35 µg/ml, 2 mM L-glutamine, 1% (v/v) phytohaemagglutnin (PHA) and 1% sodium heparin (Sigma-Aldrich). After 24 hours of lymphocyte stimulation with PHA, colcemid (Gibco Invitrogen GmbH, Germany) was added to a final concentration of 0.05 µg/ml to stop cell cycle progression in first division metaphases. Finally, the cells were harvested by centrifugation of the samples, re-suspended for the hypotonic shock in 0.075M KCl for 20 min at 37°C, fixed 3 times in methanol-glacial acetic acid (1:3), dropped on clean glass slides and stained with 5% Giemsa in a Gurr buffer (Gibco Invitrogen GmbH, Germany) for dicentric analysis. Scoring of aberrations was performed by two experienced scorers directly at the optical microscope (Nicon eclipse E200 or Zeiss). Dicentrics were scored in well spread metaphases with 46 centromeres and long enough chromosomes to recognize clearly multicentric chromosomes and associated acentric fragments.

The results of dicentric scoring in control and irradiated lymphocytes of both donors were pooled for each dose and shown in Table 1. To test the homogeneity of blood sample irradiation, the dispersion index (σ^2/Y), which is equal to the ratio of variance to dicentric frequency, was calculated at each radiation dose. If the dispersion index equates to 1 it can be presumed that irradiation was uniform and dicentrics are distributed according to Poisson distribution. In addition, the U-test was used to acquire statistical evidence of whether the ratio σ^2/Y differs significantly from 1. The magnitude of the test quantity U, which is between values of -1.96 and 1.96, relates to Poisson distribution.

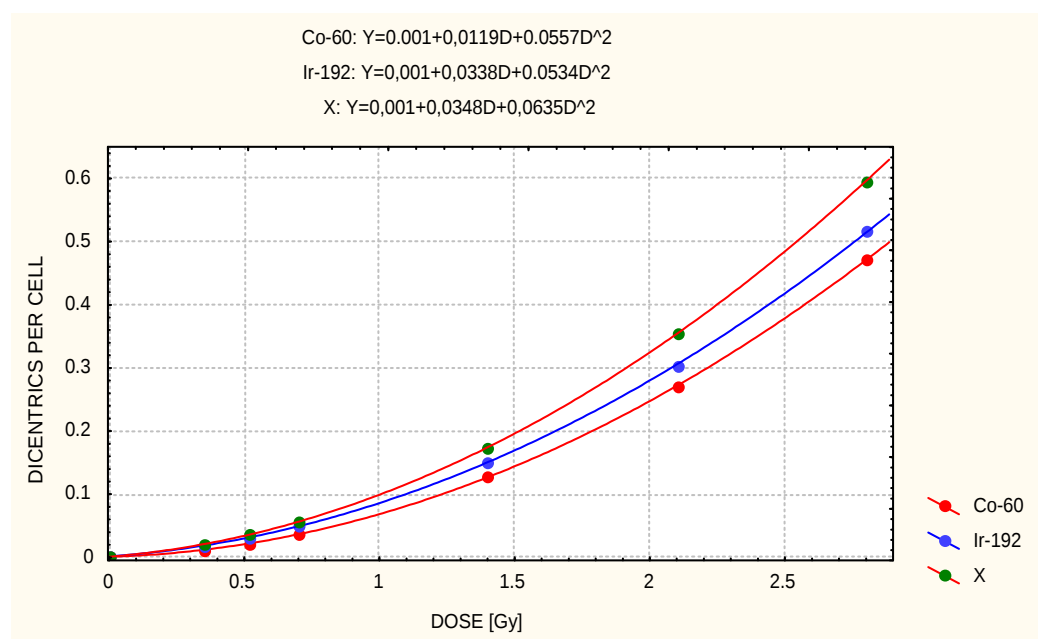
Table1. **Distribution of dicentrics in lymphocytes of both donors exposed in vitro to ¹⁹²Ir gamma rays**

Dose [Gy]	Number of cells (N)	Number of cells with 0 1 2 3 dicentrics				Number of dicentrics (n)	Frequency of dicentrics (Y=n/N)	σ^2/Y	U
0	2000	1998	2	0	0	2	0.001	0.9995	0.0224
0.175	515	510	5	0	0	5	0.01	0.9922	0.1395
0.35	539	533	8	0	0	8	0.011	0.9907	-0.1670
0.52	287	281	6	0	0	6	0.021	0.9825	0.2290
0.7	625	590	33	2	0	37	0.059	1.0933	1.6768
1.4	660	571	84	3	0	96	0.145	1.0436	0.7161
2.1	1000	712	251	31	6	331	0.331	0.9607	-0.8797
2.8	553	341	163	44	5	266	0.481	0.9643	-0.5935

The dicentric data in lymphocytes irradiated with ^{192}Ir γ rays were fitted to a linear-quadratic model for dicentric formation by low-LET radiation, $Y = c + bD + aD^2$, where Y is the frequency of dicentrics, D absorbed dose, and c , b and a fitted coefficients representing, respectively, the mean dicentric frequency at zero dose, the slope of the dose-response curve at low doses and the curvature of the curve at high doses. The biophysical interpretation of the linear-quadratic model is that two DNA lesion on two chromosomes are required for producing a dicentric aberration, and these DNA lesions may arise from one or two independent tracks. Thus the frequency of dicentrics produced by single tracks is proportional to the dose of radiation (bD) and the frequency of dicentrics produced by two tracks is proportional to the square of the dose (aD^2). The one track formation of dicentrics is more frequent at low radiation doses. However at high doses the majority of dicentrics will be produced by two tracks. Therefore, the ratio of the linear coefficient (b) to the ratio of the quadratic coefficient (a) is equal to the radiation dose at which the contribution of one track-induced dicentrics is equal to the contribution of two track-induced dicentrics.

The objective of fitting the dicentric data was to determine those values of the coefficients c , b and a , which best fit the data points. To determine the best-fit coefficients the computer program CABAS and the maximum likelihood method were used, assuming that dicentrics are distributed between cells according to a Poisson distribution. The dose-response calibration curve of best fit to data points is shown in Figure 2. In the same figure are presented CLOR's dose-response calibration curves for ^{60}Co γ rays and X rays that were produced with a tube voltage of 243 kV and filtered by 4mm aluminum + 1,62 mm copper. As may be seen, the ^{192}Ir calibration curve is located between the curves for ^{60}Co and X rays. This is an indication for the systematic change of the dicentric frequency per dose with both the mean photon energy and the RBE of the particular radiation.

Figure 2. CLOR *in vitro* dose-response calibration curves for the induction of dicentrics in human lymphocytes irradiated with ^{60}Co γ rays, ^{192}Ir γ rays and X rays.



The best-fit coefficients of all our calibration curves are given in Table 2, together with a maximum low-dose relative biological effectiveness (RBE_{max}) for the dicentric induction. The values of RBE_{max} were derived from the ratio of initial slopes (b coefficients) for the radiation being tested and the reference radiation. With ^{60}Co γ rays as the reference radiation,



the obtained RBE_{max} values were found to be higher by a factor 2,8 for ^{192}Ir γ rays and by factor 2,9 for X rays.

Table 2. Values of coefficients of linear-quadratic model with respective standard deviations and derived values of RBE_{max} for the induction of dicentric in human lymphocytes irradiated with ^{192}Ir γ rays, ^{60}Co γ rays and 243 kV X rays filtered by 4mm aluminum and 1,62 mm copper

Type of radiation	Mean energy of photons [MeV]	$c \pm SD$	$b \pm SD$	$a \pm SD$	RBE_{max}
^{192}Ir	0.380	0.0010 ± 0.0007	0.0338 ± 0.0103	0.0534 ± 0.0056	2.8
^{60}Co	1.2	0.0010 ± 0.0004	0.0119 ± 0.0027	0.0557 ± 0.0016	1
X	0.122	0.0011 ± 0.0004	0.0348 ± 0.0034	0.0635 ± 0.0019	2.9

In 2009 a worker was accidentally overexposed to γ rays from a 2.63 TBq ^{192}Ir industrial radiography source, which had become detached and must have been returned to the shielded container. Since no dose-response calibration curve for ^{192}Ir was available at that time at CLOR, the ^{60}Co calibration curve was used for cytogenetic dose reconstruction. The dose estimated for the dicentric frequency of $7/1400 = 0.005$ dic/cell was no more than 0.32 Gy (95% upper confidence limit) and no less than 0.06 Gy (95% lower confidence limit) with a mean of 0.18 Gy, whereas the mean dose received on the basis of physical reconstruction of the accident was found to be 0.09 Gy. Using the calibration curve for the ^{192}Ir rays γ significantly reduced the difference between biological and physical dose values, because the biologically estimated mean dose was equal to 0.10 Gy, with the 95% confidence interval of 0.03-0.21 Gy.



Development of the Methodology for Secondary Standard Neutron Calibration Facility Establishment

K.Szewczak

The basis of the work was starting the neutron calibration stand, systematically applicable to the calibration of active and passive neutron dosimeters. The work was a continuation of activities started in 2010. Currently, the neutron station equipment includes the following elements:

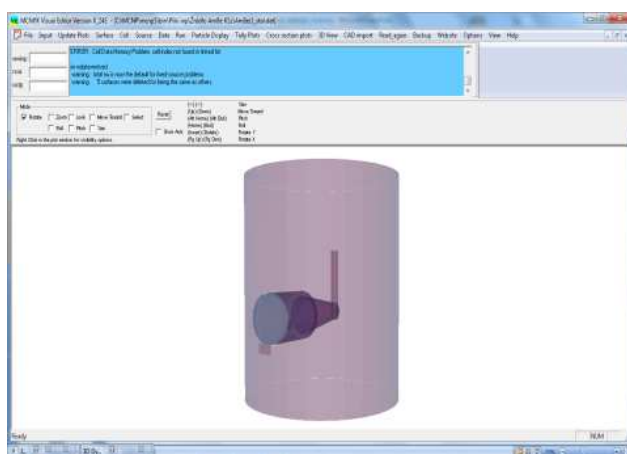
- Am-Be neutron source activity 185 GBq and neutron emission of $1.1 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$
- Round calibration table
- Device for detecting neutrons, type FH40G with neutron probe type FHT 752SH
- RUM-1 instrument with a probe-type SPNT-3 (BF₃ proportional counter surrounded by ceresin moderator)
- Water phantom

In 2011 international standards about neutron dosimetric instruments calibration were purchased:

- ISO 8529-1 Reference neutron radiations - Part 1: Characteristics and methods of production
- ISO 8529-2 Reference neutron radiation - Part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic Quantities characterizing the radiation field
- ISO 8529-3 Reference neutron radiation - Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of Their response as a function of neutron energy and angle of incidence.

Initiated research related to Monte Carlo simulation methods using MCPN code were started. For this purpose, was obtained a license to the software MCNP5/MCNPX allowing a simulation to determine the value of the standard neutron flux.

Figure 1. Example of MC simulation using MCNP code



Following a review of scientific proposals was decided to purchase the reference instrument Berthold consist of LB 123 radiometer UMO and neutron probe type LB 6411.



**THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011**

The measuring range of the instrument is from 30 nSv/h to 100 mSv/h and the energy range is between 10 MeV and 20MeV.

Development and Implementation of the Methodology for the Measurement of $H_p(10)$ and $H_p(0.07)$, and the Methodology to Assess Environmental Doses in Mixed Gamma, Beta and X-ray Field Performed with Thermoluminescent Detectors

K. Szewczak, M. Wasek

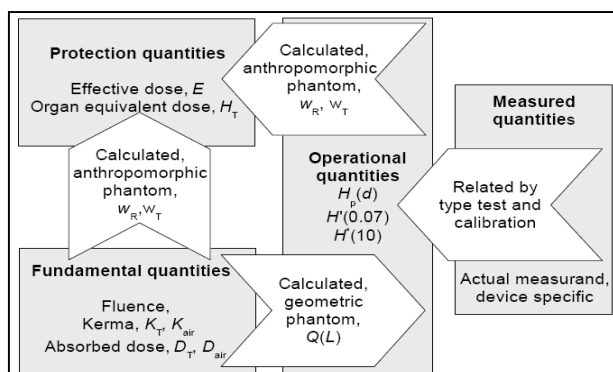
The work was a continuation of the actions from 2010 when as aim a complementation of the TLD method by individual dose equivalent measurements was pointed.

In 2011 listed action joined with the subject was picked up:

- measurements of beta radiation from Sr-90 and Kr-85
- supply of the arm phantom compatible with PN-ISO 4037 norm
- finish a data base and implementation www customer service
- electronic signature of the Reports
- methodology of $H^*(10)$ assessment

Actually connection scheme between operational and fundamental quantities was shown in Figure 1.

Figure 1. Connection scheme between operational and fundamental quantities



The method for $H_p(10)$ estimation for gamma radiation is based on dosimeters calibrated on the slab phantom according to PN-ISO 4037 standard requirements. The dose measured by the dosimeters is reported in individual dose equivalent $H_p(10)$ [Sv]. Analogy by calibration on finger phantom of the rings dosimeters a measured dose is on notation of individual dose equivalent $H_p(0.07)$. Calibration factors used for ambient dose equivalent measurements are based on read out of the calibration dosimeters irradiated in free in air. A reference value of kerma in air in all cases is measured by reference instrument UNIDOS electrometer with ionization chamber with 30ccm. To obtain values of $H_p(10)$, $H_p(0.07)$ and $H^*(10)$ adequate coefficients basing on PN-ISO 4037 standard were used.

Two standard sources Sr-90 and Kr-85 were recalibrated in PTW - Germany for Beta Secondary Standard 2 purpose. According to received certificate it is possible to use BSS2 in range of dose rate for Sr-90 from 15 mGy/h to 311 mGy/h and for Kr-85 60.9 mGy/h. Preliminary measurements performed with SmartIon instrument gives response equal 0.83 ± 0.15 . It is with good agreement with value given by manufacturer 0.81.



Assurance and Support of the Quality System in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments

A.Kudynowska, K. Wołoszczuk

On 7th of March in Central Laboratory for Radiological Protection the seminar "Assurance and support of the quality system in Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR)" was held and presented by A.Kudynowska, K.Wołoszczuk and M.Piekarz.

Outline of talk:

- internal and external audits,
- the outcome of audits,
- document control,
- personnel,
- organization,
- management reviews.

On 6-7 June 2011 the external audit took place. In result, 8 disagreements were drawn up i.e.:

- 1 disagreement in management section,
- 7 disagreements in technical section,

in addition 17 observations were drawn up:

- 11 in management section,
- 6 in technical section.

During the external evaluation under Polish Centre for Accreditation (PCA) supervision a new range of accreditation had been made.

During the evaluation PCA auditor noted the strengths of the Laboratory, i.e.:

- transparency of the documentation,
- competence of the personnel,
- the effectiveness of the corrective actions,
- the effectiveness of training and improvement activities.

Accreditation of the Laboratory has been extended to November 2015 in following field of accreditation - 18. Ionizing radiation and radioactivity (subdomains 18.01, 18.02, 18.03).

The laboratory documentation consist of 18 Management Procedures, 13 Technical Procedures and 4 Instructions, all listed in Annex 6.2 to Quality Book. Documents are periodically reviewed and revised to ensure continuing suitability and compliance with applicable requirements.

During the last year personnel of the Radon position has change. New specialist participated in courses delivered by the Polish Centre for Accreditation (PCA) which referred to ISO standard and accreditation requirements.

On the 27th of May 2011 the management review took place. The review concerned:

- the implementation of the findings of previous management review,
- the suitability of policies,
- the suitability of procedures,



THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION YEAR 2011

- the outcome of recent internal audits,
- assessments by external bodies,
- corrective and preventive actions,
- the results of interlaboratory comparisons,
- reports from managerial and supervisory personnel,
- customer feedback,
- complaints,
- trainings,
- quality control activities.

The management established goals for the next year:

1. Improving management systems in the area of cooperation with the customer.
 - implementation of the invoices in the E-nova system,
2. Modernization of X-ray tube cooling system.
 - development and implementation a cooling system.
3. Improving the management system in the area of calibration of dosimetric instruments.
 - development of a database of calibrated instruments.
4. Expanding the scope of accreditation in beta radiation field.
 - development of irradiation methodology with the use of beta-particle sources,
 - application to PCA for expanding the scope of accreditation.



Assurance and Support of the Quality System in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments Radon Position - Activities and Technical Maintenance

M. Piekarz, K. Mamont-Cieřła Technical supervision and maintenance of the chamber and its equipment

In 2011 we performed the following activities related to the service of LWPDiR equipment: routine maintenance tasks associated with charging of portable devices, checking the accumulator in AlphaGUARD monitor and the test of air tightness of the chamber.

Also the following checking was done:

- reading of reference devices (AlphaGUARD PRO, RPPSS), AlphaGUARD monitor and Rn WL meter, in fixed and repeatable conditions of radon, radon progeny and aerosols concentration, in normal climatic conditions.
 - measurements of background, flow rate and counting efficiency of the detector (RPPSS)
 - measurements of flow rate and efficiency of the detector (Rn WL meter)
2. Improving the quality system in LWPDiR at scope of radon devices calibration, radon detectors exposition and short-lived radon progeny devices calibration:
- updating and supplementing documents, forms and cards which are part of the management system of LWPDiR,
 - implementation correction and corrective action in response of incompatibility, which were noted during the audit in surveillance on the 7th of June 2011.



Assurance and Support of the Quality System in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments Gamma, X-ray and Surface Contamination Positions – Activities and Technical Maintenance

K. Wołoszczuk, K. Ciupek

The Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR) in the Central Laboratory for Radiological Protection has got accreditation certificate since 2003 to calibrate individual and environmental radiation measurement instruments. Frequency of calibration is given by a decree 'Dz.U. z 2002r. No. 239, pos. 2032' according to which each dosimetric instrument has to be calibrated not less than:

- once in a 24 months – in case of having control radiation source,
- once in a 12 months – in case of not having control radiation source.

Calibration in gamma radiation scope take place on the two stands: GAMMA-1 and GAMMA-2.

The former stand has 3 sources: Co-60, Cs-137 and Am-241. Instruments on this stand are calibrated in the range (values related to kerma rate in the air) to:

- 6 000 $\mu\text{Gy/h}$ for Co-60
- 100 000 $\mu\text{Gy/h}$ for Cs-137
- 20 $\mu\text{Gy/h}$ for Am-241

The latter stand has 8 sources of Co-60 and 5 sources of Cs-137. Instruments on this stand are calibrated in the range (values related to kerma rate in the air) to:

- 200 $\mu\text{Gy/h}$ for Co-60
- 4 000 $\mu\text{Gy/h}$ for Cs-137

Corresponding standard values are obtain by:

- distance between source and instrument,
- choice of source with suitable activity (for GAMMA-2),
- using absorbers (for GAMMA-1).

X-ray calibration scope consist of:

- X-ray Calibration Unit - Pantak, type HF320,
- calibration bench 8 m length, constructed by CLOR and MIKRO System, Poland,
- additional equipment and accessories: laser alignment system, TV equipment.

The ISO 4037-1, 2 and 3 contains general requirements for narrow and wide spectrum:

- narrow spectrum series: N-40, N-60, N-80, N-100, N-120, N-150, N-200, N-250, N-300, mean energy: 33 keV, 48 keV, 65 keV, 83 keV, 100 keV, 118 keV, 164 keV, 208 keV and 250 keV;
- wide spectrum series: W-60, W-80, W-110, W-150, W-200, W-250, W-300, mean energy 45 keV, 57 keV, 79 keV, 104 keV, 137 keV and 208 keV.

In the LWPDiR, surface contaminations measurement instruments are also calibrated.

Three β -radioactive sources are used (C-14, Cl-36, Sr-90) and one α -radioactive – Am-241.



THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION YEAR 2011

In 2011 Laboratory received 660 contracts for calibration of more than 50 types of instruments. 140 calibrations were made for surface contaminations measurement instruments. 871 certificates were made out, in this:

- 569 calibration certificates for gamma dose rate,
- 251 calibration certificates for surface contamination monitors,
- 34 calibration certificates for X-ray dose rate,
- 17 unserviceable protocols.

Most often calibrated:

- instruments were RK-67, EKO-C and RKP-1,
- individual dosimeters were ISOTRAK and STEPHEEN,
- instruments with ionization chamber were EKO-K, RGD and VICTOREEN,
- instruments with proportional counter was FH,
- probes with scintillation counter were SSU and SGB-D.

Approximately 80% calibrated instruments in LWPDiR had Geiger-Müller counter.



The Assurance and Maintenance of the Quality System in the Laboratory of Personnel Monitoring for Radiological Protection

M. Wasek

In 2011, for the purpose of assuring and maintaining Laboratory of Personnel Monitoring (PDIŚ) the following activities were performed:

1. Five scheduled internal audits:

- Documents control
- Assessment of absorbed dose - Cytogenetic Doses Reconstruction; Customer Service, Complaints, Technical Requirements
- Claims and Complaints
- Control of the Research
- Customer service

Four audits were conducted before the yearly audit and organized under the supervision of the Polish Centre for Accreditation. They aimed at controlling the key areas of the quality system, which determine its effectiveness in setting the equivalent dose. There were no complaints from customers, and on the basis of the research of quality control made, the high quality of services offered by PDIŚ was confirmed.

2. Quarterly testing of the photometric and thermoluminescence detectors according to obligating procedures. The results were included in QD 3.1 and QD 3.2 documents.
3. Calibration measurements for spectrometric equipment for radioiodine and technetium.
4. New range of accreditation was obtained.
5. External audit have place, one disagreement was obtained. After the audit a corrective action were taken as follows:
 - New edition of the procedures QPO 2 was established (edition 2 from 9.06.2011)
 - New edition of the instruction QIO 4.2 was established (edition 2 from 9.06.2011)
 - Two new forms were established QDB 1.1 and QDB 1.2
6. Five internal trainings of PDIŚ technical staff covering the following issues:
 - Conclusion after the year 2010 in the point of view of the numbers of read out
 - Opinions and conclusions from external audit
 - Opinion about trainings
 - Customer satisfaction survey. How to react for customers comments?
 - Conclusions after PCA's audit

Moreover a few additional trainings take place as a corrective actions for disagreements noted during external and internal audits.

7. PDIŚ participated in intercomparison organized by IRSN (France) obtaining satisfactory results.
8. The work in PDIŚ was done according to a timetable prepared earlier and in agreement with procedures, general instructions and research procedures included into quality system.

Maintaining a Laboratory for Measurement of the Radioactive Iodine in the Thyroid Gland for the Operation of the Emergency Services and the Emergency Situation

G. Krajewska

The Laboratory for Monitoring of Iodine in CLOR is equipped with two measurement units (Canberra-Packard):

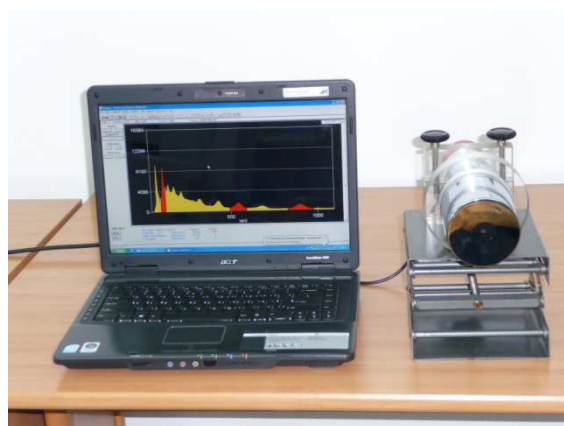
1. Stationary Gamma Ray Spectrometer (SZSPG) (Fig. 1), consisting of the detector NaI(Tl) (type 8024 - crystal 3 x 3 inches) charge sensitive preamplifier (Type 2007P), multichannel spectrometric analyzer (4096 channels) in the form of a card AccuSpec computer NaI Plus Board and software to analyze and spectra acquisition – Genie-2000 Basic Spectroscopy. The unit is used to measure the isotope I-131 in human thyroid - will measure the potential contaminated with this equipment after reporting to the test in a low background room in Laboratory.
2. Portable Gamma Ray Spectrometer (PZSPG) (Fig. 2), which consists of a detector NaI(Tl) (type 8024 - Crystal 3 x 3 inches), built-in photomultiplier, an integrated multi-channel analyzer (notebook platform) for scintillation detectors UNISPEC-PRO and the software package for the analysis and spectra acquisition - Genie-2000 Basic Spectroscopy.

The equipment for the determination of iodine in the thyroid at a local accident or contamination with iodine at work with these isotopes, as well as in the population in the areas of radioactive contamination in the event as such large-scale nuclear power plant accident.

Fig. 1. General view of SZSPG stationary unit



Fig. 2. General view of PZSPG portable Unit



The Iodine Monitoring Laboratory is equipped with thyroid phantom type RS-232 (prod. RSD - Radiology Support Devices Inc., USA) (Fig. 3).



Fig. 3. The thyroid RSD type phantom



The Current activities of the Iodine Monitoring Laboratory include in 2011, among others, the following tasks:

1. maintaining the equipment ready for immediate measurements of radioactive iodine in the thyroid consisted of carrying out systematic measurements of background in photopeaks of isotope I-125, I-131 and Tc-99m and testing, the operation of the electronic modules of measuring units.

The background in lab room was respectively 3, 4, 3 cps (Fig. 4, Fig. 5) and ranged from 20% of the average annual background measured in previous years, maintained at a constant level, and thus determining a low detection limit.

Fig.4 The background spectrum in laboratory room measured with stationary unit (energy area of I-131 marked in red)

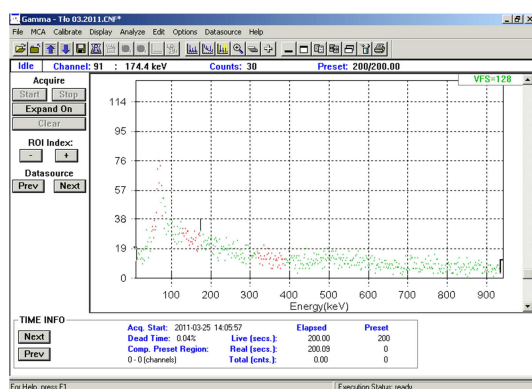
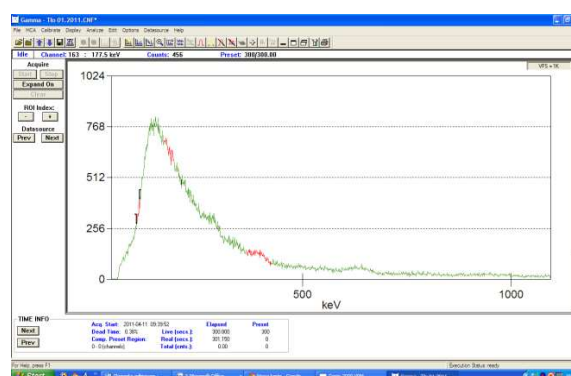


Fig. 5. The background spectrum in laboratory room measured with mobile unit (energy area of I-131 marked in red)



2. measuring the content of radionuclides I-131 and Tc-99m in the thyroid of employees of nuclear medicine in Poland were made diagnostic and treatment tests conducting with diseases of the thyroid gland.

They were made using the portable spectrometer (prod. by Canberra-Packard) (Fig. 1), which consists of the scintillation detector (dimensions 76 x 76 mm, the resolution of 9%) combined with UniSPECT Canberra multichannel analyzer and supplied from the notebook PC, using the spectral analysis software Genie-2000.

The details of the measurement methods and how to estimate the absorbed dose is contained in [1].

In 2011, the measurements of radioactive iodine content of I-131 and technetium Tc-99m in the thyroid of persons representing the medical staff at the Department of Nuclear Medicine of the Provincial Hospital in Lublin and the Department of Radiology and Nuclear Medicine Independent Public Clinical Hospital No. 4 in Lublin.



**THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011**

In these institutions the diagnostic radioiodine investigations - scintigraphy in thyroid, thyroid uptake, determination of the levels of thyroid hormones and therapeutic research imaging studies - treatment of thyroid diseases, including tumors are conducted. In addition, the diagnostic tests of some organs are conducted using technetium.

The measurements were performed with a detector distance of 10 or 15 cm from the surface of the neck and lasted 300 seconds. The background radiation in the room in which the measurements were performed, was measured using an available type phantom RSD neck, immediately before or after the measurement of the controlled. Measuring room was typed lowest as low as possible background .

The results of measurements of I-131 activity in the thyroid gland and the estimated dose to workers ARE presented in Table 1 – 2.

Table 1. The results of measurements of the levels of activity of I-131 and Tc-99m in employees of the Department of Nuclear Medicine of the Provincial Hospital in Lublin

Employee	Measured in thyroid activity of I-131 [Bq]	The estimated annual effective dose from the absorptions of I-131 [mSv]	Percentage of maximum effective dose for occupationally exposed (20 mSv)	Measured in thyroid activity of Tc-99m [Bq]
R.G.	<80	<0.46	<2.2	-
J.G.	<80	<0.46	<2.2	40
A.Ko.	<80	<0.46	<2.2	-
A.Kr.	<80	<0.46	<2.2	-
B.T.	<80	<0.46	<2.2	-
M.H.-C.	<80	<0.46	<2.2	5000
T.K.	<76	<0.42	<2.0	-
M.M.	<76	<0.42	<2.0	-
A.P.	<76	<0.42	<2.0	-
M.S.	<76	<0.42	<2.0	-
R.K.	<76	<76	<2.0	-
A.W.	<80	<0.46	<2.2	-
R.S.	<76	<0.42	<2.0	-
B.R.	<76	<0.42	<2.0	-



**THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011**

Fig. 6 The measured spectrum at the employee's MH-C.

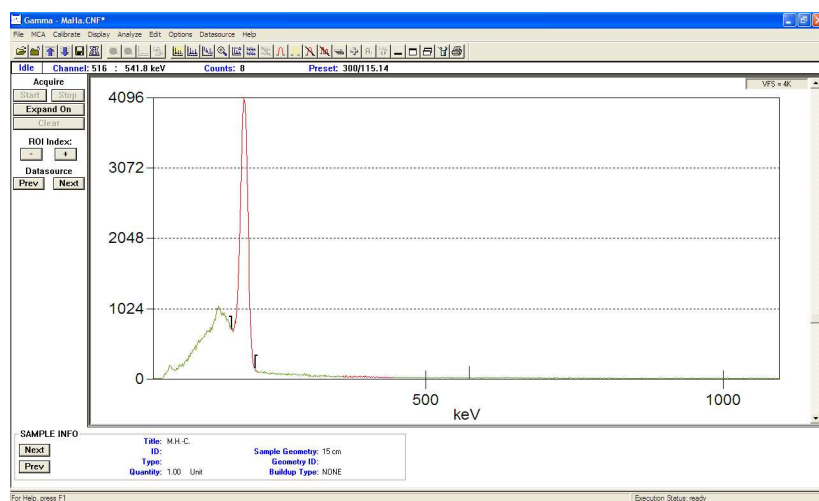


Table 2. The results of measurements of the levels of activity of I-131 and Tc-99m in employees of the Department of Radiology and Nuclear Medicine Independent Public Clinical Hospital No. 4 in Lublin

Employee	Measured in thyroid activity of I-131 [Bq]	The estimated annual effective dose from the absorptions of I-131 [mSv]	Percentage of maximum effective dose for occupationally exposed (20 mSv)	Measured in thyroid activity of Tc-99m [Bq]
A.K.	<68	<0.38	<1.8	1200
M.G.	<68	<0.38	<1.8	-
D.B.	<76	<0.42	<2.0	-
M.Ł.	<76	<0.42	<2.0	-
T.C.	<76	<0.42	<2.0	14000
J.S.	<76	<0.42	<2.0	-
B.S.	<76	<0.42	<2.0	-
A.O.	<76	<0.42	<2.0	7900
B.C.	<76	<0.42	<2.0	-
E.P.-F.	<68	<0.38	<1.8	90
A.N.	<68	<0.38	<1.8	-
B.S.	<76	<0.42	<2.0	-
J.K.	<68	<0.38	<1.8	-
J.L.	<76	<0.42	<2.0	-
H.J.	<76	<0.42	<2.0	-
M.W.	<76	<0.42	<2.0	-
T.D.	<76	<0.42	<2.0	-
J.S.	<76	<0.42	<2.0	-
J.Ki.	<76	<0.42	<2.0	-



Fig.7 The measured spectrum at the employee's A.K.

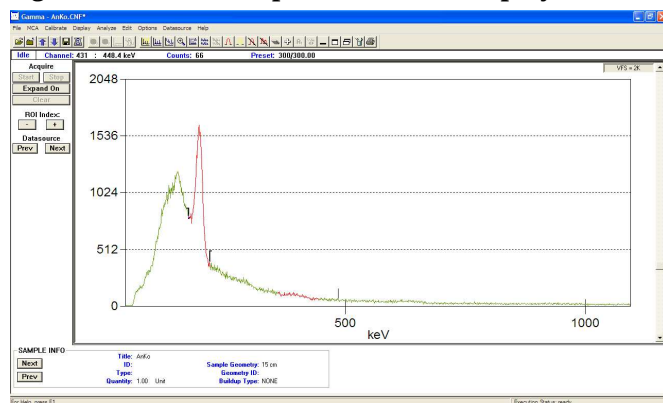
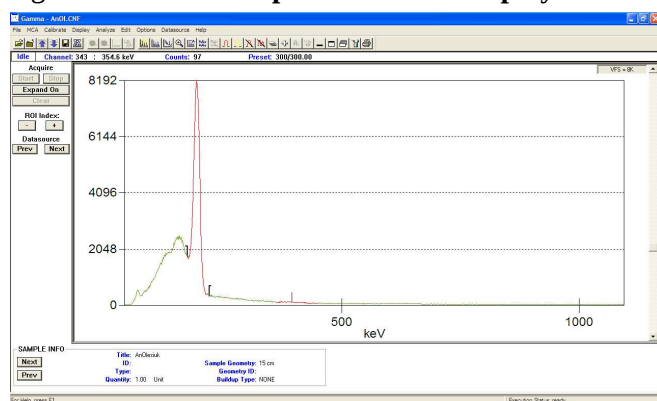


Fig.8 The measured spectrum at the employee's A.O.



The activity levels of iodine I-131 in the thyroid of employee's in the Departments of Nuclear Medicine, in which the measurements were performed, were low (Table 1, 2). The maximum dose of <0.46 mSv, not to exceed 2.2% of the annual limit for occupationally exposed.

At the same time, due to using a diagnostic technetium performinonducted - m.in. renal blood flow, heart, and other growth was found in the presence of thyroid workers isotope Tc-99m. In Table 1, 2 (column 5) were given the activity of technetium-99m Tc (in [Bq]). In some cases, this radionuclide levels were high (employee MH-C. - Table 1 and AK and AO - Table 2).

Literature:

1. Krajewska G., Laboratory for Monitoring of radioiodine in Thyroid for Population in Emergency Situation, in Annual Report 1996-1997, edited by the Central Laboratory for Radiological Protection, Warsaw, (1998).
2. Krajewska G., P. Krajewski, Thyroid Monitoring System for Measurement of Iodine Content in Thyroid of Occupationally Exposed Personnel, Radiation Protection Dosimetry, 89, 215-220, (2000).
3. Methods for Assessing Occupational Radiation Doses Due to Intakes of radionuclides, in Safety Reports Series No. 37, IAEA (2004).
4. Assessment of Occupational Exposure Due to Intake of radionuclides, in Safety Guide No.. RS-G-1.2, IAEA (1999).



Department of Training and Information

Annual Effective Dose (2011)

J. Henschke

The population of Poland is at present subject to ionizing radiation from natural and artificial sources at levels not much different from those in other European countries. Ionizing radiation of natural origin consists of cosmic radiation and radiation of natural radionuclides present in the environment and in various types of products and materials such as building materials, food, water and air. Man-made ionizing radiation consists of radiation used in medical diagnostics and, to a much lesser extent, of radiation emitted by radioactive fallout from former nuclear tests and from accident in nuclear power plant in Tchernobyl.

The average annual effective dose from natural and man-made sources, estimated according to the recommendation of UNSCEAR 2008³, amounted in 2011 to 3.3 mSv for the statistical inhabitant of Poland.

The most considerable contribution to this value, 73.8% (2.43 mSv/year), is from radiation of the natural radionuclides. Among them the highest individual dose arises from radon exposure 1.20 mSv (36.4%). Cosmic radiation contributes only 0.39 mSv (11.8%).

The man-made sources contribute to the average annual effective dose about 0.86 mSv/year, i.e. 26%, most of which comes from ionizing radiation used in medical diagnostics (0.85 mSv/year or 25.8%).

The average annual effective doses for inhabitants of Poland from various sources of radiation are shown in Figure 1.

The annual dose limit for public exposure according to regulations is 1 mSv. This dose limit does not include irradiation from cosmic rays and from natural radioactive elements presented in the environment or in human organism in physiological conditions.

The investigations carried out by the Central Laboratory for Radiological Protection allow to estimate the value of the annual effective dose, caused by radiation of man-made sources (excluding medical exposure), for an statistical inhabitant of Poland in 2011 to be 0.014 mSv. This value contains the dose due to external gamma radiation and the dose from radiation of radionuclides incorporated to the body through alimentary and respiratory tracts.

Comparing the value of 0.014 mSv to the annual dose limit for public (1 mSv) and to the average effective dose (3.3 mSv) can be stated that in 2011 this value reached 1.4% of the dose limit and 0.4% of the average annual effective dose to which the statistical inhabitant of Poland was exposed.

³ United Nations Scientific Committee on Effects of Ionizing Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York, 2010.

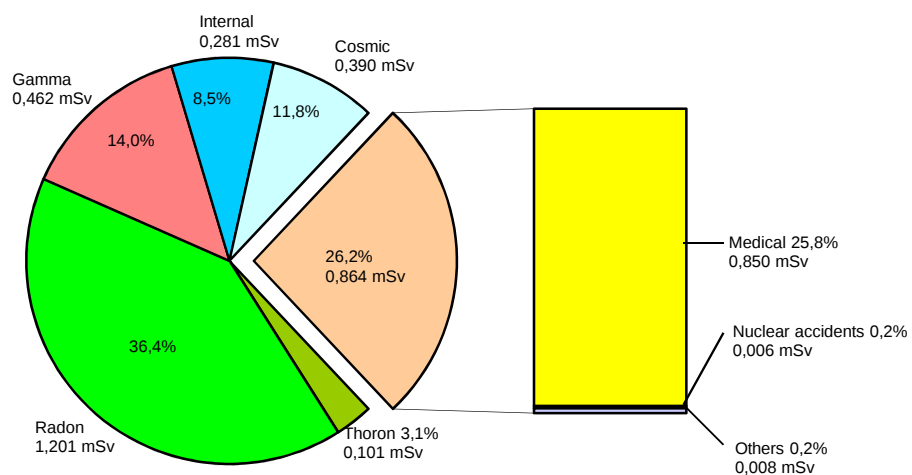


THE ACTIVITIES OF THE CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION
YEAR 2011

Fig. 1 Contribution of different radiation sources to average annual individual effective dose in Poland, 2011 (3,30 mSv)

Natural sources (73,8%)
2,435 mSv

Man-made sources (26,2%)
0,864 mSv





Other

Development of Nuclear Safety and Radiological Protection Methods for the Nuclear Power Engineering's Current and Future Needs (research network leader – Central Laboratory for Radiological Protection) Technologies Supporting Development of Safe Nuclear Power Engineering

P. Krajewski

Since 2009, Poland has been developing a nuclear energy program which has mapped out a long-term plan to meet rising energy demands by diversifying power generation sources and including nuclear power in its national energy strategy. This program has also implied a significant development of Polish research units involved in atomic energy science and technology development.

The great importance for scientific research and contributions in the area of nuclear safety and radiological protection has a new project “The development of methods to ensure nuclear safety and radiological protection for current and prospective requirements of nuclear power” conducted in a frame of strategic program of The National Centre for Research and Development (NCBiR) entitled “Technologies for Safety Nuclear Energy”.

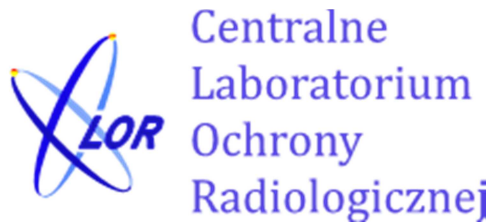
A wide range of various tasks is concentrated in four key thematic blocks, as follow:

1. General concept and methodology for a baseline of environmental conditions in foreseen location of NPP.
2. Methods of biological dosimetry and bio-physical markers and indicators of ionizing radiation impact on living organisms.
3. New and modified radiometric methods used (to be applied?) in radiological protection of workers and population as well as protection of environment in vicinity of NPP. Ultrasensitive activities measurements of released from NPP isotopes, emergency and retrospective dosimetry.
4. New and improved radiometric devices.

Implementation of nuclear power in Poland, can create more favorable conditions for development of scientific infrastructure regarding new research tasks, international cooperation as well as education and training of new experts.

It will yield benefits for higher level of radiation safety culture at application of radioactive materials in industry, medical sector, technics and scientific researches.





RAPORT Z DZIAŁALNOŚCI

ROK 2011





WSTĘP

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) został utworzony w dniu 13 lipca 1957 roku Zarządzeniem Prezesa Rady Ministrów Nr 164 jako specjalna instytucja zajmująca się pracami operacyjnymi i naukowymi związanymi z bezpieczeństwem radiacyjnym kraju. Nadzór nad działalnością CLOR przez ponad 40 lat pełnił Urząd Pełnomocnika Rządu ds. Wykorzystania Energii Jądrowej (tj. centralny organ administracji rządowej powołany dla promocji wykorzystania energii jądrowej i zastosowań promieniowania jonizującego, przekształcony po zmianach w 1982r. w Państwową Agencję Atomistyki - PAA). Od 4 sierpnia 2001r. organem sprawującym nadzór nad CLOR jest Minister Gospodarki, który zatwierdził w dniu 6 stycznia 2005r. obowiązujący Statut Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej jako jednostki badawczo-rozwojowej. Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej jest ośrodkiem naukowo- nastawionym na ochronę przed skutkami promieniowania jonizującego społeczeństwa i osób narażonych zawodowo. Jesteśmy znanym producentem wysokoczułych polskich stacji wykrywania skażeń radioaktywnych powietrza ASS-500. Stanowią one główny trzon sieci radiacyjnego monitoringu Polski i należą do najlepszych na świecie! CLOR prowadzi szeroką działalność w zakresie kalibracji, kontroli i standaryzacji aparatury dozymetrycznej i dysponuje unikalnymi w skali kraju stanowiskami do przeprowadzania testów przyrządów pomiarowych. Większość badań naukowych i prac rozwojowych CLOR ma charakter wieloletni. Dotyczy to głównie prac z zakresu radioekologii oraz związanych z monitoringiem skażeń promieniotwórczych środowiska.

ZADANIA

Statutowe obowiązki CLOR obejmują:

- zadania związane z ochroną ludności i środowiska przed promieniowaniem jonizującym,
- zadania związane z ochroną pracowników narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące,
- prowadzenie badań naukowych wspierających bezpieczeństwo radiacyjne,
- prowadzenie działalności szkoleniowej oraz informacyjnej społeczeństwa.

MISJA CLOR

Strategicznym i priorytetowym celem działalności CLOR jest utrzymanie sprawnego i kompetentnego systemu ochrony populacji oraz osób zawodowo narażonych przed działaniem promieniowania jonizującego gotowego do podjęcia działań operacyjnych wynikających z bieżących potrzeb państwa. Szczególne znaczenie zyskuje rola takiej instytucji w systemie bezpieczeństwa kraju wobec:

- wzrostu zastosowań substancji promieniotwórczych w technice i medycynie,
- stale istniejącego ryzyka emisji substancji promieniotwórczych z elektrowni jądrowych znajdujących się na terenie państw sąsiadujących,
- wzrastającego zagrożenia wykorzystania promieniowania lub materiałów radioaktywnych w celu destabilizacji funkcjonowania państwa,
- perspektywy rozwoju energetyki jądrowej w Polsce.

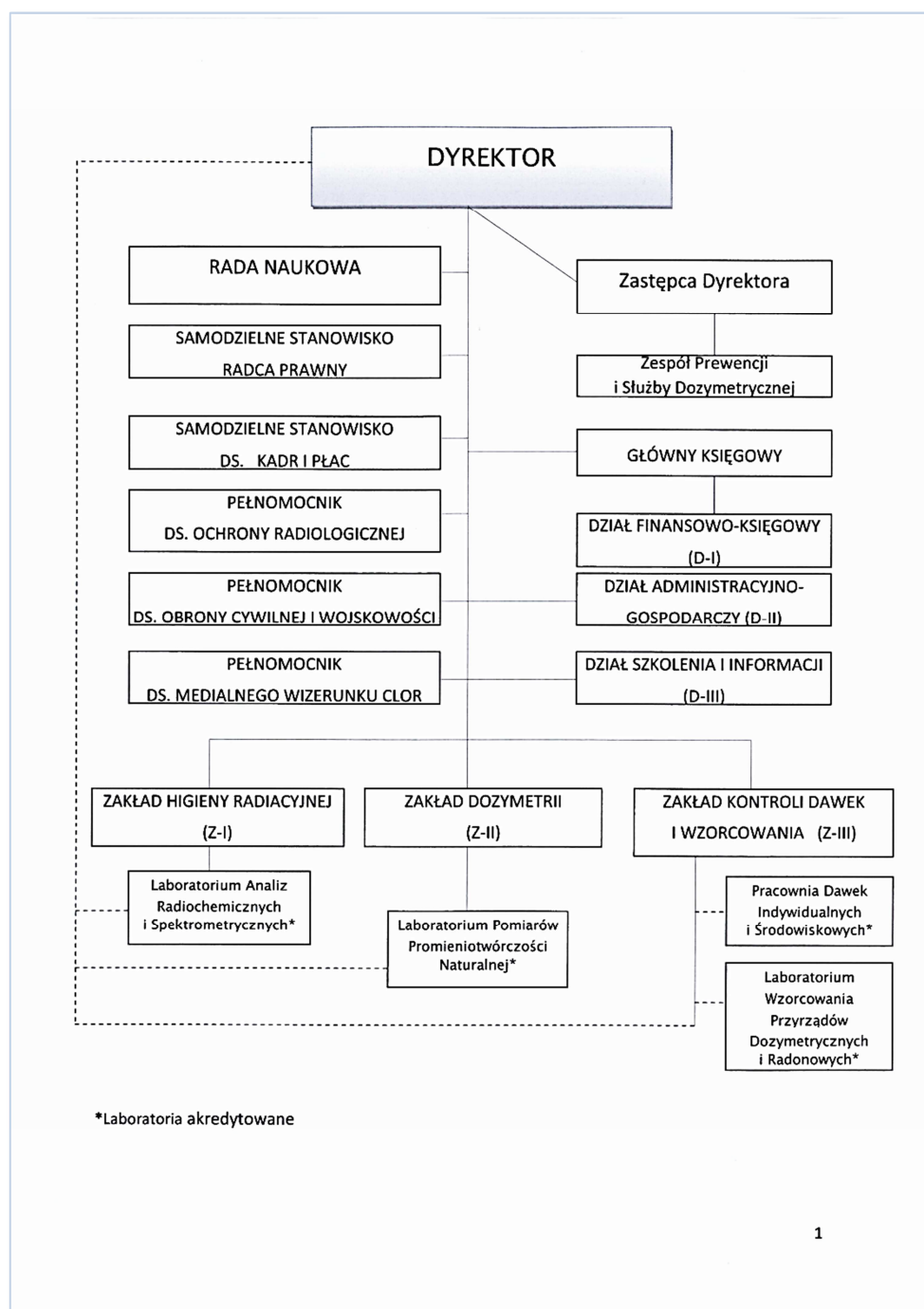


UNIKALNE STANOWISKA BADAWCZE:

- CLOR prowadzi szeroką działalność w zakresie kalibracji, kontroli i standaryzacji aparatury dozymetrycznej i dysponuje unikalnymi w skali kraju stanowiskami do przeprowadzania testów przyrządów pomiarowych. Dozymetryczne Laboratorium Wzorców Wtórnych służy do wzorcowania i badania wszystkich rodzajów dawkomierzy i mierników skażeń promieniotwórczych używanych w Polsce. Znajdują się tu następujące kalibracyjne stanowiska: Rentgenowskie, Gamma, Beta, Neutronowe oraz Skażeń Promieniotwórczych.
- Radonowe Stanowisko Wzorcowe służy wielu instytucjom do pomiarów kalibracyjnych na potrzeby dozymetrii radonowej jak i do prowadzenia prac badawczych w zakresie fizyki aerozoli.
- Stanowiska do pomiaru radioaktywności beta.
- Zestawy aparatury spektrometrycznej do pomiaru radioaktywności alfa i gamma.
- Stanowisko do oznaczania trytu w wodzie.
- Stanowisko do oznaczania aktywności jodu-129 i stężenia stabilnego jodu-127 w próbkach środowiskowych.
- Stanowisko modelowania radiologicznego.
- Laboratorium Pomiarów Jodu Promieniotwórczego przeznaczone do prowadzenia szybkiej oceny ekspozycji ludności lub pracowników w wypadku uwolnień I-131.
- Laboratorium Dozymetrii Biologicznej.
- Uzupełnienie systemu monitoringu skażeń promieniotwórczych środowiska stanowi opracowany i nadzorowany przez CLOR system pomiarów radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych. W ramach tego systemu (26 laboratoriów) prowadzi się w całym kraju kwalifikację i ocenę przydatności materiałów budowlanych do stosowania w różnych typach budownictwa.
- W oparciu o własne opatentowane rozwiązania konstrukcyjne CLOR stał się znanym producentem wysokoczułych polskich stacji wykrywania skażeń radioaktywnych powietrza ASS-500. Stanowią one główny trzon sieci radiacyjnego monitoringu Polski, i należą do najlepszych na świecie. Poza Polską zainstalowano je w wielu krajach m.in. w Niemczech, Francji, Danii, Austrii, Hiszpanii, a także na poligonie atomowym Mururoa.



STRUKTURA ORGANIZACYJNA CLOR





RAPORTY Z DZIAŁALNOŚCI

Zakład Higieny Radiacyjnej

Monitoring Skażeń Promieniotwórczych Morza Bałtyckiego w 2011 roku

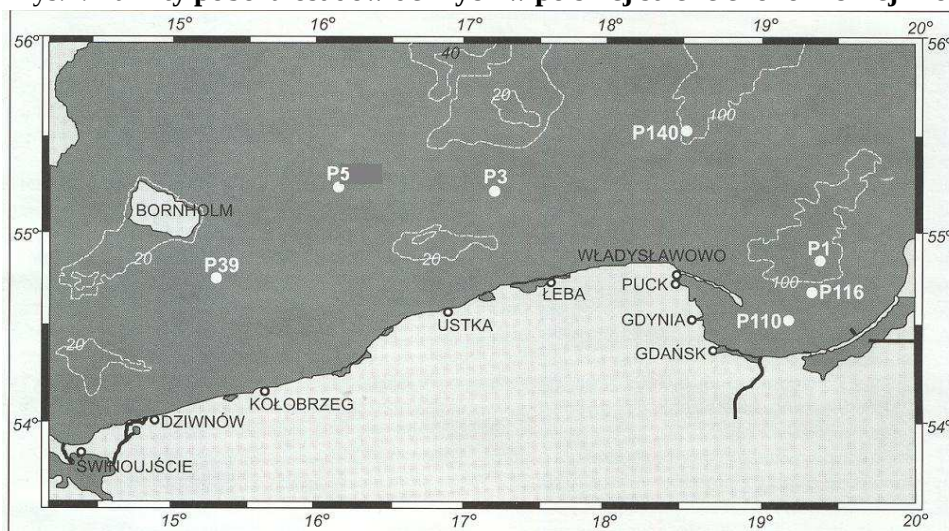
M.Suplińska, A.Adamczyk

(Praca wykonana zgodnie z umową z PAA nr 7/SP/2011)

Badania środowiska Morza Bałtyckiego koordynowane przez Komisję Helsińską prowadzone są przez wszystkie kraje nadbałtyckie, sygnatariuszy Konwencji Helsińskiej. Zakres prac CLOR obejmuje oznaczanie substancji promieniotwórczych w dwu komponentach środowiska morskiego: w osadach dennych i organizmach żywych (rybach). We wszystkich badanych próbkach corocznie wykonywane są oznaczenia ^{137}Cs i ^{226}Ra . W wybranych próbkach rdzeniowych osadów oznaczany jest ^{238}Pu i $^{239,240}\text{Pu}$. CLOR prowadzi także oznaczenia ^{226}Ra w wybranych próbkach wody jako uzupełnienie wykonywanego przez IMGW monitoringu wody morskiej. Dane o skażeniach polskiej strefy ekonomicznej Bałtyku przekazywane są każdego roku do Banku Danych Komisji Helsińskiej.

1. Osady dennie Opadające na dno zbiorników wodnych cząstki organiczne i nieorganiczne tworzą osady dennie. Na tych cząsteczkach zachodzi sorpcja zanieczyszczeń z masy wodnej. Radionuklidy, które gromadzą się w osadach dennych są z nimi związane w zależności od ich właściwości oraz rodzaju osadów dennych. Badania nad rozmieszczeniem substancji promieniotwórczych w osadach dennych Bałtyku prowadzone są w CLOR od 30 lat. W 2011 roku próbki rdzeniowe osadów dennych pobrano w dniach 1 - 7 czerwca w sześciu punktach pomiarowych z Bałtyku Południowego (Rys.1).

Rys.1. Punkty poboru osadów dennych w polskiej strefie ekonomicznej Morza Bałtyckiego.





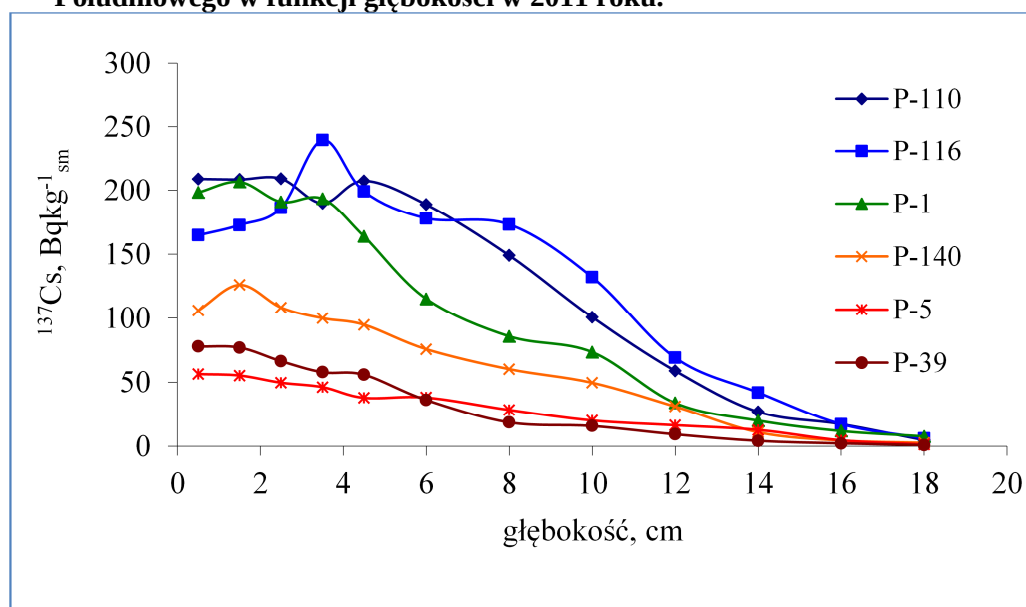
Metody

Do oznaczeń badanych radionuklidów stosowano metody:

- ^{137}Cs oznaczono metodą spektrometrii gamma.
- $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu oznaczano metodą radiochemiczną. Z badanej próbki pluton ekstrahowano mieszaniną kwasów, a następnie wydzielano go za pomocą chromatografii jonowymiennej, i deponowano na krążkach stalowych metodą depozycji elektrolitycznej. Analizę prowadzono w obecności znacznika – ^{242}Pu . Aktywności $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu mierzono metodą alfa-spektrometryczną.
- ^{226}Ra oznaczano metodą emanacyjną przez pomiar promieniotwórczości alfa ^{222}Rn (wykonywany metodą scyntylacyjną przy użyciu komór typu Lukasa) po uprzednim wydzieleniu radu.

Rozmieszczenie ^{137}Cs

Rys.2. Rozmieszczenie stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs w osadach dennych Bałtyku Południowego w funkcji głębokości w 2011 roku.

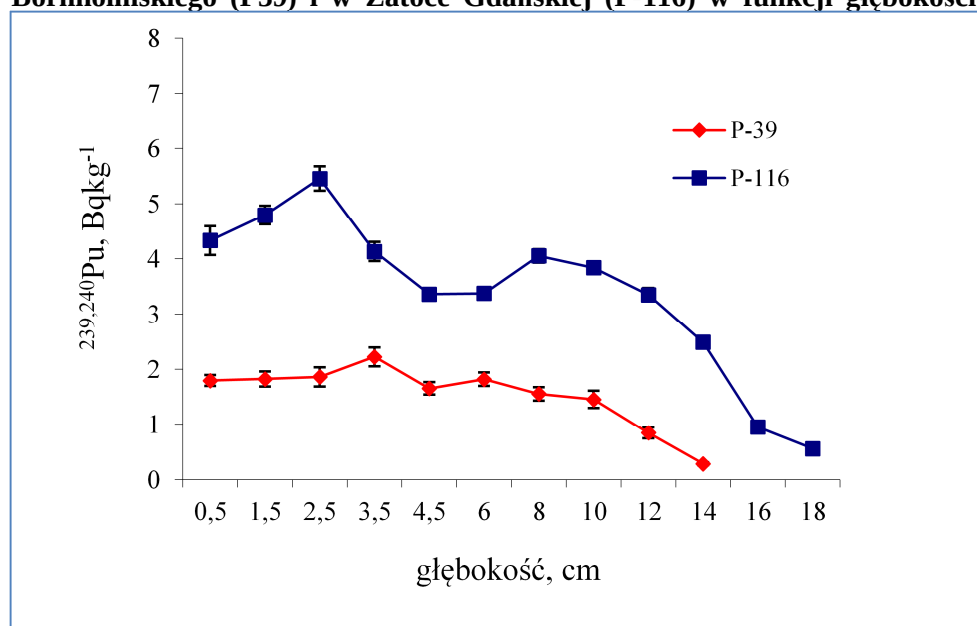


Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w osadach różnią się w zależności od lokalizacji pobranej próbki i od głębokości w osadzie dennym. W trzech punktach poboru próbek zlokalizowanych w Zatoce Gdańskiej i Głębi Gdańskiej (P-110, P-116 i P-1) stężenia ^{137}Cs w górnych warstwach od 0 do 5 cm były wysokie: mieściły się w zakresie od 164 Bq kg⁻¹ sm do 239 Bq kg⁻¹ sm. W głębszych warstwach osadu stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs zmniejszają się dochodząc do pojedynczych Bq kg⁻¹. Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w górnych warstwach (od 0 do 5 cm) wynosiło: 205±18 Bq kg⁻¹ sm (P110) i 192±29 Bq kg⁻¹ sm (P116) i 191±16 Bq kg⁻¹ sm (P-1). W pozostałych analizowanych lokalizacjach stężenia ^{137}Cs były niższe. W rejonie morza otwartego (P-140) średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w omawianych warstwach wynosiło 107 ±12 Bq kg⁻¹ sm. W Basenie Bornholmskim stężenia te wynosiły 67,0±10,40 Bq kg⁻¹ sm (P39) i 48,9±7,3 Bq kg⁻¹ sm (P-5).

Rozmieszczenie plutonu

Oznaczenie alfa promieniotwórczych izotopów plutonu w osadach dennych prowadzone jest w cyklu trzyletnim. W 2011 roku analizowano próbki rdzeniowe z dwu lokalizacji: Basenu Bornholmskiego (P-39) oraz Zatoki Gdańskiej (P-116). Analogicznie do ^{137}Cs , stężenia promieniotwórcze plutonu w Basenie Bornholmskim były znacznie niższe niż w Basenie Gdańskim [1]. W P-39 stężenia promieniotwórcze izotopów plutonu były wyrównane w górnych warstwach, a średnie stężenia izotopów plutonu w warstwach od 0 do 7 cm, wynosiły: $1,86 \pm 0,19 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ ($^{239,240}\text{Pu}$) oraz $0,057 \pm 0,023 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ (^{238}Pu) - Rys.3. W Zatoce Gdańskiej maksymalne stężenia $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu określone w warstwie 2-3cm wynosiły odpowiednio $5,46 \pm 0,22 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ i $0,137 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$, kolejny wzrost stężeń plutonu zaobserwowano w warstwie 7-9cm - $4,06 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ ($^{239,240}\text{Pu}$) i $0,130 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ (^{238}Pu). Poniżej tej warstwy stężenia plutonu malały z głębokością osadu do $0,56 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ ($^{239,240}\text{Pu}$) i $0,015 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ (^{238}Pu). Stosunki aktywności ^{238}Pu do $^{239,240}\text{Pu}$ w poszczególnych warstwach osadów mieściły się w granicach 0,02-0,04 i były typowe dla opadu po próbnym wybuchach jądrowych [2].

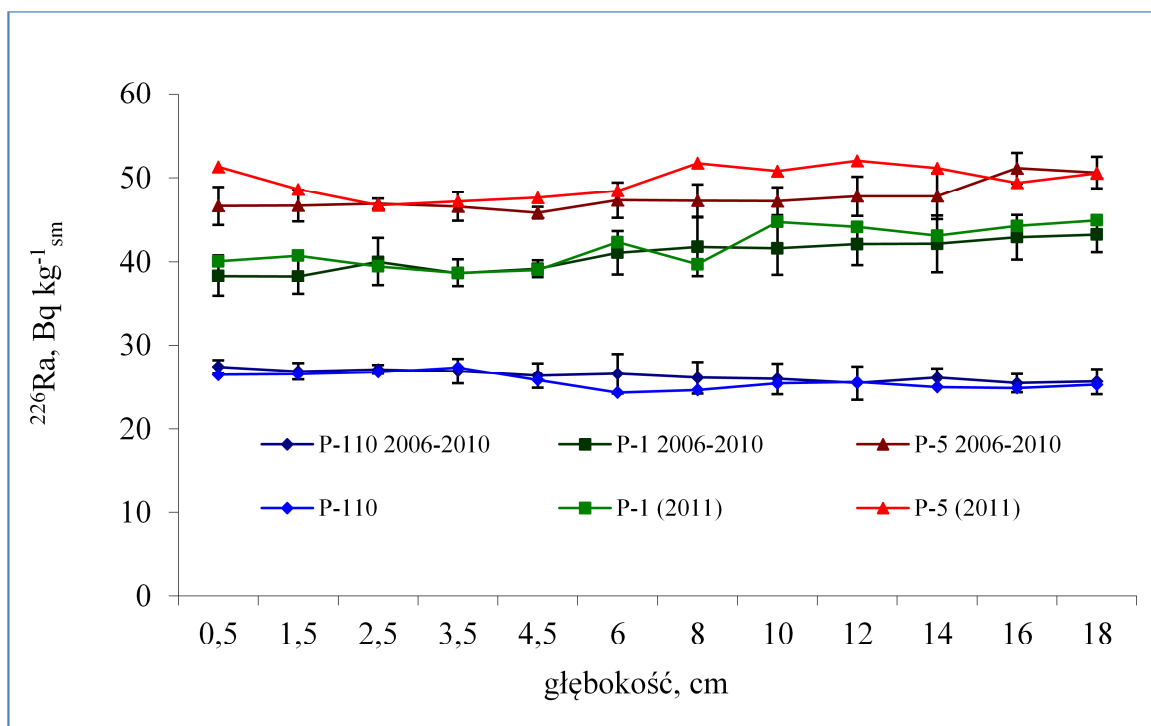
Rys. 3. Rozmieszczenie stężeń promieniotwórczych $^{239,240}\text{Pu}$ w osadach dennych Basenu Bornholmskiego (P39) i w Zatoce Gdańskiej (P-116) w funkcji głębokości osadu.



Rozmieszczenie ^{226}Ra

Stężenia promieniotwórcze ^{226}Ra w osadach dennych były wyrównane w głąb badanych profili, a różnice w stężeniach promieniotwórczych ^{226}Ra pomiędzy latami są do pominięcia. Występowały jednak różnice się w zależności od miejsca poboru próbek. Najniższe określono w Zatoce Gdańskiej (P-110), gdzie średnie stężenie ^{226}Ra wyniosło $25,6 \pm 0,9 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$, a najwyższe w Głębi Bornholmskiej (P-5) - $49,6 \pm 1,9 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$. Rozmieszczenie pionowe ^{226}Ra w trzech wybranych lokalizacjach (P-11, P-1 i P-5) oraz jego średnie stężenia promieniotwórcze wyliczone w latach 2006-2010 w poszczególnych warstwach przedstawiono na Rysunku 4.

Rys. 4. Rozmieszczenie stężeń promieniotwórczych ^{226}Ra w P-110, P-1 i P-5 w funkcji głębokości oraz jego średnie stężenia wyliczone w poszczególnych warstwach w latach 2006-2010



Zawartość izotopów w osadach dennych

Zawartość analizowanych izotopów w osadach dennych (warstwa od 0 do 19 cm) w latach 2009-2011 podano w Tabeli 1.

- Depozycja ^{137}Cs różniła się pomiędzy lokalizacjami i w 2011 roku była w zakresie od $5,26 \pm 0,16 \text{ kBq m}^{-2}$ (Zatoka Gdańska) do $1,08 \pm 0,05 \text{ kBq m}^{-2}$ (Basen Bornholmski).
- Depozycja $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu w latach 2009-2011 mieściła się odpowiednio: w zakresie od $220 \pm 7,6 \text{ Bq m}^{-2}$ w P-110 (Zatoka Gdańska) do $28,6 \pm 2,0 \text{ Bq m}^{-2}$ w P-5 (Głębia Bornholmska).
- Zawartości ^{226}Ra określone w roku 2011 mieściły się w zakresie od $1,27 \text{ kBq m}^{-2}$ w P-116 (Zatoka Gdańska) do $2,62 \text{ kBq m}^{-2}$ w P-5 (Głębi Bornholmska).

Tabela 1. Zawartości ^{137}Cs , ^{238}Pu i $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{226}Ra w osadach dennych Bałtyku Południowego (warstwa od 0 do 19 cm) w latach 2009-2011.

Stacja	Rok	^{137}Cs kBq m ⁻²	^{238}Pu Bq m ⁻²	$^{239,240}\text{Pu}$ Bq m ⁻²	^{226}Ra kBq m ⁻²
P-110 Zatoka Gdańska	2009	5,08±0,16	6,64±0,53	220±7,6	1,54±0,06
	2010	3,88±0,14			1,81±0,09
	2011	5,26±0,16			1,62±0,08
P-116 Zatoka Gdańska	2009	3,57±0,10	2,78±0,19	113±3,6	1,10±0,05
	2010	2,94±0,10			1,15±0,05
	2011	3,86±0,12			1,27±0,06
P-1 Głębia Gdańska	2009	1,04±0,06	1,40±0,15	54,7±2,4	1,76±0,05
	2010	2,34±0,09			1,70±0,07
	2011	2,36±0,08			1,63±0,06
P-140 Morze otwarte	2009	3,63±0,10	3,50±0,39	86,9±3,17	2,20±0,07
	2010	3,57±0,06			2,13±0,08
	2011	2,60±0,09			2,36±0,10
P-5 Głębia Bornholmska	2009	1,13±0,04	1,34±0,20	28,6±1,9	1,86±0,05
	2010	0,95±0,04			2,26±0,08
	2011	1,23±0,04			2,62±0,09
P-39 Basen Bornholmski	2009	2,09±0,06	1,60±0,90	50,3±2,5	1,39±0,04
	2010	1,43±0,05			1,59±0,07
	2011	1,08±0,05			-

2. Ryby

Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{226}Ra były oznaczane w czterech gatunkach ryb: śledziu, szprocie, płastudze i dorszu. Próbkę ryb pochodziły z odłowów komercyjnych prowadzonych w lutym z dokładnie określonych miejsc Bałtyku Południowego. Podobnie do lat ubiegłych stężenia oznaczanych izotopów różniły się w zależności od gatunku ryb nie obserwowano różnic pomiędzy lokalizacjami odłowów. W 2011 roku najwyższe stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs wynoszące $6,05 \pm 0,09 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ oznaczono w próbce dorsza, najniższe – $3,08 \pm 0,09 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ w próbce płastugi. Średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs określone w 2011 roku dla dorsza ($5,07 \pm 0,82 \text{ Bq kg}^{-1}$) było wyższe około 30% w porównaniu z pozostałymi gatunkami ($3,77\text{--}3,88 \text{ Bq kg}^{-1}$). Stężenia promieniotwórcze ^{226}Ra w mięsie ryb było w zakresie od 26 mBq kg^{-1} (śledź) do 97 mBq kg^{-1} (dorsz) – Tabela 2.



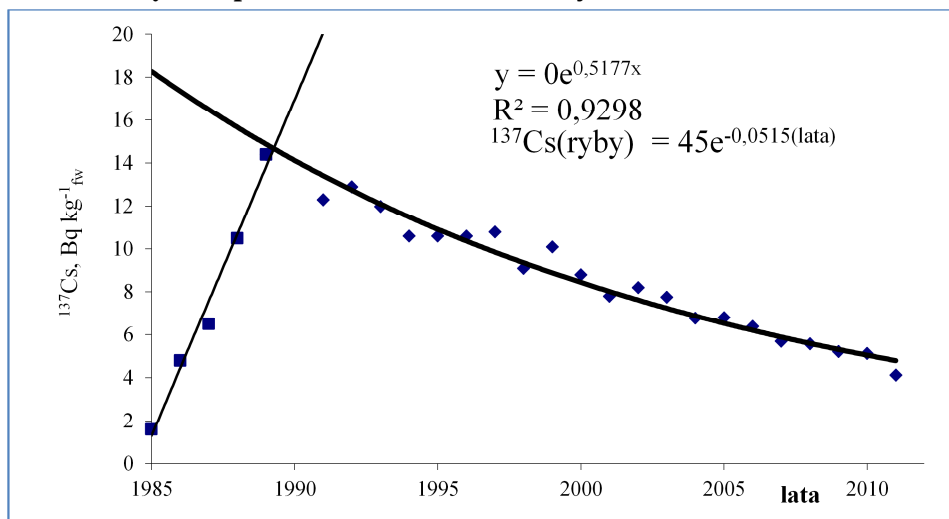
Tabela 2. Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{226}Ra w mięsie ryb w roku 2011

Gatunek (liczba próbek)	Masa próbki g	Długość cm	^{137}Cs $\text{Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$	^{226}Ra $\text{Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$
Śledź (5)	500-550	17-33	$3,77 \pm 0,38$	$0,029 \pm 0,004$
szprot* (5)	500-520	9-13	$3,80 \pm 0,30$	$0,071 \pm 0,004$
Płastuga (5)	290-530	20-32	$3,88 \pm 0,90$	$0,058 \pm 0,010$
Dorsz (5)	500-630	28-40	$5,07 \pm 0,82$	$0,097 \pm 0,013$

* cała tuszka

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w rybach bałtyckich ulegają powolnemu spadkowi w czasie (Rys 5). Od 1989 roku średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs zmniejszyło się od $14,4 \text{ Bq kg}^{-1}$ [3] do $4,13 \pm 0,63 \text{ Bq kg}^{-1}$ w 2011r. Obecnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs jest jeszcze około dwa razy wyższe niż przed awarią w Czarnobylu ($\sim 2 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$) [4]. Efektywny okres połowicznego spadku aktywności ^{137}Cs w rybach (T_{eff}) wynosi około 14 lat.

Rys. 5. Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w rybach w latach 1985-2011



3. Woda

Na obszarze Bałtyku Południowego rozmieszczenie ^{226}Ra w wodzie jest jednorodne. Średnie stężenie ^{226}Ra w wodzie Bałtyku Południowego w roku 2011 wyniosło $2,76 \pm 0,24 \text{ Bq m}^{-3}$ i było podobne do określonego w latach ubiegłych ($3,15 \pm 0,11 \text{ Bq m}^{-3}$ w roku 2010).



Literatura:

1. Suplińska M., 2002, Vertical distribution of ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{226}Ra and $^{239,240}\text{Pu}$ in bottom sediments from the Southern Baltic Sea in the years 1998–2000. *Nukleonika* 47 2: 45–52.
2. Bunzl K, Kracke W. Soil to plant transfer of $^{239,240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{90}Sr from global fallout in flour and bran from wheat, rye, barley and oats has obtained by field measurements. *Sci Total Environ*, 63, pp.111-123, (1987).
3. D.Grzybowska. Concentration of ^{137}Cs in marine fish from the southern Baltic Sea in 1990-1995. *Nukleonika* 1997, 42 (3) 665-674.
4. Z.Jaworowski i wsp. Study of radioactive materials in the Baltic Sea. IAEA-TECDOC-362, 1986

Monitoring Skażeń Promieniotwórczych Wód Powierzchniowych i Osadów Dennych w latach 2011-2012

M.Kardaś, L.Rosiak, A.Fulara, E.Starościak D.Podstawka, A.Adamczyk

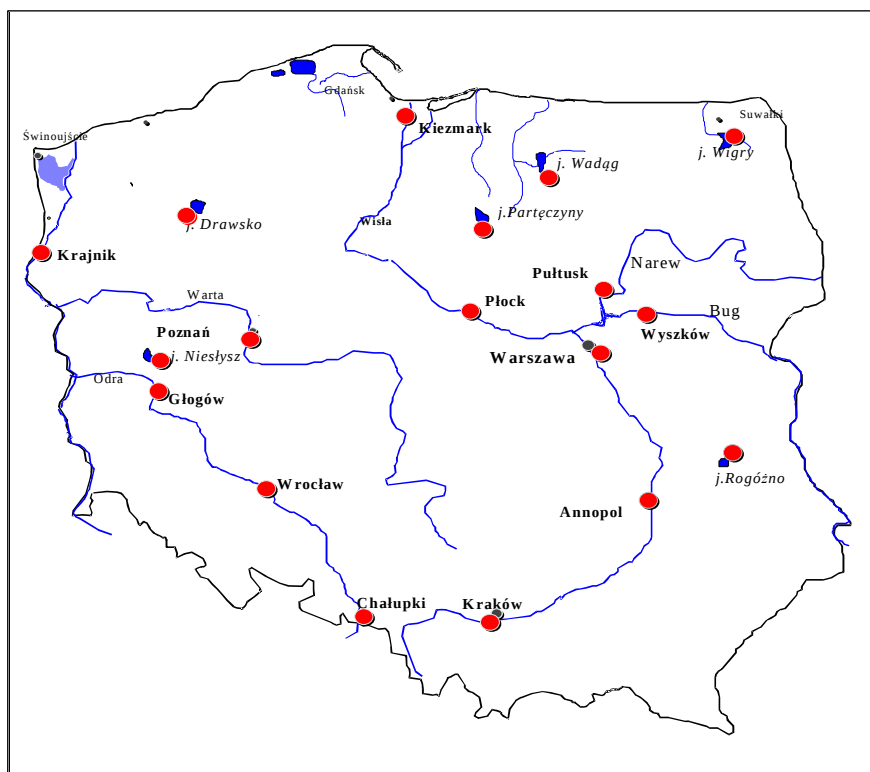
(Praca wykonana na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska)

W ramach monitoringu skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2011 roku próbki wody i osadów dennych pobrano dwukrotnie (wiosną i jesienią) w 18 punktach, zlokalizowanych w dorzeczu Wisły (7 punktów poboru), w dorzeczu Odry (5 punktów poboru) i w wybranych jeziorach (6 jezior).

Próbki wody z rzek pobierano z głównego nurtu, natomiast wodę z jezior pobierano z pomostów. Objętość próbki wynosiła 20 litrów. Próbki sadów pobierano z trzech miejsc, oddalonych od siebie o ok. 30-50 m i z nich sporządzano próbkę zbiorczą o masie ok. 1 kg.

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach oraz izotopów plutonu w osadach dennych oznaczano metodami radiochemicznymi, natomiast stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w osadach dennych oznaczano metodą spektrometrii gamma.

Rys. 1. Usytuowanie miejsc poboru wód i osadów dennych



Do ogólnej oceny sytuacji radiologicznej porównywane są wartości średnie.

Jednoznaczne ocena i porównanie wyników uzyskanych dla poszczególnych pierwiastków wiosną i jesienią przysparza duże trudności, wynikają one przede wszystkim z różnych warunków atmosferycznych w jakich dokonywany jest pobór prób.



Średnie roczne stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w wodach dorzecza Wisły, Odry i wodach jezior był na bardzo wyrównanym poziomie i zawierały się w granicach od 2,13 mBq/l (dla dorzecza Wisły) do 3,11 mBq/l (dla jezior). Podobną sytuację obserwowano w przypadku średnich rocznych stężeń promieniotwórczych ^{90}Sr , które zawierały się w granicach, 4,24 mBq/l dla jezior – 4,77 mBq/l dla dorzecza Wisły.

Średnie roczne stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w osadach dennych były zróżnicowane: najniższe w dorzeczu Wisły 3,23 Bq/kg, a najwyższe w dorzeczu Odry 14,28 Bq/kg.

W przypadku $^{239,240}\text{Pu}$ najniższe wartości średnich rocznych stężeń promieniotwórczych obserwowano w osadach dennych jezior - 27,91 mBq/kg, a najwyższe w dorzeczu Odry – 46,87 mBq/kg.

Zarówno średnie roczne stężenia promieniotwórcze wszystkich badanych nuklidów jak i dane uzyskane dla pojedynczych próbek badanej wody i osadów dennych nie odbiegają od wyników uzyskiwanych w poprzednich latach.

WNIOSKI

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych pozwala na stwierdzenie, że skażenie wód powierzchniowych takimi nuklidami jak ^{137}Cs i ^{90}Sr jest niewielkie. Podobnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i $^{239,240}\text{Pu}$ w osadach dennych rzek i jezior pozostaje na niskim poziomie.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że nie wystąpiły nowe uwolnienia izotopów promieniotwórczych do środowiska.



Oznaczanie Stężenia Cs-137 i Sr-90 w Próbkach Całodziennego Pożywienia Mieszkańców Bydgoszczy i Poznania w 2011 roku.

B.Rubel, W.Muszyński, M.Kardaś, K.Trzpił

(praca finansowana przez PAA)

Celem pracy było oznaczenie zawartości Cs-137 i Sr-90 w próbkach całodziennego pożywienia mieszkańców dwóch miast Polski: Bydgoszczy (województwo kujawsko-pomorskie) i Poznania (województwo wielkopolskie) i oszacowanie dawki obciążającej od tych radionuklidów wchłanianych z pożywieniem. Praca jest kontynuacją prac realizowanych w latach 2006-2009.

Materiał do badań stanowiły próbki całodziennego pożywienia pobrane w stołówkach szkół licealnych. Śniadania składały się z kawy mlecznej, kakao czasami zupy mlecznej, pieczywa mieszanego, sera, wędliny, warzyw, herbaty. Obiady składały się z dwóch dań i kompotu, lub tylko drugiego dania. Kolacje były na ogół zimne. Do przygotowania posiłków wykorzystano produkty z różnych grup produktów.

Posiłki analizowano z każdego dnia i miasta osobno. Stężenie promieniotwórcze Cs-137 oznaczano spektrometrycznie (detektor HPGe, oprogramowanie Genie 2000) lub radiochemicznie (sorpcja na selektywnym złożu AMP), Stężenie strontu oznaczano radiochemicznie. Do pomiarów promieniowania beta cezu-137 i strontu-90 stosowano niskotłowy zestaw oparty na licznikach przepływowych GM (Riso, GM-25-5). Zawartość Cs-137 i Sr-90 w całodziennych posiłkach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zawartość Cs-137 i Sr-90 w posiłkach pobranych w Bydgoszczy i Poznaniu

L.p.	Bydgoszcz		Poznań	
	Średnia zawartość Cs-137 [Bq/dzień]	Średnia zawartość Sr-90 [Bq/dzień]	Średnia zawartość Cs-137 [Bq/dzień]	Średnia zawartość Sr-90 [Bq/dzień]
1	0,22±0,02	0,05±0,01	0,30 ± 0,03	0,06 ± 0,01
2	0,33±0,03	0,06±0,01	0,38 ± 0,04	0,06 ± 0,01
3	0,26±0,03	0,03±0,01	0,42 ± 0,04	0,10 ± 0,01
4	7,00±0,21	0,05±0,01	0,26 ± 0,03	0,05 ± 0,01
5	0,34±0,03	0,09±0,01	0,30 ± 0,03	0,06 ± 0,01

Wartość 7,00 Bq/dzień określona w 4-tej próbce z Bydgoszczy odbiega od pozostałych wartości. Tego dnia w skład obiadu wchodziła zupa grzybowa. Stężenie promieniotwórcze Cs-137 w grzybach może być na poziomie kilkuset Bq/kg. Poziom Sr-90 w całodziennych posiłkach nie różni się.

Na podstawie otrzymanych wyników oszacowano średnie zawartości Cs-137 i Sr-90 w całorocznym pożywieniu oraz dawkę, jaką otrzymują osoby dorosłe w wyniku spożywania żywności zawierającej wymienione izotopy promieniotwórcze. Dane zestawiono w tabeli 2.



Tabela 2. Zawartość Cs-137 i Sr-90 w całorocznym pożywieniu oraz dawka efektywna otrzymywana przez ludność.

	Zawartość w całorocznym pożywieniu [Bq]		Dawka efektywna [μ Sv]	
	Cs-137	Sr-90	Cs-137	Sr-90
Bydgoszcz	106 (594*)	22	1,4 (7,7*)	0,6
Poznań	120	26	1,6	0,7

*) uwzględniono danie z grzybami raz na 5 dni

Na podstawie analizy 5 dniowych zestawów całodziennych posiłków z Bydgoszczy i Poznania można stwierdzić, że istnieją różnice w poziomie zawartości Cs-137 w poszczególnych zestawach całodziennego pożywienia. Różnice te są spowodowane całkowitą masą posiłków (masa posiłków w Poznaniu jest o około 25% wyższa od masy posiłków w Bydgoszczy) jak również doбором potraw i wykorzystywanych do ich przygotowania produktów żywnościowych np. mleka i produktów mlecznych, ryb, mięsa i wędlin. Zarówno w Bydgoszczy jak i w Poznaniu zawartości Sr-90 są na zbliżonym poziomie.

Trudno jest określić rzeczywiste spożycie grzybów leśnych w całodziennym pożywieniu. Przy założeniu, że przeciętny Polak zjada takie potrawy kilka razy w roku np. 1 raz na tydzień, roczna dawka efektywna wynosiłaby 7,7 [μ Sv].

Dawki otrzymywane przez mieszkańców Bydgoszczy i Poznania są na zbliżonym poziomie do dawek otrzymywanych przez mieszkańców innych miast Polski. Dawki te kształtowały się w zakresie od 1,6 [μ Sv] (Wrocław, Kielce, 2008,2009) do 2,7 [μ Sv] (Warszawa, 2006).



Ocena Zawartości Cs-137 i Sr-90 w Odżywkach Mlecznych i Mleku Modyfikowanym Przeznaczonych do Karmienia Dzieci do 1 Roku Życia

B.Rubel, W.Muszyński, M.Kardaś

(Praca finansowana przez MNiSzW)

Mleko jest podstawowym składnikiem racji pokarmowej dla dzieci w ciągu pierwszego roku życia. Nie zawsze kobieta może karmić dziecko piersią, dlatego też dla dzieci zostało stworzone mleko modyfikowane. W trakcie procesu produkcyjnego skład mleka krowiego jest zmieniany, aby mleko to przypominało składem mleko kobiece. Zmiany dotyczą proporcji białek i tłuszczu, wzrostu zawartości witamin, wapnia, żelaza.

Celem pracy było oznaczenie stężenia promieniotwórczego Cs-137 i Sr-90 w mleku modyfikowanym, określenie rocznych wchłonieć tych izotopów z mlekiem oraz oszacowanie dawki efektywnej.

Materiałem do badań było: mleko początkowe w proszku dla niemowląt od 0 do 6 miesiąca (nr 1) i mleko następne w proszku dla niemowląt od 7 do 12 m-ca (nr 2). Badaniom poddano następujące mleka: NAN-PRO, Gerber, Bebico, Babilon, Mami-Lac, HIPPI, Humana i ENFAMIL. Z badanych mlek tylko mleko Bebico i Mami Lac jest na bazie mleka polskiego. Próbkę mleka były pobierane dwa razy w ciągu roku.

Stężenie promieniotwórcze Cs-137 oznaczano spektrometrycznie z użyciem spektrometru Canberra z detektorem HPGe z oprogramowaniem Genie 2000. Próbkę były mierzone w geometrii Marinelli 450 ml, masa próbki wynosiła 300g, czas pomiaru 230000sek. Stężenie promieniotwórcze Sr-90 było oznaczane radiochemicznie. Stront 90 oznacza się poprzez pomiar itru 90 po ustaleniu równowagi. Do pomiaru promieniowania beta używa się licznika niskotłowego. Masa próbki wynosiła 300g.

Średnie stężenie promieniotwórcze Cs-137 i Sr-90 w mleku modyfikowanym dla dzieci przedstawiono w poniższej tabeli:

	Stężenie promieniotwórcze Cs-137 [Bq/kg]		Stężenie promieniotwórcze Sr-90 [Bq/kg]	
	Mleko początkowe	Mleko następne	Mleko początkowe	Mleko następne
NAN-Pro	0,10	0,04	0,03	0,06
GERBER	0,17	0,12	0,03	0,06
BEBICO	0,27	0,20	0,07	0,07
BEBILON	0,19	0,19	0,04	0,04
MAMI_LAC	0,17	0,09	0,03	0,05
HIPP	0,38	0,44	0,09	0,08
HUMANA	0,24	0,23	0,05	0,05
ENFAMIL	0,26	0,23	0,05	0,08

Stężenia promieniotwórcze Cs-137 w mleku modyfikowanym dla dzieci do 6 m-ca życia jest na poziomie od 0,10 do 0,38 Bq/kg dla dzieci 7-12 m-cy jest w zakresie od 0,04 do 0,44 Bq/kg. Stężenie Sr-90 jest w zakresie 0,03-0,09 Bq/kg. W obu tych rodzajach mlek stężenie cezu 137 jak i strontu 90 jest na zbliżonym poziomie.



Dzieci w zależności od wieku spożywają od 3 do 7 posiłków mlecznych w ciągu dnia w zależności od wieku i sugestii producenta. Na podstawie oznaczonych stężeń Cs-137 oraz Sr-90 i spożycia dziennego, a następnie rocznego tych mlek oceniono roczne wchłonięcia tych izotopów z mlekiem.

Roczne wchłonięcia Cs-137 i Sr-90 z mlekiem w proszku początkowym i następnym przedstawiono w poniższej tabeli:

	Wchłonięcia Cs-137 z mlekiem w okresie [Bq]		Wchłonięcia Sr-90 z mlekiem w okresie [Bq]	
	0-6 m-cy Mleko początkowe	7-12 m-cy Mleko następne	0-6 m-cy Mleko początkowe	7-12 m-cy Mleko następne
NAN-Pro	1,93	0,66	0,58	0,99
GERBER	3,28	1,95	0,58	0,98
BEBICO	5,21	3,42	1,35	1,25
BEBILON	3,92	3,38	0,83	0,72
MAMI_LAC	3,28	1,53	0,58	0,85
HIPP	7,33	7,52	1,74	1,37
HUMANA	4,63	3,93	0,96	0,85
ENFAMIL	5,02	3,93	0,96	1,37

Roczne wchłonięcia Cs-137 z mlekiem modyfikowanym przez dzieci do 1 roku życia wynoszą od 2,59 Bq (mleko Nan-Pro) do 14,85 Bq (mleko Hipp), a wchłonięcia Sr-90 wynoszą od 1,55 Bq (mleko Babilon) do 3,11 Bq (mleko Hipp). Wchłonięcia Cs-137 z mlekiem są bardziej zróżnicowane niż wchłonięcia Sr-90 w zależności od mleka.

Na podstawie rocznych wchłonięć oszacowano dawkę efektywną otrzymywaną przez dzieci od Cs-137 i Sr-90 z mlekiem. Do szacowania przyjęto przelicznik Sv/Bq wynoszący dla Cs-137- $2,1 \cdot 10^{-2} \mu\text{Sv/Bq}$, a dla Sr-90 - $2,3 \cdot 10^{-1} \mu\text{Sv/Bq}$.

Oszacowana roczna dawka efektywna dla dzieci od Cs-137 w mleku wynosiła od 0,05 do 0,3 μSv ., a od Sr-90 w mleku – od 0,3 do 0,7 μSv .



Pomiary Zawartości Izotopów Cs-137 i Sr-90 w Produktach Żywnościowych i Gotowych Daniach

B.Rubel, W.Muszyński, M.Kardaś, K.Trzpił

(Praca finansowana przez PAA)

Celem pracy była ocena wchłonięć izotopów Cs-137 i Sr-90 z żywnością na podstawie analizy stężeń tych izotopów w produktach żywnościowych, dostępnych w sieci sklepów na terenie Warszawy, a także izotopów zawartych w całodziennych zestawach posiłków pobranych w zakładach żywienia zbiorowego w 2011 roku.

Dla określenia zawartości Cs-137 i Sr-90 w całodziennych posiłkach na terenie Warszawy pobrano w lutym i we wrześniu po 2 zestawy całodziennego pożywienia. Pożywienie pobierano przez 5 kolejnych dni w stołówce Instytutu Głuchoniemych. Zawartość Cs-137 i Sr-90 oznaczano radiochemicznie, po mineralizacji posiłków w temperaturze poniżej 450°C.

Tabela 1. Zawartość Cs-137 i Sr-90 w całodziennych posiłkach pobranych w lutym i we wrześniu 2011 w Warszawie.

	Zawartość Cs-137 [Bq/dzień]		Zawartość Sr-90 [Bq/dzień]	
	luty	wrzesień	luty	wrzesień
1	0,47 ± 0,05	0,23 ± 0,03	0,10 ± 0,01	0,07 ± 0,01
2	0,39 ± 0,04	0,31 ± 0,03	0,06 ± 0,01	0,06 ± 0,01
3	0,36 ± 0,03	0,45 ± 0,03	0,11 ± 0,01	0,07 ± 0,01
4	0,25 ± 0,02	0,38 ± 0,04	0,04 ± 0,01	0,06 ± 0,01
5	0,19 ± 0,02	0,24 ± 0,03	0,06 ± 0,01	0,08 ± 0,01

Nie zanotowano znaczących różnic w zawartość Cs-137 w dobowych posiłkach. Zawartości Cs-137 w całodziennych posiłkach w analizowanym okresie były w zakresie od 0,19 Bq/dzień do 0,47 Bq/dzień. Wartość średnia wyniosła 0,33 Bq/dzień. Rozrzut zmierzonych zawartości izotopu Cs-137 w poszczególnych dobowych próbkach związany jest z udziałem różnych produktów żywnościowych w dobowej diecie jak i masą posiłków. Zawartości Sr-90 w posiłkach w analizowanym okresie były w zakresie od 0,04 Bq/dzień do 0,11 Bq/dzień; średnio 0,07 Bq/dzień. Rozrzut zawartości Sr-90 jest mniej znaczący. Stężenie Sr-90 w różnych produktach jest na tym samym poziomie, nie ma znaczących różnic w stężeniu Sr-90 w całodziennych posiłkach. Różnice wynikają jedynie z masy posiłków.

W roku 2011 oznaczano również stężenie promieniotwórcze Cs-137 i Sr-90 w produktach żywnościowych dostępnych w sklepach na terenie Warszawy. Próby były pobierane według harmonogramu: mleko 2 próby półroczne składające się z próbek miesięcznych, mięso, jaja, drób, produkty zbożowe, warzywa, owoce, ziemniaki – jedna roczna próba uwzględniająca spożycie poszczególnych gatunków, ryby – 2 gatunki raz w roku.

Stężenie promieniotwórcze Cs-137 oznaczano spektrometrycznie lub radiochemicznie. Stężenie promieniotwórcze Sr-90 oznaczano radiochemicznie.



Oznaczone stężenia promieniotwórcze Cs-137 i Sr-90 w poszczególnych produktach nie różnią się w sposób znaczący od stężeń oznaczanych w ciągu ostatnich 2 lat. Wyniki zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Stężenie promieniotwórcze Cs-137 i Sr-90 w próbach produktów żywnościowych pobranych na terenie Warszawy, 2011.

Produkt	Stężenie promieniotwórcze Cs-137 [Bq/kg, Bq/l]	Stężenie promieniotwórcze Sr-90 [Bq/kg, Bq/l]
Mleko I półrocze	$0,28 \pm 4,1\%$	$0,03 \pm 11\%$
Mleko II półrocze	$0,11 \pm 8,1\%$	$0,03 \pm 11\%$
Mięso	$0,22 \pm 9,2\%$	$<0,02$
Drób	$0,14 \pm 9,9\%$	$<0,02$
Jaja	$0,11 \pm 8,1\%$	$<0,02$
Ryby:		
Dorsz	$0,14 \pm 14\%$	$0,03 \pm 0,01$
Śledź	$0,20 \pm 15\%$	$<0,02$
Owoce	$0,08 \pm 9,4\%$	$0,02 \pm 10,2\%$
Warzywa	$0,12 \pm 8,1\%$	$0,07 \pm 8,3\%$
Ziemniaki	$0,14 \pm 10,3\%$	$0,01 \pm 15\%$
Produkty zbożowe	$0,09 \pm 10,8\%$	$0,08 \pm 9,9\%$
Pieczywo	$0,28 \pm 7,3\%$	$0,08 \pm 10,5\%$

Na podstawie otrzymanych zawartości Cs-137 i Sr-90 w całodziennych posiłkach i stężeniu promieniotwórczego tych izotopów w grupach produktów żywnościowych oraz wielkości ich spożycia oceniono roczne wchłonięcia izotopów Cs-137 i Sr-90. Dane zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Roczne wchłonięcia Cs-137 i Sr-90 z żywnością przez mieszkańców Warszawy, 2011

Metoda oceny:	Cs-137 [Bq/osobę,rok]	Sr-90 [Bq/osobę,rok]
Na podstawie analizy produktów żywnościowych i średniego spożycia	110	26
Na podstawie analizy całodziennych posiłków	120	25

Oszacowane roczne wchłonięcia izotopów Cs-137 i Sr-90 na podstawie analizy całodziennych posiłków i na podstawie analizy produktów żywnościowych i średniego ich spożycia są na identycznym poziomie i nie odbiegają od oszacowanych rocznych wchłonieć dla mieszkańców Bydgoszczy i Poznania. Roczne wchłonięcia na podstawie analizy całodziennych posiłków wynosiły dla Bydgoszczy 106 Bq/rok (bez uwzględnienia potraw z grzybów) i 120 Bq/rok dla Poznania w 2011 roku.



Ocena Radiologiczna Terenów Pogórnicznych i Składowisk Odpadów oraz Niskoprocentowych Mineralizacji Uranowych

praca realizowana w ramach strategicznego projektu badawczego

TECHNOLOGIE WSPOMAGAJĄCE ROZWÓJ BEZPIECZNEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ

Umowa Nr SP/J/3/143045/11 zawarta z NCBIR na wykonanie zadania badawczego nr 3
Podstawy zabezpieczenia potrzeb paliwowych polskiej energetyki jądrowej

M.Kardaś, M.Suplińska

W wykonaniu zadania badawczego nr 3 uczestniczy 5 jednostek naukowych - jedną z nich jest CLOR. W ramach projektu przedstawiliśmy następujący opis metod i sposób ich realizacji:

1. Rozkład przestrzenny i zmienności w czasie mocy dawki promieniowania gamma z uwzględnieniem składowych promieniowania naturalnego i składowych antropogenicznych zostanie określony z zastosowaniem przenośnych ultra-czułych radiometrów wspomaganych pasywnymi detektorami TLD.
2. Geograficzne współrzędne punktów pomiaru mocy dawki oraz punktów poboru próbek będą wyznaczone metodą GPS, następnie zostaną wykonane mapy (mapa) przy pomocy pakietu MAP-INFO.
3. Składowe antropogeniczne mocy dawki zostaną wyznaczone za pomocą pomiarów gamma spektrometrycznych metodą „in situ”.
4. Poziomy stężenie radioaktywności środowiska będą określone (w zależności od typu emitera) za pomocą spektrometrii promieniowania gamma dla ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{40}K , spektrometrii promieniowania alfa dla izotopów uranu, spektrometrii promieniowania beta dla ^{210}Pb .
5. Obliczenia dawek dla przedstawicieli fauny i flory oraz „krytycznych grup ludności” będą przeprowadzone przy pomocy specjalistycznego oprogramowania rekomendowanego przez MAEA: RESRAD-offsite oraz ERICA-TOOLS.

Dotychczas w ramach wstępnych prac została zweryfikowana metoda oznaczania stężenia promieniotwórczego izotopów uranu. Do weryfikacji metody zostały wykorzystane referencyjne próbki środowiskowe.

Tabela 1. Stężenia promieniotwórcze izotopów uranu w środowiskowych próbkach referencyjnych.

Próbka	Wydajność %	Wartości oznaczone Bq/kg		Wartości referencyjne Bq/kg	
IAEA 381 woda morska	71	0,045±0,005*	0,053±0,006	0,042 ± 0,004	0,051 ± 0,006
IAEA 385 osad denny	83 84	26,8±2,4 28,6±2,8	26,4±2,3 26,8±2,7	29 (28-30) **	27 (26-28)
IAEA 434 fosfogips	84 84	124±10 120±13	138±11 136±15	120 ± 9	120 ±11
IAEA 447 gleba	87 87	21,6±2,2 20,5±2,1	20,0±2,0 20,2±2,1	22,2 ± 0,8	21,8 ± 0,8

* - poziom ufności p=95%

** - podany przez IAEA zakres stężeń



Wykorzystując zweryfikowaną metodę oznaczania stężenia promieniotwórczego izotopów uranu wykonano pilotażowe oznaczenia w próbkach wody i gleby.



Przeprowadzenie Pomiarów Porównawczych w Zakresie Oznaczania Izotopu Cs-137 przez Placówki Podstawowe Prowadzące Pomiary Skażeń Promieniotwórczych w Ramach Monitoringu Radiacyjnego Kraju

W. Muszyński, M. Kardaś, W. Kurowski, B. Rubel, K. Trzpił

Praca finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczeń aktywności izotopu Cs-137 w próbkach materiału kontrolnego przez placówki podstawowe prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w Polsce.

Materiałem kontrolnym do pomiarów porównawczych była serwatka w proszku (wymagane stężenie promieniotwórcze cezu – nie większe niż 5 Bq/kg).

Sprawdzono wzorcowanie spektrometrów gamma (spektrometry Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000). Poprawność wzorcowania była również sprawdzona w porównaniach międzynarodowych „Radiotoxicology Intercomparisons 2010” organizowanym przez PROCORAD, Francja.

Zakupioną partię serwatki umieszczono w beczce o pojemności 200 litrów i wymieszano mechanicznie w celu doprowadzenia do jednorodności. Pobierano 4 próbki z serwatki w proszku i wykonano spektrometryczne pomiary stężeń promieniotwórczych Cs 137. Wyniki pomiarów wskazywały na uzyskanie homogeniczności materiału wyjściowego.

Przygotowano 45 referencyjnych próbek po 1 kg do rozesłania do placówek.

Do każdej przesyłki dołączono formularze do wpisania danych dotyczących laboratorium i osób wykonujących pomiary, informacji o metodach oznaczeń oraz danych dotyczących aparatury.

Wyniki pomiarów próbek kontrolnych otrzymano z 33 placówek. Placówki wykonały 44 oznaczenia stężeń promieniotwórczych Cs-137 (11 placówek wykonało oznaczenia dwoma metodami: spektrometria i radiochemia).

Wszystkie wyniki pomiarów wprowadzono do rejestru i przeprowadzono ich analizę. Wyniki pomiarów porównano z wartościami odniesienia. Wykorzystując testy Dixona, Grubbsa i t-Studenta odrzucono wyniki wątpliwe, pozostałe poddano analizie statystycznej. Nie brano również pod uwagę wyników „mniej niż”.

Liczba wyników w przedziale $\pm 25\%$ wartości referencyjnej wynosiła 22 (50% nadesłanych). Oceniono, zgodnie z kryteriami stosowanymi przez MAEA, poprawność i precyzję wyników oznaczeń nadesłanych przez placówki. Wynik jest akceptowany jeśli spełnia obydwa kryteria. 26 wyników spełnia ten warunek. Wyznaczono parametr Z (osobno dla metody spektrometrycznej i radiochemicznej), wartość bezwzględna parametru Z jest ≤ 2 dla 39 wyników, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różni się od wartości referencyjnej.



Opracowanie i Wdrożenie Metody Oznaczania Polonu – ^{210}Po oraz Ołowiu – ^{210}Pb w Próbkach Środowiskowych

L.Rosiak, D.Podstawka, E.Starościak

^{210}Po jest naturalnym, krótkożyciowym ($T_{1/2}=138,3$ dni) emitерem promieniowania alfa. Występuje w skorupie ziemskiej w śladowych ilościach jako produkt rozpadu promieniotwórczego szeregu uranowo-radowego. Izotop ten znajduje się w małych ilościach w otoczeniu człowieka: powietrze, woda pitna (ok. $0,5 \text{ mBq/l}$), żywność ($20\text{--}200 \text{ mBq/kg}$), tytoń i dym papierosowy. Polon wprowadzony do organizmu jest silnie radiotoksyczny, uszkadza m.in. układ krwionośny i płuca. W przypadku wchłonięcia ^{210}Po przez ludzi, zawartość tego radionuklidu w organizmie człowieka może być określona na podstawie analizy wydaliny np. próbki moczu.

^{210}Pb , prekursor ^{210}Po , jest emitерem promieniowania beta oraz gamma o okresie połowicznego zaniku $T_{1/2}=22,3$ lat. W atmosferze oprócz ^{210}Pb pochodzenia naturalnego, znajduje się sztuczny izotop, wprowadzony w czasie próbnych wybuchów jądrowych w latach 1952 – 1962. Ołów jest toksyczny zarówno jako metal ciężki, kumulujący się w organizmie człowieka oraz jako izotop promieniotwórczy.

Celem pracy było opracowanie i wdrożenie metody oznaczania obok siebie ^{210}Po i ^{210}Pb w próbkach środowiskowych, co pozwoli na oznaczenie ich zawartości w próbkach wody, gleby, roślin, żywności na terenach o podwyższonej zawartości tych radionuklidów w środowisku, wynikającej z działalności człowieka. Wybrana metoda jest metodą radiochemiczną prowadzoną wobec znacznika ^{209}Po . ^{210}Po i ^{210}Pb oznaczano w próbkach wody, gleby i osadów dennych oraz w roślinach. Przygotowanie wstępne próbek było więc różne. 5-litrowe próbki wody były sączone, odparowywane prawie do sucha w obecności kwasu azotowego. Próbki gleby (ok. 1 kg) i osadów były suszone, przesiewane przez sito. Do oznaczenia ^{210}Po i ^{210}Pb pobierano od 1 do 10 g gleby lub osadu. Próbki rozpuszczano w kwasie fluorowodorowym i azotowym i odparowywano prawie do sucha. Rośliny były myte w wodzie destylowanej i po odsączeniu spalane „na mokro” w kwasie azotowym. Kwas azotowy był odparowywany. Do tak przygotowanych próbek dodawano kwas nadchlorowy, w celu odpędzenia kwasu azotowego. Próbki odparowano i osad rozpuszczano w $0,5 \text{ m}$ roztworze kwasu solnego z niewielkim dodatkiem kwasu askorbinowego (kompleksującego jony metali np. Fe). Następnie prowadzono depozycję ^{210}Po i ^{210}Pb na krążku niklowym o wymiarach $\phi=23,8 \text{ mm}$; grubość $0,5 \text{ mm}$, pokrytym z jednej strony teflonem. Depozycję prowadzono, stale mieszając roztwór, przez 3 godziny, w temperaturze 85°C , cały czas kontrolując temperaturę i poziom cieczy. Po zakończeniu depozycji krążek wyjmowano, płukano wodą, etanolem i suszono po promienniku. Następnie prowadzono pomiar promieniowania beta ^{210}Pb (przykrywając krążek cienką folią w celu eliminacji promieniowania alfa), a potem pomiar promieniowania alfa ^{210}Po . Wyniki oznaczenia ^{210}Po i ^{210}Pb w wodzie przedstawia tabela 1. Wahania stężenia promieniotwórczego ^{210}Po w wodach są stosunkowo niewielkie; od $0,61 \text{ mBq/l}$ w wodzie wiślanej pobranej w Tyńcu do $3,43 \text{ mBq/l}$ w wodzie z jeziora Wigry. Średnia wydajność wzorca ^{209}Po wynosiła 33% . Stężenia promieniotwórcze ^{210}Pb w wodach są bardziej zróżnicowane i wahają się od $< 0,15 \text{ mBq/l}$ (wody Odry w Poznaniu i Głogowie oraz woda z jeziora Drawsko) do $5,67 \text{ mBq/l}$ w wodzie z jeziora Wigry.



W tabeli 2 przedstawiono wyniki oznaczenia ^{210}Po i ^{210}Pb w glebie, w osadach i w roślinach. Stężenia promieniotwórcze ^{210}Po w roślinach są stosunkowo niskie i oscylują od 1,17 mBq/kg_(świeżej masy) do 5,42 mBq/kg_(świeżej masy). W glebach i osadach te stężenia są znacznie wyższe i wahają się od ok. 40 Bq/kg_(suchej masy) w osadzie z wodociągów do ok. 1 kBq/kg_(suchej masy) w fosfogipsie z Wiślinki.

Tabela 1.

Miejsce	Po-210 [mBq/l]	Pb-210 [mBq/l]	Wydajność Po-209 %
Annopol	0,97±0,19	2,54± 0,23	26,4
Rogóźno	1,23 ±0,19	3,61± 0,30	35,8
Tyniec	0,61 ±0,12	0,94± 0,10	37,0
Chałupki	0,68 ±0,12	0,76± 0,08	35,1
Wrocław	1,21 ±0,14	2,50± 0,22	49,5
Warszawa	0,73 ± 0,13	0,19± 0,02	32,1
Płock	1,27 ± 0,20	1,78± 0,17	33,2
Wyszków	1,80 ± 0,47	2,20± 0,20	31,0
Pułtusk	1,91 ± 0,27	0,41± 0,04	25,8
Poznań	2,12 ± 0,37	<MDA	11,6
Drawsko	0,3 ± 0,07	<MDA	37,3
Głogów	0,92 ± 0,22	<MDA	14,8
Niesłysz	0,82 ± 0,14	0,38± 0,04	29,4
Krajnik	1,11 ± 0,18	2,08± 0,19	25,3
Wadąg	1,35 ± 0,12	4,53± 0,35	83,4
Wigry	3,43 ± 0,28	5,67± 0,41	32,2
Kiezmark	1,32± 0,28	1,96± 0,18	38,7

Stężenia promieniotwórcze ^{210}Pb w roślinach są niewielkie i wahają się od 1,17 mBq/kg_(świeżej masy) do 3,59 mBq/kg_(świeżej masy). W glebach i osadach stężenia promieniotwórcze ^{210}Pb wahają się bardziej znacząco: od 4,90 Bq/kg_(suchej masy) w osadzie z wodociągów do 879 Bq/kg_(suchej masy) w fosfogipsie z Wiślinki.

Biorąc po uwagę spójność otrzymanych wyników oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{210}Po i ^{210}Pb w różnych komponentach środowiska, oraz średnią wydajność znacznika ^{209}Po wynoszącą 33% można przyjąć tę metodę jako opracowaną i wdrożoną do oznaczania ^{210}Po i ^{210}Pb obok siebie w próbkach środowiskowych.



Tabela 2.

Roślina Świeża masa	Po-210 [Bq/kg]	Pb-210 [Bq/kg]	Wydajność Po-209 %
Mniszek CLOR	1,60 ±0,21	1,17± 0, 02	22,4
Mniszek Partęczyny	1,26 ±0,11	3,59± 0,06	51,3
Dąb CLOR	1,171 ±0,11	2,23± 0,03	10,3
Dąb Partęczyny	5,42 ±0,47	1,98± 0,02	50,6
Gleba		Sucha masa	
Fosfogips	1011 ± 320	879± 22,8	45,1
Osad z wodociągów	39,6 ±8,4	4,90± 0,43	38,0
Gleba	78,4 ± 11,3	79,79± 4,22	47,7



Oznaczenie Promieniotwórczości Wody do Picia w Dużych Aglomeracjach Miejskich i Ocena Dawek od Jej Spożycia

A.Fulara, A.Adamczyk

Pracę wykonano na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki

Badania promieniotwórczości wody wodociągowej w 2011 roku prowadzono w południowej oraz południowo- zachodniej Polsce. Przebadano wodę pochodzącą z Tarnowa, Sanoka, Krosna, Nowego Sącza, Jeleniej Góry oraz Bielska Białej.

Objętość wody pobieranej z każdego punktu poboru wynosiła 20 litrów.

^{137}Cs i ^{90}Sr oznaczano w tej samej próbce o objętości 15 litrów, w pozostałych 5 litrach oznaczano tryt oraz całkowitą promieniotwórczość alfa i beta.

Łącznie pobrano i wykonano analizy w wodach pochodzących z 17 stacji uzdatniania wody.

Wszystkie stacje uzdatniania wody wykorzystują wody powierzchniowe i infiltracyjne.

Wyniki oznaczeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach do picia pobranych w 2011 roku wskazują, że stężenia ^{137}Cs jak i ^{90}Sr w wodzie pitnej znajdowały się na niskim poziomie. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs mieściło się w zakresie od wartości mniejszej niż granica detekcji ($<0,41$ mBq/l) do $2,59 \pm 0,32$ mBq/l. W przypadku ^{90}Sr zakres stężeń wynosił od $1,23 \pm 0,22$ mBq/l do $4,14 \pm 0,45$ mBq/l.

W badanych wodach stężenie trytu wahało się od wartości mniejszej niż granica detekcji ($0,5$ Bq/l) do $3,5$ Bq/l. Średnie stężenie trytu obliczone dla wszystkich próbek wody badanych w tym roku wynosiło $1,7 \pm 0,2$ Bq/l.

Całkowita promieniotwórczość beta badanych wód była bardzo niska i zawierała się w zakresie od $0,03 \pm 0,01$ Bq/l do $0,14 \pm 0,02$ Bq/l. Średnie stężenie całkowitej promieniotwórczości beta obliczone dla wszystkich analizowanych wód wynosiło $0,07 \pm 0,01$ Bq/l.

Całkowita promieniotwórczość alfa była większa od granicy oznaczalności jedynie w wodzie pobranej z ujęć w Jeleniej Górze. W wodzie pobranej z pozostałych miast nie przekroczyła granicy detekcji ($0,015$ Bq/l).

W Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. Nr 61, poz. 417, Załącznik nr 3) późniejszymi zmianami w „Wymaganiach radiologicznych” określono, że dopuszczalne stężenie trytu w wodzie do picia nie może przekraczać 100 Bq/l, a całkowita dopuszczalna dawka wynosi $0,1$ mSv/rok.

Dawka powyższa nie jest przekroczona, jeżeli całkowita promieniotwórczość α nie przekracza wartości $0,1$ Bq/l i całkowita promieniotwórczość β nie przekracza wartości 1 Bq/l (Raport WHO i Dyrektywa UE). Przeprowadzone analizy wskazują, że badane wody wodociągowe spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007 r.

Na podstawie oznaczonych stężeń Cs-137 i Sr-90 obliczono roczne wchłonięcia Cs-137 i Sr-90 z wodą w grupach wiekowych do 1-go roku życia (spożycie wody 250 l/rok), 1 –10 lat (spożycie 350 l/rok), 11 do 17 lat (spożycie 540 l/rok) i osób dorosłych (spożycie 730 l/rok).



Na podstawie tych danych obliczono średnie roczne wchłonięcia. Wchłonięcia te wynosiły odpowiednio $0,27 \pm 0,19$ Bq/rok; $0,37 \pm 0,26$ Bq/rok; $0,58 \pm 0,40$ Bq/rok i $0,78 \pm 0,54$ Bq/rok dla Cs-137. Wchłonięcia Sr-90 w odpowiednich grupach wiekowych były następujące: $0,62 \pm 0,21$ Bq/rok; $0,87 \pm 0,28$ Bq/rok; $1,35 \pm 0,45$ Bq/rok i $1,82 \pm 0,61$ Bq/rok. W oparciu o roczne wchłonięcia i odpowiednie współczynniki przeliczeniowe wyrażone w Sv/Bq, podane w Tabeli 4 (Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168) obliczono obciążające dawki skuteczne.

Dawki od wchłonięć Cs-137 mieszczą się w zakresach od 0,004 do 0,010 μ Sv/rok co stanowi niewielki procent (0,0004-0,0010%) rocznej dawki granicznej dla osób z ogółu ludności określonej w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168 (1mSv/rok).

Od wchłonięć Sr-90 dawki mieszczą się w zakresie od 0,051 do 0,144 μ Sv/rok co stanowi 0,0051% - 0,0144% dawki granicznej.

Otrzymane wyniki wskazują, że dawki te są zaniedbywalnie małe, a wody wodociągowe we wszystkich badanych miastach spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 29 marca 2007r.



Ocena Dawek dla Organizmów Standardowych Charakterystycznych dla Środowiska Lądowego i Wodnego w Polsce

L.Rosiak, E.Starościak, P.Krajewski

Omawiany temat jest kontynuacją prac prowadzonych w latach 2003-2010. W 2011r. prowadzono pomiary stężeń Ra-226, Cs-137, K-40 w próbkach roślin. W okresie od maja do sierpnia 2010 i od sierpnia do września 2011 pobrano próbki mniszka (*Taraxacum officinal*), pokrzywy (*Urtica dioica*), pałki (*Typha*), rzęsy (*Lemna minor*) oraz sosny (*Pinus sylvestris*) i dębu (*Quercus robur*). Rośliny pobierano w całości z wyjątkiem drzew, z których pobierano próbki drewna oraz liście z gałązkami do 5 mm średnicy. Próbki roślin pobierano z 4 miejsc w Warszawie (Żerań, Chomiczówka, Kępa Zawadowska, Młociny), z 6 miejsc z terenu województwa mazowieckiego (Zalew Zegrzyński, Płock, Pułtusk, Wyszaków, Żyrardów, Kozienice), z 6 miejscowości Pomorza (Wiślinka, Bogatka, Żarnowiec, Drawsko, Łeba, Partęczyny), a także z Rogóźna (woj. lubelskie) i z Niesulic (woj. lubuskie).

Razem z próbkami roślin pobierano ok. 2 kg próbki gleby i ok. 5l próbki wody. Oznaczenia Ra-226, Cs-137 i K-40 prowadzono w próbkach roślin mytych wodą destylowaną. Ogółem wykonano oznaczenia tych trzech radionuklidów w 79 próbkach roślinnych.

Najwyższe stężenia promieniotwórcze Ra-226 zaobserwowano w próbkach: rzęsy z okolic Żyrardowa (6 Bqkg^{-1}) i mniszka z warszawskiej Chomiczówki ($3,06 \text{ Bqkg}^{-1}$), a najniższe w próbkach: drewna dębu z okolicy Kozienic ($<0,001 \text{ Bqkg}^{-1}$) i rzęsy z Bogatki na Pomorzu ($0,01 \text{ Bqkg}^{-1}$). Średnie stężenia promieniotwórcze Ra-226 najwyższe były w rzęsie ($1,27 \text{ Bqkg}^{-1}$) oraz w drewnie i liściach dębu (odpowiednio $0,64$ i $0,59 \text{ Bqkg}^{-1}$), najniższe zaś w pałce i igłach sosny (odpowiednio $0,07$ i $0,06 \text{ Bqkg}^{-1}$).

Stężenia promieniotwórcze Cs-137 wahały się znacznie od $<0,001 \text{ Bqkg}^{-1}$ dla drewna sosny z Żegrza oraz rzęsy z Partęczyn i Pułtuska do 5 Bqkg^{-1} dla mniszka z okolicy Kozienic. Średnie stężenia promieniotwórcze Cs-137 najwyższe były w drewnie dębu i sosny (odpowiednio $1,24$ i $0,80 \text{ Bqkg}^{-1}$) oraz w rzęsie ($0,85 \text{ Bqkg}^{-1}$), a najniższe w pałce ($0,001 \text{ Bqkg}^{-1}$) i w igłach sosny ($0,005 \text{ Bqkg}^{-1}$).

Stężenia promieniotwórcze K-40 oscylowały w szerokich granicach; od $2,85 \text{ Bqkg}^{-1}$ dla drewna sosny z Bogatki do 340 Bqkg^{-1} dla mniszka z okolicy Kozienic. Najniższe średnie stężenia promieniotwórcze K-40 zaobserwowano dla drewna sosny i dębu (odpowiednio $10,07$ i $35,4 \text{ Bqkg}^{-1}$), a najwyższe dla mniszka i liści dębu (odpowiednio 152 i $85,0 \text{ Bqkg}^{-1}$).

Wyniki oznaczenia Ra-226, Cs-137 i K-40 w próbkach roślin przedstawia tabela 1.

Ocenę dawek pochłoniętych dla roślin wykonano stosując własny, napisany w CLOR, program BIOTA do liczenia dawek. Ocenę rocznych dawek pochłoniętych dla roślin przedstawiono w tabeli 2. Roczne sumaryczne dawki pochłonięte dla roślin, od trzech badanych radionuklinów nie są duże i wynoszą od $0,66$ do $3,04 \text{ mGy rok}^{-1}$ (średnia $1,89 \text{ mGy rok}^{-1}$). Najwyższe dawki osiągają wartość ok. 26 mGy rok^{-1} . Największy wkład do dawki całkowitej wnoszą Ra-226 i K-40 (odpowiednie średnie to $1,24$ i $0,71 \text{ mGy rok}^{-1}$). Dawki od Cs-137 są na ogół niższe i wynoszą średnio $0,21 \text{ mGy rok}^{-1}$. W tabeli 3 podano roczne dawki pochłonięte od Ra-226, Cs-137 oraz K-40 dla wszystkich badanych organizmów standardowych w Polsce. Gryzonie z okolic Jakuszyca i ślimaki z Mazowsza



otrzymują dawki najwyższe. Najniższe dawki otrzymują ryby, zarówno morskie jak i żyjące w wodach słodkich.

Tabela 1.

ROŚLINA	Liczba prób	Ra-226 [Bq/kg św.m] Średnia Zakres min - max	Cs-137 [Bq/kg-św.m] Średnia Zakres min - max	K-40 [Bq/kg św.m] Średnia Zakres min - max
Mniszek	26	0,27 0,03 - 3,26	0,52 0,001 - 5,07	152 32,9 - 340
Pokrzywa	13	0,23 0,06 - 0,75	0,05 <0,001 - 0,11	128 72,8 - 210
Pałka	8	0,07 0,03 - 0,15	0,002 <0,001 - 0,01	70,8 3,80 - 142
Rzęsa	11	1,27 0,01 - 6,00	0,85 0,001 - 8,34	50,3 12,0 - 234
Dąb drewno	8	0,59 <0,001 - 0,98	1,24 <0,001 - 9,41	35,0 6,14 - 40,1
Dąb liście i gałęzie	6	0,64 0,20 - 1,32	0,016 <0,001 - 0,067	85,0 17,8 - 126
Sosna drewno	4	0,12 0,02 - 0,26	0,80 <0,001 - 4,58	10,1 2,85 - 18,9
Sosna igły i gałęzie	3	0,06 0,03 - 0,12	0,005 0,001 - 0,12	70,6 55,0 - 80,0
Ogółem	79			

Tabela 2.

Roślina	K-40 [mGy/rok] Średnia Zakres min - max	Ra-226 [mGy/rok] Średnia Zakres min - max	Cs-137 [mGy/rok] Średnia Zakres min - max	Suma [mGy/rok]
Mniszek	0,85 0,70 - 1,25	0,97 0,26 - 9,35	1,22 0,13 - 15,0	3,04
Pokrzywa	1,19 0,35 - 2,03	0,69 0,18 - 2,35	0,09 0,05 - 0,13	1,97
Pałka	0,72 0,55 - 0,90	0,21 0,16 - 0,45	0,11 0,04 - 0,17	1,04
Rzęsa	0,71 0,57 - 1,19	3,83 0,11 - 18,0	0,04*	2,58
Dąb drewno	0,66 0,58 - 0,68	1,77 0,42 - 2,94	0,04 0,03 - 0,07	2,47
Dąb liście i gałęzie	0,51 0,38 - 0,63	1,92 1,02 - 3,97	0,11 0,08 - 0,13	2,54
Sosna drewno	0,28 0,17 - 0,39	0,36 0,13 - 0,78	0,02*	0,66
Sosna igły	0,72 0,71 - 0,74	0,18 0,09 - 0,43	0,01*	0,91
ŚREDNIA	0,71	1,24	0,21	1,89

*jako średnią przyjęto najwyższą wartość



Tabela 3.

	^{40}K	^{137}Cs	^{226}Ra	Całkowita
Gryzoń Jakuszyce	1,7 1,5 – 2,0	6,8 0,17 - 29	1,3 0,32 - 10	9,8
Ryby M. Bałtyckiego	-	0,28 0,14 - 0,5	0,39 0,26 - 0,54	0,67
Ryby słodkowodne	1,07 0,50 - 1,94	0,016 0,004 - 0,038	0,37 0,07 – 2,22	1,45
Żaby Mazowsze	0,91 0,1 – 1,6	0,08 0,007 – 1,6	1,20 0,49 – 4,87	2,19
ŚLIMAK Mazowsze	0,44 0,39-0,47	0,32 0,03-0,76	3,63 0,86-9,15	4,39
ROŚLINY	0,71 0,17-2,03	0,21 0,01-15,0	1,24 0,09-9,35	2,51

Temat jest zakończony. Określone zostały poziomy odniesienia narażenia fauny i flory (tzw. tło).

Zyskaliśmy pewne doświadczenie w szacowaniu dawek dla organizmów standardowych. Mamy program do liczenia dawek. Polska jako członek Unii Europejskiej zobowiązana będzie do dostosowania swojego systemu ochrony radiologicznej do standardów obowiązujących w krajach Wspólnoty. Jeżeli program ochrony radiologicznej, nie tylko człowieka, ale i innych organizmów żywych wejdzie w życie, jesteśmy do tego przygotowani.



Utrzymanie Systemu Zapewnienia Jakości w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych

E.Starościak, W.Muszyński, B.Rubel, L.Rosiak, A.Fulara, M.Kardaś

Praca pt. „Utrzymanie Systemu Zapewnienia Jakości w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych” była realizowana w 2011 roku w Zakładzie Higieny Radiacyjnej Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. W ramach wyszczególnionych w Umowie Nr 6/SP/2011 zadań zostały zrealizowane następujące prace:

1. Sprawowanie nadzoru przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) nad akredytowanym Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (przeprowadzenie oceny):

W dniu 7 lutego 2011r. w Laboratorium odbył się audyt zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów PCA. Audytorzy wystawili 4 karty niezgodności. Zaplanowano i zrealizowano korekcje oraz działania korygujące do wszystkich spisanych niezgodności. Przekazane do PCA dowody wykonania korekcji oraz działań korygujących zostały zaakceptowane przez audytorów. Zostały także zaplanowane i zrealizowane działania zapobiegawcze do 4 spostrzeżeń zawartych w Raportach z oceny.

2. Doskonalenie systemu zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych:

Niezgodności oraz spostrzeżenia sformułowane podczas audytu PCA zostały wykorzystane do poprawy dokumentacji systemu zarządzania Laboratorium. Wdrożone zostały nowe 4 wydania Procedur Badawczych z dn. 07.02.2011r. oraz nowe wydanie 4 Księgi Jakości z dnia 28.03.2011r., uwzględniające zmiany w Laboratorium wynikające ze zmian w CLOR, uwag audytorów PCA oraz własnych spostrzeżeń z przeglądu dokumentów.

W Laboratorium odbyło się 18 szkoleń wewnętrznych (Laboratorium lub CLOR) zgodnie z „Planem szkoleń w roku 2011” oraz wynikających z realizacji działań korygujących i zapobiegawczych. Pracownicy Laboratorium wzięli także udział w 6 szkoleniach zewnętrznych m.in.: „Walidacja i spójność pomiarów chemicznych”, „Doskonalenie systemu zarządzania laboratorium w aspekcie wymagań normy PN-EN-ISO/IEC 17025: 2005 + AP 1:2007” oraz Spotkaniu PCA z przedstawicielami akredytowanych laboratoriów badawczych.

W 2011r. Laboratorium wzięło udział w jednym krajowym oraz trzech międzynarodowych porównaniach międzylaboratoryjnych:

- PROCORAD 2011, Francja;
- The IAEA-CU-2010-03 worldwide proficiency test on the determination of natural radionuclides in water and Ra-226 in soil;
- EC interlaboratory comparison on Sr-90, Cs-137 and K-40 in wild bilberry powder;
- Porównaniu międzylaboratoryjnym, organizowanym przez PAA i IChTJ, dotyczącym oznaczania stężeń promieniotwórczych w próbkach wody



pitnej Am-241 i H-3 oraz Pu-238 i Pu-239,240 w próbkach wody pitnej i marchwi suszonej.

3. Uzupełnienie Procedur Badawczych o oznaczanie izotopów: Sr-90 oraz U-238, 234 i 235 w wodach:

Opracowano procedurę QPB8 „Oznaczanie stężenia promieniotwórczego strontu 90 w wodzie” wyd.1 z dn. 24.11.2011r. Procedurę badawczą QPB5 „Oznaczanie stężenia promieniotwórczego uranu - 238, 234 i 235” uzupełniono o opis postępowania w przypadku oznaczania stężeń promieniotwórczych tych izotopów w wodzie oraz w mleku i produktach mlecznych – wyd.5 z dn. 24.11.2011r. Procedurę badawczą QPB4 „Oznaczanie stężenia promieniotwórczego plutonu - 239, 240 i 238” uzupełniono o opis postępowania w przypadku oznaczania stężeń promieniotwórczych tych izotopów w glebie i osadach dennych – wyd. 5 z dn. 24.11.2011r.

4. Złożenie wniosku do PCA o rozszerzenie zakresu akredytacji o oznaczanie stężeń promieniotwórczych izotopów: strontu - 90 oraz uranu - 238, 234 i 235 w wodach:

W dniu 19 grudnia 2011r. w Dziale Akredytacji Laboratoriów Badawczych Polskiego Centrum Akredytacji został złożony wniosek o rozszerzenie akredytacji Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych.

5. Przeprowadzenie audytów wewnętrznych przez uprawnionych pracowników CLOR w ramach obowiązków służbowych:

Realizując Program audytów wewnętrznych na rok 2011 w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych przeprowadzono dwa audyty wewnętrzne. W dniach 29-30 września 2011r. odbył się audyt wewnętrzny nr 1/2011 dotyczący obszaru technicznego systemu zarządzania. W dniach 27-28 października 2011r. odbył się audyt wewnętrzny nr 2/2011 dotyczący wymagań ogólnych systemu zarządzania. Podczas audytów spisano trzy niezgodności. Do wszystkich spisanych niezgodności zaplanowano i zrealizowano korekcje oraz działania korygujące. Audyty wykazały, że system zarządzania Laboratorium jest wdrożony i ciągle doskonalony. Audyty wewnętrzne przeprowadzone zostały bardzo wnikliwie, a audytor przedstawił obszary do doskonalenia systemu zarządzania Laboratorium.

6. Nadzór techniczny i konserwacja wyposażenia badawczego Laboratorium:

Został zakupiony nowy system spektrometryczny Canberra do pomiaru aktywności promieniowania alfa z detektorem PIPS. U akredytowanych producentów zapewniających spójność pomiarową zostały zakupione roztwory wzorcowe Sr-85 oraz H-3.

W akredytowanych Laboratoriach Wzorcujących zapewniających spójność pomiarową wykonano wzorcowania: termometru szklanego cieczowego, termometru cyfrowego z czujnikiem, wzorców masy 1g i 10g, odważników kalibracyjnych 100g i 200g, cylindrów pomiarowych 1000 ml, 500 ml i 50 ml.

Wykonano okresowe sprawdzanie aparatury oraz wyposażenia pomocniczego Laboratorium.



Zakład Dozymetrii

Monitoring Stężenia ^{137}Cs w Glebie w latach 2010-2011

K.Isajenko, B.Piotrowska, M.Fujak, M.Kuczbajska

*(Praca była dofinansowana przez Narodowy Fundusz Ochrony
Środowiska i Gospodarki Wodnej)*

Badania skażeń promieniotwórczych gleby prowadzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce. Próbkę gleby do pomiarów są pobierane w sieci stacji meteorologicznych należących do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej.

Wyniki pomiarów próbek gleby pochodzących z terenu całego kraju są zapisywane w bazie danych i są wykorzystywane do tworzenia radiologicznych map Polski. Mapy są tworzone z wykorzystaniem systemu MapInfo 8.5 PL. System ten pozwala na wizualizację wyników pomiarów z poszczególnych punktów poboru próbek w postaci kartodiagramów kołowych o powierzchniach proporcjonalnych do wielkości stężenia oraz w postaci map rastrowych, w których wartości stężeń pomierzonych w punktach ekstrapoluje się na obszar całego kraju.

W 254 punktach, w których zostały pobrane próbki gleby zostały określone stężenia cezu ^{137}Cs oraz radionuklidów naturalnych (radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac i potasu ^{40}K) za pomocą analizy metodą spektrometrii promieniowania gamma.

W każdym punkcie poboru, pobrano próbki (w październiku 2010 roku) za pomocą specjalnych wykrojników o średnicy 7 cm. Próbkę pobiera się z powierzchniowej warstwy gleby o głębokości 10 cm w sześciu miejscach leżących na obwodzie koła o średnicy 2 metrów oraz z siódmego miejsca leżącego w środku tego koła. Pomiary zawartości radionuklidów w glebie są wykonywane przy użyciu spektrometrów z detektorami półprzewodnikowymi HPGe, umieszczonymi w niskotłowych ołowianych domkach osłonowych. Czas każdego pomiaru wynosi 80000 sekund.

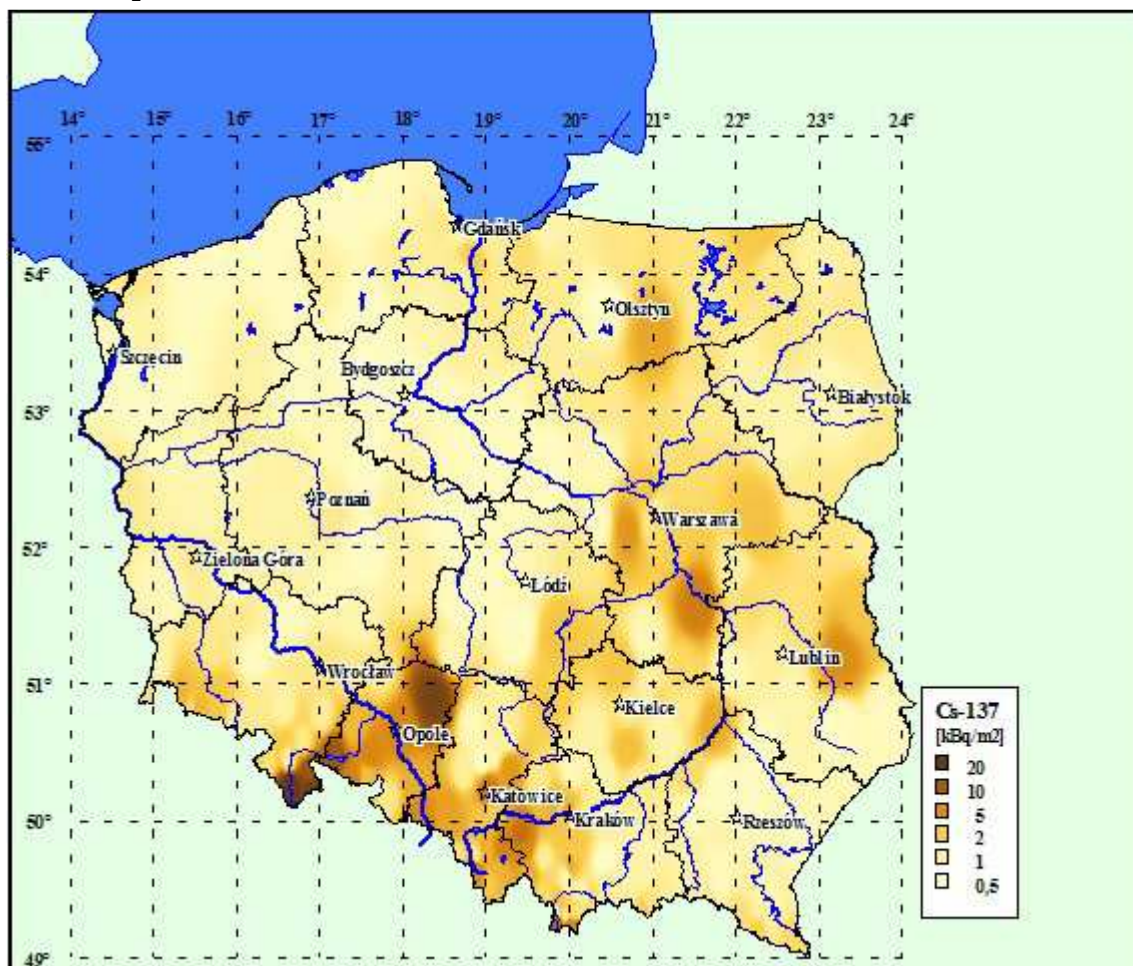
Średnia wartość powierzchniowego stężenia ^{137}Cs w Polsce wynosi $1.93 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$, przy zakresie od 0.22 do $23.78 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. Radiologiczna mapa powierzchniowego stężenia cezu ^{137}Cs (mapa rastrowa) została przedstawiona na rysunku 1. Taki rozkład cezu ^{137}Cs w Polsce został spowodowany warunkami atmosferycznymi – w szczególności opadami deszczu – w Polsce w maju 1986 roku, tzn. w okresie bezpośrednio po awarii w Elektrowni Jądrowej w Czarnobylu (w okresie gdy nad Polską przemieszczały się masy skażonego powietrza). Wszystkie wyniki pomiarów podane są na dzień poboru próbek w październiku 2010 roku.

Średnie wartości stężeń naturalnych radionuklidów w glebach w Polsce wynoszą: dla radu ^{226}Ra - 25.3 , dla aktynu ^{228}Ac - 24.4 i dla potasu ^{40}K - $428 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, tzn. są bardzo zbliżone do średnich stężeń na świecie wynoszące odpowiednio 33 , 45 i $420 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ [1].

Najwyższe stężenia radu ^{226}Ra oraz aktynu ^{228}Ac zmierzono w południowych częściach Polski – jest to związane ze strukturą geologiczną naszego kraju. Dla przykładu w próbce pobranej w Szklarskiej Porębie stężenia tych dwóch radionuklidów wynoszą odpowiednio: $143,2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ^{226}Ra oraz $125,0 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ^{228}Ac .

W roku 2012 na podstawie otrzymanych wyników pomiarów zostanie wydana czwarta edycja „Atlasu Radiologicznego Polski 2011”.

Rys. 1. Powierzchniowe stężenie cezu ^{137}Cs w 10 cm warstwie gleby w Polsce, w październiku 2010 roku.



Literatura:

1. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations, New York, 2000.



Eksploracja Sieci Wysokoczułych Stacji ASS-500

K.Isajenko, B.Piotrowska, I.Kwiatkowska, M.Kuczbajska

W roku 2011 stacje typu ASS-500 do poboru i pomiaru aerosoli w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego pracowały w Warszawie, Białymstoku, Katowicach, Krakowie, Lublinie, Gdyni, Wrocławiu, Szczecinie, Sanoku, Toruniu, Łodzi i Zielonej Górze (12 stacji). Wszystkie stacje były wyposażone w detektor scyntylacyjny NaI(Tl) umieszczony nad filtrem. Widmo promieniowania gamma oraz inne parametry, jak np. wielkość przepływu powietrza przez filtr, były przesyłane do komputera stacyjnego i następnie do CLOR. Filtry z trzech stacji: ze Szczecina, Torunia i Zielonej Góry były mierzone w Zakładzie Dozymetrii CLOR. Sieć stacji ASS-500 jest częścią Systemu Wczesnego Ostrzegania o Skażeniach.

Wszystkie stacje pracowały bez dłuższych przerw. Efektem tego było zebranie 616 tygodniowych próbek aerosoli ze wszystkich stacji przez cały rok 2011. Filtry z zebranymi aerosolami, tzn. pyłami zawierającymi aerozole, były przez minimum dwa dni po zdjęciu ze stacji przetrzymywane w temperaturze pokojowej, potem prasowane do dysku o średnicy ok. 50 mm i następnie mierzone na detektorach germanowych HPGe współpracujących z analizatorem wielokanałowym. Wydajności detektorów wykorzystywanych do tych pomiarów zawierały się w zakresie od kilku do 40%. Grubości sprasowanych filtrów zawierały się w granicach 3,1-8,0 mm. W sytuacjach alarmowych filtr może być mierzony bezpośrednio po zdjęciu ze stacji.

W 2011 roku średnia masa pyłu zebranego przez tydzień na filtrze wynosiła 3,5 g przy zakresie zmian 0,8-13,6 g. Średnia ilość powietrza, z jakiego została pobrana tygodniowa próbka aerosoli wyniosła 75053 m³, przy zakresie 14213-138231 m³. Takie zróżnicowanie w ilościach zebranego pyłu oraz przefiltrowanego powietrza mogły być spowodowane użytkowaniem stacji z wentylatorami o różnych mocach, a także zróżnicowaniem w zapyleniu i wilgotności powietrza w poszczególnych tygodniach.

Przy obliczeniach i analizie stężeń radionuklidów promieniotwórczych w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego przyjęto zasadę, że stężenia poniżej minimalnego progu detekcji LLD (na poziomie ufności 70%) są traktowane przy obliczaniu wartości średnich jako LLD, a nie jako wartości zerowe.

11 marca w wyniku trzęsienia ziemi i następującego po nim tsunami w Japonii nastąpiła awaria elektrowni jądrowej Fukushima-Dai-ichi. Ok. 23 marca masy powietrza z nad tej elektrowni dotarły nad Polskę. W związku z tym faktem, w stacjach rozpoczęto częstszą wymianę filtrów (dotyczyło to stacji, w których filtry są mierzone na miejscu). Filtry wymieniono dodatkowo w piątek (25 marca). W czasie wzmożonej kontroli powietrza filtry były wymieniane ok. godz. 8:00 rano (a nie w południe – jak w sytuacji normalnej). Bezpośrednio po wymianie filtry zostały sprasowane i zmierzone (ten pierwszy pomiar wykonywany był w czasie 10-15 tys. sekund – chodziło o to, aby wyniki były dostępne jeszcze tego samego dnia, w którym zostały zdjęte filtry) – taka procedura obowiązywała także przy wymianie następnych filtrów (28.03). Oczywiście po 2-3 dniach filtry były ponownie mierzone (były to pomiary dłuższe trwające 60-240 tys. sekund). Na filtrach eksponowanych w czasie, gdy nad Polską znajdowały się masy powietrza pochodzące z elektrowni jądrowej Fukushima (Japonia) stwierdzono dość wysokie wartości stężeń izotopów promieniotwórczych pochodzenia sztucznego (produktów rozszczepienia uranu) – szczególnie jodu-131, cezu-134 oraz cezu-137. Tabela 1 oraz wykres 1 podają stężenia jodu-



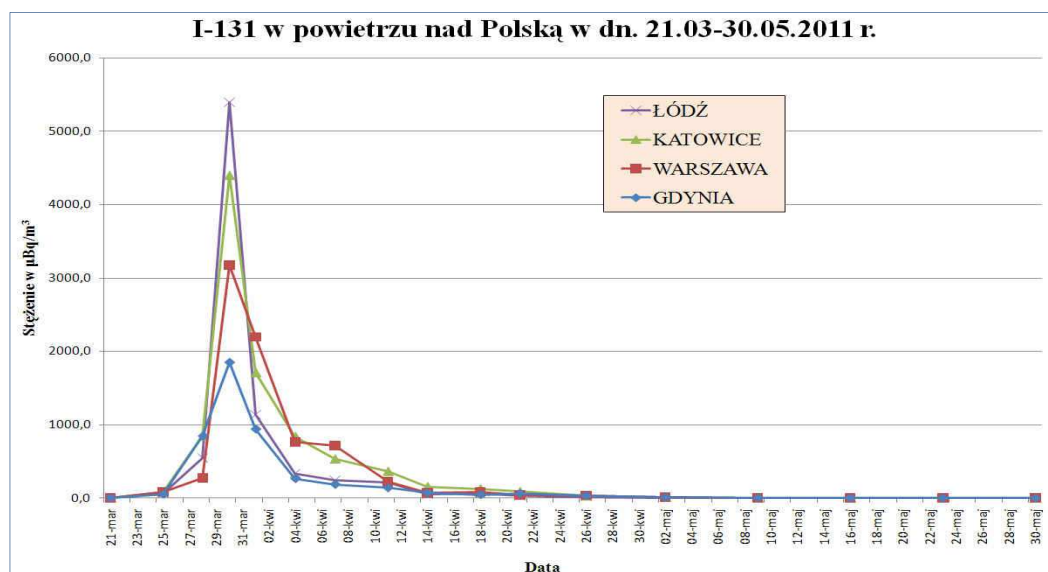
^{131}I w powietrzu atmosferycznym w kilku wybranych lokalizacjach (Warszawa, Gdynia, Łódź oraz Katowice).

Jod-131 był obecny nad terytorium naszego kraju od 25 marca do 26 kwietnia 2011. Jego stężenie promieniotwórcze osiągnęło poziom $5400 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (czyli $5,4 \text{ mBq}/\text{m}^3$). To maksymalne stężenie zostało zarejestrowane 30 marca w Łodzi. W innych lokalizacjach stężenia promieniotwórcze jodu ^{131}I były niewiele mniejsze (Katowice – $4400 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, Warszawa – $3173 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$).

Tabela 1. Stężenia promieniotwórcze ^{131}I w powietrzu w czterech wybranych lokalizacjach

Data zakończenia ekspozycji	Stężenie promieniotwórcze jodu ^{131}I w powietrzu [$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$]							
	GDYNIA		WARSZAWA		ŁÓDŹ		KATOWICE	
	Stężenie	Błąd	Stężenie	Błąd	Stężenie	Błąd	Stężenie	Błąd
21-mar	< 0,6		0,7	0,2	< 0,22		< 0,57	
25-mar	52,9	2,6	83,9	2,0	65,1	3,2	86,3	3,6
28-mar	845,2	20,6	271,3	5,5	542,6	9,1	847,3	43,6
30-mar	1849,8	40,9	3173,0	57,5	5400,0	95,0	4400,0	226,1
01-kwi	939,4	25,0	2196,9	40,2	1139,0	19,0	1709,6	87,9
04-kwi	265,5	9,7	763,1	14,2	338,2	5,6	837,9	43,1
07-kwi	186,3	4,1	712,6	13,4	243,6	5,1	532,7	27,5
11-kwi	139,7	6,2	222,5	4,4	215,6	3,7	365,6	18,8
14-kwi	70,5	3,9	72,1	1,7	52,5	1,0	157,1	8,1
18-kwi	47,1	2,6	81,9	1,9	60,0	2,4	126,3	6,6
21-kwi	63,0	3,3	42,2	1,5	33,7	0,7	89,1	4,6
26-kwi	31,6	1,8	36,9	1,1	16,5	0,5	28,4	1,6
02-maj	7,8	0,7	13,9	0,6	6,2	0,3	12,4	0,8
09-maj	2,3	0,3	2,9	0,2	1,8	0,1	4,3	0,5
16-maj	< 0,7		< 0,75		0,4	0,1	1,3	0,3
23-maj	< 0,7		< 0,57		< 0,19		1,4	0,3
30-maj	< 0,6		1,7	0,2	< 0,19		< 0,36	

Wykres 1. Stężenia promieniotwórcze ^{131}I w powietrzu w czterech wybranych lokalizacjach





Wartości średnie stężeń wszystkich mierzonych radionuklidów wraz z informacjami o miejscach i tygodniach wystąpienia maksymalnych stężeń dla przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego oraz dla pyłów w powietrzu zostały przedstawione w Tabelach 2 i 3.

Pomiary prowadzone przez 2011 rok pokazały, że polski System Wczesnego Ostrzegania o Skażeniach jest bardzo czuły nawet na pojawienie się w powietrzu niewielkich zanieczyszczeń pochodzenia sztucznego, których źródłem mogą być instytucje krajowe lub zagraniczne. Sieć stacji ASS-500 jako jedyna w Polsce wykryła skażenia pochodzące z awarii w japońskiej elektrowni jądrowej Fukushima Dai-ichi.

Tabela 2. Stężenia radionuklidów w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego, Polska, 2011 rok. Roczne podsumowanie.

Radio-nuklid	Stężenie w powietrzu, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$		Liczba oznaczeń	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
	Wartość średnia	(zakres)		
^{137}Cs	$7,9 \pm 1,4$	(<0,04-493,1)	615	Białystok, 4.04 - 11.04
^{131}I	$45,7 \pm 9,1$	(<0,1-2104,7)	615	Katowice, 28.03 - 4.04
^7Be	3380 ± 70	(470-15650)	615	Szczecin, 9.05 – 16.05
^{40}K	$36,2 \pm 2,9$	(1,4-632,2)	615	Szczecin, 18.07 - 25.07
^{210}Pb	499 ± 21	(<3-5421)	613	Kraków, 19.09 - 26.09
^{226}Ra	$6,9 \pm 0,3$	(0,4-<55,8)	615	Kraków, 7.11 - 14.11
^{228}Ra	$1,9 \pm 0,1$	(<0,1-<24,2)	616	Kraków, 18.04 - 26.04

n = ilość wyników otrzymanych w ciągu roku ze wszystkich stacji.

Tabela 3. Stężenia radionuklidów w całkowitym pyłe, Polska, 2011 rok. Roczne podsumowanie.

Radio-nuklid	Stężenie w pyłe, Bq/g		Liczba oznaczeń	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
	Wartość średnia	(zakres)		
^{137}Cs	$0,14 \pm 0,02$	(<0,002-8,9)	615	Białystok. 4.04 - 11.04
^{131}I	$0,8 \pm 0,1$	(<0,001-34,2)	615	Warszawa. 28.03 - 4.04
^7Be	$76,11 \pm 1,63$	(0,28-318,7)	615	Lublin. 27.06 – 4.07
^{40}K	$0,9 \pm 0,1$	(0,01-27,1)	615	Zielona Góra. 18.07 - 25.07
^{210}Pb	$10,3 \pm 0,3$	(0,1-97,6)	613	Kraków. 19.09 - 26.09
^{226}Ra	$0,15 \pm 0,01$	(<0,01-0,9)	615	Wrocław. 28.03 - 4.04
^{228}Ra	$0,04 \pm 0,00$	(<0,002-0,4)	616	Kraków. 18.04 – 26.04

n = ilość wyników otrzymanych w ciągu roku ze wszystkich stacji

Prototyp Nowej Stacji do Poboru Aeroszoli z Przyziemnej Warstwy Powietrza Atmosferycznego.

K.Isajenko, A.Boratyński, W.Chmielewski

W roku 2011 w Zakładzie Dozymetrii CLOR został opracowany prototyp nowej stacji do poboru aeroszoli z przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego. Praca była finansowana z inwestycji otrzymanej z Państwowej Agencji Atomistyki. Nowo opracowana stacja otrzymała roboczą nazwę NASS-500 (New Aerosol Sampling Station), jako następczyni znanej w wielu krajach na całym świecie stacji ASS-500. Fot. 1 pokazuje nową stację pracującą na terenie Centralnego Laboratorium Ochrony radiologicznej. W ramach inwestycji zostały wyprodukowane dwa pierwsze egzemplarze nowej stacji. Drugi z nich został zainstalowany i uruchomiony w Lublinie (Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej).

Fot. 1. Nowa stacja NASS-500 opracowana i wyprodukowana w Zakładzie Dozymetrii CLOR.



Podstawowym celem opracowania nowej stacji było ograniczenie kosztów eksploatacji. Rozwiązania stosowane w stacjach, pracujących dotychczas w Polsce, były bardzo energochłonne, co przy wciąż rosnących cenach energii elektrycznej miały ogromne znaczenie w kosztach obsługi stacji.

Zmiany jakie zastosowano w stosunku do stacji pracujących w sieci wczesnego wykrywania skażeń dotychczas:

- zastosowano wentylator napięcia jednofazowego (zamiast stosowanych dotychczas trójfazowych) o dużo mniejszych gabarytach i mniejszej mocy;
- zastosowano falownik sterujący wentylatorem – co zdecydowanie zmniejszyło energochłonność;



- zastosowano układ pomiarów warunków atmosferycznych (temperatura oraz wilgotność). Parametry te są wykorzystywane do ewentualnej aktywacji układu podgrzewania filtra;
- stabilizacja wielkości przepływu – przez cały okres pracy stacji (tydzień) przez filtr pompowane jest powietrze o stałej objętości jednostkowej – dodatkowo wielkość przepływu może być programowana w zakresie od 100 do 500 m³/h (a nawet więcej, ale nie jest to zalecane ze względu na stosowane filtry Petrianowa);
- stosowany do pomiarów on-line detektor scyntylacyjny, został umieszczony w specjalnej obudowie, w której została wprowadzona stabilizacja temperaturowa, dzięki której detektor pracuje dużo bardziej stabilnie;
- zastosowano cylindryczny przelotowy tłumik hałasu, który zdecydowanie zmniejszył opory przepływu powietrza przez stację oraz zdecydowanie zmniejszył głośność pracy stacji;
- do podgrzewania filtra zastosowano ceramiczne promienniki podczerwieni o ukierunkowanej wiązce, pozwalające na dużo bardziej efektywne suszenie filtra;
- wprowadzono stabilizację temperatury układów odpowiedzialnych za pomiar przepływu powietrza;
- konstrukcja nośna wraz z płaszczem zewnętrznym została wykonana z blach kwasoodpornych.

Najbliższe miesiące eksploatacji zostaną poświęcone na wychwycenie ewentualnych niedociągnięć w pracy nowo opracowanej stacji. Dlatego jeden z jej egzemplarzy został zainstalowany w CLOR w Warszawie. Niestety w stacji byliśmy zmuszeni zainstalować stary system on-line (sonda scyntylacyjna plus sterownik) przeniesiony ze starej stacji – inwestycja nie obejmowała wymiany elementów systemu on-line. W ramach inwestycji została także wykonana pełna dokumentacja techniczna nowo opracowanej stacji.

Nowe stacje zostały włączone do istniejącej sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach promieniotwórczych.



Ocena Sytuacji Radiacyjnej w Otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Ośrodka w Świerku

*K.Isajenko, B.Piotrowska, A.Fulara, I.Kwiatkowska, M.Kuczbajska, W.Chmielewski,
A.Boratyński, A.Adamczyk.*

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie skupiła się na:

- wykonaniu badań radioaktywności gamma wód źródłanych pobranych jeden raz w roku w trzech punktach pomiarowych umożliwiających wykrycie sztucznych izotopów gamma promieniotwórczych o zawartości $> 0,1 \text{ Bq/dm}^3$, pomiarów całkowitej zawartości cezu (^{134}Cs i ^{137}Cs) i trytu (H-3) $> 0,4 \text{ Bq/dm}^3$;
- wykonaniu badań: całkowitej aktywności beta wód gruntowych pobranych za pomocą piezometrów w ośmiu punktach dwa razy w roku - przy przekroczeniu 1 Bq/dm^3 – wykonanie pomiaru zawartości potasu (K-40) oraz określeniu zawartości trytu (H-3) $> 0,4 \text{ Bq/dm}^3$ - wykonaniu pomiarów mocy dawki w pięciu punktach i pobraniu gleby oraz wykonaniu badań promieniowania gamma próbek gleby z określeniem zawartości izotopów gamma promieniotwórczych: sztucznych $> 0,7 \text{ Bq/kg s.m.}$ i naturalnych $> 2,5 \text{ Bq/kg s.m.}$;
- określeniu metodą spektrometrii gamma zawartości sztucznych radionuklidów osadzonych na filtrach aerozoli z powietrza na poziomie kilku $\mu\text{Bq/dm}^3$ dwa razy w roku.

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Ośrodka w Świerku skupiła się na:

- badaniach radioaktywności gamma umożliwiających wykrycie sztucznych izotopów gamma promieniotwórczych wody z rzeki Świder o zawartości $> 0,1 \text{ Bq/dm}^3$ (pobór z dwóch punktów dwa razy w roku) oraz pomiarze całkowitej zawartości cezu (^{134}Cs i ^{137}Cs) i trytu (^3H) $> 0,4 \text{ Bq/dm}^3$;
- badaniach radioaktywności gamma wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku z jednego punktu dwa razy w roku i pomiar całkowitej zawartości cezu (^{134}Cs oraz ^{137}Cs) $> 0,4 \text{ Bq/dm}^3$;
- badaniach promieniowania gamma umożliwiających wykrycie sztucznych izotopów w wodzie studziennej pobranych z dwóch punktów dwa razy w roku o zawartości $> 0,1 \text{ Bq/dm}^3$ oraz pomiarach całkowitej zawartości cezu (^{134}Cs i ^{137}Cs) i zawartości trytu (^3H) w każdej próbce $> 0,4 \text{ Bq/dm}^3$ a także pomiarach zawartości strontu (^{90}Sr) $> 0,4 \text{ Bq/dm}^3$ w dwóch próbkach zbiorczych (dla dwóch punktów);
- wykonaniu pomiarów mocy dawki w pięciu punktach oraz pobraniu trawy i gleby do badań promieniowania gamma wraz z określeniem zawartości izotopów gamma promieniotwórczych:
 - sztucznych: $> 1 \text{ Bq/kg}$ – dla trawy s.m.; $> 0,7 \text{ Bq/kg}$ – dla gleby s.m.;
 - naturalnych: $> 20 \text{ Bq/kg}$ – dla trawy s.m.; $> 2,5 \text{ Bq/kg s.m.}$



Otoczenie Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie

Woda źródłana

Z badań otoczenia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie, w analizie spektrometrycznej promieniowania jonizującego w próbkach wody źródlanej z trzech punktów (Z1, Z2, Z3):

- nie zarejestrowano izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o stężeniu $> 0,1 \text{ Bq/dm}^3$;
- największą zawartość trytu zarejestrowano w próbce wody Z3 tzn. $2,9 \pm 0,4 \text{ Bq/dm}^3$;
- największą zawartość cezu ^{134}Cs i ^{137}Cs zarejestrowano w wodzie źródlanej Z2, tj.: $8,0 \pm 0,11 \text{ mBq/dm}^3$.

Woda gruntowa

Analiza promieniowania beta w próbkach wody gruntowej z otoczenia KSOP w Róźnie wykazała:

- największą zawartość trytu w próbce oznaczonej jako 2P(F-1) tj.: $13,6 \pm 2,0 \text{ Bq/dm}^3$ - pobór wiosenny, (najwyższa zawartość potwierdzona również w jesiennym poborze próbki);
- największą całkowitą radioaktywność beta $0,41 \pm 0,04 \text{ Bq/dm}^3$ (próbka 8P(20P) - pobór wiosenny) oraz $0,15 \pm 0,02 \text{ Bq/dm}^3$ (próbka 4P(2P) pobór jesienny).

Gleba

Badanie spektrometryczne promieniowania gamma próbek gleby z otoczenia KSOP w Róźnie wykazały ze sztucznych izotopów - obecność cezu ^{137}Cs ; z większą jego zawartością w sumacyjnej próbce oznaczonej jako G 123MD. Stężenie wykrytej aktywności wynosiło $31,3 \pm 0,55 \text{ Bq/kg}$.

Aerozole powietrza

W analizie widm promieniowania gamma aerozoli z powietrza zebranych na filtrach w przeliczeniu na dzień poboru próbki w zakresie energii od 40 do 2000 keV nie zarejestrowano sztucznych izotopów o stężeniu $> \text{kilku } \mu\text{Bq/m}^3$.

Wartości stężeń aktywności izotopów zidentyfikowanych w obydwu próbkach (RSO i RSOA) tj.: berylu ^7Be i ołowiu ^{210}Pb odpowiadają średnim wartościom stężeń tych izotopów rejestrowanych w próbkach aerozoli ze stacji ASS-500 rozmieszczonych na terenie całego kraju i pracujących w sposób ciągły.

Moc dawki ekspozycyjnej

Moc dawki promieniowania w otoczeniu KSOP w Róźnie kształtowała się w granicach od 80,7 nGy/h w punkcie 5MD do wartości 93,2 nGy/h w punkcie 1MD.

Średnia moc dawki ekspozycyjnej dla otoczenia KSOP w Róźnie wynosi 86,3 nGy/h.



Otoczenie Ośrodka w Świerku

Woda

Z badań otoczenia Ośrodka w Świerku, po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach wody z rzeki Świder (próbki WS1 i WS2) oraz wody studziennej (W106 i W108) nie stwierdzono obecności izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o zawartości $> 0,1 \text{ Bq/dm}^3$.

W próbkach wody z kanału wylotowego z oczyszczalni ścieków w Otwocku (próbka WOS) zarejestrowano promieniowanie gamma od izotopu jodu ^{131}I zarówno w poborze wiosennym jak i jesiennym, aktywność na dzień poboru wody wynosiła:

- $0,217 \pm 0,006 \text{ Bq/dm}^3$ (wiosenny pobór);
- $0,231 \pm 0,013 \text{ Bq/dm}^3$ (jesienny pobór).

Badanie zawartości trytu w próbkach wody studziennej i wody z rzeki Świder metodą polegającą na wzbogaceniu trytu metodą elektrolityczną i pomiarze aktywności beta w spektrometrze ciekło-scyntylacyjnym wykazały obecność trytu na niskim poziomie. Średnia wartość stężenia trytu w wodzie pobranej z okolic Ośrodka w Świerku wynosiła:

- w wodzie rzecznej WS1 - $2,3 \pm 0,4 \text{ Bq/dm}^3$;
- w wodzie rzecznej WS2 - $1,5 \pm 0,4 \text{ Bq/dm}^3$;
- w wodzie studziennej W106 - $1,8 \pm 0,4 \text{ Bq/dm}^3$;
- w wodzie studziennej W108 - $1,9 \pm 0,4 \text{ Bq/dm}^3$.

Badanie zawartości cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ w próbkach wody metodą polegającą na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosforomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności β preparatu wykazało, że we wszystkich próbkach poziom aktywności cezu jest na niskim poziomie. Największą średnią zawartość cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ zarejestrowano w wodzie pochodzącej z oczyszczalni ścieków w Otwocku.

Średnie wartości stężenia aktywności cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ w próbkach wody wynosiły odpowiednio:

- w wodzie rzecznej WS1 - $0,95 \pm 0,18 \text{ mBq/dm}^3$;
- w wodzie rzecznej WS2 - $1,06 \pm 0,20 \text{ mBq/dm}^3$;
- w wodzie studziennej W106 - $2,66 \pm 0,35 \text{ mBq/dm}^3$;
- w wodzie studziennej W108 - $3,63 \pm 0,42 \text{ mBq/dm}^3$;
- w wodzie z oczyszczalni w Otwocku WOS - $5,25 \pm 0,50 \text{ mBq/dm}^3$.

W badaniach oznaczeń ^{90}Sr w dwóch zbiorczych próbkach wody studziennej z poboru wiosennego i jesiennego tj. W106 + W106A i W108 + W108A zarejestrowano obecność strontu ^{90}Sr , z większą jego zawartością w próbce W108 + W108A o wartości: $17,9 \pm 0,49 \text{ mBq/dm}^3$.

Gleba

Po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach gleby z otoczenia Ośrodka w Świerku stwierdzono obecność cezu ^{137}Cs we wszystkich próbkach w zakresie od $0,55 \pm 0,5 \text{ Bq/kg}$ (próbka 04MD) do $13,1 \pm 0,24 \text{ Bq/kg}$ (próbka 05MD).



Trawa

W analizie spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach trawy z otoczenia Ośrodka w Świerku stwierdzono we wszystkich próbkach obecność cezu ^{137}Cs w zakresie od $0,18 \pm 0,10$ Bq/kg (próbka 03MD) do $5,98 \pm 0,21$ Bq/kg (próbka 05MD).

Moc dawki ekspozycyjnej

Moc dawki w otoczeniu Ośrodka w Świerku kształtuje się w przedziale od 56,57 nGy/h w punkcie 05MD do wartości 72,86 nGy/h w punkcie 02MD z wartością średnią równą 65,38 nGy/h.



Utrzymanie Systemu Zapewnienia Jakości w Akredytowanej Pracowni Promieniotwórczości Naturalnej w Zakresie Badań Wzorca Odniesienia Radu Ra-226, Toru Th-228 oraz Potasu K-40

K.Isajenko, B.Piotrowska, I.Kwiatkowska, M.Kuczbajska, A.Kiełbańska

Rzeczowy zakres prac na 2011 rok obejmował:

- nadzór techniczny nad wyposażeniem Laboratorium oraz prowadzenie okresowych kalibracji spektrometrów;
- doskonalenie systemu zarządzania w Pracowni Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych: Ra-226, Th-228 oraz K-40 w surowcach i materiałach budowlanych;
- przeprowadzanie audytu akredytacyjnego przez PCA;
- przeprowadzenie audytów wewnętrznych (techniczny i systemowy).

W 2011 roku w ramach nadzoru technicznego nad wyposażeniem Laboratorium przeprowadzono kalibrację spektrometrów typu AZAR i typu MAZAR.

W ramach ciągłego doskonalenia systemu zarządzania wykonano aktualizację dokumentacji systemu zarządzania, tj. Księgi jakości i Księgi metody badawczej. Zmiany w dokumentacji dotyczyły wprowadzenia poprawek po audytach i po przeglądzie zarządzania. Po dokonanych zmianach przeszkolono personel laboratorium w zakresie wymagań normy PN-EN ISO/ICE 17025 p. 4.12 i 4.13 tj. działań zapobiegawczych oraz nadzór nad zapisami.

W tym roku jedna osoba uczestniczyła na dwudniowym szkoleniu zewnętrznym pt.: Doskonalenie systemu zarządzania laboratorium w aspekcie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005 zorganizowane przez Biuro Zarządzania Jakością, Środowiskiem i BHP.

Dla całego personelu laboratorium przeprowadzono 12 szkoleń wewnętrznych obejmujących tematykę: nadzór nad dokumentami i zapisami, audyty wewnętrzne, przeglądy zarządzania, analiza niepewności, zapewnienie jakości wyników badania i obsługa klienta.

Ocena na miejscu przez audytorów PCA została przeprowadzona w dn. 20 maja 2011r. W czasie tego audytu zostało stwierdzone 4 niezgodności:

Jedna niezgodność duża:

- Niezgodność treści potwierdzenia zlecenia z treścią raportu;

Trzy niezgodności średnie:

- W polityce i procedurze QPO5 "Załatwienie skarg klienta" wydanie 3 z dnia 10.01.11 i Księdze jakości p.7.5 nie przewidziano rozpatrywania skarg od innych stron;
- Pojemniki do badań wg procedury QPB2 są nieszczelne;
- Próbkki do badań wg procedury QPB2 nie spełniają wymogu wypełnienia badanym materiałem pojemników.

Stwierdzone niezgodności usunięto do końca czerwca 2011r.

W 2011 roku przeprowadzono jeden Przegląd Zarządzania i jeden Audyt Wewnętrzny.

Cele z Przeglądu Zarządzania zostały osiągnięte.

Stwierdzone niezgodności zostały usunięte w 2011 roku.



Analiza oraz Ocena Zmian Radioaktywności Surowców i Materiałów Budowlanych Stosowanych w Polsce w latach 1980-2011

B.Piotrowska, K.Isajenko, I.Kwiatkowska, M.Kuczbajska, A.Kiełbasińska

Do oceny surowców i materiałów budowlanych pod względem obecności stężenia promieniotwórczości stosuje się kryteria zamieszczone w Rozporządzeniu RM z dnia 2 stycznia 2007 r. (Dziennik Ustaw Nr 4 poz. 29) „w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu K-40, radu Ra-226 i toru Th-228 w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów”. Rozporządzenie to klasyfikuje możliwość zastosowania różnych surowców i materiałów budowlanych w różnych typach budownictwa poprzez określenie dwóch parametrów:

- wskaźnika aktywności f_1 - określa zawartość naturalnych izotopów promieniotwórczych w badanym materiale i jest wskaźnikiem narażenia całego ciała na promieniowanie gamma.
- wskaźnik aktywności f_2 , - określa zawartość radu Ra-226 w badanym materiale i jest wskaźnikiem narażenia nabłonka płuc na promieniowanie alfa emitowane przez produkty rozpadu radonu pobrane wraz z powietrzem przez układ oddechowy człowieka.

W 2011 roku Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonało badania i opracowało opinie dotyczące zastosowania materiałów i surowców budowlanych dla 81 próbek nadesłanych z różnych regionów kraju. Były to m.in. mieszaniny popiołowo-żużłowe (30 próbek), żużel kotłowy (17 próbek) i mieszaniny pyłowo-żużłowe (6 próbek), kruszywo skalne (14 próbek) pozostałe 14 próbki - różne.

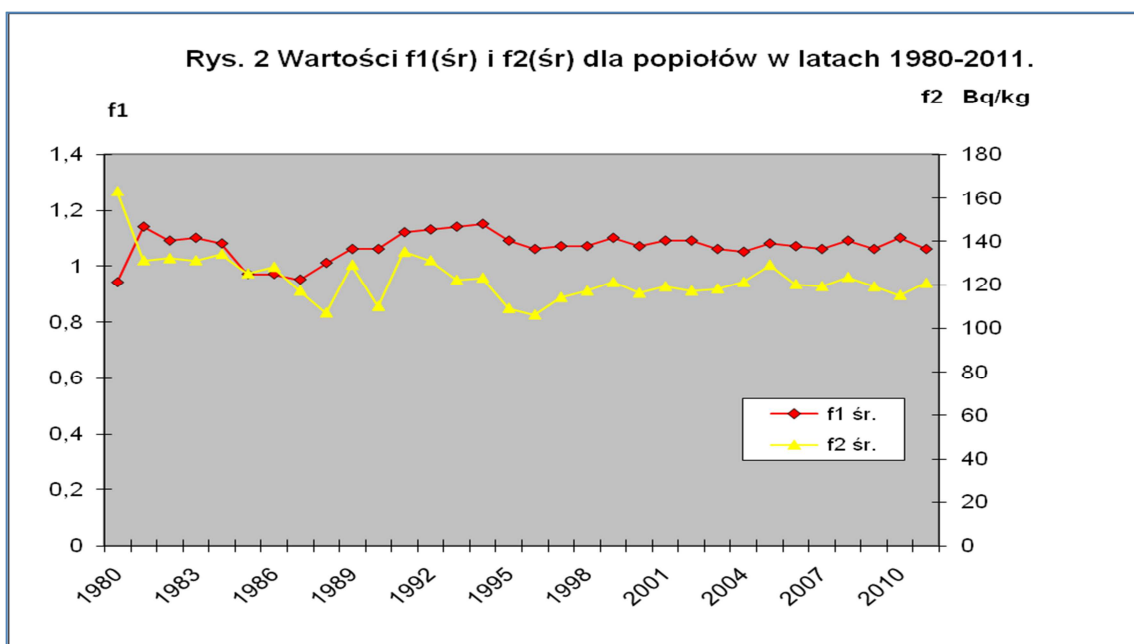
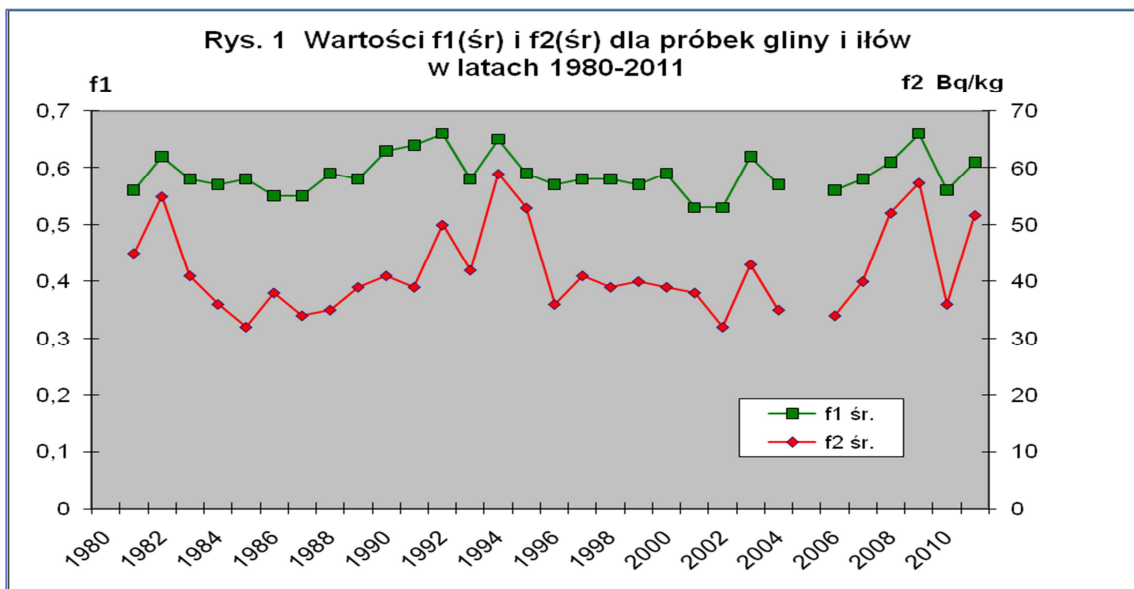
W roku sprawozdawczym wdrożono nową bazę danych do archiwizowania i tworzenia różnego rodzaju zestawień wyników promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych (poprzednio używana baza danych w formacie dBase III uległa uszkodzeniu uniemożliwiającemu dalszą jej eksploatację). Wprowadzanie wyników do bieżącej bazy danych w odróżnieniu od poprzedniej umożliwia pracę w systemie Windows wraz z bezpośrednią możliwością konwersji danych do arkusza kalkulacyjnego Excel.

Od 1980 roku do końca 2011 roku do ogólnopolskiej bazy danych surowców i materiałów budowlanych zostało wprowadzonych danych dla 40664 próbek. W samym 2011 roku wprowadzono do bazy wyniki dla 1385 próbek, w tym:

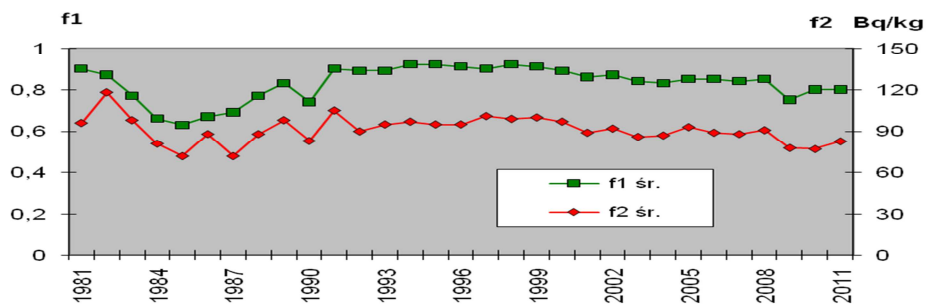
1. wyniki surowców budowlanych pochodzenia naturalnego: 86
2. wyniki surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego: 427
3. wyniki materiałów budowlanych: 872

W 2011 roku zarejestrowano mniejszą liczbę przekroczeń wartości granicznych wyznaczanych wskaźników aktywności $f_1 = 1,2$ lub $f_2 = 240 \text{ Bq/kg}$ określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w porównaniu do roku ubiegłego. Przekroczenia odnotowano dla 12,7% partii popiołów lotnych, 1,4% partii mieszaniny popiołów i produktów odsiarczania spalin, 14,3% partii cementu i 3,4% partii ceramiki budowlanej wyprodukowanych w tym roku kalendarzowym.

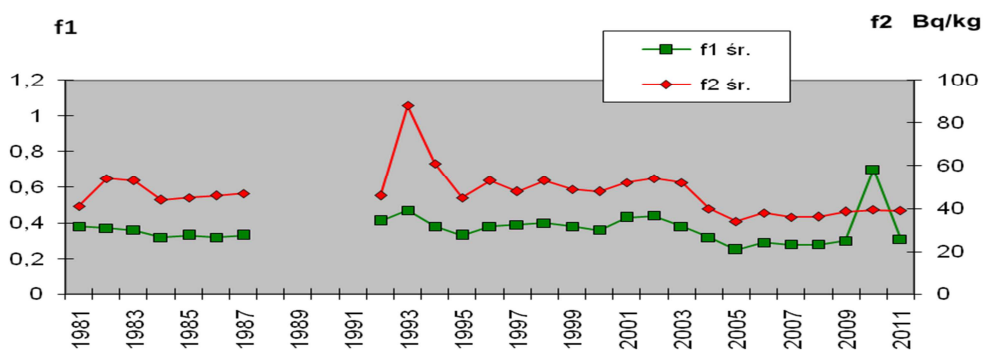
Na rysunkach 1- 6 przedstawiono zmiany średniej wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla kilku wybranych surowców i materiałów budowlanych (Rys. 1 - glina i iły, Rys. 2 - popioły, Rys. 3 - żużle kotłowe, Rys. 4 - cementy, Rys. 5 - betony, Rys. 6 - ceramika budowlana) w latach 1980 – 2011.



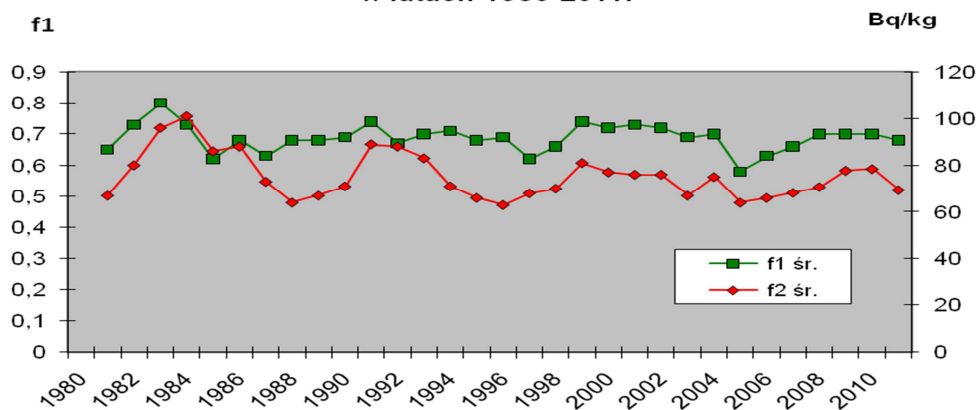
Rys. 3 Wartości f_1 (śr) i f_2 (śr) dla żużli kotłowych w latach 1980-2011.



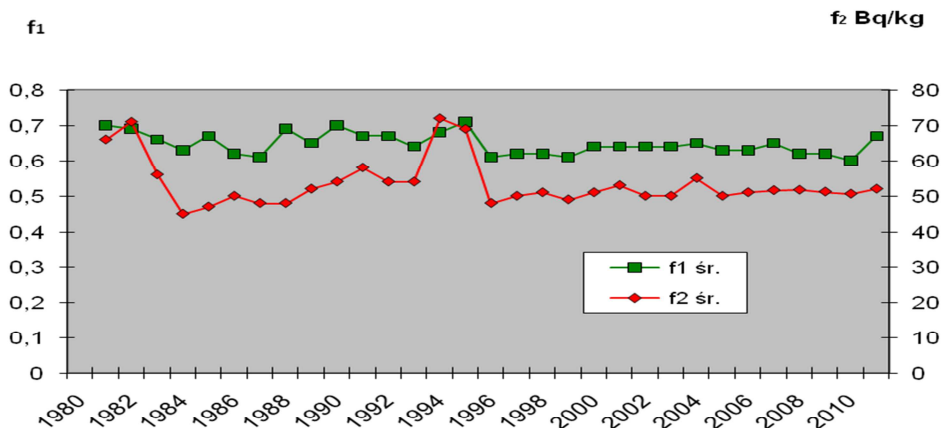
Rys. 4 Wartości f_1 (śr) i f_2 (śr) dla cementów w latach 1980-2011



Rys. 5 Wartości f_1 (śr) i f_2 (śr) dla betonów lekkich i komórkowych w latach 1980-2011.



Rys. 6 Wartości $f_1(\bar{s})$ i $f_2(\bar{s})$ dla ceramiki budowlanej w latach 1980-2011.



Analizując średnie wartości wskaźników aktywności f_1 oraz f_2 z całej bazy określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w latach 1980-2011 należy stwierdzić, że:

- od kilku lat utrzymuje się stała tendencja wartości średnich wyznaczanych wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla surowców i materiałów budowlanych,
- w 2011 roku 100% surowców pochodzenia naturalnego mogło mieć zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym (podobnie jak w latach poprzednich),
- w przypadku surowców pochodzenia przemysłowego w 2011 roku słabymi wskaźnikami aktywności pod względem dopuszczalności ich do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym charakteryzowały się popioły lotne,
- z gotowych materiałów budowlanych wyprodukowanych w 2010 roku 14,3% partii cementu nie została dopuszczona do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym.

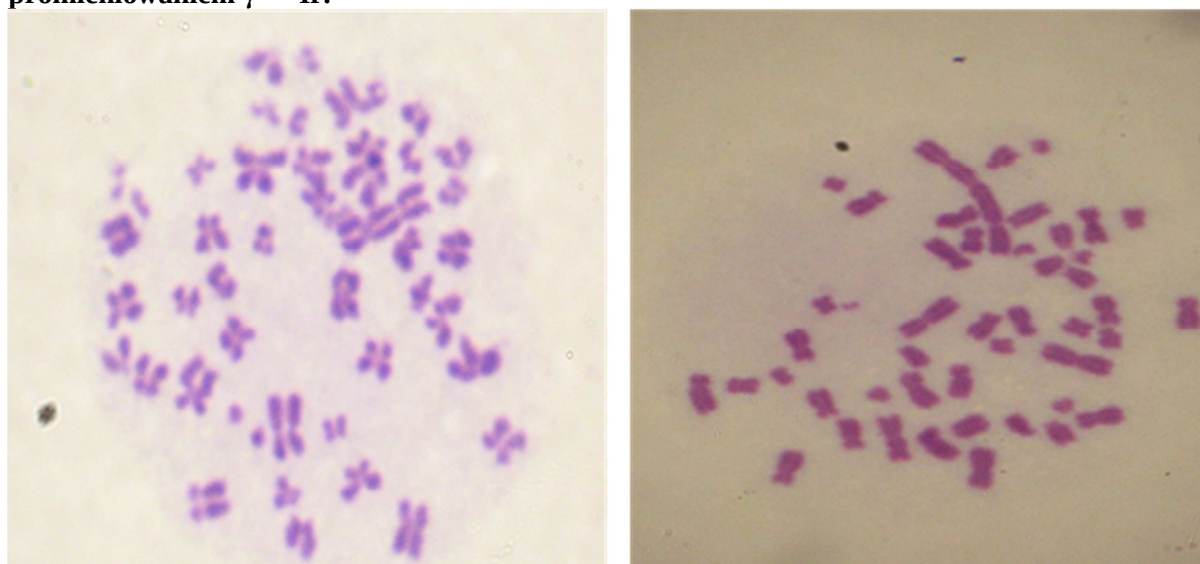
Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania

Zbadanie Zależności Częstości Chromosomów Dicentrycznych od Dawki Promieniowania Gamma Irydu-192 w Ludzkich Limfocytach Krwi Obwodowej dla Potrzeb Dozymetrii Biologicznej w Przypadku Wypadków Radiacyjnych w Radiografii Przemysłowej

M.Kowalska, K.Golnik, K.Szewczak

W radiografii przemysłowej do prześwietlania ścian, rur lub spawów używane są przenośne lampy rentgenowskie albo zamknięte źródła promieniowania gamma, zawierające izotopy promieniotwórcze irydu lub selenu. Ze względu na trudne warunki pracy, operatorzy tych urządzeń ulegają częściej wypadkom radiacyjnym niż inni pracownicy pracujący w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące. Do ekspozycji dochodzi często w warunkach, które utrudniają fizyczną rekonstrukcję dawki pochłoniętej w ciele osoby narażonej na działanie promieniowania. W takich przypadkach bardzo pomocna jest dozymetria biologiczna. Najdokładniejsza i najlepiej sprawdzona metoda biologicznej oceny dawki polega na analizie częstości występowania chromosomów dicentrycznych (dicentryków) w limfocytach krwi obwodowej osoby narażonej. Obserwowana częstość występowania chromosomów dicentrycznych jest następnie przetwarzana na wartość dawki pochłoniętej za pomocą współczynników krzywej wzorcowej, którą wyznacza się w oparciu o dane uzyskane z napromieniania *in vitro* ludzkich limfocytów krwi obwodowej różnymi dawkami promieniowania wzorcowego.

Fot. 1. Komórki metafazowe z chromosomem dicentrycznym (zdjęcie lewe) i z chromosomem tricentrycznym (zdjęcie prawe). Oba zdjęcia przedstawiają limfocyty napromienione *in vitro* promieniowaniem $\gamma^{192}\text{Ir}$.



Częstość występowania dicentryków na jednostkę dawki zależy od lokalnej gęstości jonów wytwarzanych wzdłuż toru cząstki jonizującej (LET) oraz względnej skuteczności biologicznej promieniowania (RBE). Z tego powodu promieniowanie użyte do opracowania krzywej wzorcowej powinno być takie same, lub możliwie podobne do promieniowania,



które jest przedmiotem oceny. Poniżej przedstawiamy sposób opracowania krzywej wzorcowej dla potrzeb dozymetrii biologicznej promieniowania γ ^{192}Ir . Ten izotop promieniotwórczy jest powszechnie stosowany w radiografii przemysłowej ze względu na szeroki zakres energii emitowanych fotonów gamma.

W celu opracowania krzywej wzorcowej próbek krwi obwodowej dwóch dawców, zostały napromienione dawkami: 0 (nienapromieniona kontrola); 0,175; 0,35; 0,52; 0,7; 1,4; 2,1 i 2,8 Gy. Do napromieniania użyto defektoskopu Gammamat TSI-3, który zawierał zamknięte źródło irydowe o aktywności 2644 GBq. Urządzenie to należało do Laboratorium Badań Nieniszczących Energomontażu Północ w Warszawie i tam odbywało się napromienianie krwi. Próbkę krwi obu dawców były napromieniane jednocześnie. Odległość między próbkami a źródłem wynosiła 15 cm. Przy tej odległości moc dawki pochłoniętej została oszacowana na 0,113 Gy/min. Czasy ekspozycji wynosiły odpowiednio: 1'30''; 2'57''; 4'25'', 6'; 12'24''; 18'36'' i 24'48'''. Kontrolne pomiary dawek pochłoniętych były wykonywane za pomocą środowiskowych dawkomierzy termoluminescencyjnych (TLD). Jako detektory stosowano pastylki o średnicy 5mm i grubości 1mm wykonane z fluorku litu (LiF), zawierającego naturalny lit (7,5% ^6Li i 92,5% ^7Li) i domieszki Mg, Cu i P. Odczyt dawki prowadzono w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych za pomocą automatycznego czytnika TLD.

Przed założeniem hodowli kontrolne i napromienione próbki krwi inkubowano przez 2 godziny w temperaturze 37°C w celu naprawy popromiennych uszkodzeń DNA. Aby zabezpieczyć odpowiednią ilość komórek w pierwszej popromiennej mitozie, zakładano po dwie hodowle kontrolnych i napromienionych limfocytów każdego dawcy. Limfocyty hodowano przez 48 godzin w temperaturze 37°C i w atmosferze składającej się w 5% z CO_2 i w 95% z powietrza. Jako podłoże wzrostowe dla limfocytów stosowano pożywkę *PB-MAXTM Karyotyping medium* firmy Gibco Invitrogen (Niemcy). W jej skład wchodzi: płynna pożywka RPMI 1640, 15% surowica płodowa, antybiotyk gentamycyna (35 mg/ml), 2 mM L-glutamina, 1% heparyna oraz 2% fitohemaglutynina, która stymuluje limfocyty do dzielenia się w hodowli. Na ostatnie 24 godziny hodowli dodawany był kolcemid. Miało to zahamować wytwarzanie wrzeciona mitotycznego i zatrzymać podział komórkowy w stadium metafazy. Końcowe stężenie kolcemidu wynosiło 0.05 μg na 1ml hodowli. W celu uzyskania chromosomów metafazowych oddzielano pożywkę od komórek przez wirowanie, osad komórkowy traktowano przez 30 minut hipotonicznym roztworem KCl, który powoduje pęcznienie komórek i rozdzielenia pojedynczych chromosomów, a następnie utrwalano 3 razy w mieszaninie metanolu i lodowatego kwasu octowego (3:1). Utrwalone komórki nanoszono na szkiełka mikroskopowe i po wyschnięciu barwiono 5% roztworem barwnika Giemzy. Analizę strukturalnych aberracji chromosomowych prowadzono za pomocą mikroskopów świetlnych firmy Nikon i Zeiss. Analizowano tylko te komórki metafazowe, które zawierały prawidłowe i policentryczne chromosomy z dobrze widocznymi 46 centromerami.

Obserwowaną liczbę dicentryków i ich rozkład pomiędzy analizowane komórki obu dawców można zobaczyć w Tabeli 1. Dla każdej dawki obliczano wartość indeksu dyspersji (ID), który jest ilorazem wariancji i średniej częstości występowania dicentryków. Wartość indeksu dyspersji równa lub bliska 1 wskazuje, że rozkład dicentryków w komórkach jest rozkładem Poissona. Ten typ rozkładu występuje zawsze w przypadku równomiernego napromienienia próbki krwi lub osoby narażonej. Dla zweryfikowania istotności różnicy między wyliczoną i oczekiwaną wartością indeksu dyspersji stosowano test U. Ponieważ



wartości funkcji U znajdowały się pomiędzy -1.96 i 1.96 nie było podstaw do przyjęcia hipotezy, że występujący rozkład dicentryków nie jest rozkładem Poissona.

Uzyskany zbiór 8 punktów doświadczalnych (tabela 1) dopasowywano metodą największej wiarygodności do równania: $Y=c+bD+aD^2$, które opisuje model powstawania dicentrycznych aberracji chromosomowych w wyniku działania promieniowania o niskim LET (fotony X i γ). Współczynniki równania dawka-skutek reprezentują: punkt przecięcia krzywej z osią Y dla dawki 0 Gy (c), oraz początkowe nachylenie krzywej (b) i jej zakrzywienie (a). Odczytana w punkcie przecięcia wartość dicentryków na komórkę odpowiada średniej spontanicznej częstości chromosomów dicentrycznych w nienapromienionych limfocytach dawców.

Przyczyną powstawania chromosomów dicentrycznych jest błędna naprawa dwóch pęknięć obu nici DNA w dwóch sąsiadujących ze sobą chromosomach. Z biofizycznego punktu widzenia do powstania takiej aberracji konieczne jest jednoczesne pojawienie się w napromienionej komórce co najmniej dwóch pęknięć obu nici DNA. Uszkodzenia te może spowodować przejście przez jądro komórkowe jednej cząstki jonizującej lub dwóch oddzielnych cząstek jonizujących. Częstość dicentryków utworzonych w następstwie przejścia jednej cząstki jonizującej jest proporcjonalna do pochłoniętej dawki promieniowania (bD), a częstość dicentryków do powstania których konieczne jest przejście dwóch cząstek - do kwadratu dawki (aD^2). W przypadku promieniowania o niskim LET znacznie bardziej prawdopodobne jest to, że dwa blisko leżące uszkodzenia DNA powstaną na skutek przejścia dwóch cząstek jonizujących niż jednej cząstki jonizującej. Z tego powodu zależność dawka-skutek dla dicentryków indukowanych przez promieniowanie X lub γ jest liniowo-kwadratową funkcją dawki pochłoniętej. W obszarze małych dawek dominują dicentryki utworzone w wyniku błędnej naprawy dwóch uszkodzeń DNA wywołanych przejściem jednej cząstki jonizującej. Ze wzrostem dawki wzrasta natomiast częstość dicentryków w powstaniu, których mają udział dwie cząstki jonizujące. Stosunek liniowego (b) i kwadratowego (a) współczynnika równania dawka-skutek jest, zatem, odpowiednikiem dawki promieniowania, dla której jedna cząstka jonizująca indukuje tyle samo dicentryków, co dwie cząstki jonizujące.

Tabela 1. Obserwowana liczba dicentryków i rozkład dicentryków pomiędzy analizowane komórki obu dawców

Dawka [Gy]	Liczba komórek (N)	Liczba komórek z 0 1 2 3 dicentrykami				Liczba dicentryków (n)	Częstość występowania dicentryków ($Y=n/N$)	ID	U
0	2000	1998	2	0	0	2	0,001	0,9995	0,0224
0,175	515	510	5	0	0	5	0,01	0,9922	0,1395
0,35	539	533	8	0	0	8	0,011	0,9907	-0,1670
0,52	287	281	6	0	0	6	0,021	0,9825	0,2290
0,7	625	590	33	2	0	37	0,059	1,0933	1,6768
1,4	660	571	84	3	0	96	0,145	1,0436	0,7161
2,1	1000	712	251	31	6	331	0,331	0,9607	-0,8797
2,8	553	341	163	44	5	266	0,481	0,9643	-0,5935

Celem dopasowania danych doświadczalnych do teoretycznego równania dawka-skutek było znalezienie takich wartości współczynników c , b i a , dla których różnice między obserwowanymi i oczekiwanymi częstościami występowania chromosomów dicentrycznych są najmniejsze. Do dopasowania danych użyto programu komputerowego CABAS. Wartości liczbowe tych współczynników są zamieszczone w tabeli 2. Jednocześnie zamieszczone są tam wartości współczynników równania dawka-skutek dla promieniowania γ ^{60}Co i promieniowania X. Obie krzywe zostały wykonane w CLOR. Do wykonania krzywej wzorcowej X użyto fotonów o średniej energii 122 keV. Były one generowane z lampy rtg. przy napięciu – 243 kV i prądzie anodowym – 10 mA. Grubości warstw pochłonných Al i Cu wynosiły, odpowiednio, 4 mm i 1,62 mm.

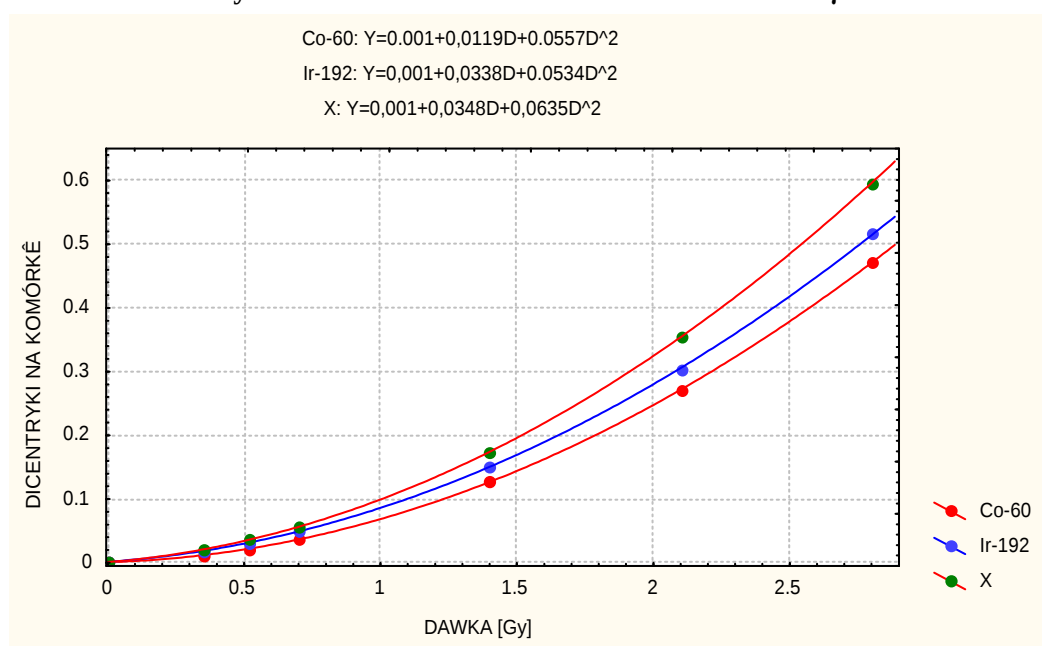
W tabeli 2 przedstawione są wartości maksymalnej względnej skuteczności biologicznej (WSB_{max}) fotonów X i γ w indukcji chromosomów dicentrycznych. WSB_{max} obliczano ze stosunku współczynników b dla promieniowania badanego i dla promieniowania odniesienia. Za promieniowaniem odniesienia przyjęto promieniowanie γ ^{60}Co .

Tabela 2. Współczynniki krzywych wzorcowych dla fotonów X oraz fotonów γ ^{192}Ir i ^{60}Co

Rodzaj promieniowania	Energia promieniowania	$c \pm \text{SD}$	$b \pm \text{SD}$	$a \pm \text{SD}$	WSB_{max}
^{192}Ir	0,380	$0,0010 \pm 0,0007$	$0,0338 \pm 0,0103$	$0,0534 \pm 0,0056$	2,8
^{60}Co	1,2	$0,0010 \pm 0,0004$	$0,0119 \pm 0,0027$	$0,0557 \pm 0,0016$	1
X	0,122	$0,0011 \pm 0,0004$	$0,0348 \pm 0,0034$	$0,0635 \pm 0,0019$	2,9

Z porównania wartości WSB_{max} wynika, że fotony γ ^{192}Ir są bardziej skuteczne w indukcji chromosomów dicentrycznych od fotonów γ ^{60}Co i nieco mniej skuteczne od promieniowania X. Dla dozymetrii biologicznej oznacza to, że stosowanie krzywej wzorcowej dla kobaltu będzie zawyżać wartość dawki pochłoniętej od irydu, a stosowanie krzywej dla promieniowania X zaniżać.

Rys. 2. Wzorcowe krzywe dawka-skutek dla fotonów X oraz fotonów γ ^{192}Ir i ^{60}Co





Opracowaną krzywą wzorcową dla ^{192}Ir użyto do wyznaczenia dawki otrzymanej przez operatora defektoskopu w czasie wypadku w Rafinerii Gdańskiej w 2009r. Przeprowadzona wówczas w CLOR analiza aberracji chromosomowych wykazała obecność 7 chromosomów dicentrycznych w 1400 analizowanych limfocytach krwi obwodowej. Według krzywej wzorcowej dla kobaltu, obserwowanej częstości występowania chromosomów dicentrycznych (0,005 dic/kom) odpowiadała średnia dawka pochłonięta 0,18 Gy (95% przedział ufności: 0,06-0,32 Gy). Po zastosowaniu współczynników krzywej wzorcowej dla irydu wartość dawki pochłoniętej wyniosła 0,10 Gy (95% przedział ufności: 0,03-0,21 Gy). Tym samym wynik biologicznej oceny dawki stał się bardziej zbliżony do wyniku uzyskanego na podstawie fizycznej rekonstrukcji zdarzenia. Z pomiarów i obliczeń fizycznych wynikało bowiem, że pracownik otrzymał na całe ciało dawkę 0,09 Gy.



Opracowanie Metodyki Niezbędnej do Uruchomienia Wzorca Wtórne Promieniowania Neutronowego

Kamil Szewczak

Podstawą podjęcia prac było uruchomienie neutronowego stanowiska kalibracyjnego, planowo mającego zastosowanie do wzorcowania przyrządów dozymetrycznych oraz napromieniania dawkomierzy pasywnych wzorcowymi dawkami neutronów. Praca była kontynuacją działań rozpoczętych w 2010.

Obecnie na wyposażenie stanowiska neutronowego składają się następujące elementy:

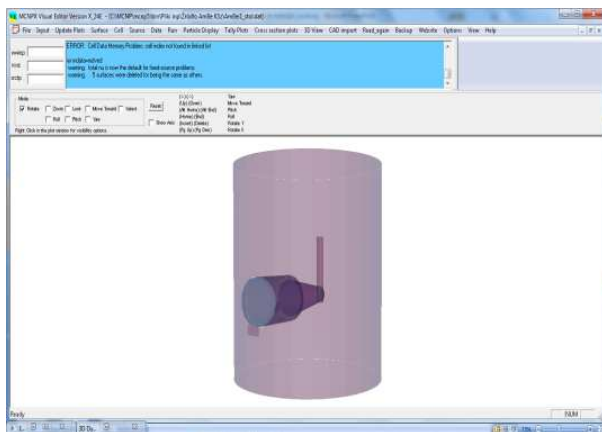
- źródło neutronowe Am-Be o aktywności 185 GBq oraz emisji neutronów $1,1 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$;
- okrągły stół kalibracyjny;
- przyrząd do wykrywania neutronów FH40G z sondą neutronową FHT 752SH;
- przyrząd RUM-1 z sondą typu SPNT-3 (licznik proporcjonalny BF_3 z moderatorem cereumowym);
- fantom wodny.

W 2011 roku zostały zakupione normy międzynarodowe z zakresu wzorcowania przyrządów dozymetrycznych do pomiarów neutronowych:

- ISO 8529-1 Reference neutron radiations - Part 1: Characteristics and methods of production;
- ISO 8529-2 Reference neutron radiation - Part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field;
- ISO 8529-3 Reference neutron radiation - Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of neutron energy and angle of incidence.

Rozpoczęto badania związane z symulacją metodami Monte Carlo z wykorzystaniem kodu MCPN. W tym celu uzyskano licencję dla oprogramowania MCNP5/MCNPX co umożliwiło wykonanie symulacji w celu określenia wartości wzorcowych strumienia neutronów.

Rysunek 1. Przykład symulacji źródła Am-Be z wykorzystaniem kodu MCNP5



W wyniku przeglądu ofert oraz prac naukowych podjęto decyzję o zakupie przyrządu referencyjnego firmy Berthold składającego się z modułu radiometru LB 123 UMo oraz



detektora neutronów LB 6411. Zakres pomiarowy przyrządu wynosi od 30 nSv/h do 100 mSv/h zaś zakres energetyczny zawiera się pomiędzy 10 meV a 20 MeV.

Opracowanie i Wdrożenie Metodyki Pomiarów $H_p(10)$ i $H_p(0,07)$ oraz Metodyki Oceny Dawek Środowiskowych od Promieniowania Mieszanego Gamma, Beta i X Wykonywanych za Pomocą Detektorów Termoluminescencyjnych

K.Szewczak, M.Wasek

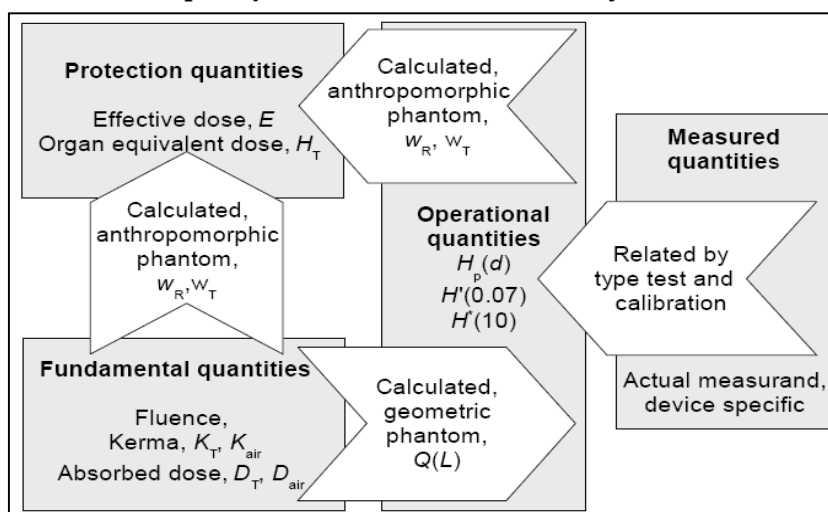
Praca była kontynuacją tematu z 2010 roku w którym podjęto za cel uzupełnienie metody TLD o pomiar indywidualnego równoważnika dawki w polach mieszanych gamm, beta.

W roku 2011 zostały podjęte następujące zagadnienia związane z tematem:

- prace związane z pomiarem promieniowania beta od źródeł Sr-90, Kr-85;
- zakup fantomu ręki zgodnego z wymaganiami normy PN-ISO 4037;
- dokończenie bazy dawek oraz wdrożenie obsługi Klientów poprzez serwis www;
- kwestia zatwierdzania Sprawozdań;
- zagadnienie związane z wyznaczaniem $H^*(10)$.

Obecny schemat powiązania jednostek operacyjnych z wielkościami fundamentalnymi przedstawiony został na Rysunku 1.

Rysunek 1. Schemat powiązań wielkości fundamentalnych z wielkościami operacyjnymi



Metoda określania $H_p(10)$ od promieniowania gamma oparta jest na napromienianiu dawkomierzy kalibracyjnych na fantomie płytowym zgodnym z wymaganiami normy PN-ISO 4037. Dzięki temu dawka określana za ich pomocą jest wyrażona bezpośrednio w indywidualnym równoważniku dawki $H_p(10)$ [Sv]. Analogicznie dla celów określania indywidualnego równoważnika dawki $H_p(0,07)$ dawkomierze kalibracyjne napromieniane są na odpowiednim fantomie palcowym. Współczynniki kalibracyjne wykorzystywane do określania przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$ wyznaczane są na podstawie odczytu dawkomierzy napromienianych w wolnej przestrzeni. Wartości wzorcowe w każdym z przypadków wyznaczane są za pomocą wzorca odniesienia składającego się z elektrometru UNIDOS oraz komory jonizacyjnej firmy PTW o pojemności 30cm^3 . Pomiar wykonywany



jest w wielkości kermy w powietrzu [Gy] a następnie w zależności od potrzeb wielkości wzorcowe przeliczane są na odpowiednią wartość równoważnika dawki przy użyciu współczynników przeliczeniowych opisanych w normie PN-ISO 4037.

W celu uruchomienia stanowiska Beta Secondary Standard 2 (BSS2) źródła Sr-90 oraz Kr-85 zostały wysłane do rekaliibracji w PTW - Niemcy. Zgodnie z otrzymanymi certyfikatami możliwe jest uzyskiwanie mocy dawek dawki pochłoniętej w tkance dla Sr-90: od 15 mGy/h do 311 mGy/h oraz dla Kr-85: 60,9 mGy/h. Przeprowadzone zostały pomiary w celu określenia odpowiedzi dla przyrządu SmartIon w wyniku których otrzymano wynik $0,83 \pm 0,15$ co dobrze zgadza się z wielkością podaną przez producenta 0,81.



Zapewnienie i Utrzymanie Systemu Jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych

A.Kudynowska, M.Piekarz, K.Wołoszczuk

W dniu 07.03.2012 r. odbyło się seminarium pt. "Zapewnienie i utrzymanie systemu jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) dla potrzeb ochrony radiologicznej" składające się z III części, które były referowane przez: Panią A.Kudynowską (część systemowa) oraz Panią K.Wołoszczuk i M.Piekarz (część techniczna).

Referowane zagadnienia to:

- Wyniki audytów wewnętrznych i zewnętrznych
- Ocena przez organizacje zewnętrzne – PCA
- Dokumentacja LWPDiR
- Personel LWPDiR
- Struktura organizacyjna LWPDiR
- Przegląd zarządzania

W dniach 06-07 czerwca 2011 r. odbyła się ocena PCA, w ramach której Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) przedłużyło akredytację do 06.11.2015r. Podczas oceny, na podstawie przedstawionych dowodów audytor wprowadził korekty do prawie wszystkich zakresów pomiarowych i odpowiadających im wartości CMC. Obowiązujący zakres akredytacji po zmianach, to wydanie nr 10 z dnia 24 sierpnia 2011r. Dziedzina akredytacji - promieniowanie jonizujące i radioaktywność (poddziedziny 18.01, 18.02, 18.03). W wyniku oceny zespół audytorów sporządził 8 Kart niezgodności z czego 1 dotyczyła działalności systemowej, natomiast 7 działalności technicznej. Dodatkowo odnotowano 17 spostrzeżeń – 11 dot. działalności systemowej i 6 działalności technicznej. Podczas oceny PCA zauważyło mocne strony Laboratorium, a mianowicie: przejrzystość KJ oraz pozostałej dokumentacji SZ;

- właściwe przygotowanie personelu;
- potwierdzona skuteczność działań korygujących w audytowanych uprzednio obszarach;
- skuteczność szkoleń i działań doskonalących;
- dostateczne zaufanie co do kompetencji Laboratorium AP 057 w uzgodnionym podczas oceny zakresie akredytacji – przedłużenie akredytacji do 06.11.2015r.

W Laboratorium obowiązuje aktualnie 18 procedur ogólnych, 13 procedur wzorcowania oraz 4 instrukcje techniczne, których wykaz znajduje się w załączniku 6.2 do KJ.

Dokumentacja LWPDiR jest na bieżąco nadzorowana i doskonalona.

Od poprzedniego seminarium nastąpiła zmiana personalna Opiekuna st. Radonu a jednocześnie pracownika wzorcującego przyrządy radonowe.

W dniu 27.05. odbył się przegląd zarządzania, który swym zakresem obejmował:

1. Realizację ustaleń z poprzedniego przeglądu (27.08.2010).
2. Stosowność Polityki Jakości



3. Stosowność procedur systemowych i technicznych
5. Wyniki audytów wewnętrznych
6. Oceny przez organizacje zewnętrzne
7. Status i ocena działań korygujących i zapobiegawczych
8. Wyniki ILC
9. Zmiany w zakresie i rodzaju prac
10. Informacje zwrotne od klientów
11. Skargi
12. Szkolenie personelu
13. Działania w zakresie sterowania jakością wzorcowań
14. Zasoby

Podczas przeglądu zrelacjonowano realizację celów i zadań z poprzedniego okresu (2010/2011), w wyniku czego ustalono, że:

- W pełni zrealizowano cel nr 4 „Prace konserwacyjno-remontowe Sali Gamma (odnowienie ścian, naprawa dachu)”.
- Realizacja celu nr 1 „Doskonalenie działalności Laboratorium w zakresie zarządzania danymi” została wstrzymana z powodów finansowo-ekonomicznych Laboratorium. Ponowną realizację zaplanowano na II kwartał 2012r. Realizację celu nr 2 „Rozszerzenie zakresu akredytacji o stanowisko wzorcowania źródłami beta” przełożono na okres 2011/2012 ze względu na wysokie koszty związane z porównaniami międzylaboratoryjnymi. Cel nr 3 "Modernizacja systemu chłodzenia lampy RTG" również został przewidziany do realizacji w późniejszym terminie. Laboratorium w dalszym ciągu podlega bezpośrednio Dyrektorowi CLOR. W strukturze organizacyjnej Laboratorium wyodrębnia się funkcje: KL, KLJ, KLT oraz Opiekun stanowiska w odniesieniu do czterech stanowisk kalibracyjnych (Gamma, RTG, Radonu i Skażeń).

Ustalono również cele i zadania na okres 2011/2012, obejmujące:

1. Doskonalenie systemu zarządzania w obszarze współpracy z klientem:
 - wdrożenie programu faktur w systemie E-nova.
2. Modernizacja systemu chłodzenia lampy rentgenowskiej:
 - opracowanie oraz wdrożenie systemu chłodzenia.
3. Doskonalenie systemu zarządzania w obszarze ewidencjonowania przyrządów dozymetrycznych do wzorcowania:
 - opracowanie bazy danych wzorcowanych przyrządów.
4. Rozszerzenie zakresu akredytacji o stanowisko wzorcowania źródłami beta.
 - opracowanie metodyki napromieniania źródłami β -promieniotwórczymi,
 - wystąpienie z wnioskiem do PCA o rozszerzenie akredytacji.



Zapewnienie i Utrzymanie Systemu Jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych Stanowisko Radonowe – Działalność i Utrzymanie Techniczne

M.Piekarz, K.Mamont-Cieśla Nadzór techniczny i konserwacja komory oraz jej wyposażenia

W 2011 roku wykonano następujące czynności związane z serwisem wyposażenia LWPDiR: rutynowe czynności konserwacyjne związane z zasilaniem przyrządów przenośnych, sprawdzenie akumulatora monitora AlphaGUARD, badanie szczelności komory.

Wykonano również pomiary sprawdzające:

- wskazań przyrządów referencyjnych (dwóch monitorów radonowych AlphaGUARD i spektrometru średnic pochodnych radonu RPPSS) oraz modułu Rn WL meter w ustalonych, powtarzalnych warunkach stężenia radonu, stężenia energii potencjalnej alfa oraz stężenia aerozoli, w normalnych warunkach klimatycznych;
 - biegu własnego, przepływów i wydajności zliczania cząstek alfa w pięciu stopniach pomiarowych RPPSS;
 - przepływu i wydajności zliczania cząstek alfa monitora pochodnych radonu Rn WL meter.
2. Udoskonalanie systemu jakości w LWPDiR w zakresie wzorcowania przyrządów i eksponowania wzorcowymi stężeniami detektorów służących do pomiaru stężenia radonu w powietrzu oraz wzorcowania przyrządów do pomiaru stężenia energii potencjalnej alfa krótkożyciowych pochodnych radonu:
- zaktualizowanie i uzupełnianie dokumentów, formularzy i kart wchodzących w skład systemu zarządzania LWPDiR,
 - wykonanie korekcji i działań korygujących w odpowiedzi na niezgodności, które odnotowano podczas audytu w nadzorze dnia 07.06.2011r.



Zapewnienie i Utrzymanie Systemu Jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych Stanowiska Skażeń, Rtg i Gamma – Działalność i Utrzymanie Techniczne

K.Wołoszczuk, K.Ciupek

Wzorcowanie w zakresie promieniowania gamma przeprowadza się na dwóch stanowiskach: GAMMA 1 oraz GAMMA 2.

Pierwsze stanowisko posiada trzy źródła: Co-60, Cs-137 i Am-241. Przyrządy na tym stanowisku wzorcowane są w zakresie do:

- 6 000 $\mu\text{Gy/h}$ dla Co-60
- 100 000 $\mu\text{Gy/h}$ dla Cs-137
- 20 $\mu\text{Gy/h}$ dla Am-241

Drugie stanowisko posiada 8 źródeł Co-60 i 5 źródeł Cs-137. Przyrządy na tym stanowisku wzorcowane są w zakresie do:

- 200 $\mu\text{Gy/h}$ dla Co-60
- 4 000 $\mu\text{Gy/h}$ dla Cs-137

Odpowiednie wartości wzorcowe uzyskuje się poprzez:

- ustawienie odległości między źródłem a wzorcowanym przyrządem,
- wybór źródła o odpowiedniej aktywności (dla GAMMA 2),
- stosując przesłony (dla GAMMA 1).

LWPDiR wykonuje wzorcowania przyrządów dozymetrycznych w polu promieniowania X. Stanowisko Kalibracyjne Rentgenowskie składa się:

- generator promieniowania rentgenowskiego, typu HF 320C Pantak o parametrach: zakres wysokich napięć od 5 – 320 kV; zakres prądu od 0,1 – 10 mA;
- ława pomiarowa sztywno związana z generatorem promieniowania, złożona z precyzyjnie wypoziomowanego systemu jezdnego o długości 7m oraz wózka pomiarowego zapewniającego swobodę ruchu w trzech kierunkach;
- zestaw laserów do pozycjonowania dawkomierzy i mierników w osi wiązki;
- kamera TV do zdalnego odczytu danych pomiarowych z badanych przyrządów.

Wzorcowanie przyrządów oraz napromieniowywanie wzorcowymi dawkami indywidualnych dawkomierzy (filmy, TLD) wykonywane w polach promieniowania X spełniających wymagania norm ISO 4037-1, 2 i 3 dla dwóch serii widm:

- seria „wąskich widm”: N-40, N-60, N-80, N-100, N-120, N-150, N-200, N-250, N-300 o energiach średnich 33 keV, 48 keV, 65 keV, 83 keV, 100 keV, 118 keV, 164 keV, 208 keV i 250 keV;
- seria „szerokich widm”: W-60, W-80, W-110, W-150, W-200, W-250, W-300 o energiach średnich 45 keV, 57 keV, 79 keV, 104 keV, 137 keV i 208 keV.



W pracowni wzorcowane są również przyrządy w zakresie skażeń powierzchniowych. Korzysta się z 3 źródeł emitujących promieniowanie β^- (C-14, Cl-36, Sr-90) oraz źródła α -promieniotwórczego – Am-241.

W 2011 roku Pracownia otrzymała 660 zleceń na wywzorcowanie ponad 50-ciu typów przyrządów. Wystawiono 251 świadectw wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania α i β , 569 świadectw wzorcowań przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania gamma oraz 34 świadectwa przyrządów dozymetrycznych dla promieniowania X. Sporządzono 17 protokołów niezdatności dla niesprawnych przyrządów.

Najczęściej wzorcowanymi:

- miernikami mocy dawki były: RK-67, EKO-C i RKP-1,
- dawkomierzami indywidualnymi były: ISOTRAK i STEPHEEN,
- przyrządami posiadającymi komorę jonizacyjną były: EKO-K, RGD i VICTOREEN,
- przyrządami posiadającymi licznik proporcjonalny były mierniki typu FH,
- sondami z licznikiem scyntylicyjnym były: SSU i SGB-D.

Około 80% przyrządów wzorcowanych w LWPDiR posiadało licznik Geigera-Müllera.



Utrzymanie Systemu Zapewnienia Jakości w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) dla Potrzeb Ochrony Radiologicznej

M. Wasek

W 2011 r. w ramach zapewnienia i utrzymania systemu jakości w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) wykonano:

1. Pięć wcześniej zaplanowanych audytów wewnętrznych:

- „Nadzór nad dokumentacją”
- „Wyznaczanie dawki pochłoniętej – stanowisko Cytogenetycznej Rekonstrukcji Dawek; Obsługa klienta; Skargi; Wymagania techniczne”
- „Skargi i reklamacje”
- „Kontrola jakości badań”
- „Współpraca z klientem”

Cztery pierwsze audyty zostały przeprowadzone przed corocznym audytem w nadzorze organizowanym przez Polskie Centrum Akredytacji. Miały one na celu kontrolę systemu jakości w najważniejszych punktach, decydujących o jego przydatności w określaniu równoważnika dawki. Nie stwierdzono żadnych reklamacji klientów oraz na podstawie kontroli jakości badań potwierdzono wysoką jakość świadczonych przez PDIŚ usług.

2. Kwartalne badania testujące detektory fotometryczne i termoluminescencyjne służące do określania indywidualnego równoważnika dawki $H_p(10)$ zgodnie z przyjętymi procedurami w systemie jakości obowiązującymi w PDIŚ. Wyniki badań ujęte są w dokumentach QD 3.1 i QD 3.2.

3. Kontrolne pomiary kalibracyjne dla zestawów spektrometrycznych jodu i technetu promieniotwórczego.

4. W dniu 11.04.2011 r. uzyskano nowy zakres akredytacji (wydanie 6)

5. W dniach 24-25.05.2011 r. przeprowadzono audyt w nadzorze PCA. Uzyskano tylko jedną niezgodność (kaliber – średni).

Bezpośrednio po przeprowadzonym audycie podjęto działania korygujące w następujących obszarach:

- wydano poprawioną Procedurę Ogólną QPO 2 (wydanie 2 z dn. 9.06.2011 r.),
- wydano poprawioną Instrukcję Ogólną QIO 4.2 (wydanie 2 z dn. 9.06.2011 r.),
- zaprojektowano nowe, poprawione formularze QDB 1.1 i QDB 1.2.

6. Wewnętrzne szkolenia personelu (5 szkoleń) dotyczące:

- a) Podsumowanie roku 2010 r pod względem ilości wykonanych odczytów z podziałem na grupy narażenia zawodowego na promieniowanie jonizujące,
- b) Ocena i podsumowanie wniosków z audytu w nadzorze PCA z dn. 16.12.2010 r.,
- c) Ocena szkoleń przez pracowników PDIŚ,
- d) Ankieta zadowolenia klienta. Jak reagować na uwagi klientów?
- e) Wnioski po audycie w nadzorze PCA.



Ponadto przeprowadzono kilka szkoleń doraźnych jako działania korygujące i zapobiegawcze po audytach wewnętrznych i audytach w nadzorze PCA.

7. Laboratorium wzięło udział w porównaniach międzylaboratoryjnych organizowanych przez instytut IRSN (Francja). Przedmiotem porównań był fantom oraz 3 źródła o nieznanych aktywnościach (izotopy Ba-133 i I-129).

8. Prace wykonywane w PDIŚ są realizowane ze wcześniej zaplanowanym harmonogramem oraz w zgodzie z procedurami i instrukcjami ogólnymi i badawczymi ujętymi w systemie jakości.



Utrzymanie Laboratorium Pomiaru Zawartości Jodu Promieniotwórczego w Tarczycy dla Potrzeb Działania Służb Awaryjnych oraz na Wypadek Zagrożenia Radiacyjnego

G. Krajewska

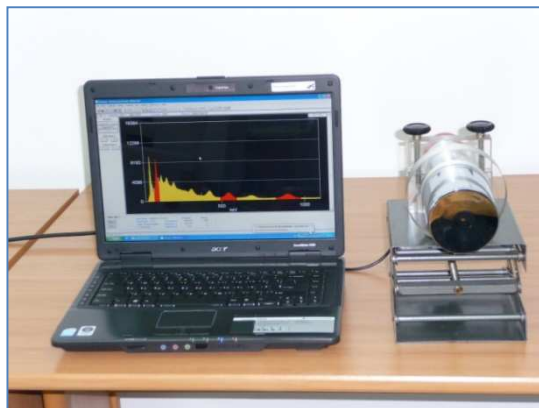
Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR wyposażone jest w dwa zestawy pomiarowe (prod. Canberra-Packard):

1. Stacjonarny Zestaw Spektrometru Promieniowania Gamma (SZSPG) (Rys. 1), składający się z detektora NaI(Tl) (typ 8024 - kryształ 3x3 cale), przedwzmacniacza ładunkowego (typ 2007P), wielokanałowego analizatora spektrometrycznego (4096 kanałów) w postaci karty komputerowej AccuSpect NaI Plus Board oraz oprogramowania do analizy i akwizycji widm Genie-2000 Basic Spectroscopy. Zestaw służy do pomiarów zawartości izotopu I-131 w tarczycy człowieka - potencjalni skażeni będą mierzeni przy użyciu w/w aparatury po zgłoszeniu się do badania w pomieszczeniach niskotłowego laboratorium CLOR.
2. Przenośny Zestaw Spektrometru Promieniowania Gamma (PZSPG) (Rys. 2), składający się z detektora NaI(Tl) (typ 8024 – kryształ 3x3 cale), wbudowanego fotopowielacza, zintegrowanego analizatora wielokanałowego (na platformie laptopa) do detektorów scyntylicyjnych UNISPEC-PRO oraz pakietu oprogramowania do analizy i akwizycji widm Genie-2000 Basic Spectroscopy. Aparatura umożliwia pomiary jodu w tarczycy w miejscu wystąpienia awarii lub lokalnego skażenia jodem, na stanowiskach pracy z tymi izotopami, a także u ludności na obszarach skażenia promieniotwórczego w przypadku awarii wielkoskalowej np. elektrowni jądrowej.

Rys. 1. Widok ogólny zestawu stacjonarnego SZSPG



Rys. 2. Widok ogólny zestawu przenośnego PZSPG



Laboratorium Monitoringu Jodu wyposażone jest w fantom tarczycy typ RS-232 (firma RSD – Radiology Support Devices Inc. USA) (Rys.3).

Rys. 3. **Fantom tarczycy typu RSD**

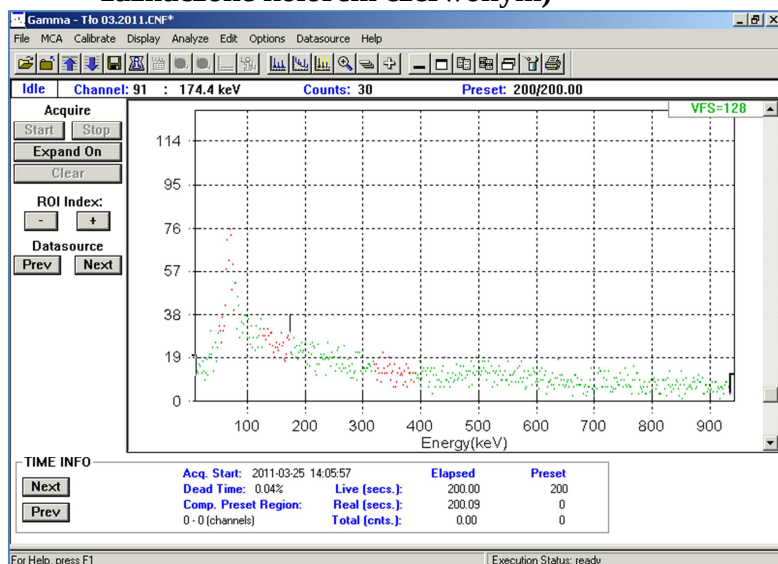


Działania bieżące Laboratorium Monitoringu Jodu obejmowały w 2011 r. między innymi następujące zadania:

1. utrzymanie w gotowości aparatury do podjęcia natychmiastowych pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy polegało na wykonywaniu systematycznych pomiarów tła w fotopiku izotopów ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ oraz ^{131}I oraz testowaniu prawidłowości działania modułów elektronicznych zestawów pomiarowych.

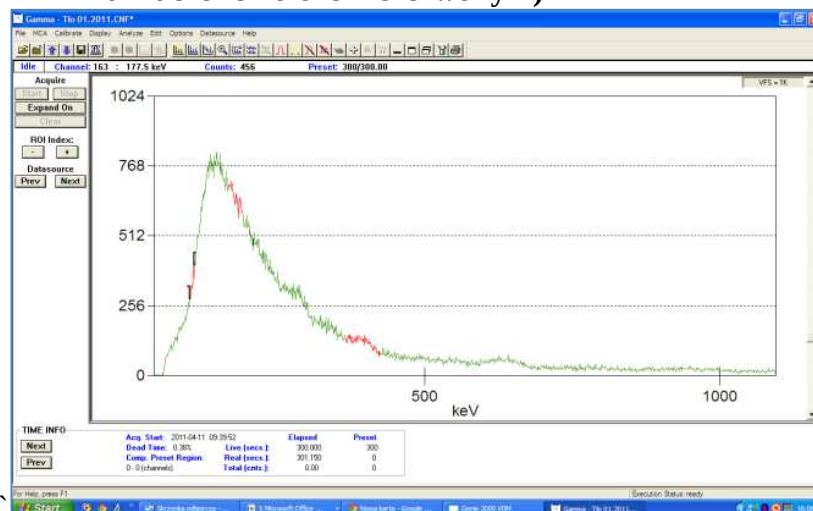
Tło w pomieszczeniu Laboratorium wynosiło odpowiednio 3, 4, 3 cps (Rys. 4, Rys. 5) i wahało się w granicach 20% średniego zmierzonego tła rocznego w latach poprzednich, utrzymując się na stałym poziomie oraz determinując niski limit detekcji.

Rys. 4 **Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium Jodowego CLOR zmierzone zestawem stacjonarnym (obszary energetyczne mierzonych fotopików zaznaczone kolorem czerwonym)**





Rys. 5. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium Jodowego CLOR zmierzone zestawem przenośnym (obszary energetyczne mierzonych fotopików zaznaczone kolorem czerwonym)



2. Pomiary zawartości radioizotopów I-131 i Tc-99m w tarczycy zostały wykonane u pracowników zakładów medycyny nuklearnej w Polsce prowadzących badania diagnostyczne i terapeutyczne związane z chorobami gruczołu tarczowego.

Wykonane były one przy użyciu przenośnego zestawu spektrometrycznego (prod. Canberra-Packard) (Rys. 1), który składa się z detektora scyntylacyjnego (wymiary 76x76 mm, rozdzielczość 9%) połączonego z analizatorem wielokanałowym Canberra UniSPECT i zasilanego z komputera typu notebook, wykorzystującego do analizy widm oprogramowanie Genie-2000.

Dokładne dane dotyczące metodyki pomiarów oraz sposobu szacowania dawki pochłoniętej zawarte są w publikacji [1].

W roku 2011 wykonano pomiary zawartości jodu promieniotwórczego I-131 oraz technetu Tc-99m w tarczycach osób stanowiących personel medyczny w Zakładzie Medycyny Nuklearnej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Lublinie oraz Zakładzie Radiologii i Medycyny Nuklearnej Samodzielnego Publicznego Szpitala Klinicznego Nr 4 w Lublinie.

W powyższych placówkach prowadzone są z jodem promieniotwórczym badania diagnostyczne - scyntygraficzne w tarczycy, wychwyt tarczycowy, oznaczanie poziomu hormonów tarczycowych oraz badania terapeutyczne - leczenie schorzeń tarczycy, w tym nowotworów w systemie poza-oddziałowym. Ponadto prowadzone są badania diagnostyczne narządów z użyciem technetu.

Pomiary były wykonywane detektorem z odległości 10 lub 15 cm od powierzchni szyi i trwały 300 sekund. Promieniowanie tła w pomieszczeniu, w którym wykonywano pomiary, było mierzone, z użyciem dostępnego fantomu szyi typu RSD, bezpośrednio przed lub po pomiarze kontrolowanych osób. Pomieszczenie pomiarowe było typowane jako możliwie niskotłowe.

Wyniki pomiarów aktywności I-131 w tarczycy oraz oszacowanych dawek u pracowników przedstawiono w Tab.1 - 2.



Tabela 1. Wyniki pomiarów poziomów aktywności I-131 i Tc-99m u pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Lublinie

Pracownik	Zmierzona w tarczycy aktywność I-131 [Bq]	Oszacowana dawka skuteczna od rocznych wchłonięć I-131 [mSv]	Procent maksymalnej dawki skutecznej dla narażonych zawodowo (20 mSv)	Zmierzona w tarczycy aktywność Tc-99m [Bq]
R.G.	<80	<0.46	<2.2	-
J.G.	<80	<0.46	<2.2	40
A.Ko.	<80	<0.46	<2.2	-
A.Kr.	<80	<0.46	<2.2	-
B.T.	<80	<0.46	<2.2	-
M.H.-C.	<80	<0.46	<2.2	5000
T.K.	<76	<0.42	<2.0	-
M.M.	<76	<0.42	<2.0	-
A.P.	<76	<0.42	<2.0	-
M.S.	<76	<0.42	<2.0	-
R.K.	<76	<76	<2.0	-
A.W.	<80	<0.46	<2.2	-
R.S.	<76	<0.42	<2.0	-
B.R.	<76	<0.42	<2.0	-

Rys. 6. Widmo promieniowania zmierzone u pracownika M.H.-C.

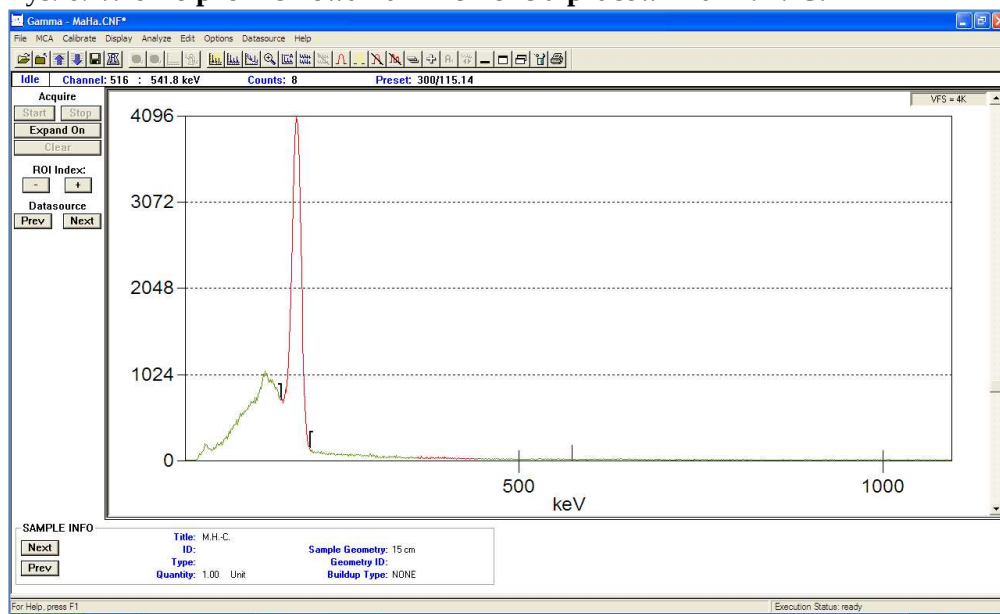
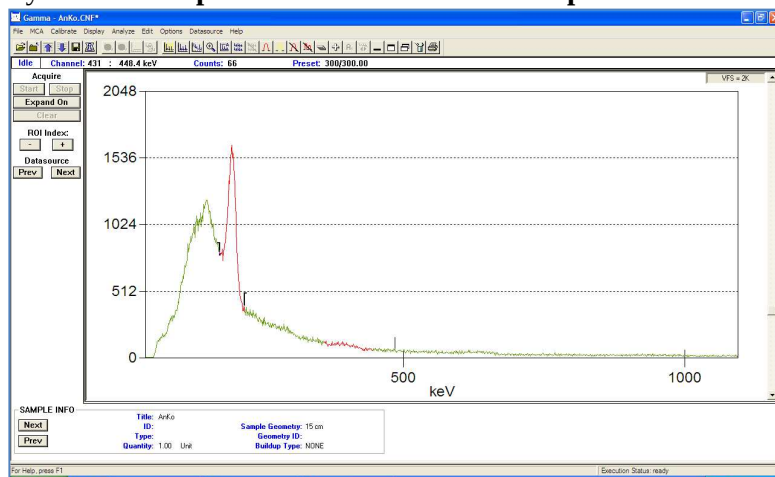




Tabela 2. Wyniki pomiarów poziomów aktywności I-131 i Tc-99m u pracowników Zakładu Radiologii i Medycyny Nuklearnej Samodzielnego Publicznego Szpitala Klinicznego Nr 4 w Lublinie

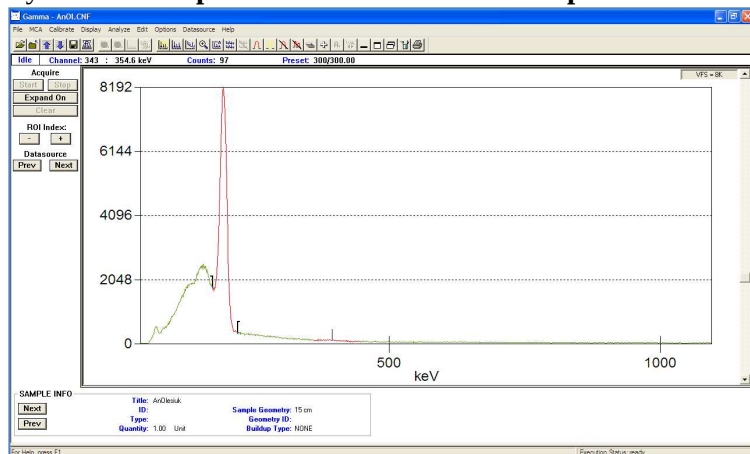
Pracownik	Zmierzona w tarczycy aktywność I-131 [Bq]	Oszacowana dawka skuteczna od rocznych wchłonieć I-131 [mSv]	Procent maksymalnej dawki skutecznej dla narażonych zawodowo (20 mSv)	Zmierzona w tarczycy aktywność Tc-99m [Bq]
A.K.	<68	<0.38	<1.8	1200
M.G.	<68	<0.38	<1.8	-
D.B.	<76	<0.42	<2.0	-
M.Ł.	<76	<0.42	<2.0	-
T.C.	<76	<0.42	<2.0	14000
J.S.	<76	<0.42	<2.0	-
B.S.	<76	<0.42	<2.0	-
A.O.	<76	<0.42	<2.0	7900
B.C.	<76	<0.42	<2.0	-
E.P.-F.	<68	<0.38	<1.8	90
A.N.	<68	<0.38	<1.8	-
B.S.	<76	<0.42	<2.0	-
J.K.	<68	<0.38	<1.8	-
J.L.	<76	<0.42	<2.0	-
H.J.	<76	<0.42	<2.0	-
M.W.	<76	<0.42	<2.0	-
T.D.	<76	<0.42	<2.0	-
J.S.	<76	<0.42	<2.0	-
J.Ki.	<76	<0.42	<2.0	-

Rys. 7. Widmo promieniowania zmierzone u pracownika A.K.





Rys. 8. Widmo promieniowania zmierzone u pracownika A.O.



Poziomy aktywności jodu I-131 w tarczycy u pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej, u których przeprowadzono pomiary, były niskie (Tab.1, 2). Maksymalna dawka wynosiła $<0,46$ mSv, nie przekraczając 2,2% rocznego limitu dla narażonych zawodowo.

Jednocześnie, z uwagi na prowadzone w ZMN badania diagnostyczne z użyciem technetu - m.in. przepływu nerkowego, dynamiki serca i inne, stwierdzono w tarczycy pracowników obecność izotopu Tc-99m. W Tab.1, 2 (kolumna 5) podano aktywność technetu Tc-99m (w [Bq]). W niektórych przypadkach poziomy tego radionuklidu były podwyższone (pracownik M.H.-C. - Tab.1 i A.K. oraz A.O. - Tab.2).

Literatura:

1. Krajewska G. , *Laboratory for Monitoring of Radioiodine in Thyroid for Population in Emergency Situation*, in *Annual Report 1996-1997*, edited by Central Laboratory for Radiological Protection, Warsaw, (1998).
2. Krajewska G. , Krajewski P., *Thyroid Monitoring System for Measurement of Iodine Content in Thyroid of Occupationally Exposed Personnel*, *Radiation Protection Dosimetry* , 89, 215-220, (2000).
3. *Methods for Assessing Occupational Radiation Doses Due to Intakes of Radionuclides* , in *Safety Reports Series No. 37*, IAEA (2004).
4. *Assessment of Occupational Exposure Due to Intake of Radionuclides*, in *Safety Guide No. RS-G-1.2* , IAEA (1999).



Dział Szkolenia i Informacji

Roczna Dawka Efektywna (2011)

J. Henschke

Roczna dawka efektywna jaką otrzymuje ludność Polski od promieniowania jonizującego pochodzącego od źródeł naturalnych i pochodzenia sztucznego jest na podobnym poziomie jak w wielu innych krajach europejskich. Na promieniowanie naturalne składa się promieniowanie kosmiczne oraz promieniowanie pochodzące od radionuklidów naturalnych obecnych w różnego rodzaju komponentach środowiska takich jak gleba, woda, powietrze oraz w różnych produktach i materiałach takich np. jak artykuły żywnościowe czy też materiały budowlane. Promieniowanie sztuczne to głównie promieniowanie wykorzystywane w diagnostyce medycznej i w dużo mniejszym stopniu pochodzące od opadu promieniotwórczego spowodowanego dawnymi próbnymi eksplozjami jądrowymi i awarią elektrowni jądrowej w Czarnobylu.

Średnia roczna dawka efektywna od źródeł naturalnych i sztucznych, oceniana zgodnie z zaleceniami UNSCEAR 2008⁴, wyniosła w 2011 roku 3,3 mSv na statystycznego mieszkańca Polski.

Największy udział w tej wartości wynoszący 73,8% (2,43 mSv) ma dawka od radionuklidów naturalnych. Wśród nich największa dawka 1,20 mSv (36,4%) pochodzi od radonu, podczas gdy od promieniowania kosmicznego wynosi tylko 0,39 mSv (11,8%).

Dawka od źródeł pochodzenia sztucznego wynosi 0,86 mSv, co stanowi około 26% średniej rocznej dawki efektywnej, przy czym największy udział w tej dawce powoduje promieniowanie jonizujące stosowane w diagnostyce medycznej (0,85 mSv lub 25,8%).

Średnie roczne dawki efektywne, jakie otrzymuje mieszkaniowiec Polski od różnych źródeł promieniowania jonizującego zostały przedstawione na rysunku 1.

Zgodnie z obowiązującymi w kraju przepisami dawka graniczna dla ludności, wyrażona jako dawka efektywna, wynosi 1 mSv w ciągu roku. Dawka ta nie obejmuje narażenia od promieniowania kosmicznego oraz od źródeł naturalnych znajdujących się w środowisku oraz wchodzących w skład ciała ludzkiego.

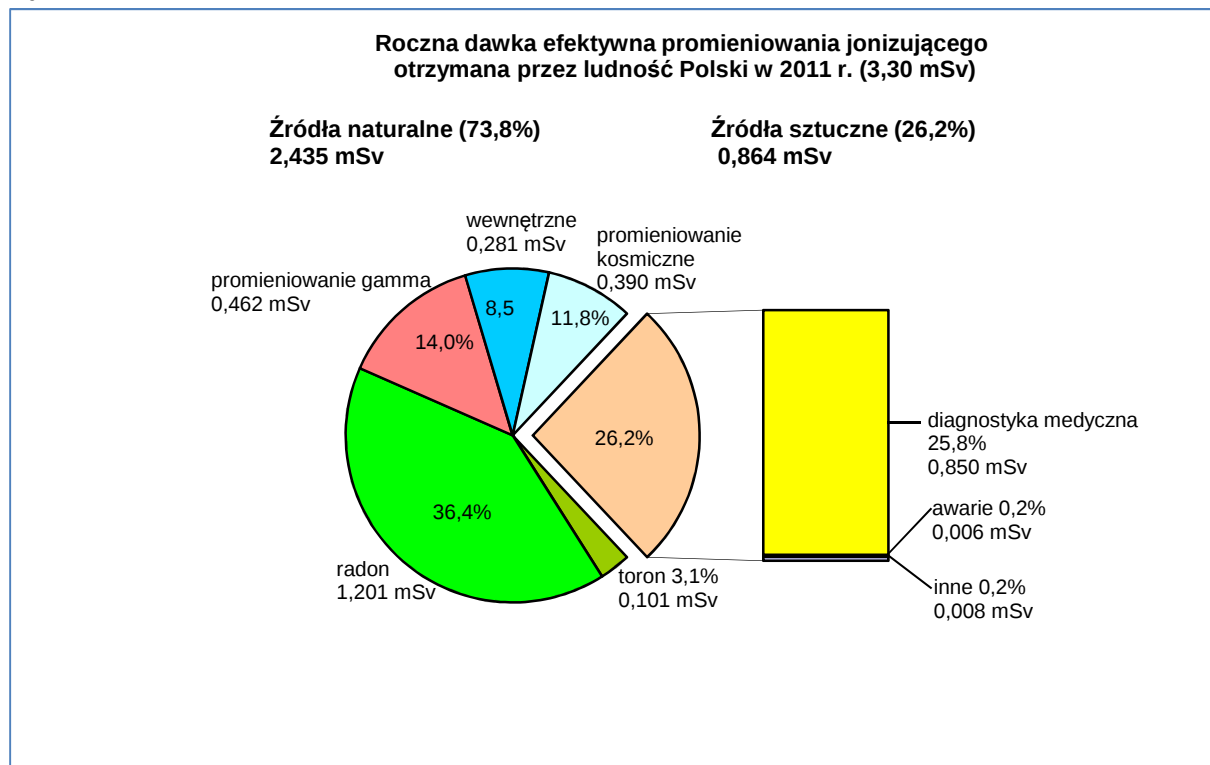
Z badań prowadzonych przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej wynika, że średnia dawka efektywna spowodowana promieniowaniem pochodzącym od źródeł pochodzenia sztucznego (bez diagnostyki medycznej) na statystycznego mieszkańca Polski wynosiła w 2011 roku 0,014 mSv. Na dawkę tę składa się dawka pochodząca od narażenia zewnętrznego oraz dawka od radionuklidów, które znalazły się w organizmie poprzez układ pokarmowy oraz oddechowy człowieka.

Porównując tę wartość (0,014 mSv) do dawki granicznej dla ludności (1 mSv) oraz do średniej dawki efektywnej (3,3 mSv) można stwierdzić, że w 2011 roku wartość ta stanowi 1,4% dawki granicznej oraz 0,4% średniej rocznej dawki efektywnej, na którą był narażony statystyczny mieszkaniowiec Polski.

⁴ United Nations Scientific Committee on Effects of Ionizing Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation, UNSCEAR 2008, Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations, New York, 2010.



Rys. 1.





Inne

Zadanie Badawcze nr 6 pt. „Rozwój Metod Zapewnienia Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej dla Bieżących i Przyszłych Potrzeb Energetyki Jądrowej” Strategicznego Projektu Badawczego „Technologie Wspomagające Rozwój Bezpiecznej Energetyki Jądrowej”.

dr Paweł Krajewski

Rozpoczęte w 2009 r. przygotowania do budowy pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce, powinny zapewnić nie tylko większe bezpieczeństwo energetyczne kraju lecz również zdynamizować prace sektora badawczo-rozwojowego zaangażowanego w rozwój dyscyplin naukowych objętych wspólną nazwą „atomistyka”. W skali światowej, badania naukowe dotyczące szeroko rozumianej ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego przeżywają swój renesans. Wynika to z ponownego zainteresowania pozyskiwaniem czystej energii z bezpiecznych elektrowni jądrowych, projektu budowy reaktora termojądrowego ITER, zagrożenia użyciem materiałów promieniotwórczych i broni jądrowej w celach terrorystycznych lub militarnych, jak i potrzeby jednoznacznego wyjaśnienia skutków działania niskich dawek promieniowania na organizm człowieka, jako naukowej podstawy systemu ochrony radiologicznej. Rozwijana jest też koncepcja objęcia ochroną radiologiczną nie tylko człowieka, ale i środowiska fauny i flory, a więc i rozszerzenie ochrony radiologicznej na inne istoty żywe.

Szczególne znaczenie dla wzmocnienia i integracji ośrodków związanych z budową nowoczesnej infrastruktury i zaplecza merytorycznego BJOR dla potrzeb energetyki jądrowej w Polsce pełni, zadanie badawcze pt. „Rozwój metod zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej”, prowadzone w ramach strategicznego projektu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej”.⁵

Projekt realizuje Sieć Naukowa czterech wiodących w kraju instytutów badawczych, które odgrywały również ważną rolę w realizacji pierwszego polskiego programu energetyki jądrowej w latach osiemdziesiątych XX w.. Instytuty te stanowią zaplecze naukowo-badawcze dla programu uruchomienia energetyki jądrowej, zgodnie z wytycznymi Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej („Guidebook on research & development support for nuclear power”; IAEA Technical Report Series no.298).

Są to:

- Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR, Warszawa) - Lider Sieci, koordynator zadania
- Instytut Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ, Warszawa)
- Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ, Świerk)
- Instytut Fizyki Jądrowej (IFJ, Kraków)

⁵ Rozpoczęte 1 września 2011 r., zakończenie programu 31 sierpnia 2014 r.



Najważniejszym celem projektu jest kompleksowe opracowanie innowacyjnych technologii, metod i procedur ochrony radiologicznej, niezbędnych do zapewnienia ochrony zdrowia populacji oraz zasobów środowiskowych na wszystkich etapach wdrażania energetyki jądrowej w Polsce. Prowadzone w ramach ww. projektu prace dotyczą m.in. opracowania ogólnej koncepcji i metod badań środowiskowych (w tym zdrowotności) dla przewidywanej lokalizacji EJ. Zgodnie z harmonogramem projektu, w 2013 r. przewidziane jest przeprowadzenie badań pilotowych tła radiologicznego wokół potencjalnej lokalizacji EJ w Polsce. Planowane prace projektu koncentrują się wokół czterech kluczowych bloków tematycznych:

- 1) Opracowanie ogólnej koncepcji i metod badań środowiskowych (w tym zdrowotności) dla przewidywanej lokalizacji EJ.
- 2) Rozwój metod dozymetrii biologicznej oraz biofizycznych markerów i indykatorów wpływu promieniowania na organizmy żywe.
- 3) Adaptacja istniejących i opracowanie nowych metod radiometrycznych do zastosowań w ochronie radiologicznej pracowników, ludności i środowiska wokół EJ, z uwzględnieniem pomiarów niskich aktywności izotopów emitowanych z EJ oraz dozymetrii awaryjnej i retrospektywnej.
- 4) Opracowanie nowych lub udoskonalenie przyrządów do pomiarów radiometrycznych.

Wdrożenie energetyki jądrowej w Polsce, stworzy również dogodniejsze warunki dla rozwoju sektora badawczo-rozwojowego zarówno pod względem podejmowanych tematów, współpracy międzynarodowej oraz programów i zakresu kształcenia specjalistów, wpłynie też z pewnością na podniesienie kultury bezpieczeństwa przy użytkowaniu izotopów promieniotwórczych w przemyśle, medycynie, technice i badaniach naukowych.