

Redaktor naukowy/Scientific editor
Dr Paweł Krajewski
Redakcja techniczna/Technical editors
Mgr Zuzanna Samborska- Zajkowska

Copyright by Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2023
All rights reserved

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej
Central Laboratory for Radiological Protection
Konwaliowa 7, 03-194 Warszawa

RAPORT CLOR NR 164
ISBN 978-83-947765-7-2

Warszawa 2023

RAPORT ROCZNY CLOR
2022

ANNUAL REPORT 2022



Spis treści

PRZEDMOWA	10
ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ	16
Zakład Higieny Radiacyjnej	18
Utrzymanie akredytacji w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych wykonującym pomiary służące ocenie dawek od narażenia wewnętrznego	20
Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{232}Th, ^{230}Th i ^{228}Th w wodach ze studni oligoceńskich w Warszawie	22
Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego	23
Oznaczanie stężenia ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach pożywienia	25
Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju	27
Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w roku 2022	29
Oznaczanie stężenia promieniotwórczego ^{241}Pu w osadach dennych południowego Morza Bałtyckiego	31
ZAKŁAD DOZYMETRII	32
Informacja o działalności Zakładu Dozymetrii w roku 2022	34
Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Świerku	36
Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2022	38
Rozwój systemu zapewnienia jakości w akredytowanym Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu ^{226}Ra, toru ^{232}Th i potasu ^{40}K w 2022 roku	40
Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie” na podstawie badania próbek gleby	42
Zorganizowanie i przeprowadzenie pomiarów porównawczych zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w materiałach budowlanych dla jednostek organizacyjnych prowadzących takie pomiary (w 2022 roku)	44

Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku w latach 2015-2022	46
Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2020-2022 (rok 2022). ZADANIE 3: Monitoring stężenia ¹³⁷Cs w glebie	49
Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2022-2024 (rok 2022). ZADANIE 3: Monitoring stężenia ¹³⁷Cs w glebie	51
Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500 (rok 2022).	53
ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA	56
Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania	58
Funkcjonowanie Systemu Zarządzania Jakością w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych w roku 2022	60
Utrzymanie Systemu Zarządzania Jakością w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych w roku 2022	61
Działalność służby dozymetrycznej CLOR w ramach umowy zawartej z Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki	62
Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2022 r.	63
Zapewnienie i utrzymanie systemu zapewnienia jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych – część techniczna	65
Rozszerzenie funkcji monitorujących środowiskowego spektrometru promieniowania gamma	67
Badanie odpowiedzi dozymetrów indywidualnych OSL: charakterystyka kątowna, charakterystyka energetyczna oraz liniowość.	69
Porównanie dostępnych metod oceny narażenia zawodowego powstałego w wyniku ekspozycji na radon w podziemnej trasie turystycznej Zamku Książ	70
Analiza porównawcza wpływu materiału fantomu na wzorcowanie dozymetrów osobistych	72
Badanie wpływu osadzania się pochodnych radonu na obudowach detektorów pasywnych CR-39, na pomiary stężenia radonu w powietrzu	73
Projekt European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification: EU-RADION	74
Utrzymanie gotowości Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka	76

DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI	80
Podsumowanie prac Działu Szkolenia i Informacji w roku 2022	82
ENGLISH VERSION	84
DEPARTMENT OF RADIOLOGICAL HYGIENE	92
Department of Radiological Hygiene	94
Maintenance of accreditation in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis performing measurements for assessing doses from internal exposure	96
Determination of activity concentration of ^{232}Th , ^{230}Th and ^{228}Th in the water from wells Oligocene in Warsaw	98
Measurements of radioactive contaminations in samples of water, bottom sediments, and fish in the framework of the monitoring of radioactive contamination of the Baltic Sea	99
Determination of the concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in food samples	102
Comparative measurements regarding ^{137}Cs and ^{90}Sr isotope determination by basic units performing radioactive contamination measurements within the framework of radiation monitoring of the country	104
Monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in 2022	106
Determination of ^{241}Pu activity concentration in bottom sea sediments from the Baltic Sea	108
DOSIMETRY DEPARTMENT	110
Information of the activities of the Dosimetry Department in 2022	112
The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan and around National Centre for Nuclear Research in Świerk.	115
Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in years 1980-2022	117
Research on radioactivity in minerals of the earth's crust from the Museum of the Earth of the Polish Academy of Sciences	118
Development of the quality assurance system in an accredited Laboratory of Natural Radioactivity Measurements in the scope of radium ^{226}Ra , thorium ^{232}Th and potassium ^{40}K reference standard maintenance in 2022	119
Assessment of the radiation situation in "Bory Tucholskie" National Park on the basis of the soil samples measurements	121

Organizing and conducting the interlaboratory comparative measurements of natural radioactive isotopes content in building materials for laboratories making such measurements (in 2022)	123
Noble gases monitoring in Warsaw and Świerk in 2015-2022	125
Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2020-2022 (year 2022). TASK 3: Monitoring of ¹³⁷ Cs concentration in soil.	128
Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2022-2024 (year 2022). TASK 3: Monitoring of ¹³⁷ Cs concentration in soil.	130
Assessment of effective dose for residents of Poland from inhalation of atmospheric aerosols – network of ASS-500 stations (in the year 2022)	132
DEPARTMENT OF INDIVIDUAL MONITORING AND CALIBRATION	134
Department of Individual Monitoring and Calibration	136
Functioning of the Quality Management System in the Dosimetric Instruments Calibration Laboratory and Radon in 2022	138
Maintaining the Quality Management System in the Individual and Environmental Doses Laboratory in 2022	139
The operation of the Central Laboratory of Radiological Protection (CLOR) dosimetry services within the framework of an agreement concluded with the Radiation Emergency Center (CEZAR) from the National Atomic Energy Agency	140
Calibration dosimeters for radiation protection purpose in 2022.	141
Assurance and support of the quality system in Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments– technical part	142
Extending the monitoring functions of the environmental gamma radiation spectrometer	143
Validation of OSL personal dosemetres: angular characteristics, energy characteristics and linearity.	145
Comparison of available methods for assessing occupational risk from exposure to radon in the underground tourist route of the Książ Castle.	146
Comparative analysis of the effect of phantom material on the calibration of personal dosimeters	148
Study of the effect of deposition of radon progeny on the passive CR-39 detector holders on the measurements of radon concentration in the air	149
Projekt European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification: EU-RADION	150

Maintenance of the CLOR Iodine Monitoring Laboratory to perform measurements of radioactive iodine in the human thyroid	152
TRAINING AND INFORMATION DEPARTMENT	156
Summary of the Activities of Training and Information Department in 2022	158

Przedmowa

W niniejszym raporcie przekazujemy zwięzły opis głównych zadań Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) realizowanych w roku 2022. Szczegółowy opis tych prac można znaleźć w ekspertyzach i wydawnictwach CLOR dostępnych na stronach instytucji współpracujących z nami lub możliwych do pobrania na stronie internetowej CLOR.

Warto w tym miejscu wspomnieć, że Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) od ponad 60 lat realizuje zadania z zakresu ochrony przed promieniowaniem jonizującym na rzecz Państwa Polskiego. Historyczne CLOR utworzono w 1957 roku, na rok przed rozpoczęciem działalności pierwszego badawczego reaktora EWA w Świerku, jako odrębny instytut badawczy, który ma prowadzić niezależny i wiarygodny monitoring radiologiczny m.in. tego obiektu jądrowego. Była to jedna z pierwszych tego typu placówek w Europie.

Statut CLOR określa zadania i zobowiązania CLOR, jako instytucji stanowiącej istotne ogniwo ogólnokrajowego systemu ochrony radiologicznej.

Są to między innymi:

- kompleksowy monitoring radiologiczny, w tym ekspertyzy dotyczące radiologicznego stanu zerowego terenów wokół wybranych lokalizacji obiektów jądrowych (EJ i składowisk odpadów),
- ochrona przed promieniowaniem jonizującym pracowników narażonych zawodowo, w tym personelu zakładów medycyny nuklearnej prowadzących diagnostykę onkologiczną, radioterapię z zastosowaniem radio-farmaceutyków, w szczególności endokrynologię z użyciem promieniotwórczego jodu I-131.
- ocena oddziaływania radiologicznego obiektów jądrowych oraz innych źródeł promieniowania jonizującego na mieszkańców i środowisko (dozymetria, symulacje, analizy ryzyka, wsparcie w zarządzaniu kryzysowym),
- ekspertyzy dotyczące systemów monitoringu wokół instalacji jądrowych,
- kształcenie kadr (współpraca z uczelniami, staże w ośrodkach, studia podyplomowe),
- informacja i edukacja społeczna (diagnoza potrzeb, opracowywanie materiałów szkoleniowych, szkolenie kadr oraz prowadzenie otwartej edukacji społecznej i podnoszenie kwalifikacji nauczycieli).

CLOR jako cele priorytetowe widzi kontynuację swoich dotychczasowych działań w zakresie monitoringu radiacyjnego na rzecz Prezesa PAA oraz GIS, jak również pełnienie funkcji wsparcia eksperckiego dla centralnych organów administracji rządowej tzn. Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska oraz Głównego Inspektora Ochrony Środowiska.

Dnia 10.08.2022 r. CLOR otrzymał pozytywną decyzję Prezesa PAA o udzielenie autoryzacji Centralnemu Laboratorium Ochrony Radiologicznej w zakresie specjalistycznych analiz lokalizacyjnych rozkładów stężeń izotopów promieniotwórczych w gruncie, wodach powierzchniowych, wodach podziemnych i w atmosferze oraz analiz rozkładu mocy dawek promieniowania jonizującego. Autoryzacja jest ważna do dnia 31 grudnia 2027 r.

W szczególności, prace prowadzone w CLOR można podzielić na kilka charakterystycznych obszarów, różniących się źródłem oraz sposobem pozyskiwania środków finansowania, zakresem badań oraz zaangażowaniem eksperckiej kadry:

1. Zadania w zakresie „Monitoringu Ogólnokrajowego” zlecane przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA)
2. Zadania w zakresie „Monitoringu Ogólnokrajowego” zlecane przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ)
3. Działalność naukowa i badawczo-wdrożeniowa
4. Statutowa działalność usługowa
5. Współpraca zagraniczna i krajowa

W opisie poszczególnych zadań podano w nawiasach [], numer strony rozdziału raportu dotyczącego tego zadania.

1. Zadania w zakresie „Monitoringu Ogólnokrajowego” zlecane przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA)
 - 1.1. Z punktu widzenia bezpieczeństwa radiacyjnego kraju, najważniejszym zadaniem, jest zadanie dotyczące działania sieci wysokoczułych stacji ASS-500 do wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych powietrza i realizowane przez Zakład Dozymetrii CLOR, pod tytułem „Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500. W 2021 r. zakończono wdrożenie nowego typu stacji do badań skażeń promieniotwórczych powietrza

ASS-500 (PATENT 184966), a prowadzone w okresie (2018-2022) prace potwierdziły nowoczesność stacji oraz ich wysoką czułość, co pozwoliło na prowadzenie analiz danych otrzymywanych z sieci pod kątem oceny dawki skutecznej dla mieszkańców Polski. Wyniki tych badań są publikowane w kwartalnych komunikatach dla ludności o sytuacji radiacyjnej kraju w Dzienniku Urzędowym R.P. „Monitor Polski” przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA), jak również w raportach rocznych PAA. W oparciu o wyniki tej sieci eksperci ochrony radiologicznej mogą z pełną odpowiedzialnością formułować oświadczenia o braku zagrożenia radiacyjnego dla Polski. Sieć stacji pokrywa cały kraj, stacje znajdują się w 13 lokalizacjach: Warszawa, Białystok, Gdynia, Kraków, Lublin, Sanok, Szczecin, Toruń, Wrocław, Zielona Góra, Kielce (Katowice, Łódź -modernizacja w 2021 r.) [str. 50].

- 1.2. W ramach umów zleczanych przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, Zakład Higieny Radiacyjnej oraz Zakład Dozymetrii prowadziły w 2022 r. regularny krajowy monitoring oraz przeprowadzały ocenę sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Ośrodka w Świerku. Zwłaszcza Zakład Dozymetrii prowadził badania okolic Świerku i Różana za pomocą przewoźnej stacji do pomiarów skażeń powietrza (Patent PL 216990 B1 (2014)). Nie stwierdzono emisji promieniotwórczych aerozoli radioizotopów antropogenicznych przez te obiekty. W tym też okresie badano za pomocą nowego typu stacji PS3PJ (przewoźna stacja pomiarowa) również możliwość emisji jodu promieniotwórczego ^{131}I wokół reaktora Maria. Nie wykryto istotnych emisji tego radioizotopu w żadnej z postaci fizykochemicznych [str. 33].
- 1.3. Kolejnym zadaniem o charakterze operacyjnym, realizowanym na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki, jest zadanie prowadzone w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania, pt. „*Utrzymanie w gotowości Laboratorium monitoringu zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka*”. Zadanie to obejmuje monitoring narażenia zawodowego w zakładach medycyny nuklearnej wskutek dawek na tarczycę otrzymywanych przez personel medyczny,

pochodzących od wniknięć promieniotwórczego jodu ^{131}I i technetu $^{99\text{m}}\text{Tc}$ drogą oddechową, w trakcie prowadzenia przez ten personel diagnostyki oraz terapii tarczycy [77].

- 1.4. Kolejnym zadaniem wykonywanym na rzecz Prezesa PAA, jest sprawowanie Całodobowej Służby Awaryjnej CLOR przy Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki, jest to usługa operacyjna wspólnie realizowana przez Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania oraz Zakład Dozymetrii. W ramach tej usługi (rozpoczętej w 2018 r. i kontynuowanej w latach następnych) eksperci CLOR, na miejscu zdarzenia radiacyjnego, prowadzą ocenę ryzyka radiologicznego oraz podejmują działania prewencyjne wspomagające pracę służb mundurowych w trakcie przechwytywania niebezpiecznych materiałów CBRN na granicy [str. 63].
 - 1.5. W tym samym trybie zleceń PAA, prowadzone jest przez Zakład Higieny Radiacyjnej zadanie pt. „Organizacja pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju” [str. 24] oraz zadanie pt. „Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego” – które prowadzi Polska w ramach obowiązków członka Komisji Helsińskiej (Helsinki Commission, Baltic Marine Environmental Protection Commission, Helcom Mors) [str. 24].
2. Zadania w zakresie „Monitoringu Ogólnokrajowego” zlecane przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ)

Na podstawie dwuletnich kontraktów finansowanych przez fundusz Ochrony Środowiska, Zakład Dozymetrii oraz Zakład Higieny Radiacyjnej, prowadziły monitoring radiologiczny gleb oraz rzek i jezior. Te zadania są realizowane przez CLOR od 1988 roku. Podstawy prawne tworzą: Ustawa Prawo Atomowe i Ustawa Prawo Ochrony Środowiska, Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 17 grudnia 2002 r (będące przedmiotem nowelizacji) oraz Rekomendacja Komisji UE z dn. 8 czerwca 2000 r. W ramach tego zadania prowadzony jest w cyklu dwuletnim, pobór próbek z 10 cm powierzchniowej warstwy gleby w 254 punktach zlokalizowanych w stacjach i posterunkach IMGW, a następnie pomiar spektrometryczny odpowiednio spreparowanych próbek w celu wyznaczenia aktualnego rozkładu depozycji sztucznego

izotopu promieniotwórczego ^{137}Cs oraz stężeń radionuklidów naturalnych ^{226}Ra , ^{228}Ac i ^{40}K [str. 47, 50].

Pobór próbek wody i osadów dennych prowadzony jest w cyklu rocznym, w następujących lokalizacjach:

- Rzeki: Wisła- (Kraków Tyniec, Annapol, Warszawa, Płock i Kieźmark); Narew – (Pułtusk); Bug – (Wyszków); Odra – (Chałupki, Wrocław, Głogów i Krajnik); Warta – (Poznań).
- Jeziora: Wielkie Partęczyny (woj. kujawsko-pomorskie); Drawsko (woj. zachodnio-pomorskie); Wadąg (woj. warmińsko-mazurskie); Rogóźno (woj. lubelskie); Niesłysz (woj. lubuskie); Wigry (woj. podlaskie),

Następnie, przeprowadza się pomiar stężenia izotopów promieniotwórczych cezu ^{137}Cs i strontu ^{90}Sr w wodach rzek i jezior oraz cezu ^{137}Cs i plutonu ^{238}Pu , $^{239/240}\text{Pu}$ w osadach dennych [str. 30]

Podstawowym celem wyżej opisanych zadań jest bieżąca ocena stopnia skażenia promieniotwórczego gleby oraz wód powierzchniowych i osadów dennych na obszarze kraju oraz sporządzenie aktualnych map radiologicznych Polski. Wyniki badań opracowywane są w postaci sprawozdań dla GIOŚ (publikowanych na stronie GIOŚ), ponadto w formie syntetycznych tabel i map zaś ocena sytuacji radiologicznej jest przekazywana do PAA oraz do Głównego Urzędu Statystycznego.

3. Działalność naukowa i badawczo-wdrożeniowa

W ramach subwencji Ministerstwa Nauki i Edukacji, w zakładach CLOR, prowadzi się roku kilkanaście prac o charakterze badań naukowych, poświęconych głównie rozwojowi nowych metodik pomiarowych lub unikalnym badaniom środowiskowym mającym na celu ocenę narażenia określonych grup krytycznych populacji.

W 2022 r. były prowadzone specjalistyczne badania środowiskowe w celu oceny narażenia wybranych grup ludności w określonych lokalizacjach lub mniej zbadanych źródeł narażenia:

- a) Oznaczanie stężeń promieniotwórczych izotopów toru ^{232}Th , ^{230}Th i ^{228}Th w wodach ze studni oligoceńskich [str. 23],
- b) Oznaczanie stężeń aktywności w osadach dennych Morza Bałtyckiego plutonu ^{241}Pu [str. 30],
- c) Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Polskiego Parku Narodowego „Bory

Tucholskie”) na podstawie badania próbek gleby [str. 43]

- d) Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2022 [str. 39],
- e) Analiza stężeń promieniotwórczych gazów szlachetnych w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego w Warszawie i w Świerku w latach 2015-2022¹ [str. 47].

W 2022 r. prowadzono w zakładach CLOR prace mające na celu wdrożenie nowej metodyki pomiarowej lub usprawnienie istniejących metodyk pod kątem zwiększeniem jej wydajności i skrócenia czasu pomiaru, w tym na szczególną uwagę zasługują prace prowadzone w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania, które skupiały się na zagadnieniu modernizacji i wdrożenia metodyki pomiarowej oraz własnych procedur systemowych do zwiększonych wymagań wynikających z nowych zaleceń i dyrektyw UE, które zostały ostatnio implementowane do prawa krajowego, dotyczących pomiaru radonu ^{222}Rn , czy też prace nad opracowaniem prekursorskiej metodyki pomiarów mocy dawki:

- a) Porównanie dostępnych metod oceny narażenia zawodowego powstałego w wyniku ekspozycji na radon w podziemnej trasie turystycznej Zamku Książ [str. 71].
- b) Badanie wpływu osadzania się pochodnych radonu na obudowach detektorów pasywnych CR-39, na pomiary stężenia radonu w powietrzu [str. 74],
- c) Badanie odpowiedzi dozymetrów indywidualnych OSL: charakterystyka kątowna, charakterystyka energetyczna oraz liniowość [str. 68],
- d) Rozszerzenie funkcji monitorujących środowiskowego spektrometru promieniowania gamma [str. 70],
- e) Analiza porównawcza wpływu materiału fantomu na wzorcowanie dozymetrów osobistych [str. 73].

4. Współpraca zagraniczna i krajowa

Działalność CLOR w kierunku unowocześnienia krajowego systemu ochrony radiologicznej prowadzona jest przy intensywnej współpracy z ośrodkami zagranicznymi w ramach grantów UE horyzont H2020 m.in:

¹ Umowa z dn. 8 lipca 2015 r. o współpracy z Niemieckim Biurem Federalnym Ochrony przed Promieniowaniem (Bundesamt für Strahlenschutz BfS) odnośnie pomiarów gazów szlachetnych Kr-85 i Xe-133 wokół kompleksu „Świerk”

składającego się z reaktora „Maria” oraz Zakładu Produkcji Izotopów POLATOM, przedłużona na lata 2019-2022.

W 2022 roku prowadzono prace dzięki uzyskanemu finansowaniu w następujących konkursach zagranicznych:

- a) Projekt traceRADON, pn. Implementacja metrologii radonu do analizy budżetu gazów cieplarnianych (GHG) i ochrony radiologicznej w środowisku, projekt w ramach konkursu UE EMPIR EURAMET 19ENV01 (okres realizacji projektu od 06.2020 do 05-2023)
- b) Projekt EU-RADION pn. Europejski System Zwiększonej Zdolności Detekcji i Identyfikacji Zagrożenia Radiologicznego, Horyzont 2020, Call: H2020-SU-SEC-2018-2019-2020, (Security) (okres realizacji projektu od 8.2020 r. do 7.2023 r.) [str. 75]

W 2022 r. kontynuowano również współpracę związaną z podpisanymi wcześniej umowami z ważnymi ośrodkami naukowymi za granicą:

- a) W 2020 r., została przedłużona czteroletnia kadencja przedstawiciela CLOR dr Pawła Krajewskiego (2021-2025) jako eksperta Grupy Ekspertów paragrafu 31 traktatu EURATOM (the Group of Experts referred to in Article 31 of the Euratom Treaty),
- b) Umowa 8 lipca 2015 r. o współpracy z Niemieckim Biurem Federalnym Ochrony przed Promieniowaniem (Bundesamt für Strahlenschutz BfS) odnośnie pomiarów gazów szlachetnych Kr-85 i Xe-133 wokół kompleksu „Świerk” składającego się z reaktora „Maria” oraz Zakładu Produkcji Izotopów POLATOM została przedłużona na lata 2019-2022.
- c) Eksperci Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej brali udział w pracach Komitetu Ochrony Radiologicznej i Zdrowia Publicznego „Committee on Radiation Protection and Public Health” (CRPPH).

8 grudnia 2022 r., na spotkaniu inauguracyjnym w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej wiodące jednostki naukowe w dziedzinie ochrony radiologicznej oraz zastosowań promieniowania jonizującego w medycynie, przemyśle i sektorze bezpieczeństwa, powołały Polskie Konsorcjum Ochrony Radiologicznej (PKOR). Konsorcjum tworzą: Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Instytut Medycyny Pracy imienia prof. dra med. Jerzego Nofera, Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy.

Nadrzędnym celem Konsorcjum jest współdziałanie i koordynacja badań w dziedzinie ochrony radiologicznej, w szczególności w zakresie projektów naukowych i infrastrukturalnych, krajowych i międzynarodowych, kształcenie kadry, wspieranie organizacji rządowych i pozarządowych oraz inicjatyw społecznych jak również działań promujących wiedzę w dziedzinie ochrony radiologicznej. Zważywszy na misję jaką pełni CLOR w systemie BIIOR w kraju, dyrektor CLOR został wybrany na pierwszego Przewodniczącego Konsorcjum z kadencją roczną. Wspólnym wysiłkiem zespołów wyłonionych z Instytutów tworzących PKOR ma powstać Raport „OCHRONA RADIOLOGICZNA W POLSCE WOBEC WYZWAŃ POLSKIEGO PROGRAMU ENERGETYKI JĄDROWEJ – BADANIA, ROZWÓJ, KADRY”. Celem raportu będzie przedstawienie potencjału badawczego w zakresie OR w Polsce na tle sytuacji w krajach dysponujących energetyką jądrową oraz identyfikacja potrzeb badawczych, organizacyjnych, prawnych, a także wynikających z nich niezbędnych nakładów inwestycyjnych, które – w opinii autorów raportu – przyczynią się do wzrostu bezpieczeństwa radiologicznego przed uruchomieniem pierwszej EJ oraz ułatwią zaakceptowanie przez społeczeństwo tego źródła energii w Polsce.

5. Statutowa działalność usługowa

Działalność ekspercko-usługowa CLOR opiera się głównie na zamówieniach analiz lub ekspertyz składanych przez podmioty zewnętrzne do akredytowanych laboratoriów. CLOR dysponuje trzema akredytowanymi laboratoriami badawczymi:

- Pracownię Dawek Indywidualnych i Środowiskowych PDIiŚ (numer akredytacji: [AB 450](#)) [str. 62].
- Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych LARIS (nr akredytacji: [AB 1215](#)) [str. 21]
- Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (nr akredytacji: [AB 1108](#)) [str. 41]

CLOR dysponuje również akredytowanym laboratorium wzorcującym-Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych LWPDiR (nr akredytacji: [AP 057](#)) [str. 62, 66]

Oprócz usług prowadzonych przez akredytowane laboratoria, inną formą działalności komercyjnej CLOR jest szkolenie Inspektorów Ochrony Radiologicznej (IOR) oraz operatorów aparatury wytwarzającej promieniowanie jonizujące typu A-A, S-A, S-Z. W roku 2022 „Dział szkolenia i informacji CLOR” przeprowadził łącznie 19 kursów szkoleniowych dla około 120 osób ubiegających się o nowe licencje inspektorów IOR oraz

dla około 61 osób odnawiających uprawnienia IOR, jak również dla około 103 kursantów ubiegających się o licencje A-A, S-A oraz S-Z.

W ramach programu szkolenia kadr na potrzeby energetyki jądrowej CLOR zawarł umowy z uczelniami wyższymi: Politechniką Warszawską (kierunek międzywydziałowy: Inżynieria Biomedyczna, realizowany wspólnie przez dwa Wydziały: Elektroniki i Technik Informatycznych oraz Mechatroniki), z Uniwersytetem Warszawskim (Wydział Chemii i Wydział Fizyki: makro-kierunek studiów: Energetyka i Chemia jądrowa) oraz Szkołą Główną Straży Pożarnej.

Podsumowanie

Dysponując dobrze wykształconą kadrą, o bogatym, wieloletnim doświadczeniu w prowadzeniu prac badawczo-rozwojowych i operacyjnych w dziedzinie ochrony radiologicznej, jak również posiadając unikatowe w skali kraju metody oznaczania izotopów promieniotwórczych w środowisku i w organizmie

człowieka, CLOR dobrze sprawdza się w roli krajowego zaplecza eksperckiego. (tzw. TSO Technical Support Organization).

Interdyscyplinarny charakter działalności, synergia badań naukowych oraz działań operacyjnych, w połączeniu z niezależnością od użytkowników źródeł promieniotwórczych, jest unikatową cechą naszej instytucji i wielokrotnie się sprawdziła w sytuacjach istotnych zagrożeń radiologicznych.

Należy podkreślić, że osiągnięcie wysokiego stopnia kompetencji oraz dobrych wyników merytorycznych i finansowych w 2022 r. są zasługą całej załogi CLOR, której w tym miejscu należy się podziękowanie Dyrekcji. Niezależna i obiektywna opinia oraz zaangażowanie i otwartość pracowników CLOR w kontaktach z nieprofesjonalistami, wydaje się mieć pozytywny wpływ na społeczną akceptację rozwoju energetyki jądrowej w Polsce.

Zakład Higieny Radiacyjnej

Zakład Higieny Radiacyjnej

Zakład Higieny Radiacyjnej pod tą nazwą funkcjonuje od 1971 r. W 2022 roku w Zakładzie zatrudnionych było 12 osób:

Kierownik Zakładu – dr Małgorzata Kardaś

Pracownicy: mgr Agnieszka Fulara, mgr Joanna Lemańska, mgr inż. Małgorzata Kazimierowicz, mgr Agnieszka Matysiak, dr Krzysztof Pachocki, mgr inż. Barbara Rubel, dr Ewa Starościk, dr Maria Suplińska, Katarzyna Trzpił, mgr Karol Wiatr, mgr Kamil Wieprzowski.

Do zakresu działania Zakładu Higieny Radiacyjnej m.in. należy:

- prowadzenie prac badawczych i usługowych z zakresu higieny radiacyjnej, w tym ochrony radiologicznej,

- uczestniczenie w monitorowaniu skażeń środowiska i żywności, w tym wód i środowiska morskiego naturalnymi i sztucznymi izotopami promieniotwórczymi, wraz z prowadzeniem oceny zagrożenia radiacyjnego,

- opracowywanie i wdrażanie technik i metod pomiarowych, w tym radiochemicznych, oznaczania radionuklidów,

- nadzór nad jakością pomiarów i organizowanie międzylaboratoryjnych badań porównawczych dla jednostek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych,

- uczestniczenie w krajowych i międzynarodowych badaniach biegłości, w zakresie oznaczania radionuklidów tak sztucznych jak i naturalnych.

W ramach prac monitoringowych w roku 2022 w Zakładzie realizowano prace o następującej tematyce:

1. Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego.

2. Oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach pożywienia.

3. Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr przez placówki podstawowe wykonujące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju.

4. Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach państwowego monitoringu środowiska. Zadanie 2: Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych 2019-2021.

5. Usługa dotycząca bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej obiektów ZUOP w Otwocku - Świerku oraz ochrony radiologicznej Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie.

Ponadto w Zakładzie prowadzone były prace badawcze realizowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:

1. Adaptacja metody oznaczania ^{226}Ra w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej.

2. Oznaczenie stężeń promieniotwórczych ^{232}Th , ^{230}Th i ^{228}Th w wodach ze studni oligoceńskich”

3. Oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{241}Pu w osadach dennych południowego Morza Bałtyckiego

4. Wdrożenie metody oznaczania węgla ^{14}C w próbkach środowiskowych i biopaliwach

W Zakładzie funkcjonuje akredytowane Laboratorium Analiz Spektrometrycznych i Radiochemicznych w zakresie oznaczania izotopów gamma promieniotwórczych, ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , $^{234,235,238}\text{U}$, w próbkach środowiskowych i żywności oraz globalnej aktywności beta i alfa oraz trytu w wodzie. Zakres otrzymanej akredytacji (*Nr akredytacji: AB 1215*) obecnie obejmuje oznaczanie:

- stężeń promieniotwórczych izotopów gamma promieniotwórczych w próbkach żywności, pasz, wody, gleby, drewna i osadów dennych, metodą spektrometryczną,

- stężeń promieniotwórczych trytu, strontu - 90, uranu - 234, 235, 238 oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w próbkach wody metodą radiochemiczną,

- stężeń promieniotwórczych trytu, plutonu - 239+240 i 238, uranu - 234, 235, 238 w próbkach moczu metodą radiochemiczną,

- stężeń promieniotwórczych plutonu - 239+240 i 238 i uranu - 234, 235, 238 w próbkach żywności metodą radiochemiczną,

- stężeń promieniotwórczych strontu-90 w próbkach żywności i pasz metodą radiochemiczną,

- stężeń promieniotwórczych plutonu - 239+240 i 238 w próbkach gleby i osadów dennych metodą radiochemiczną

- stężenia promieniotwórczego radu-226 – nowa procedura,

- całkowitej promieniotwórczości alfa,

- całkowitej promieniotwórczości beta.

W ramach prac akredytowanego Laboratorium wykonaliśmy ponad 2490 analiz spektrometrycznych i ok. 1600 analiz radiochemicznych. Badania były wykonane na zlecenie zarówno klientów krajowych jak i zagranicznych.

Swoje kompetencje w zakresie oznaczania izotopów promieniotwórczych w próbkach o różnej matrycy Zakład w 2022 roku z pozytywnym wynikiem potwierdził poprzez udział w krajowych porównaniach międzylaboratoryjnych oraz badaniach biegłości.

PAA/IChTJ Pomiar porównawczy w zakresie oznaczania izotopów: ^{90}Sr i ^{137}Cs przez placówki specjalistyczne prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju, Warszawa, 2022

W ramach Zakładu Higieny Radiacyjnej prowadzone są również prace naukowo-badawcze, które stwarzają podstawy rozwoju naukowego pracowników. Wyniki prac w 2021 roku przedstawione były w postaci:

Publikacji:

Rapid ^{90}Sr quantification method based on the Bateman equation for routine laboratory work

K. Wiatr, B. Rubel, M. Kardaś, Nukleonika 2022:67(4)

Monografii:

Zatoka Pucka, tom II, Rozdział 14.

Izotopy promieniotwórcze – dystrybucja i współczesne źródła w Zatoce Puckiej

M. Suplińska

Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne 2022. ISBN 978-83-7373-346-6

Rozdział 13. Promieniowanie jonizujące

K. Pachocki

Doniesień konferencyjnych:

XIX Zjazd Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych, Gliwice, 22-24 września 2022

Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach dorzeczy Wisły i Odry w latach 2020-21.

M. Kardaś, M. Suplińska, B. Rubel, A. Matysiak, J. Lemańska, A. Fulara, K. Pachocki, K. Wiatr

Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs , ^{226}Ra i ^{40}K w rybach bałtyckich w latach 2018-2022.

M. Suplińska, M. Kardaś, A. Matysiak, B. Rubel, K. Wiatr

Zakład dysponuje następującym sprzętem pomiarowym:

- dwoma niskotłowymi zestawami pomiarowymi oparte na licznikach przepływowych GM do pomiaru promieniowania beta (Low Level Beta GM Multicounter System, produkcji Riso, Dania). Bieg własny: 0,18-0,20 imp/min

- niskotłowym układem pomiarowym złożonym z komór typu Lucas'a (pokrytych scyntylatorem ZnS) połączonych z układem elektronicznym TD-electronics, z wykorzystaniem programu komputerowego ALFA-1 software dla Windows. Układ pomiarowy aktywności alfa radu poprzez pomiar radonu

- zestawami spektrometrycznymi składającymi się z wielokanałowego analizatora amplitudy impulsów produkcji Canberra współpracującym z detektorem półprzewodnikowym HPGe o wydajności względnej 33%-50% do oznaczenia ilościowego i jakościowego poszczególnych izotopów gamma – promieniotwórczych z wykorzystaniem oprogramowanie GENIE-2000.

- zestawem spektrometrycznym składającym się z wielokanałowego analizatora amplitudy impulsów produkcji Canberra współpracującym z detektorem PIPS o wydajności 32% do oznaczenia ilościowego i jakościowego izotopów alfa – promieniotwórczych z wykorzystaniem oprogramowanie GENIE-2000.

- spektrometrem alfa-beta iSolo firmy Canberra z detektorem krzemowym PIPS.

- niskotłowym licznikiem ciekło-scyntylicyjnym WALLAC 1410

- spektrometrem ciekłoscyntylicyjnym Quantulus GCT-6220.

Utrzymanie akredytacji w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych wykonującym pomiary służące ocenie dawek od narażenia wewnętrznego

E. Starościak, A. Fulara, B. Rubel, M. Kardaś, M. Suplińska, A. Matysiak, K. Trzpił, K. Pachocki, J. Lemańska, M. Kazimierowicz.

W 2022 r. w ramach tematu zrealizowane zostały następujące zadania:

1. Sprawowanie nadzoru przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) nad akredytowanym Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych - przeprowadzenie auditu w nadzorze przez ekspertów PCA w dn. 27.05.2022 r.

W dniu 27 maja 2022 r. w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych odbył się audit zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów Polskiego Centrum Akredytacji. Auditorzy podczas oceny stwierdzili jedną niezgodność i zapisali dwa spostrzeżenia. Laboratorium przeprowadziło analizę otrzymanej niezgodności oraz zaplanowało korekcję, działania korygujące i postępowanie z jej skutkami. Auditorzy PCA zaakceptowali dowody usunięcia niezgodności. Podczas oceny auditorzy stwierdzili, że Laboratorium utrzymuje kompetencje do wykonywania badań wszystkimi metodami badawczymi objętymi zakresem akredytacji. Zespół oceniający pozyskał zaufanie do kompetencji Laboratorium z uwzględnieniem spełnienia wymagań akredytacyjnych i stwierdził, że Laboratorium ustanowiło, wdrożyło i utrzymuje system zarządzania umożliwiający spełnienie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02.

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

W 2022 r. Laboratorium wzięło udział w krajowym porównaniu międzylaboratoryjnym organizowanym przez PAA/IChTJ: „Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów promieniotwórczych dla placówek specjalistycznych wykonujących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju”. Oznaczone były izotopy ^{137}Cs w wodzie powierzchniowej, mleku w proszku i suszu warzywnym oraz ^{90}Sr w wodzie powierzchniowej. Analizy wykonano zgodnie z procedurami badawczymi: QPB 1, QPB 2 i QPB 8.

Zgodnie z Planem monitorowania ważności wyników na rok 2022 wykonano: potwierdzenie powtarzalności, odtwarzalności i liniowości metod, sprawdzenie poprawności obliczeń w arkuszu Excel, sprawdzanie aparatury oraz dodatek wzorca wewnętrznego.

3. Przeprowadzenie dwóch auditów wewnętrznych: systemu zarządzania oraz obszaru technicznego.

Realizując Program auditów wewnętrznych na rok 2022 w Laboratorium przeprowadzone zostały dwa audyty wewnętrzne. W dniach 1 - 2 grudnia 2022 r. odbył się audit wewnętrzny nr 1/2022 dotyczący obszaru technicznego systemu zarządzania. W dniach 5 - 6 grudnia 2022 r. odbył się audit wewnętrzny nr 2/2022 dotyczący wymagań ogólnych systemu zarządzania. Audyty wewnętrzne przeprowadzone zostały bardzo wnikliwie. Podczas auditów auditor nie stwierdził niezgodności. Audyty wykazały, że system zarządzania Laboratorium jest wdrożony i ciągle doskonalony.

4. Nadzór techniczny i konserwacja wyposażenia badawczego Laboratorium.

W akredytowanych Laboratoriach Wzorcujących, zapewniających spójność pomiarową wykonano wzorcowania wagi „ADVENTURER” OHAUS Typ AR 3130 oraz wagi analitycznej XA 60/200. Wykonane zostało także okresowe sprawdzanie aparatury oraz wyposażenia pomocniczego Laboratorium.

5. Podnoszenie kwalifikacji pracowników Laboratorium poprzez uczestnictwo w szkoleniach zewnętrznych dotyczących doskonalenia systemu zarządzania w laboratorium badawczym (organizowanych m.in. przez PCA) oraz szkoleniach z zakresu technicznego m.in. udział w konferencjach naukowych.

Zgodnie z „Planem szkoleń w roku 2022” w Laboratorium odbyło się 9 szkoleń wewnętrznych. Pracownicy Laboratorium wzięli także udział w 14 szkoleniach zewnętrznych dotyczących m.in. kompetencji Kierownika ds. technicznych, ważności

wyników badań, spektrometrii promieniowania gamma, oznaczania węgla ^{14}C i OBT oraz w konferencji PTBR.

Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{232}Th , ^{230}Th i ^{228}Th w wodach ze studni oligoceńskich w Warszawie

E. Starościak, K. Trzpił

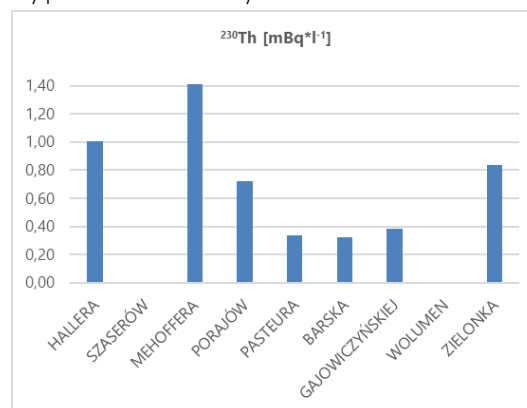
Spożywanie wody jest jednym ze sposobów przedostawania się substancji promieniotwórczych do organizmu człowieka. Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 2013/51/EURATOM z dn. 22.10.2013 r. „Określająca wymagania dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi” oraz Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi” (Dz. U. 2017 poz. 2294) określają poziomy naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych dopuszczalne w wodach pitnych.

Praca jest kontynuacją tematu realizowanego w latach 2016-2017. W poprzednich latach zostały oznaczone stężenia promieniotwórcze naturalnych izotopów: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{210}Po i ^{210}Pb w próbkach wód ze studni oligoceńskich znajdujących się na terenie Warszawy. Celem obecnej pracy było oznaczenie stężeń promieniotwórczych izotopów ^{232}Th , ^{230}Th oraz ^{228}Th w próbkach wód ze studni oligoceńskich znajdujących się na terenie Warszawy i okolic. Wody zostały pobrane z ośmiu ujęć wody oligoceńskiej znajdujących się w różnych dzielnicach Warszawy: pl. Hallera – Praga Północ, ul. Szaserów - Praga Południe, ul. Mehoffera i ul. Porajów – Białołęka, ul. Pasteura i ul. Barska – Ochota, ul. Gajowiczyńskiej – Żoliborz, ul. Wolumen – Bielany oraz jednego w Zielonce pod Warszawą, na ul. Wilsona.

Stężenia promieniotwórcze ^{232}Th dla wszystkich badanych próbek były poniżej granicy oznaczalności, wynoszącej $0,3 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$.

W przypadku ^{230}Th zakres oznaczonych stężeń wynosił od $0,32 \pm 0,07 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ul. Barskiej do $1,41 \pm 0,22 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ul. Mehoffera. Dla wód z ul. Szaserów i ul. Wolumen stężenia były poniżej granicy oznaczalności.

Stężenia promieniotwórcze ^{228}Th w dziewięciu badanych próbkach wód były poniżej granicy oznaczalności ($0,3 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$). Stężenia promieniotwórcze ^{230}Th w badanych próbkach wody zostały przedstawione na Wykresie 1.



Wykres 1. Stężenia promieniotwórcze ^{230}Th [$\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$].

Przeprowadzone badania poszerzyły wiedzę o poziomach narażenia ludności Polski od wchłonięć badanych radionuklidów.

Temat był finansowany ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki.

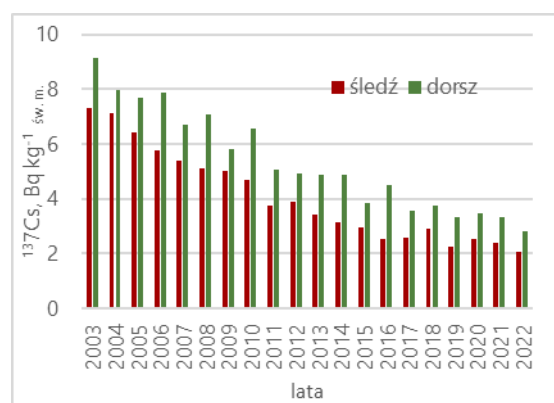
Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego

M. Suplińska, K. Wiat, A. Matysiak, B. Rubel, A. Fulara, M. Kardaś, K. Pachocki

Badania obejmują oznaczanie substancji promieniotwórczych, w środowisku morskim – rejon południowy Morza Bałtyckiego w roku 2022. Prace prowadzone w CLOR są częścią monitoringu koordynowanego przez Komisję Helsińską w którym uczestniczą wszystkie kraje nadbałtyckie. Dane o skażeniach Morza Bałtyckiego przekazywane są każdego roku do Banku Danych Komisji Helsińskiej.

W pierwszym etapie prac prowadzono oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra w próbkach ryb pochodzących z Basenu Gdańskiego i Basenu Bornholmskiego. Zakres badań obejmował cztery gatunki które są najczęściej konsumowane i popularnie występują w Bałtyku Południowym. Były to: szprot, śledź, dorsz i stornia. Oznaczenia prowadzono w filetach ryb, z wyjątkiem próbek szprot, gdzie analizowano całe tuszki. Do oznaczeń ^{137}Cs , ^{40}K - stosowano spektrometrię gamma, a do ^{226}Ra – metodą emanacyjną.

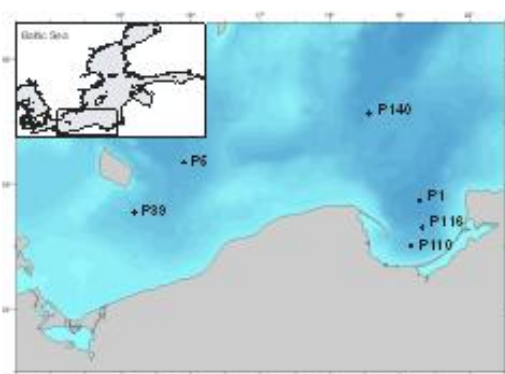
W corocznie monitorowanych gatunkach ryb najwyższe średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs określono dla dorsza – $2,82 \pm 0,11 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ św.m.}$, a najniższe w śledziach – $2,07 \pm 0,21 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ św.m.}$ Średnie stężenie ^{137}Cs dla czterech gatunków ryb w roku 2022 wynosi $2,45 \pm 0,38 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ św.m.}$



Rysunek 1. ^{137}Cs w śledziach i dorszach w latach 2003-2022

Stężenie ^{137}Cs w każdym z gatunków ryb maleje w kolejnych latach, chociaż znaczące zmiany widoczne są w dłuższych okresach [1]. Stężenia ^{137}Cs w śledzi (ryba planktonożerna) oraz dorszu (drapieжник) w ostatnim dziesięcioleciu przedstawiono na Rysunku 1.

Stężenie ^{226}Ra było zróżnicowane w zależności od gatunku ryb, najwyższe określono w dorszu – $77 \pm 6 \text{ mBq kg}^{-1} \text{ św.m.}$, a najniższe w śledzi – $21 \pm 2 \text{ mBq kg}^{-1} \text{ św.m.}$ Stężenie promieniotwórcze ^{40}K w rybach było w zakresie $95 \div 127 \text{ Bq kg}^{-1} \text{ św.m.}$ Zarówno w przypadku ^{226}Ra jak i ^{40}K stężenia nie zmieniały się znacząco w ciągu wieloletnich badań.



Rysunek 2. Miejsca poboru próbek wody i osadów dennych

Próbki wody i osadów dennych pobierano w czerwcu 2022 podczas rejsu realizowanego na statku r/v „Baltica” przez IMGW – PIB. Probki wody i osadów dennych pochodziły z sześciu ustalonych miejsc - Rysunek 2.

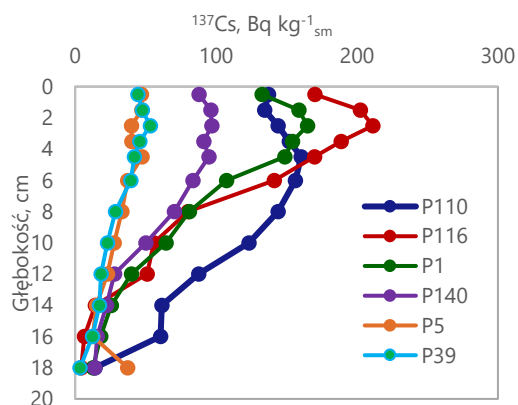
W próbkach wody (powierzchniowej i przydennej), przeprowadzono oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra i ^3H . W stratyfikowanych próbkach rdzeniowych osadów dennych wykonano oznaczenia ^{137}Cs i ^{40}K oraz oznaczenia ^{238}Pu i $^{239,240}\text{Pu}$ w dwu wybranych lokalizacjach (w sześciu stacjach w okresie 3 lat). Stront-90 oznaczono w próbkach rdzeniowych bez podziału na warstwy.

Do oznaczeń ^{137}Cs , ^{40}K - stosowano spektrometrię gamma, ^{226}Ra oznaczano metodą emanacyjną. Izotopy plutonu oznaczano metodą radiochemiczną zakończoną pomiarem α - spektrometrycznym, a oznaczenia ^{90}Sr metodą radiochemiczną poprzez pomiar stężenia promieniotwórczego ^{90}Y po ustaleniu równowagi promieniotwórczej $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$. Do oznaczeń ^3H stosowano metodę polegającą na elektrolitycznym

ilościowym wzbogaceniu trytu w próbkach, destylacji koncentratów i pomiarze ich radioaktywności za pomocą spektrometru ciekło-scyntylicyjnego.

W wodzie średnie stężenie ^{137}Cs w warstwie powierzchniowej w 2022 roku wyniosło $20,6 \pm 1,6 \text{ Bq m}^{-3}$, a w warstwie przydennej $17,6 \pm 1,6 \text{ Bq m}^{-3}$. Stężenie ^{40}K w wodach powierzchniowych zmieniało się w zakresie $2,76 \div 3,23 \text{ kBq m}^{-3}$. W wodach przydennych stężenia ^{40}K były w zakresie $3,48 \div 5,58 \text{ kBq m}^{-3}$, wzrastając z ich zasoleniem. Średnie stężenie promieniotwórcze ^{226}Ra w wodzie powierzchniowej wynosiło $2,37 \pm 0,39 \text{ Bq m}^{-3}$, a w wodzie przydennej $3,88 \pm 1,01 \text{ Bq m}^{-3}$. Stężenia promieniotwórcze ^3H wynosiły odpowiednio: $0,9 \pm 0,1 \text{ kBq m}^{-3}$ oraz $1,6 \pm 0,2 \text{ kBq m}^{-3}$ mieszcząc się w zakresie stężeń charakterystycznych dla całego obszaru Bałtyku [2].

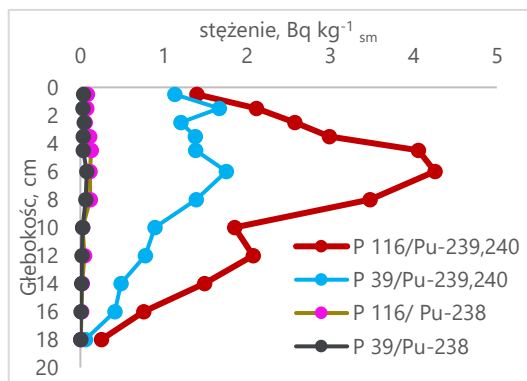
W osadach dennych wyższe stężenia ^{137}Cs obserwowano w górnych warstwach i tak jak w latach ubiegłych występowały różnice w jego stężeniach związane z lokalizacją [3]. Maksymalne stężenia ^{137}Cs obserwowane w Basenie Gdańskim (P 110, P 116, P 1), były w zakresie $160 \div 211 \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$, natomiast obserwowane w rejonie Basenu Bornholmskiego (P 5 i P 39) wynosiły $47,4 \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$ i $53,3 \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$. Stężenia ^{137}Cs zmniejszają się w głąb profili osadowych. (Rysunek 3).



Rysunek 3. Stężenia ^{137}Cs w osadach dennych, 2022

W 2022 roku oznaczenia izotopów plutonu przeprowadzono w próbkach z Zatoki Gdańskiej (P 116) oraz z Basenu Bornholmskiego (P 39). W P 116 najwyższe stężenie $^{239+240}\text{Pu}$ wynoszące $4,26 \pm 0,14 \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$ określono w warstwie 5-7 cm, po czym następował sukcesywny spadek wartości do $0,25 \pm 0,02 \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$ w warstwie najniższej. W P 39 najwyższe stężenie $1,75 \pm 0,07 \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$ oznaczono w warstwie 5-7 cm, a najniższe $0,06 \pm 0,02 \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$. w najniższej z oznaczanych warstw (Rysunek 4). Stężenia ^{238}Pu w P 116 i P 39 były w zakresach $(0,003 \div 0,112) \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$, i $(0,002 \div 0,076) \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$. Stosunek aktywności $^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}$ w analizowanych warstwach był w zakresie $0,02 \div 0,06$, typowy dla opadu promieniotwórczego po testach nuklearnych.

$^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu w osadach dennych, 2022



Rysunek 4. $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu w osadach dennych, 2022

Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr w osadach dennych (w warstwie 0-19 cm) były wyrównane w całym rejonie były w zakresie $3,40 \div 4,26 \text{ Bq kg}^{-1}\text{sm}$. Są one porównywalne ze stężeniami oznaczonymi w latach 2017 - 2021.

Literatura

1. Aust M-O, Suplińska M, Zalewska T. (2018) Radionuclides in biota. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
2. Schmied S., Zalewska T, Jakobson E. (2018) Radionuclides in seawater. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
3. Zalewska T., Suplińska M. (2013), Antropogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in southern Baltic Sea ecosystem., *Oceanologia*, 55 (3) pp.1-33

Praca realizowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki nr 44/2022/CEZAR/72.

Oznaczanie stężenia ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach pożywienia

M. Kazimierowicz, B. Rubel, M. Kardaś, K. Pachocki, K. Wiatr, A. Matysiak, J. Lemańska, K. Trzpił

Celem pracy było oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach mieszkańców Warszawy (województwo mazowieckie) i Gdańska (województwo pomorskie). Dokonano także oceny rocznych wchłonieć ^{137}Cs i ^{90}Sr z żywnością oraz oszacowania dawki otrzymanej przez mieszkańców Warszawy i Gdańska.

Materiał do badań stanowiły posiłki pobierane w zakładach żywienia zbiorowego wydających co najmniej trzy posiłki dziennie (śniadanie, obiad, kolacja). Całodzienne posiłki pobierano zgodnie z wcześniej przygotowaną instrukcją co zapewniało pobieranie wszystkich próbek w taki sam sposób. Przez 5 kolejnych dni pobierano po dwa jednakowe zestawy całodziennych posiłków. Porcje wszystkich posiłków podawanych danego dnia do spożycia (o takiej samej wielkości, co przeciętnie wydawane) były wkładane do specjalnie przygotowanych pojemników, oznaczonych datą, miejscem poboru i numerem próby. Zebrane posiłki w ciągu dnia przechowywano w lodówce i codziennie odbierano z zakładów żywienia zbiorowego. W skład śniadań wchodziły: zupy mleczne lub kakao na mleku, pieczywo, masło roślinne, sery, wędlina, jaja oraz warzywa, głównie pomidory i rzodkiewka. Obiady składały się z zupy, drugiego dania złożonego głównie z dania mięsnego, warzyw w postaci gotowanej lub surówek oraz kompotu. Do drugiego dania do potraw mięsnych podawane były ziemniaki lub kasze. Na kolacje podawano: wędlinę, sery, pieczywo, warzywa np. ogórek kwaszony, sałata. Do przygotowania posiłków wykorzystywano produkty z różnych grup: mleko i produkty mleczne (sery twarogowe i żółte, jogurty), różne gatunki mięsa i wędlin, różne warzywa w postaci surowej i gotowanej, owoce głównie jako składnik kompotów, jaja, produkty zbożowe: makarony, kasze, ryż (jako składnik potraw obiadowych lub dodatek do zup mlecznych na śniadania), pieczywo.

Do pomiaru stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs stosowano zestaw spektrometryczny składający się z wielokanałowego spektrometru promieniowania gamma produkcji Canberra współpracującego z detektorem półprzewodnikowym HPGe typu GX3020 o wydajności względnej 30 %. Do oznaczenia ilościowego i jakościowego poszczególnych radionuklidów gamma – promieniotwórczych stosowano oprogramowanie GENIE-2000. Kalibracja

energetyczna i wydajnościowa została wykonana przy użyciu źródła wzorcowego – mieszaniny wieloizotopowej w zakresie energii od 59 keV (^{241}Am) do 1836 keV (^{88}Y).

Stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr oznaczano poprzez pomiar stężenia promieniotwórczego ^{90}Y . Popiół rozpuszczano w kwasie azotowym 1:1 a następnie z roztworu analizowanej próbki oddzielano ^{90}Sr i po ustaleniu równowagi promieniotwórczej ^{90}Sr - ^{90}Y , wydzielano ^{90}Y w postaci szczawianów itru. Przygotowywany preparat pomiarowy poddawano pomiarom aktywności beta. Do określenia niepewności oznaczenia ^{90}Sr brano pod uwagę niepewności: pomiaru, wyznaczenia współczynnika kalibracji, stosowanych wzorców, ważenia, pomiaru stężenia promieniotwórczego ^{85}Sr (stosowanego do wyznaczaniu wydajności).

Do pomiaru stosowano niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM (Low Level Beta GM Multicounter System, produkcji duńskiej). Podstawową częścią aparatury jest pięć pojedynczych liczników GM do pomiaru aktywności próbek. Liczniki napełniane są mieszaniną argonu (99%) i izobutanu (1%). Drugą częścią zestawu jest system elektroniki dla obróbki sygnału. Do wyznaczenia współczynnika kalibracji wykorzystano roztwór wzorcowy zakupiony w Narodowym Centrum Badań Jądrowych, Ośrodku radioizotopów POLATOM w Świerku. Czas pomiaru wynosił łącznie 720min.

Uzyskane wartości stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs w próbkach pożywienia pobranych w Warszawie znajdują się w zakresie $0,10 \div 0,46 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, ze średnią wartością wynoszącą $0,23 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Dla Gdańska wartości te znajdują się w zakresie $0,09 \div 0,29 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, ze średnią wartością wynoszącą $0,14 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Dla próbek pożywienia pobranych w Warszawie uzyskane wartości stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr znajdują się w zakresie $0,024 \div 0,036 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, ze średnią wartością wynoszącą $0,030 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

W przypadku próbek pochodzących z Gdańska wartości te znajdują się w zakresie $0,024 \div 0,080 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, ze średnią wartością wynoszącą $0,053 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Zawartość ^{137}Cs w całorocznej diecie mieszkańców Warszawy w 2022 jest niewiele niższa niż w przypadku badania z 2021 roku ($97,1 \text{ Bq}\cdot(\text{osobę}\cdot\text{rok})^{-1}$). W latach 2018-2020 wartości te wynosiły kolejno 47, 73

i $1 \text{ Bq} \cdot (\text{osobę} \cdot \text{rok})^{-1}$. Różnice te biorą się z doboru potraw oraz okresu pobierania posiłków – okres późno jesienny charakteryzuje się zwykle wyższymi wartościami stężeń. Zawartość ^{90}Sr w całorocznej diecie mieszkańców Warszawy w 2022 jest na takim samym poziomie jak w 2021 roku ($11,2 \text{ Bq} \cdot (\text{osobę} \cdot \text{rok})^{-1}$). Tegoroczne wartości zostały przedstawione w Tabeli 1.

Tabela 1. Roczne wchłonięcia radionuklidów ^{137}Cs i ^{90}Sr drogą pokarmową dla mieszkańców Warszawy i Gdańska w 2022 roku

Miasto	Roczne wchłonięcia drogą pokarmową	
	^{137}Cs [Bq•osoba•rok] ⁻¹	^{90}Sr [Bq•(osoba•rok) ⁻¹]
Warszawa	85,1	10,8
Gdańsk	52,7	19,3

Roczne dawki skuteczne otrzymane przez mieszkańców Warszawy i Gdańska od skażeń wewnętrznych w 2022 obliczone na podstawie analizy całodziennych posiłków zostały przedstawione w Tabeli 2. Do obliczeń przyjęto następujące współczynniki konwersji:

- dla ^{137}Cs - $1,3 \times 10^{-8} \text{ Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$,
- dla ^{90}Sr - $2,8 \times 10^{-8} \text{ Sv} \cdot \text{Bq}^{-1}$ [1].

Tabela 2. Roczne dawki skuteczne otrzymane przez mieszkańców Warszawy i Gdańska w 2022 r.

Miasto	Dawka skuteczna [μSv]	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Warszawa	1,1	0,3
Gdańsk	0,7	0,5

Zmienność uzyskanych stężeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w poszczególnych dobowych próbkach spowodowana jest udziałem zróżnicowanych produktów żywnościowych w dobowej diecie oraz różną całkowitą masą posiłków.

Roczne wchłonięcia nuklidów ^{137}Cs i ^{90}Sr z żywnością utrzymują się na tym samym poziomie co w ubiegłych latach.

Średnia dawka skuteczna otrzymana przez mieszkańców Warszawy i Gdańska w wyniku skażeń wewnętrznych jest na niskim poziomie i stanowi mniej niż jeden procent rocznej dopuszczalnej dawki granicznej, która wynosi 1 mSv.

Praca finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki – umowa nr 59/2021/CEZAR/153 z dnia 13.10.2021 r.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18.01.2005r w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego. Dz.U. nr 20, poz.168, 2005

Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju

B. Rubel, K. Pachocki, M. Kardaś, M. Kazimierowicz, K. Wiatr, K. Trzpił

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów porównawczych, w zakresie oznaczeń stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach materiału kontrolnego, dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w Polsce.

W 2022 roku zgodnie z wymaganiami materiałem kontrolnym były grzyby suszone (o naturalnej zawartości ^{137}Cs) do oznaczania ^{137}Cs oraz woda powierzchniowa do oznaczania ^{90}Sr o stężeniu promieniotwórczym powyżej $10 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Do oznaczania ^{137}Cs zastosowano metodę spektrometryczną. Sprawdzone wzorcowanie spektrometru gamma (spektrometr Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000) za pomocą źródeł wieloizotopowych (mix gamma). Do sprawdzenia kalibracji układu pomiarowego stosowanego do oznaczeń stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr (niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM, produkcji duńskiej) wykorzystano roztwór wzorcowy ^{90}Sr . Poprawność wzorcowania była potwierdzona w porównaniach krajowych organizowanych przez IChTJ i PAA. Pozytywnie zostały spełnione wszystkie wymagania stawiane przez organizatora porównań.

Do sporządzenia próbek referencyjnych w celu oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs zakupiono 20 kg grzybów suszonych (podgrzybek brunatny w postaci mączki) w krakowskiej firmie „Seweryn”, Marek Seweryn. Do oznaczania ^{90}Sr pobrano 20 litrów wody z Wisły.

Próba grzybów do oznaczania stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs została wymieszana a następnie sprawdzono jej homogenność wykonując pomiary stężenia ^{137}Cs . Następnie przygotowano próbki o masie ok. 800g. Wodę powierzchniową do oznaczania ^{90}Sr przefiltrowano, oznaczono w niej stężenie początkowe ^{90}Sr . Stężenie to wyniosło $2,0 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1} \pm 13,3\%$. Następnie, przygotowano 4,5-litrowe próbki

wody, do których dodano izotop ^{90}Sr w takiej ilości, aby stężenie końcowe było powyżej $10 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Wykonano pomiary sprawdzające, które wykazały, że próbki przygotowano zgodnie z wymaganiami dotyczącymi homogenności i zawartych w nich stężeń. Oznaczone stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w próbkach grzybów suszonych wynosiło $86,43 \pm 3,47 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a stężenie ^{90}Sr w próbkach wody powierzchniowej $15,37 \pm 1,46 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Przygotowano 25 próbek grzybów suszonych (^{137}Cs) i 3 próbki wody powierzchniowej (^{90}Sr) dla placówek biorących udział w pomiarach porównawczych. Przygotowano również próbki dla organizatora porównań, po jednej próbce z każdego oznaczanego izotopu. Do każdej próbki dołączono formularze do wpisania danych dotyczących laboratorium i osób wykonujących pomiary, informacji o metodach oznaczeń oraz danych dotyczących aparatury.

Wyniki oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs w próbce grzybów suszonych otrzymano z 25 placówek, a stężenia były w zakresie od $84,74 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $108,83 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Oznaczenia wykonano metodą spektrometryczną albo radiochemiczną lub obiema metodami. Wyniki dla poszczególnych metod oznaczania ^{137}Cs analizowano oddzielnie. Do odrzucenia wyników obarczonych błędem grubym stosowano testy Grubbsa i Dixona. W tym porównaniu nie odrzucono żadnego wyniku. Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej wynoszą w metodzie spektrometrycznej od $-2,0\%$ do $+25,9\%$ oraz od $0,7\%$ do $+11,3\%$ w metodzie radiochemicznej. Ze wszystkich nadesłanych wyników w przedziale $\pm 25\%$ wartości referencyjne zmieściło się 96% wyników. Określano parametr z i zeta, oceniono poprawność i precyzję nadesłanych przez placówki wyników oznaczeń stężenia promieniotwórczego w próbkach grzybów suszonych. Wyznaczono parametr z, który pozwala ocenić dokładność wyniku pomiaru na tle wyników pomiarów wszystkich placówek biorących

udział w pomiarach porównawczych. Wartość bezwzględna wyznaczonego parametru z była ≤ 2 dla 15 wyników oznaczeń spektrometrycznych i 6 radiochemicznych, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różni się od wartości referencyjnej. Ponadto 5 wyników w metodzie spektrometrycznej i 3 wyniki w oznaczeniu radiochemicznym były w zakresie $2 \leq z \leq 3$, co oznacza wynik wątpliwy (nie można jednak stwierdzić, czy wynik istotnie różni się od wartości referencyjnej) i 1 wynik był wątpliwy, $z > 3$ (metoda spektrometryczna).

Określony parametr zeta, w przypadku oznaczeń radiochemicznych był poniżej 2. Świadczy to o tym, że placówki w stosowanych przez siebie budżetach niepewności uwzględniły wszystkie istotne źródła niepewności. W metodzie spektrometrycznej cztery wyniki były w przedziale $2 < zeta < 3$. Dla jednego wyniku parametr zeta był powyżej 3. Oceniono liczbę En. W metodzie radiochemicznej, liczba En była poniżej 1 dla wszystkich wyników, a w metodzie spektrometrycznej dla 4 wyników liczba ta została przekroczona. Pozostałe wyniki były poniżej 1, co oznacza wyniki zadowalające.

Oceniono również poprawność i precyzję. Wynik pomiaru był akceptowany, jeżeli spełniał obydwa kryteria. Z oceny wynika, że 86% wyników otrzymanych w metodzie spektrometrycznej i wszystkie wyniki otrzymane metodą radiochemiczną spełniały te obydwa kryteria.

Przeprowadzono również ocenę placówek biorących udział w pomiarach porównawczych w latach 2020-2022. Pozytywnie pomiary porównawcze w tych latach, niezależnie od stężenia i od matrycy w jakiej oznaczano stężenie ^{137}Cs metodą spektrometryczną zaliczyło 12 placówek, a oznaczane metodą radiochemiczną 4 placówki.

Placówki wykonały 3 oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr . Nadesłane wyniki zawierały się w zakresie od 9,61 do 301 Bq·l⁻¹. Tylko jeden wynik spełnił wszystkie kryteria wymagane w tym porównaniu.

Praca finansowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki nr 29/2022/CEZAR/67 z dnia 13 czerwca 2022 r

Literatura

PN-EN ISO/IEC 17043 Ocena zgodności – Ogólne wymagania dotyczące badania biegłości.

EA-04/16 (European co-operation for accreditation). Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych, 2004.

Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements. IAEA-TECDOC-1401, July 2004.

W.Hyk, Z.Stojek: Analiza statystyczna w laboratorium analitycznym. Komitet Chemii Analitycznej PAN, Warszawa, 2020

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w roku 2022

M. Kardaś, M. Suplińska, A. Fulara, B. Rubel, A. Matysiak, J. Lemańska K. Pachocki, E. Starościk, M. Kazimierowicz, K. Wiatr, K. Wojtkowski

Monitoringu skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2022 roku obejmował próbki wody i osadów dennych pobranych dwukrotnie w każdym roku (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).



Rysunek 1. Usytuowanie punktów poboru.

Próbki wody z rzek pobierano z głównego nurtu, natomiast wodę z jezior pobierano z pomostów. Objętość próbki wynosiła 20 litrów. Próbki osadów 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.

Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w wodach dorzecza Wisły, Odry i wodach jezior wynosiły odpowiednio: 4,17 mBq/l, 3,12 mBq/l, 3,19 mBq/l.

Średnie roczne stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr był na wyrównanym poziomie i zawierały się w granicach 2,22 mBq/l dla dorzecza Wisły – 2,59 mBq/l dla jezior.

Tabela 1. Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach dorzecza Wisły, Odry i jezior.

Lokalizacja poboru próbek	^{137}Cs [mBq l ⁻¹] średnia	^{90}Sr [mBq l ⁻¹] średnia
Dorzecze Wisły (7) ^{a)}	4,17 ± 3,62 ^{b)} (14)	2,22 ± 0,45 ^{b)} (14)
Dorzecze Odry (5)	3,12 ± 1,72 (10)	2,41 ± 0,57 (10)
Jeziora (6)	3,19 ± 2,16 (12)	2,59 ± 1,56 (12)
Średnia ogólna (18)	3,55 ± 2,71 (36)	2,40 ± 0,98 (36)

^{a)} Liczba próbek wody

^{b)} Wartość średnia ± odchylenie standardowe

W osadach dennych rzek i jezior obserwuje się duże różnice w stężeniach promieniotwórczych ^{137}Cs i $^{239,240}\text{Pu}$. Największe zróżnicowanie obserwowano dla dorzecza Odry. Najmniejsze różnice w stężeniach tych izotopów obserwowano w osadach dennych jezior.

Tabela 2. Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i $^{239,240}\text{Pu}$ w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry.

Lokalizacja poboru próbek	^{137}Cs [Bq kg ⁻¹] średnia	$^{239,240}\text{Pu}$ [mBq kg ⁻¹] średnia
Dorzecze Wisły (7) ^{a)}	3,06 ± 2,88 (14) ^{b)}	23,06 ± 14,37 (14)
Dorzecze Odry (5)	4,31 ± 5,98 (10)	28,31 ± 36,31 (10)
Jeziora (6)	3,64 ± 2,29 (12)	10,55 ± 7,00 (12)
Średnia ogólna (18)	23,06 ± 14,37 (36)	20,35 ± 16,71 (36)

^{a)} Liczba próbek osadów dennych

^{b)} Wartość średnia ± odchylenie standardowe

Średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w osadach dennych były także zróżnicowane: najniższe w dorzeczu Wisły 3,06 Bq/kg, a najwyższe w dorzeczu Odry 4,31 Bq/kg.

Średnie stężenia promieniotwórcze $^{239,240}\text{Pu}$ w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry i jezior wynosiły odpowiednio: 23,06 mBq/l, 28,31 mBq/l i 10,55 mBq/l.

Zarówno średnie 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.

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.

Prace wykonane na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska

Oznaczanie stężenia promieniotwórczego ^{241}Pu w osadach dennych południowego Morza Bałtyckiego

K. Wiatr, M. Suplińska

Celem prowadzonych prac było wprowadzenie do rutynowego użycia procedury badawczej oznaczania ^{241}Pu . Realizacja zadania polegała na zaadaptowaniu procedury wykorzystującej bezpośrednią metodę analizy z zastosowaniem detekcji techniką ciekłej scyntylacji. [1] Możliwość oznaczania ^{241}Pu znacznie wzbogaciłaby potencjał naukowy Instytutu i rozszerzyłaby komercyjny zakres usług. Obecnie Zakład Higieny Radiacyjnej ma możliwość oznaczania alfa-promieniotwórczych radionuklidów ^{238}Pu i jako sumy ^{239}Pu i ^{240}Pu .

Adaptowana procedura polega na rozpuszczeniu plutonu osadzonego na dyskach stalowych techniką elektrodepozycji i dalszego wprowadzenia go do koktajlu scyntylacyjnego. Zaletą tego rozwiązania jest możliwość oznaczenia zarówno alfa-promieniotwórczych radionuklidów plutonu jak i beta-promieniotwórczego ^{241}Pu . Proponowaną procedurę badawczą można wykorzystać również do analiz preparatów alfa-spektrometrycznych otrzymanych do tej pory.

W toku analizy wykonuje się elektrodepozycję plutonu z roztworu buforowego $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$. Następnie mierzy się promieniowanie alfa pochodzące od $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu . Kolejnym krokiem jest rozpuszczenie plutonu zdeponowanego na dysku stalowym umieszczając dysk stalowy w 4M HNO_3 . Później redukuje się pluton do Pu(IV) , co umożliwi jego związanie się z tlenkiem trioktylofosfiny w trakcie ekstrakcji ciecz-ciecz. Kompleks plutonu z tlenkiem trioktylofosfiny, który jest rozpuszczony w rozpuszczalniku organicznym wprowadza się do koktajlu scyntylacyjnego. Ostatnim etapem procedury jest pomiar promieniowania alfa i beta w liczniku ciekłoscyntylacyjnym i obliczenie wyniku.

Dotychczasowe próby wprowadzenia procedury badawczej nie zakończyły się sukcesem. Problemem, który pozostaje nierozwiązany jest rozpuszczenie osadu siarczków, które powstają podczas elektrodepozycji plutonu z roztworu buforowego $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$. Tylko część osadu jest rozpuszczana, a wprowadzenie osadu do preparatu przeznaczonego do pomiaru skutkuje brakiem proporcji pomiędzy mierzoną aktywnością ^{241}Pu a sumaryczną aktywnością alfa-promieniotwórczych radionuklidów plutonu. Najprawdopodobniej jest to spowodowane absorpcją niskoenergetycznego promieniowania beta pochodzącego z rozpadu ^{241}Pu ($E_{\text{max}} = 20,8 \text{ keV}$) przez nierozpuszczony osad. Alfa-promieniotwórcze radionuklidy plutonu służą jako

znacznik wydajności analizy, a ich energie promieniowania alfa leżą w zakresie od 4984 keV (^{242}Pu) do 5593 keV (^{238}Pu). Takie energie promieniowania umożliwiają cząstkom alfa opuszczenie kryształów siarczków i wywołanie scyntylacji w preparatach pomiarowych. Kolejnym problemem pojawiającym się w trakcie prób odzyskania zdeponowanego plutonu jest częściowe rozpuszczenie stalowego dysku. W wyniku tego do roztworu zostają wprowadzone żelazo oraz inne metale wchodzące w skład stopu takie jak chrom i nikiel. Są one dalej ekstrahowane do fazy organicznej z tlenkiem trioktylofosfiny i w konsekwencji trafiają do końcowego preparatu, w którym ma być mierzona aktywność ^{241}Pu . W wyniku obecności kompleksów żelaza, chromu i niklu zachodzi zjawisko tzw. gaszenia scyntylacji polegające na zmniejszeniu ilości rejestrowanych rozpadów promieniotwórczych i przesunięciu ich piku w stronę niższych energii. Uniemożliwia to poprawną analizę.

Oceniając dotychczasowe postępy w adaptowaniu procedury można uznać, że kontynuowanie prac nie rokuje efektów w przyszłości i rozważa się zakończenie tematu.

Literatura

1. Komosa A (2003) Fizykochemiczne problemy oznaczania i zachowanie się izotopów plutonu w środowisku z uwzględnieniem beta - promieniotwórczego ^{241}Pu . Maria Curie-Skłodowska University

Praca realizowana z funduszy Ministerstwa Edukacji i Nauki

ZAKŁAD DOZYMETRII

Informacja o działalności Zakładu Dozymetrii w roku 2022

K. Isajenko, Zakład Dozymetrii

W roku 2022 w Zakładzie Dozymetrii pracowało 6 osób: mgr inż. Krzysztof Isajenko (Kierownik Zakładu), mgr Barbara Piotrowska (pełni nieformalną funkcję Zastępcy Kierownika Zakładu) oraz mgr inż. Karol Wojtkowski, mgr Olga Stawarz, Anita Kiełbasińska i Marcin Kozdój.

Czworo pracowników Zakładu Dozymetrii posiada wyższe wykształcenie w dziedzinie fizyki (lub pokrewnej). Troje pracowników może się pochwalić ponad 25-letnim stażem pracy w dziedzinie spektrometrii promieniowania gamma.

W strukturze Zakładu Dozymetrii działa Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN), które posiada akredytację (nr AB 1108) na pomiary promieniotwórczości naturalnej w surowcach i materiałach budowlanych. Akredytacja została przyznana 19 listopada 2009 roku. Kierownikiem LPPN jest mgr inż. Krzysztof Isajenko, rolę Kierownika ds. jakości pełni mgr Olga Stawarz, a Kierownikiem ds. technicznych jest mgr Barbara Piotrowska.

Laboratorium posiada jedną akredytowaną procedurę.

W ramach działalności statutowej (finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego) w Zakładzie Dozymetrii w roku 2022 były prowadzone następujące tematy:

- Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980 – 2022 – kierownik pracy: Barbara Piotrowska

- Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie” na podstawie badania próbek flory – kierownik pracy: Olga Stawarz

- Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku – kierownik pracy: Karol Wojtkowski

Poza tym w Zakładzie prowadzone były prace na zlecenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki:

- Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową w roku 2022 – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko

- Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różaniu oraz wokół Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Świerku – kierownik pracy: Barbara Piotrowska

- Zorganizowanie i przeprowadzenie pomiarów porównawczych zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych dla jednostek organizacyjnych

prowadzących takie pomiary – kierownik pracy: Olga Stawarz

Zakład Dozymetrii prowadził także prace zlecone przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (finansowane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej):

- Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2020 – 2022. Zadanie 3: Monitoring stężenia cezu-137 w glebie – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko (zakończenie trzeciego, końcowego etapu pracy)

- Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2022 – 2024. Zadanie 3: Monitoring stężenia cezu-137 w glebie – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko (zakończenie pierwszego etapu pracy)

W roku 2022 prowadziliśmy także prace finansowane przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska:

- Rozwój systemu zapewnienia jakości w akredytowanym Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu Ra-226, toru ²²⁸Th i potasu ⁴⁰K – kierownik pracy: Olga Stawarz

- Inwestycja pn. „Zakup toru spektrometrycznego z detektorem XTRa, przeznaczonego do pomiarów filtrów powietrza pochodzących ze stacji ASS-500 pracujących w sieci wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych” – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko

Także po wygranym przetargu w roku 2022 Zakład Dozymetrii realizował prace na zlecenie Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych:

- Monitoring i ochrona radiologiczna w ZUOP (lokalizacja: Otwock – Świerk) – kierownik pracy z ramienia Z-II: Barbara Piotrowska

- Monitoring i ochrona radiologiczna terenu KSOP – kierownik pracy z ramienia Z-II: Barbara Piotrowska

- Monitoring i ochrona radiologiczna otoczenia KSOP - kierownik pracy z ramienia Z-II: Barbara Piotrowska

Wszystkie trzy tematy były prowadzone w ramach umów zawartych pomiędzy CLOR i ZUOP pt. „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna obiektów ZUOP w Otwocku-Świerku oraz ochrony radiologicznej Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różaniu” – Koordynatorem tych tematów wykonywanych w trzech Zakładach w CLOR był w

2022 roku Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania (Katarzyna Wołoszczuk).

Jeśli chodzi o pozostałe (ważniejsze) prace prowadzone w Zakładzie Dozymetrii, to można tutaj wymienić:

- Ocenę promieniotwórczości naturalnej mieszanki popiołowo-żuźlowej pochodzącej ze spalania węgla kamiennego w kotłach ciepłowniczych Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku – kierownik pracy: Barbara Piotrowska Temat prowadzony na zlecenie Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej we Włocławku

- Eksperyzę radiologiczną 64 próbek minerałów znajdujących się na stanie Muzeum Ziemi PAN w Warszawie – kierownik pracy: Barbara Piotrowska. Temat prowadzony na zlecenie Polskiej Akademii Nauk

- Eksperyza radiologiczna 47 próbek minerałów znajdujących się na stanie Muzeum Ziemi PAN w Warszawie – kierownik pracy: Barbara Piotrowska. Temat prowadzony na zlecenie Polskiej Akademii Nauk

W ramach prac prowadzonych w Zakładzie Dozymetrii i na podstawie otrzymywanych wyników, w Zakładzie powstało kilka publikacji i ważnych opracowań, a mianowicie:

- Artykuł „Assessment of Natural Radioactivity in Cements Used as Building Materials in Poland”- Sylwia Lewicka, Barbara Piotrowska, Aneta Łukaszek-Chmielewska, Tomasz Drzymała – Int. J. Environ. Res. Public Health, t. 19 (18) z. 11695; 2022; ISSN 1660-4601; <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/18/1169>

- Artykuł „Promieniotwórczość gleb Ojcowskiego Parku Narodowego” - O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, Prądnik. Prace i materiały Muzeum im. Prof. Władysława Szafera; ISSN 0867-0196, t. 32, str. 9-24 2022

- Eksperyza radiologiczna środowiska pracy od lampy RTG w firmie Consolidated Precision Products Poland Sp. z o. o., ul. Hetmańska 120, 35-078 Rzeszów – Barbara Piotrowska, Marcin Kozdój, Krzysztof Isajenko, kwiecień 2022

- Opracowanie pt. „Ocena promieniotwórczości naturalnej mieszanki popiołowo-żuźlowej pochodzącej ze spalania węgla kamiennego w kotłach ciepłowniczych Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku” - B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz – Sprawozdanie końcowe dla Miejskiego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. we Włocławku, Warszawa, CLOR, styczeń 2022

Pracownik Zakładu Dozymetrii, mgr inż. Karol Wojtkowski kontynuował studia doktoranckie na Politechnice Warszawskiej, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska – rozpoczęte w 2016 roku. Planowane zakończenie i obrona – 2023 rok.

W roku 2022 w Zakładzie Dozymetrii CLOR odbyła praktyki studentka Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie – opiekunem praktyk była Barbara Piotrowska.

Barbara Piotrowska przeprowadziła szkolenie dla jednej osoby z firmy LSA Sp. z o.o. w Białymstoku (pracownik zajmujący się pomiarami promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych).

Krzysztof Isajenko i Karol Wojtkowski prowadzili zajęcia (wykłady oraz laboratoria) na wszystkich kursach na Inspektorów Ochrony Radiologicznej prowadzonych w CLOR.

Krzysztof Isajenko uczestniczył w „Piątej konferencji z zakresu detekcji promieniowania jonizującego oraz kontroli jakości w rentgenodiagnostyce, radioterapii i medycynie nuklearnej” (Dwór Ostoia, Klimkówka k/Rymanowa), która odbywała się w dniach 5-8 września 2022 i w której CLOR był współorganizatorem. Wygłosił na niej dwa referaty:

- „Zabezpieczanie źródeł promieniotwórczych w świetle nowych przepisów”
- „Interkalibracje (porównania międzylaboratoryjne)”

Plany Zakładu Dozymetrii na rok 2023

Plany Zakładu Dozymetrii na 2023 rok sprowadzają się do następujących działań i prac:

- Wykonanie nowego systemu on-line do stacji ASS-500 – dotacja na inwestycję z MKiŚ na rok 2023 nie została przyznana;
- Zakup drona – dotacja na inwestycję z MKiŚ na rok 2023 nie została przyznana;
- Utrzymanie akredytacji LPPN;
- Zakup źródeł promieniotwórczych do kalibracji spektrometrów (w pojemniku Marinelli, gęstość 1,5 g/cm³ oraz na bazie filtrów Petrianova);
- Uporządkowanie Magazynu Odpadów Promieniotwórczych na Politechnice Wrocławskiej;
- Znalezienie nowego źródła zakupu filtrów Petrianova – w związku z wojną na Ukrainie i sankcjami gospodarczymi nałożonymi na Rosję, zakup filtrów w tym kraju nie jest możliwy;
- Prowadzenie interkalibracji (co 1-2 lata) dla laboratoriów prowadzących pomiary surowców i materiałów budowlanych – dotychczas takie pomiary porównawcze prowadził Prezes PAA;
- Przyjęcie nowego pracownika do pracy w Zakładzie – do spraw związanych z pomiarami radioaktywności powietrza;
- Udział w interkalibracjach międzynarodowych.

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Świerku

B. PIOTROWSKA, K. ISAJENKO, O. STAWARZ, A. FULARA, K. WOJTKOWSKI, M. KOZDÓJ, A. KIEŁBASIŃSKA, J. LEMAŃSKA.

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie w 2022 roku skupiła się na badaniach próbek wody źródłanej, wody gruntowej, trawy, gleby i aerozoli powietrza oraz wykonaniu pomiarów mocy dawki. Natomiast ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Ośrodka w Świerku w 2022 roku skupiła się na badaniach próbek wody z rzeki Świder, wody studziennej, wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku, gleby, trawy, aerozoli powietrza, jodu w postaci gazowej, gazów szlachetnych oraz wykonaniu pomiarów mocy dawki.

W otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie

W pomiarach wstępnych promieniowania gamma wody źródłanej zarejestrowano jedynie w jednej próbce Z-3 śladową ilość potasu ^{40}K o zawartości powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

We wszystkich trzech próbkach zawartość trytu zarejestrowano poniżej dolnej granicy wykrywalności.

Największą zawartość sumy cezów ^{134}Cs i ^{137}Cs , równą $4,07 \pm 0,56 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$, zarejestrowano w próbce wody źródłanej oznaczonej jako Z-3.

Stężenie aktywności strontu ^{90}Sr w próbce zbiorczej (otrzymanej z połączenia próbek Z-1, Z-2 oraz Z-3 w jedną próbkę) było poniżej dolnego progu wykrywalności.

Analiza promieniowania beta w próbkach wody gruntowej z otoczenia KSOP w Różanie wykazała, że:

- największą zawartość trytu zmierzono w próbce oznaczonej jako P - 16: dla której wartość ta wynosiła: $134,9 \pm 5,0 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$;

- największą całkowitą radioaktywność beta w próbkach oznaczonych jako P - 7: dla której wartość ta wynosiła: $0,20 \pm 0,01 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

Badania spektrometryczne promieniowania gamma próbek gleby z otoczenia KSOP w Różanie wykazały ze sztucznych izotopów obecność cezu ^{137}Cs (we wszystkich 5 próbkach), ^{141}Ce (w 3 próbkach: D-2, D-3 i D-4) oraz ^{241}Am (w jednej próbce: D-1). Wartość średnia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs zawierała się w granicach od $0,23 \pm 0,11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie D - 3 do $57,6 \pm 65,1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie D-1. Stężenie promieniotwórcze ceru ^{141}Ce wynosiło: od $0,15 \pm 0,04 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie D - 3 do $0,79 \pm 0,13 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie D - 2. Stężenie promieniotwórcze ^{241}Am wynosiło $0,88 \pm 0,22 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

W analizie widm promieniowania gamma próbek trawy pobranych z otoczenia KSOP w Różanie nie zarejestrowano izotopów promieniotwórczych pochodzenia sztucznego powyżej $1,0 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy.

Podczas analizy widm promieniowania gamma aerozoli atmosferycznych zebranych na filtrach w przeliczeniu na dzień poboru próbki w zakresie energii od 40 do 2000 keV na poziomie wyższym od limitu detekcji zostały zmierzone jedynie izotopy pochodzenia naturalnego. Wartości stężeń aktywności izotopów zidentyfikowanych w obydwu próbkach tj.: berylu ^7Be i ołowiu ^{210}Pb zawierają się w zakresach wartości stężeń tych izotopów rejestrowanych w próbkach aerozoli ze stacji ASS-500 rozmieszczonych na terenie całego kraju.

Wartość mocy dawki promieniowania gamma w otoczeniu KSOP w Różanie kształtowała się w granicach: od $89,6 \pm 1,8 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie D-3 do $123,6 \pm 0,8 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie D-1.

W otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku

Po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma

w próbkach wody z otoczenia Ośrodka w Świerku, (2 próbki wody z rzeki Świder i 2 próbki wody studziennej) nie stwierdzono obecności izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o stężeniu aktywności powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$. Próbki wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku (próbki – WOS) zawierały dwa izotopy gamma promieniotwórcze pochodzenia sztucznego tj. cezu ^{137}Cs (w obydwu poborach) i jod ^{131}I (w poborze wiosennym) o wartości stężeń powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$. Wartość średnia stężenia promieniotwórczego cezu ^{137}Cs z dwóch poborów wyniosła $1,89 \pm 0,16 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$. Stężenie promieniotwórcze jodu ^{131}I w poborze wiosennym miało wartość: $209 \pm 10 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

Badania zawartości trytu w próbkach wody studziennej i wody z rzeki Świder wykazały obecność trytu na niskim poziomie. Maksymalne stężenie trytu w wodzie pobranej z okolic Ośrodka w Świerku zarejestrowano w próbce wody studziennej G - 106. Wartość ta wyniosła $2,2 \pm 0,6 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

Badanie zawartości cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ w próbkach wody wykazało, że we wszystkich próbkach poziom aktywności cezu jest na niskim poziomie. Największą średnią zawartość cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ zarejestrowano w próbce wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku WOS. Wartość średnia stężenia cezów w tej próbce wyniosła $7,11 \pm 1,48 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$.

W próbkach gleby pobranych z otoczenia Ośrodka w Świerku stwierdzono:

- z izotopów pochodzenia naturalnego – obecność izotopów naturalnych szeregów promieniotwórczych tj. radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac i ołowiu ^{210}Pb oraz naturalnie występujący izotop potasu ^{40}K , o zawartościach powyżej $2,5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$;

- z izotopów sztucznych - obecność cezu ^{137}Cs w pięciu próbkach było powyżej $0,7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$;

- maksymalną zawartość cezu ^{137}Cs o stężeniu $13,40 \pm 0,20 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ zawierała próbka MD-05;

- najmniejszą zawartość cezu ^{137}Cs o stężeniu $3,88 \pm 0,09 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ zawierała próbka MD-06.

W analizie spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach trawy z otoczenia Ośrodka w Świerku stwierdzono:

- z izotopów sztucznych - obecność cezu ^{137}Cs w trzech próbkach;

- maksymalną zawartość cezu ^{137}Cs wynoszącą $22,26 \pm 0,54 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w próbce MD-05;

- z izotopów pochodzenia naturalnego – zawartość ^{40}K i ołowiu ^{210}Pb powyżej $20 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ we wszystkich próbkach;

- stężenie promieniotwórcze ^{40}K w trawie (s. m.) zawierało się w granicach od $225 \pm 7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w próbce pobranej w punkcie MD-05 do $487 \pm 13 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w próbce pochodzącej z punktu MD-01, natomiast wartość stężenia promieniotwórczego ^{210}Pb zawierała się w granicach od $10,2 \pm 2,6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w próbce pobranej w punkcie MD-02 do $47,2 \pm 3,4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w próbce pochodzącej z punktu MD-05.

Moc dawki zmierzona w otoczeniu Ośrodka w Świerku zawierała się w przedziale $90,2 \pm 5,2 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie MD - 01 do $133,0 \pm 3,5 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie MD - 02.

Na filtrze aerozoli powietrza pobranego z otoczenia Ośrodka w Świerku zarejestrowano izotopy pochodzenia naturalnego o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności. Wartości stężeń aktywności izotopów zidentyfikowanych w próbkach aerozoli tj.: berylu ^7Be i ołowiu ^{210}Pb zawierają się w zakresach wartości stężeń tych izotopów rejestrowanych w próbkach aerozoli ze stacji ASS-500 rozmieszczonych na terenie całego kraju.

W jednym poborze zarejestrowano jod ^{131}I o stężeniu $18,9 \pm 2,0 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

W analizie widma promieniowania gamma absorbentu jodu postaci gazowej zarejestrowano w dwóch poborach jeden izotop jodu ^{131}I o wartości powyżej dolnej granicy wykrywalności. Największe stężenie ^{131}I wyniosło $4,27 \pm 0,32 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$.

W pomiarze gazów szlachetnych, pobranych z okolicy Ośrodka w Świerku zidentyfikowane zostały trzy izotopy o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności tj.: krypton ^{85}Kr o średnim stężeniu promieniotwórczym $1,52 \pm 0,17 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, ^{131}mXe o stężeniu $0,619 \pm 0,008 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz ^{133}Xe o stężeniu średnim $0,020 \pm 0,003 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Praca Ośrodka w Świerku oraz obecność Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie nie stwarzają zagrożenia pod względem radiologicznym dla mieszkańców otoczenia obydwu lokalizacji.

Finansowanie

Praca wykonana na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki.

Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2022

B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska

Do oceny surowców i materiałów budowlanych pod względem obecności stężenia promieniotwórczości stosuje się kryterium zamieszczone w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2020 r. w sprawie materiałów budowlanych, w przypadku których oznacza się stężenie promieniotwórcze izotopów promieniotwórczych potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{232}Th , wymagań dotyczących dokonywania tych oznaczeń oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego, o której przekroczeniu informuje się właściwe organy” (Dz. U. 2021, poz. 33).

W 2022 roku Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonało badania i opracowało sprawozdania dotyczące zastosowania materiałów i surowców budowlanych dla 58 próbek nadesłanych z różnych regionów kraju. Były to m.in. mieszaniny popiołowo-żużłowe (27 próbek), kruszywo naturalne (10 próbek), odpady paleniskowe (6 próbek), żużel (3 próbki) i pozostałe 12 próbek - różne.

Od 1980 roku do końca 2022 roku do ogólnopolskiej bazy danych surowców i materiałów budowlanych zostało wprowadzonych danych dla 52751 próbek. W samym 2022 roku wprowadzono do bazy wyniki dla 782 próbek, w tym:

wyniki surowców budowlanych pochodzenia naturalnego: 45

wyniki surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego: 656

wyniki materiałów budowlanych: 81

Zarejestrowano:

- wysoką średnią wartość wskaźnika stężenia promieniotwórczego I dla popiołu lotnego (1,22);

- wartość średnią wskaźnika stężenia promieniotwórczego I dla żużla, równą 0,86 - przybliżoną do wartości z 2021 r.;

- wartość średnią wskaźnika stężenia promieniotwórczego dla ceramiki budowlanej równą 0,70 – nieco niższą niż w 2021 r.;

- przekroczenia wskaźnika stężenia promieniotwórczego I dla 20 % partii piasku żużłowego oraz 14,6 % partii popiołu lotnego.

Analizując średnie wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I określonego dla budownictwa mieszkaniowego należy stwierdzić, że 100% gotowych materiałów budowlanych wyprodukowanych w 2022 r. mogło mieć zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym.

Finansowanie

Praca dofinansowana przez Ministerstwo Edukacji i Nauki.

Badanie promieniotwórczości w minerałach skorupy ziemskiej z Muzeum Ziemi PAN

B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska

W 2022 r. w Zakładzie Dozymetrii przeprowadzono badania promieniowania gamma pochodzącego od próbek minerałów skorupy ziemskiej i będących na stanie Muzeum Ziemi Polskiej Akademii Nauk w Warszawie. Pomiarów zostały wykonane z wykorzystaniem toru spektrometrycznego ze scharakteryzowanym detektorem HPGe typu XTRa. Celem pracy było oszacowanie na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów w 111 próbkach, które są odpadami promieniotwórczymi i jakiej kategorii. Klasyfikację minerałów wykonano zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 14 grudnia 2015 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz. U. z 2022, poz. 1320).

Wszystkie próbki sfotografowano i nadano im kolejno numery. Następnie minerały zważono i obmierzono, odczytując długość, wysokość i szerokość lub średnicę. Parametry te wykorzystano do wyznaczenia krzywej wydajności detektora dla geometrii odpowiadających danym próbkom.

Kolejnym krokiem badań było określenie mocy dawki promieniowania gamma od próbek minerałów w dwóch położeniach: przy powierzchni minerałów i w odległości 10 cm od powierzchni próbek. Moc dawki promieniowania gamma zmierzona przy powierzchni minerałów kształtowała się w zakresie od $0,071 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ do $143 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

W większości pomiarów spektrometrycznych próbek minerałów zarejestrowano jedynie izotopy pochodzenia naturalnego, takie jak: potas ^{40}K oraz izotopy z szeregu uranowo-aktynowego, uranowo-radowego i torowego. Aktywności właściwe zarejestrowanych izotopów badanych próbek zawierały się w zakresie od kilku $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $5\cdot 10^6 \text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Na podstawie obliczonych stężeń dla zarejestrowanych izotopów gamma promieniotwórczych w próbkach dokonano klasyfikacji minerałów pod względem zawartości w nich substancji promieniotwórczej. Zgodnie

z treścią ww. Rozporządzenia Rady Ministrów 94 próbki minerałów zostały zaliczone do odpadów promieniotwórczych niskoaktywnych, natomiast pozostałe 17 próbek minerałów nie stanowi odpadów promieniotwórczych.

Poniżej przedstawiono przykłady badanych próbek wraz z wynikami pomiarów spektrometrycznych i klasyfikacją minerałów.

Próbka nr 078 – Kasolit IV/6/122

Masa: 0,054 kg

Moc dawki:
przy powierzchni: $37,2 \mu\text{Sv/h}$
w odległości 10 cm: $2,92 \mu\text{Sv/h}$

Wyniki badań spektrometrycznych:
Ra-226: $998 805 \pm 82 526 \text{Bq/kg}$
U-238: $3 556 892 \pm 436 051 \text{Bq/kg}$



Klasyfikacja odpadu: **ODPAD NISKOAKTYWNY**

Próbka nr 003 – Uranofan z malachitem cerusytem chabazytem IV/44/1052

Masa: 0,136 kg

Moc dawki:
przy powierzchni: $0,079 \mu\text{Sv/h}$
w odległości 10 cm: $0,078 \mu\text{Sv/h}$

Wyniki badań spektrometrycznych:
Pb-210: $117 \pm 14 \text{Bq/kg}$
Ra-226: $142 \pm 17 \text{Bq/kg}$
Th-234: $91,5 \pm 21,0 \text{Bq/kg}$



Klasyfikacja odpadu: **NIE JEST ODPADEM PROMIENIOTWÓRCZYM**

Próbka nr 077 – Torbernit IV/6/117

Masa: 0,34 kg

Moc dawki:
przy powierzchni: $29,5 \mu\text{Sv/h}$
w odległości 10 cm: $2,6 \mu\text{Sv/h}$

Wyniki badań spektrometrycznych:
Ra-226: $256 902 \pm 18 708 \text{Bq/kg}$
U-238: $615 017 \pm 58 060 \text{Bq/kg}$
U-235: $10 235 \pm 2 404 \text{Bq/kg}$



Klasyfikacja odpadu: **ODPAD NISKOAKTYWNY**

Finansowanie

Praca została sfinansowana przez Muzeum Ziemi PAN w Warszawie.

Rozwój systemu zapewnienia jakości w akredytowanym Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu ^{226}Ra , toru ^{232}Th i potasu ^{40}K w 2022 roku

O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN) posiada akredytację PCA w zakresie oznaczania metodą spektrometrii promieniowania gamma stężeń radionuklidów: potasu ^{40}K , bizmutu ^{214}Bi i talu ^{208}Tl oraz określania (z obliczeń) stężenia radu ^{226}Ra , stężenia toru ^{232}Th i wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I (definicja w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 17.12.2020, Dz. U. 2021, poz. 33) w surowcach i materiałach budowlanych oraz w odpadach przemysłowych wykorzystywanych w budownictwie. W 2022 roku w Laboratorium wykonano pomiary następujących próbek: mieszanina popiołowo-żużlowa, żużel, odpady paleniskowe, kruszywo naturalne, płyta izolacyjna oraz różnego rodzaju odpady.

Temat obejmował następujące zadania: nadzór techniczny nad wyposażeniem i prowadzenie okresowych kalibracji spektrometrów, doskonalenie systemu zarządzania, podnoszenie kwalifikacji pracowników poprzez szkolenia zewnętrzne, przeprowadzanie audytów wewnętrznych oraz sprawowanie nadzoru przez PCA nad LPPN.

W ramach nadzoru technicznego sprawdzano co tydzień oba analizatory typu MAZAR, mierząc objętościowe wzorce kalibracyjne (^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th), nośnik wzorców i próbki interkalibracyjne i porównując wyniki z wartościami wzorcowymi. Raz na dwa miesiące określano tło analizatorów za pomocą aluminiowego walca. Prowadzono codzienny monitoring temperatury i wilgotności względnej w pomieszczeniu pomiarowym, sprawdzono wskazania temperatury w suszarce, a także szczelność wzorców ^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th . Wykonano kalibrację analizatorów typu MAZAR. Zweryfikowano i zaktualizowano dolny i górny zakres pomiarowy oraz przeprowadzono testy powtarzalności i odtwarzalności dla analizatora

MAZAR-95. Zewnętrzne laboratorium akredytowane wykonało wzorcowanie i legalizację wag.

Doskonalenie polegało między innymi na aktualizacji dokumentów i formularzy systemu zarządzania, analizie ryzyk i szans, przeprowadzeniu przeglądu zarządzania i audytów wewnętrznych oraz szkoleniach. Zorganizowano także międzylaboratoryjne pomiary porównawcze zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w materiałach budowlanych dla laboratoriów zajmujących się tego typu działalnością badawczą. Ponadto wzięto udział w badaniach biegłości organizowanych przez EC JRC (keramzyt, cement i bloczek keramzytowy) oraz w porównaniach międzylaboratoryjnych organizowanych przez BFS we Freiburgu (boksyt i czerwony szlam). Wyniki międzynarodowych porównań były pozytywne.

Oba audyty wewnętrzne odbyły się w czerwcu. Audytorzy pozytywnie ocenili działalność LPPN oraz utrzymanie systemu zarządzania opartego na normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02.

Ocena w nadzorze została przeprowadzona przez Polskie Centrum Akredytacji dnia 22 lipca 2022 r. Odnotowano jedno spostrzeżenie i jedną niezgodność, w odniesieniu do których LPPN przeprowadziło stosowne działania. W związku z uaktualnieniem części zakresu pomiarowego wydany został nowy zakres akredytacji.

W ramach podnoszenia kwalifikacji personel laboratorium brał udział w następujących szkoleniach zewnętrznych (on-line): „Jak opracować plan, model statystyczny oraz sprawozdanie z małych porównań międzylaboratoryjnych?”, „Audit wewnętrzny systemu zarządzania według PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 wg wytycznych PN-EN 19011:2018-08 - kurs podstawowy”, „Kompetencje i zadania kierownictwa oraz personelu technicznego w działalności laboratorium opartej o system zarządzania zgodny z wymaganiami normy PN-EN

ISO/IEC 17025:2018-02” oraz „Ochrona danych osobowych”.

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (AB 1108) utrzymało akredytację, pozyskało nowych klientów i stale się rozwija. Liczba badanych próbek była na podobnym poziomie jak w poprzednich latach. Pozytywne wyniki

uzyskane w porównaniach międzylaboratoryjnych i badaniach biegłości również świadczą o wysokiej jakości prowadzonych w tej dziedzinie badań oraz o profesjonalizmie personelu LPPN.

Temat został sfinansowany przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska.

Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie” na podstawie badania próbek gleby

O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój

Celem pracy była ocena sytuacji radiacyjnej na obszarze Parku Narodowego „Bory Tucholskie” (PNBT) na podstawie wyników badań przeprowadzonych metodą spektrometrii promieniowania gamma w pobranych próbkach gleby. Oznaczono stężenie cezu ^{137}Cs (radionuklid pochodzenia sztucznego, wciąż obecny w środowisku po awarii Elektrowni Jądowej w Czarnobylu w 1986 r.) oraz stężenia radionuklidów naturalnych: potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i aktynu ^{228}Ac . Obliczono również depozycję cezu ^{137}Cs . Ocena sytuacji radiacyjnej Parku Narodowego „Bory Tucholskie” polegała na oszacowaniu na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych w glebie rocznej dawki efektywnej, a tym samym narażenia na promieniowanie jonizujące pracowników PNBT, okolicznych mieszkańców oraz turystów. Ponadto uzyskane rezultaty pomiarów porównano z wartościami średnimi stężeń radionuklidów w próbkach gleby pobranych w poprzednich latach w następujących Parkach Narodowych: Kampinoskim, Poleskim, Narwiańskim, Świętokrzyskim i Ojcowskim, a także z wartościami średnimi dla Polski i woj. pomorskiego (wyniki pochodzą z opracowania CLOR dla GIOŚ, wykonanego w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska dla próbek gleby pobranych jesienią 2020 roku).

Na terenie Borów Tucholskich pobrano 18 próbek z powierzchniowej warstwy gleby ($0 \div 10$ cm) za pomocą wykrojnika (cylinder, $d = 6,9$ cm) i młotka. W każdym punkcie wzięto siedem porcji, tj. jedną ze środka i sześć z obwodu koła o średnicy 2 m. Rodzaje pobranych próbek to głównie gleby bielcowe.

Próbki zostały przewiezione do Zakładu Dozymetrii, a następnie przygotowane do pomiaru w następujących etapach: suszenie w temperaturze $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, studzenie, rozdrobnienie, wyznaczenie masy całkowitej, przesypanie do pojemników pomiarowych przez certyfikowane sito o średnicy oczek 2 mm, wyznaczenie masy próbek i opisanie pojemników.

Próbki gleby zostały zmierzone metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma za pomocą wielokanałowego analizatora z detektorem półprzewodnikowym GX3020 (względna wydajność około 35%, rozdzielczość 1,8 keV dla ^{60}Co , $E = 1,33$ MeV). Czas pomiaru pojedynczej próbki wynosił 80 000 s. Kalibracja detektora została przeprowadzona za pomocą źródła objętościowego multigamma o gęstości $1,5\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, a więc zbliżonej do średniej gęstości próbek, tj. $1,8\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (producent źródła - NCBJ - Ośrodek Radioizotopów POLATOM).

Po zakończeniu pomiarów na detektorze półprzewodnikowym przeanalizowano otrzymane widma. Następnie opracowano wyniki pomiarów stężeń ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac . Obliczono depozycję ^{137}Cs w glebie, a także oszacowano roczną dawkę efektywną dla osób przebywających na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie”.

Wartości depozycji cezu ^{137}Cs w glebie pobranej na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie” w 2022 roku mieszczą się w granicach od $0,24 \pm 0,01\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (punkt nr 15, oddział 120) do $1,95 \pm 0,04\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (punkt nr 16, oddział 153). Wartość średnia depozycji cezu ^{137}Cs w glebie wynosi $1,17 \pm 0,10\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$.

Wartości średnie stężeń radionuklidów naturalnych w glebie pobranej w PNBT w 2022 roku wynoszą: dla radu ^{226}Ra $6,5 \pm 0,2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres: $4,2 \div 8,2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$), dla aktynu ^{228}Ac $5,6 \pm 0,2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres: $3,8 \div 7,2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) oraz dla potasu ^{40}K $200 \pm 4\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres: $174 \div 227\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Wartość średnia depozycji ^{137}Cs w glebie Borów Tucholskich jest wyższa od wartości średniej dla Polski i dla woj. pomorskiego (PMŚ dla GIOŚ) oraz dla Świętokrzyskiego Parku Narodowego. Wartości średnie stężeń naturalnych radionuklidów w glebie PNBT są niższe niż wartości średnie dla Polski i woj. pomorskiego oraz dla badanych w poprzednich latach Parków Narodowych. Wyjątek stanowi potas ^{40}K , dla którego średnie stężenie jest wyższe niż w Poleskim PN i Narwiańskim PN.

Wartość depozycji ^{137}Cs jest minimalnie wyższa od wartości średniej dla Polski w środkowo-wschodnim rejonie PNBT. Nie można jednoznacznie wskazać miejsc o widocznie wyższych lub niższych wartościach stężeń radionuklidów naturalnych. Nie stwierdzono korelacji między stężeniem cezu a stężeniem radionuklidów naturalnych.

Maksymalna roczna dawka efektywna oszacowana na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych w glebie z PNBT wynosi 0,158 mSv (punkt nr 14 – oddział 136), co stanowi 7% tła naturalnego dla Polski, bez uwzględnienia

promieniowania kosmicznego. Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że przebywanie ludzi na terenie Parku Narodowego „Bory Tucholskie” jest bezpieczne z punktu widzenia ochrony radiologicznej.

Pracownicy PNBT otrzymali sprawozdanie końcowe zawierające wyniki pomiarów gleby.

Temat został sfinansowany przez Ministerstwo Edukacji i Nauki.

Zorganizowanie i przeprowadzenie pomiarów porównawczych zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w materiałach budowlanych dla jednostek organizacyjnych prowadzących takie pomiary (w 2022 roku)

O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój

Udział i uzyskanie pozytywnego wyniku w międzylaboratoryjnych pomiarach porównawczych (ILC) jest jednym z warunków koniecznych do uzyskania bądź utrzymania akredytacji przez laboratorium. Zadowolający rezultat takich porównań stanowi dowód wykazania kompetencji w zakresie monitorowania działań oraz uznania ważności wyników badań.

W 2022 roku Zakład Dozymetrii CLOR w ramach umowy z Państwową Agencją Atomistyki nr 73/2022/CEZAR/173 z dnia 04.10.2022 przeprowadził pomiary porównawcze zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych w materiałach budowlanych dla jednostek prowadzących takie pomiary.

W porównaniach wzięło udział trzech uczestników. Dla zachowania poufności rezultatów każde z laboratoriów dostało losowo wybrany numer kodowy. Analizie poddano określone przez laboratoria stężenia potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{232}Th oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I dla standardowego oraz wydłużonego do ok. doby czasu pomiaru w próbkach popiołu paleniskowego pobranego z elektrofiltrów EC Kawęczyn i EC Siekierki. Przed rozesłaniem próbek do uczestników porównań zbadano jednorodność materiału poprzez kontrolę liczby zliczeń w fotopikach odpowiadających kilku wybranym energiom promieniowania (^{226}Ra – 186 keV, ^{212}Pb – 239 keV, ^{214}Pb - 295 keV i 352 keV, ^{214}Bi – 609 keV oraz ^{40}K – 1461 keV). W tym celu zastosowano analizator wielokanałowy z detektorem półprzewodnikowym HPGe. Dla wszystkich badanych próbek kontrolnych względna różnica liczby zliczeń nie przekroczyła 3,5%, stąd wysnuto wniosek, że pozyskany materiał charakteryzuje się dobrą jednorodnością. Następnie próbki zostały rozesłane do uczestników pomiarów porównawczych.

W celu wyznaczenia wartości odniesienia stężenia ^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th oraz wskaźnika stężenia promieniotwórczego I próbki przygotowane przez CLOR leżały minimum 14 dni, a następnie zostały zmierzone na analizatorze MAZAR w czasie standardowym i wydłużonym do ok. 24 godzin. Obliczono wartości średnie i niepewności (odchylenia standardowe dla $k=2$) stężeń radionuklidów naturalnych oraz wskaźnika I, które posłużyły następnie jako wartości odniesienia do analizy I oceny rezultatów nadesłanych przez uczestników.

Laboratoria przeprowadziły pomiary próbek za pomocą analizatora z sondą NaI(Tl) (MAZAR) lub detektora HPGe - w czasie stosowanym we własnych procedurach oraz wydłużonym do około doby.

Wyniki poddano analizie statystycznej, stosując test Z oraz procedury zalecane przez MAEA i PCA. Testy Z, dokładności i precyzji zostały przeprowadzone w odniesieniu do wartości referencyjnych stężeń potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{232}Th oraz wyznaczonego wskaźnika I.

Znajomość parametru Z, opisanego poniższym wzorem, pozwoliła ocenić dokładność wyników na tle całej populacji.

$$Z = (x - X) / \delta$$

gdzie: x – wynik uzyskany przez uczestnika

X – wartość referencyjna

δ – odchylenie standardowe populacji.

Dla oceny biegłości laboratorium przyjęto następujące kryteria:

$|Z| \leq 2$ - wynik zadowolający,

$2 < |Z| < 3$ - wynik wątpliwy, ale do przyjęcia,

$|Z| \geq 3$ - wynik niezadowolający, uzasadniający podjęcie działań naprawczych.

Dokładność wyniku była zadowalająca, jeśli:

$$|\text{wynik lab.} - \text{wartość ref.}| \leq 2,58 \cdot \sqrt{U_{ref}^2 + U_{lab}^2}$$

Precyzja wyniku była zadowalająca, jeśli wartość:

$$\sqrt{\left(\frac{U_{ref}}{\text{wartość ref.}}\right)^2 + \left(\frac{U_{lab}}{\text{wynik lab.}}\right)^2} \cdot 100\%$$

była mniejsza lub równa 16% dla wskaźnika I oraz 25% dla stężeń ^{40}K , ^{226}Ra i ^{232}Th (U - niepewność pomiaru).

Do analizy parametru E_n (określonego w normie PN-EN ISO/IEC 17043) wzięto pod uwagę wartości wskaźników stężenia promieniotwórczego I oraz niepewności określone przez uczestników ILC, a także wartość referencyjną z rozszerzoną niepewnością. Skorzystano ze wzoru:

$$E_n = \frac{x_{lab} - x_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$$

gdzie: x_{lab} – wynik uzyskany w laboratorium
 x_{ref} – wynik referencyjny
 U_{lab} – rozszerzona niepewność wyniku uczestnika
 U_{ref} – rozszerzona niepewność wartości referencyjnej.

Przy ocenie wyników pomiarów uczestników porównań przyjęto następujące kryteria:

$|E_n| \leq 1$ - rezultat porównania jest zadowalający
 $|E_n| > 1$ - rezultat porównania jest niezadowalający.

Ocena wyników dla standardowego czasu pomiaru

Przy określaniu stężenia potasu ^{40}K jedno laboratorium podało wynik niezadowalający w teście Z i w teście dokładności. Precyzja wyników dla wszystkich laboratoriów była zadowalająca.

Przy określaniu stężenia radu ^{226}Ra w teście Z jedno laboratorium uzyskało wynik niezadowalający, uzasadniający podjęcie działań naprawczych oraz jedno laboratorium otrzymało wynik wątpliwy, ale do przyjęcia. Wyniki testów

dokładności i precyzji były zadowalające dla wszystkich uczestników.

W przypadku określania stężenia toru ^{232}Th jedno laboratorium uzyskało wynik niezadowalający w teście Z i w teście precyzji. Rezultaty testu dokładności były zadowalające dla wszystkich laboratoriów.

Dla wskaźnika stężenia promieniotwórczego I w teście Z jedno laboratorium podało wynik niezadowalający, wymagający działań naprawczych oraz jedno laboratorium uzyskało wynik wątpliwy, ale do przyjęcia. Precyzja wyznaczenia wartości wskaźnika I była niezadowalająca dla dwóch uczestników. Wynik testu dokładności był zadowalający dla wszystkich laboratoriów.

Wszystkie laboratoria uzyskały zadowalające wyniki testu E_n , oceniającego prawidłowość określenia wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I.

Ocena wyników dla wydłużonego czasu pomiaru

Przy oznaczaniu stężenia potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{232}Th jedno laboratorium uzyskało niezadowalające wyniki testów Z i dokładności dla wszystkich izotopów oraz niezadowalający rezultat testu precyzji dla oznaczenia stężenia ^{40}K . Pozostałe wyniki przeprowadzonych testów Z, dokładności I precyzji dla stężeń radionuklidów naturalnych były zadowalające.

Przy określaniu wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I w teście Z jedno laboratorium uzyskało wynik niezadowalający, wymagający działań naprawczych oraz jedno laboratorium uzyskało wyniki wątpliwy, ale do przyjęcia. Dokładność I precyzja wyznaczenia wartości wskaźnika I była zadowalająca dla wszystkich uczestników pomiarów porównawczych.

W przypadku testu E_n , zastosowanego dla oceny określenia wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I wszystkie laboratoria uzyskały wynik zadowalający.

Praca została sfinansowana przez Państwową Agencję Atomistyki.

Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku w latach 2015-2022

K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska

Jedyna w Polsce stacja do poboru gazów szlachetnych z powietrza atmosferycznego jest przewoźnym urządzeniem.

W celu uchronienia przepływomierza I zaworu przed zanieczyszczeniem kurzem, powietrze jest pompowane przez filtr z waty bawełnianej. Jest on zespolony z kolumną, w której znajduje się silikat-żel. Jego zadaniem jest absorpcja wody zawartej w pobieranym powietrzu. Następnie powietrze wchodzi do adsorbentu zanurzonego w naczyniu Dewara, w którym znajduje się ciekły azot (temperatura 77K/-196°C). W kolumnie z adsorbentem panuje podciśnienie (poniżej 0,5 bar), które zapobiega skraplaniu się azotu i tlenu. Wartość przepływu powinna wynosić ok. 60 litrów/min. (maksymalnie do 70-75 l/min.).

Po poborze gazów szlachetnych na adsorbent, należy je przetransferować do naczyń transportowo-pomiarowych. Aby dokonać transferu gazów szlachetnych należy umieścić kolumnę z adsorbentem w specjalnym piecu. Adsorbent jest wygrzewany przez około 1 godzinę w temperaturze ok. 300 °C. Poprzez wymywanie adsorbentu gazami obojętnymi (azot lub hel) następuje transfer gazów szlachetnych z adsorbentu do pojemników MINICAN, które należy napełnić do ciśnienia 4 bary. Następnie wypełniony MINICAN jest wysyłany do Instytutu BFS (Bundesamt für Strahlenschutz) we Freiburg (Niemcy). Tam jest mierzona jego zawartość z wykorzystaniem chromatografu gazowego. Następnie do CLOR zostają przesłane wyniki pomiarów.

W 2022 roku została zawarta umowa pomiędzy Skarbem Państwa – Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki a Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Przedmiotem Umowy było wykonanie usługi polegającej na pomiarach wielkości

uwolnień substancji promieniotwórczych do powietrza w okolicy obiektu jądowego w Świerku. Pobory jednodniowe odbyły się w maju, lipcu i sierpniu 2022 roku.

Stacja do poboru gazów szlachetnych została ustawiona w miejscu, w kierunku którego w początkowej fazie poboru wiał wiatr, od strony komina reaktora. Jednak dla w pełni miarodajnego określenia stężenia kryptonu ⁸⁵Kr wymagany jest tygodniowy pobór powietrza albo pobór krótszy (ale nie mniej niż 5 dni) z większym przepływem (zwiększonym do wartości 0,060 – 0,075 m³/h).

Datę poboru promieniotwórczych gazów szlachetnych wybrano na podstawie znajomości terminu pracy reaktora MARIA w tzw. „cyklu molibdenowym”, czyli pracy reaktora na jego podwyższonej mocy.

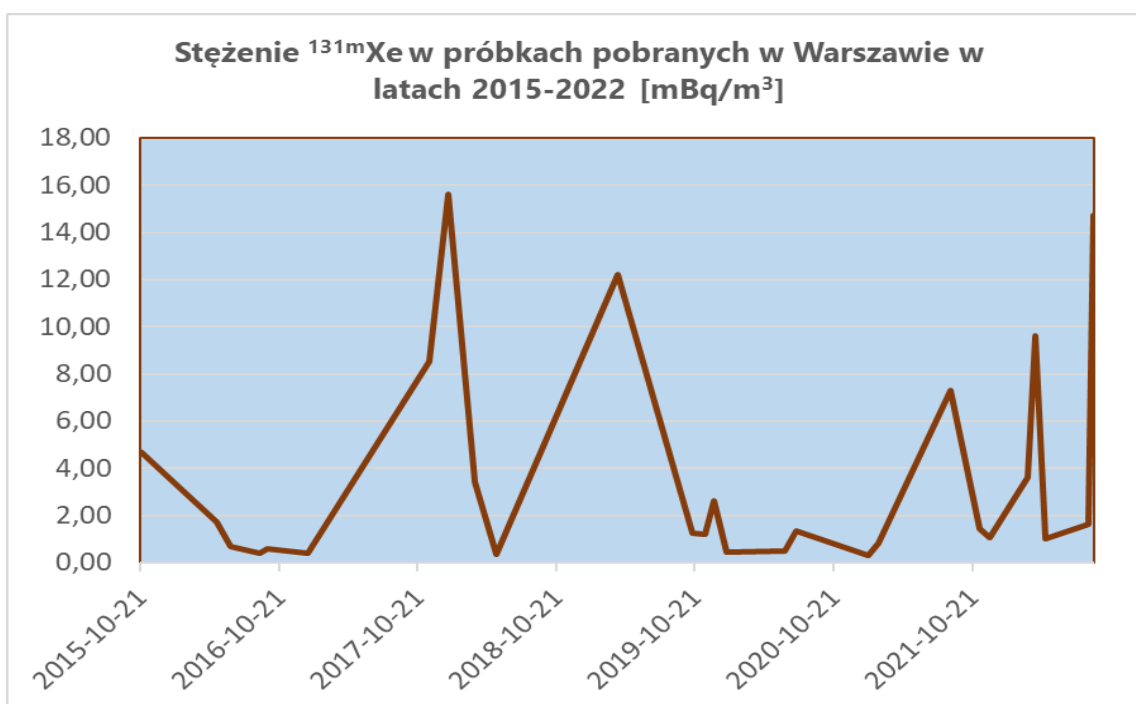
Pobory w Warszawie w Zakładzie Dozymetrii były finansowane ze środków własnych instytutu. Prowadzono je przez tydzień każdego miesiąca w roku.

Na podstawie poborów dokonanych w 2022 roku podwykonawcy w BfS Freiburg (Niemcy) udało się określić stężenia kryptonu ⁸⁵Kr.

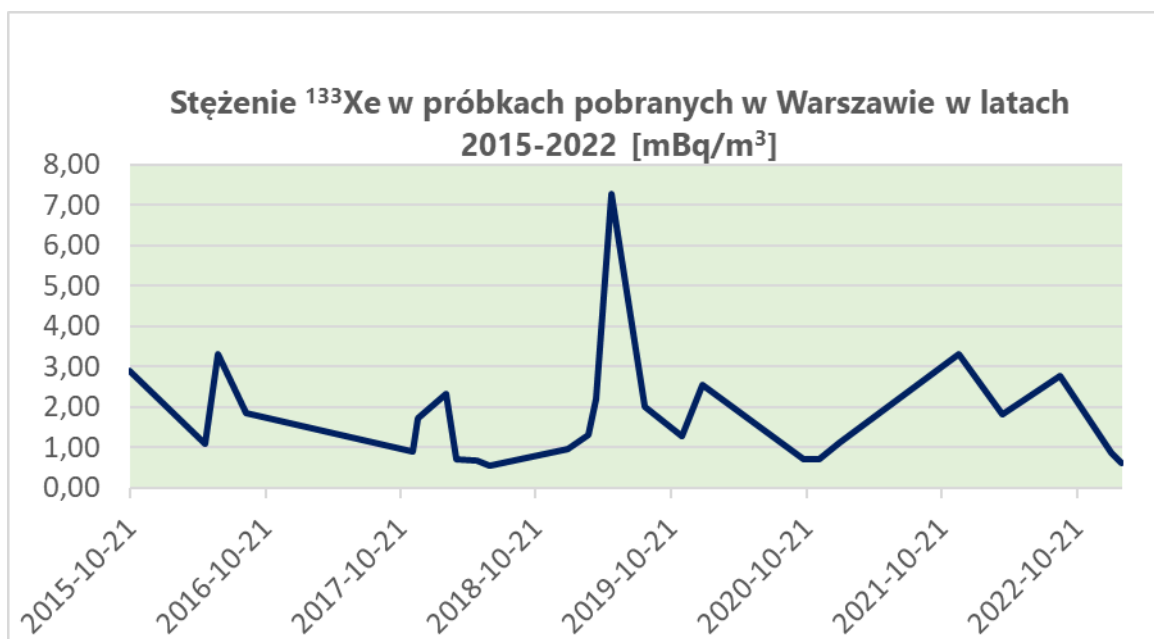
W skali roku wartość średnia stężenia wynosiła 1,50 Bq/m³, przy średnim progu detekcji wynoszącym 0,01 Bq/m³. Wg informacji, jaką otrzymaliśmy z Niemiec, wartość ta jest na poziomie tła panującego w Europie Środkowej wynoszącego ok. 1,5 Bq/m³. Poniżej w formie wykresów przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów w Warszawie w latach 2015-2022.



Rysunek 1. Stężenie ^{85}Kr w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2022



Rysunek 2. Stężenie $^{131\text{m}}\text{Xe}$ w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2022.



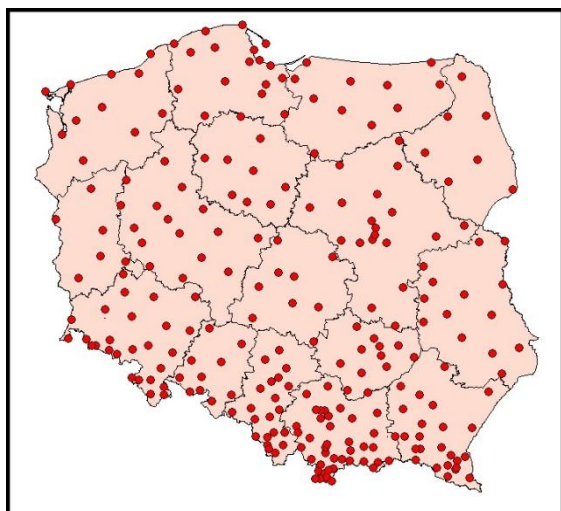
Rysunek. 3. Stężenie ^{133}Xe w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2022.

Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2020-2022 (rok 2022). ZADANIE 3: Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie

*K. Isajenko, K. Wojtkowski, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska
Zakład Dozymetrii
M. Kardaś, A. Fulara
Zakład Higieny Radiacyjnej*

Badania skażeń promieniotwórczych gleby prowadzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce od roku 1988. Próbkę gleby do pomiarów pobiera się w cyklu dwuletnim w sieci stacji i posterunków meteorologicznych należących do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – miejsca poboru pokazane są na Rysunku. 1.

Punkty poboru próbek gleby (254 punkty) są rozmieszczone na terenie całej Polski i zlokalizowane w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Łącznie pobiera się 264 próbki: 254 z warstwy gleby o grubości 10 cm oraz 10 próbek z warstwy o grubości 25 cm.



Rysunek. 1. Punkty poboru gleby w Polsce (październik 2020 rok)

Próbki gleby pobierane są w miejscach, gdzie mikrośrodowisko nie jest zniekształcane lub zmienia się np. przez oranie lub nawożenie, co

umożliwia ocenę nawet niewielkich zmian poziomu skażeń. Taka lokalizacja punktów poboru posiada szereg zalet, a mianowicie:

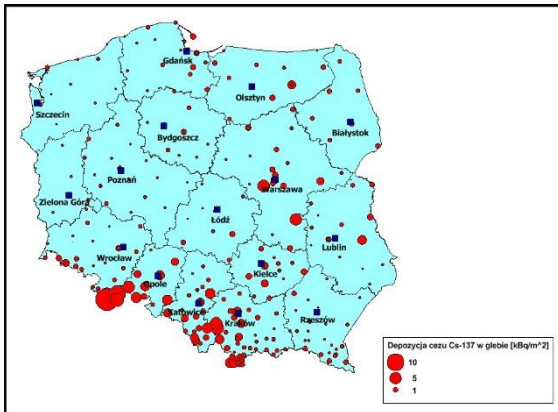
- stałość punktów poboru (możliwość powtarzania badań dla tych samych miejsc, co pozwoli na uchwycenie nawet niewielkich zmian poziomu skażeń);
- w miarę równomierne rozmieszczenie punktów poboru na terenie całego kraju;
- stała obsługa co w przypadku awarii czy wypadku radiacyjnego umożliwia szybkie i sprawne pobranie próbek do badań;
- pobieranie próbek z terenu, gdzie gleba nie była i nie będzie w przyszłości przemieszana (np. orana lub przekopywana) i nawożona, co umożliwia dostarczenie reprezentatywnego materiału do określania stężeń izotopów promieniotwórczych w powierzchniowej warstwie gleby;
- w razie potrzeby możliwość uzyskiwania danych meteorologicznych pozwalających na prowadzenie analiz rozkładów przestrzennych skażeń na danym terenie.

W trzecim etapie pracy (zakończonym 15 marca 2022 roku) wykonano następujące prace:

- Opracowanie i przedstawienie do akceptacji GIOŚ-u konspektu raportu – do dnia 25 stycznia 2022 roku,
- Opracowanie raportu rocznego obrazującego depozycję cezu-137 w powierzchniowej warstwie gleby oraz stężenia radionuklidów naturalnych na podstawie pełnej serii pomiarów próbek pobranych w 2020 r. – raport powinien

zawierać tabele, wykresy i mapy dotyczące otrzymanych wyników,

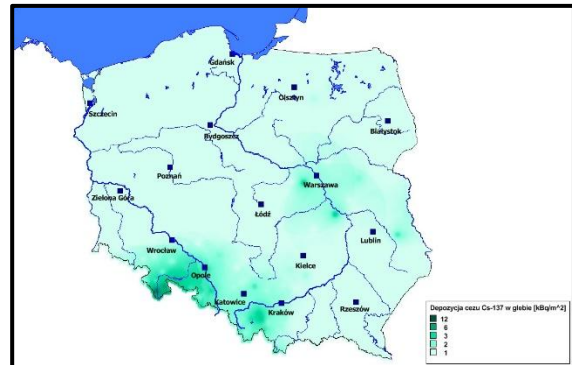
- Uzupełnienie danych pomiarowych za lata 1988-2019 o wyniki otrzymane z pomiarów próbek pobranych w roku 2020,
- Przygotowanie wyników pomiarów w formatach *.xls, *.xlsx, w postaci danych przestrzennych (*.shp) oraz metadanych dla zbiorów danych przestrzennych (*.xml).



Rysunek. 2. Depozycja (stężenie powierzchniowe) cezu ^{137}Cs w Polsce (próbki pobrane jesienią 2020 roku)

Na Rysunku. 2 została przedstawiona w formie kartodiagramu kołowego depozycja (stężenie powierzchniowe) cezu ^{137}Cs w próbkach gleby pobranych z warstwy 0-10 cm jesienią 2020

roku. Rysunek. 3 przedstawia w postaci mapy rastrowej depozycję (stężenie powierzchniowe) cezu ^{137}Cs w próbkach gleby pobranych z warstwy 0-10 cm jesienią 2020 roku



Rysunek. 3. Depozycja (stężenie powierzchniowe) cezu ^{137}Cs w Polsce (próbki pobrane jesienią 2020 roku) przedstawiona w postaci mapy rastrowej.

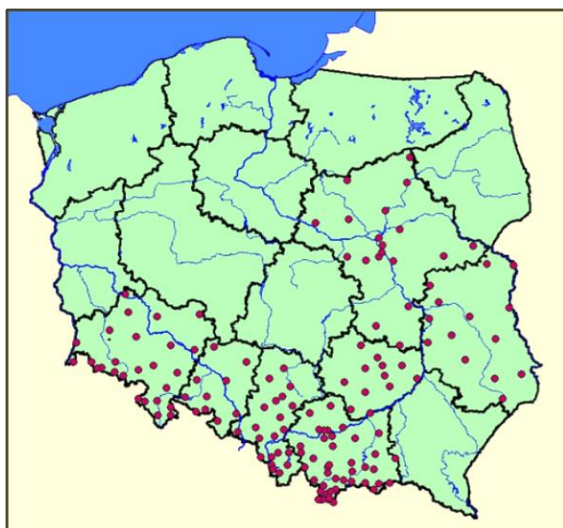
Temat finansowany był ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr ZP/DM/105/2020F z dnia 09 lipca 2020 zawartej pomiędzy Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej a Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska.

Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2022-2024 (rok 2022). ZADANIE 3: Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie

K. Isajenko, K. Wojtkowski, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska
Zakład Dozymetrii
M. Kardaś
Zakład Higieny Radiacyjnej

Badania skażeń promieniotwórczych gleby prowadzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce od roku 1988. Próbkę gleby do pomiarów pobiera się w cyklu dwuletnim w sieci stacji i posterunków meteorologicznych należących do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – miejsca poboru pokazane są na Rys. 1.

W związku z problemami natury ekonomicznej, w roku 2022 pobrano 149 próbek gleby w 145 punktach zlokalizowanych w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej na terenie siedmiu województw. Łącznie pobrano 149 próbek: 144 z warstwy gleby o grubości 10 cm oraz 4 próbki z warstwy o grubości 25 cm.



Rysunek. 1. Punkty poboru gleby w Polsce jesienią 2022 roku

Liczbę punktów, w których została pobrana gleba jesienią 2022 roku w poszczególnych województwach, przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Liczba punktów poboru gleby w Polsce (jesień 2022 rok) w poszczególnych województwach

L.p.	Województwo	Ilość pobranych próbek
1.	dolnośląskie	27
2.	lubelskie	15
3.	małopolskie	43
4.	mazowieckie	20
5.	opolskie	10
6.	śląskie	22
7.	świętokrzyskie	12
POLSKA:		149

Próbki gleby pobierane są w miejscach, gdzie mikrośrodowisko nie jest zniekształcane lub zmieniane np. przez oranie lub nawożenie, co umożliwia ocenę nawet niewielkich zmian poziomu skażeń. Taka lokalizacja punktów poboru posiada szereg zalet, a mianowicie:

- stałość punktów poboru (możliwość powtarzania badań dla tych samych miejsc, co pozwoli na uchwycenie nawet niewielkich zmian poziomu skażeń);
- w miarę równomierne rozmieszczenie punktów poboru na terenie całego kraju;
- stała obsługa co w przypadku awarii czy wypadku radiacyjnego umożliwia szybkie i sprawne pobranie próbek do badań;
- pobieranie próbek z terenu, gdzie gleba nie była i nie będzie w przyszłości przemieszana (np. orana lub przekopywana) i nawożona, co umożliwia dostarczenie reprezentatywnego materiału do określania stężeń izotopów promieniotwórczych w powierzchniowej warstwie gleby;
- w razie potrzeby możliwość uzyskiwania danych meteorologicznych pozwalających

na prowadzenie analiz rozkładów przestrzennych skażeń na danym terenie.

W roku 2022 w ramach opisywanej pracy zrealizowano następujące zadania:

- wykonano pobór 149 próbek gleby w 145 punktach (145 próbek pobranych z warstwy o grubości 10 cm oraz 4 próbki z warstwy o grubości 25 cm);
- prowadzono koordynację poboru próbek;
- opracowano sprawozdanie zawierające opis przeprowadzenia poboru prób (metodykę poboru, terminy pobrania poszczególnych próbek, opis sposobu transportu i przechowywania próbek).

W roku 2023 wszystkie pobrane próbki zostaną przygotowane do pomiaru i zmierzone z wykorzystaniem wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania jonizującego.

Finansowanie

Temat finansowany był ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr GIOŚ/ZP/304/DMŚ/NFOŚ z dnia 08 listopada 2022 zawartej pomiędzy Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej a Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska.

Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500 (rok 2022).

K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kielbasińska,
Zakład Dozymetrii

Dla oceny dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów promieniotwórczych drogą oddechową, korzystaliśmy z następującego wzoru:

$$D = \sum_i D_i$$

Gdzie:

D – jest obliczoną dawką skuteczną otrzymaną od izotopów wchłanianych układem oddechowym,

D_i – jest dawką skuteczną od pojedynczego (i-tego) izotopu. W niniejszej pracy bierzemy pod uwagę tylko dawki otrzymane od następujących izotopów: naturalnych – berylu ^7Be , potasu ^{40}K , ołowiu ^{210}Pb , radu ^{226}Ra i aktynu ^{228}Ac oraz od wszystkich izotopów pochodzenia sztucznego, których stężenia zostały określone na poziomach przekraczających limity detekcji (przy czym cez ^{137}Cs oraz jod ^{131}I uwzględniamy zawsze).

UWAGA – jeśli stężenie jakiegoś radionuklidu nie przekraczało wartości limitu detekcji (LLD), to do obliczenia dawki skutecznej przyjmujemy wartość LLD. W ten sposób oczywiście obliczone dawki skuteczne są zawyżone w stosunku do rzeczywistych dawek otrzymywanych przez mieszkańców Polski.

Dawkę skuteczną otrzymaną od wchłonięcia poprzez układ oddechowy pojedynczego radionuklidu promieniotwórczego (D_i) dla osoby z grupy wiekowej g obliczamy, stosując następujący wzór:

$$D_i = A_{w,i} \cdot e(g)_i \cdot V(g)_{odd} \cdot T$$

Gdzie:

D_i – jest dawką skuteczną od pojedynczego izotopu,

$A_{w,i}$ – jest aktywnością właściwą (stężeniem promieniotwórczym) i -tego izotopu w powietrzu atmosferycznym (zmierzonego w sieci stacji ASS-500 w danej lokalizacji),

$e(g)_i$ – jest wartością obciążającej dawki skutecznej dla i -tego izotopu dla osoby z grupy wiekowej g ,

$V(g)_{odd}$ – jest wydajnością (prędkością) oddychania osoby z grupy wiekowej g ,

T – jest to czas dla którego jest liczona dawka skuteczna (czyli tydzień, miesiąc, kwartał lub rok).

Współczynniki inhalacyjne dla dzieci w różnym wieku oraz osób dorosłych zostały określone w „*Human respiratory tract model for radiological protection*. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994”. Przedstawia je Tabela 1.

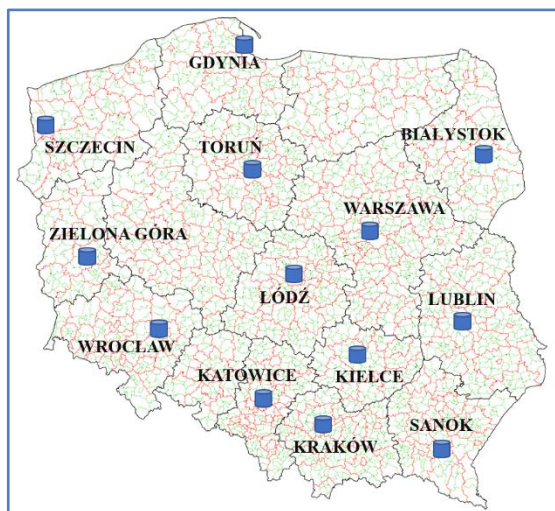
Tabela 1. Prędkości oddychania dzieci w różnym wieku oraz osób dorosłych. [2]

Grupa wiekowa	≤ 1 rok	1÷2 lat	2÷7 lat	7÷12 lat	12÷17 lat	> 17 lat
Prędkość oddychania [m ³ /doba]	5,2	6,5	12,2	17,2	21,4	22,2

Obciążającą dawką skuteczną $e(g)$ dla osób z ogółu ludności od wniknięcia radionuklidu o aktywności 1 Bq drogą oddechową (Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/2005, poz. 168)) przedstawia Tabela 2.

Tabela 2. Wartości obciążającej dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów układem oddechowym dla wybranych radionuklidów (dla różnych grup wiekowych).

Izotop	Okres połowicznego rozpadu	Wartości e(g) w [Sv/Bq] dla grupy wiekowej g:					
		≤ 1 roku	1+2 lat	2+7 lat	7+12 lat	12+17 lat	> 17 lat
¹³⁷ Cs	30,0 lat	8,8·10 ⁻⁹	5,4·10 ⁻⁹	3,6·10 ⁻⁹	3,7·10 ⁻⁹	4,4·10 ⁻⁹	4,6·10 ⁻⁹
¹³¹ I	8,04 dnia	7,2·10 ⁻⁸	7,2·10 ⁻⁸	3,7·10 ⁻⁸	1,9·10 ⁻⁸	1,1·10 ⁻⁸	7,4·10 ⁻⁹
⁷ Be	53,3 dnia	2,5·10 ⁻¹⁰	2,1·10 ⁻¹⁰	1,2·10 ⁻¹⁰	8,3·10 ⁻¹¹	6,2·10 ⁻¹¹	5,0·10 ⁻¹¹
⁴⁰ K	1,28 10 ⁹ lat	2,4·10 ⁻⁸	1,7·10 ⁻⁸	7,5·10 ⁻⁹	4,5·10 ⁻⁹	2,5·10 ⁻⁹	2,1·10 ⁻⁹
²¹⁰ Pb	22,3 lat	4,7·10 ⁻⁶	2,9·10 ⁻⁶	1,5·10 ⁻⁶	1,4·10 ⁻⁶	1,3·10 ⁻⁶	9,0·10 ⁻⁷
²²⁶ Ra	1,60 10 ³ lat	1,5·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻⁵	7,0·10 ⁻⁶	4,9·10 ⁻⁶	4,5·10 ⁻⁶	3,5·10 ⁻⁶
²¹⁰ Ac	6,13 godz.	1,8·10 ⁻⁷	1,6·10 ⁻⁷	9,7·10 ⁻⁸	5,7·10 ⁻⁸	2,9·10 ⁻⁸	2,5·10 ⁻⁸



Wyniki pomiarów oparte zostały na pomiarach stężeń radionuklidów promieniotwórczych zmierzonych w filtrach powietrza eksponowanych w sieci stacji ASS-500. Poniżej, na Rysunku. 1, przedstawiono rozmieszczenie stacji ASS-500 w Polsce:

Rysunek. 1. Rozmieszczenie stacji ASS-500 na terenie naszego kraju

Stacje ASS-500 zlokalizowane są w następujących instytucjach:

Warszawa – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Zakład Dozymetrii

Białystok – Uniwersytet Medyczny, Zakład Biofizyki

Gdynia – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB, Oddział Morski

Katowice – Główny Instytut Górnictwa, Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej im. Marii Goepfert-Mayer

Kielce – Uniwersytet Jana Kochanowskiego

Kraków – Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. Henryka Niewodniczańskiego, Zakład Fizykochemii Jądrowej, Pracownia Badań Skażeń Promieniotwórczych Środowiska

Lublin – Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, Wydział Chemii, Zakład Radiochemii i Chemii Koloidów

Łódź – Politechnika Łódzka, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej

Sanok – Wojewódzka Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna w Rzeszowie, Laboratorium Pomiarów Promieniowania w Sanoku

Szczecin – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny, Instytut Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska

Toruń – Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Fizyki

Wrocław – Politechnika Wroclawska, Zakładowy Inspektor Ochrony Radiologicznej

Zielona Góra – Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów.

W związku z wybuchem wojny na Ukrainie i niebezpieczeństwem zajścia zdarzenia radiacyjnego (w działających elektrowniach jądrowych na terenie Ukrainy), Prezes Państwowej Agencji Atomistyki zarządził przejście stacji ASS-500 w stan alarmowy w okresie od 28 marca 2022 do końca roku – filtry w stacjach były wymieniane dwa razy w tygodniu.

Wyniki pomiarów stężeń poszczególnych radionuklidów w aerozolu atmosferycznym pobranych z przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego przedstawiono w tabeli 3. W tabeli podano również miejsce i okres wystąpienia maksymalnego stężenia dla każdego radionuklidu.

Tabela 3. Średnie roczne (dla całej Polski) stężenia radionuklidów w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego w 2022 roku

Radionuklid	Stężenie w powietrzu, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Wartość średnia (zakres)	Liczba oznaczeń	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
¹³⁷ Cs	0,63 ± 0,02 (<0,11 ÷ 12,82)	1244	Warszawa, 25.08 – 29.08
¹³¹ I	0,89 ± 0,02 (<0,08 ÷ <3,74)	1244	Wrocław, 29.12.2022 – 02.01.2023
⁷ Be	3076 ± 42 (125 ÷ 10018)	1244	Lublin, 09.05 – 12.05
⁴⁰ K	16,8 ± 0,4 (<2,1 ÷ 121,6)	1244	Katowice, 28.11 – 01.12
²¹⁰ Pb	400 ± 8 (<32 ÷ 2077)	1244	Gdynia, 26.05 – 30.05
²²⁶ Ra	8,9 ± 0,1 (<1,9 ÷ <42,9)	1244	Wrocław, 29.12.2022 – 02.01.2023
²¹⁰ Ac	1,86 ± 0,03 (<0,13 ÷ <11,16)	1244	Wrocław, 21.03 – 24.03

Dawki skuteczne (efektywne) otrzymane drogą inhalacyjną wahały się od wartości 2,064 μSv rocznie dla dzieci w wieku 2-7 lat mieszkających w Białymstoku do wartości 6,337 μSv dla młodzieży

w wieku 12-17 lat. Maksymalna dawka skuteczna została obliczona dla mieszkańców Lublina.

Obliczone dawki pochodzące od radionuklidów znajdujących się w powietrzu atmosferycznym, otrzymywane przez mieszkańców naszego kraju są bardzo niskie.

Wyniki otrzymane w powyższej pracy pokazały, że dawki te są na poziomie ułamkowych części dawek granicznych.

Finansowanie

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki na podstawie umowy nr 84/2021/CEZAR/279 z dnia 27 grudnia 2021.

ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania tworzą dwie pracownie: Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) oraz Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR), w których zatrudnionych jest 13 osób. Podstawowymi zadaniami Zakładu jest prowadzenie prac badawczo rozwojowych oraz świadczenie usług z zakresu:

- dozymetrii indywidualnej,
- wzorcowania przyrządów dozymetrycznych,
- wzorcowania przyrządów radonowych,
- eksponowania detektorów pasywnych w referencyjnych polach promieniowania neutronowego, gamma, X oraz beta,
- eksponowania pasywnych detektorów radonowych we wzorcowych stężeniach radonu w powietrzu,
- pomiarami jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka,
- pomiaru radonu w wodzie metodą emanometrii,
- pomiarami stężenia aktywności radonu w powietrzu w miejscach pracy i budynkach mieszkalnych.

W ramach rozwoju naukowego pracownicy Zakładu z powodzeniem realizują badania w ramach prac doktorskich. Dzięki stałej współpracy Zakładu z ośrodkami akademickimi w jednostce prowadzone są zajęcia laboratoryjne dla studentów w zakresie dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego. Rezultatem tej współpracy są prace inżynierskie i magisterskie.

Prace badawcze prowadzone w Zakładzie publikowane są w czasopismach naukowych. Artykuły naukowe publikowane przez pracowników Zakładu odnaleźć można w takich czasopismach jak: Radiation Protection Dosimetry, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Nukleonika, Central European Journal of Physics czy Physica Scripta. Wyniki prac badawczych prezentowane są również na konferencjach, głównie o zasięgu międzynarodowym.

Zakład nieustannie rozwija swój potencjał badawczy poprzez rozwój infrastruktury badawczej oraz nawiązywanie współpracy naukowej na poziomie krajowym oraz międzynarodowym. Na gruncie krajowym, poza wspomnianą już współpracą z ośrodkami akademickimi, pracownicy Zakładu czynnie uczestniczą w działalności stowarzyszeń oraz platform naukowych. Do najważniejszej działalności w tym zakresie zaliczyć należy przede wszystkim współpracę w ramach Centrum Radonowego. Kolejnym stowarzyszeniem w którym czynny udział biorą pracownicy Zakładu jest Women in Nuclear Polska (WiN) oraz PTBR. Oprócz powyższych pracownicy Zakładu są również audytorami technicznymi Polskiego Centrum Akredytacji, Polskiego Komitetu Normalizacyjnego oraz członkami Zespołu do spraw krajowego planu działania w przypadku narażenia na radon Głównego Inspektoratu Sanitarnego.

W ramach współpracy międzynarodowej organizacją, w której udzielają się pracownicy Zakładu jest przede wszystkim grupa EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) ukierunkowana na działania naukowe oraz wymianę doświadczeń w zakresie dozymetrii promieniowania jonizującego, spektrometrii gamma oraz problemów badawczych w zakresie narażenia różnych grup zawodowych na promieniowanie jonizujące. Kolejną organizacją, w której udzielają się pracownicy Zakładu jest OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development), a dokładnie działania w ramach jednej z agencji tejże organizacji – Nuclear Energy Agency. Pracownicy Zakładu udzielają się również w IPNDV (International Partnership for Nuclear Disarmament Verification).

W ramach badawczej współpracy międzynarodowej w Zakładzie realizowane są prace w ramach międzynarodowych projektów, jak na przykład traceRadon (<http://traceradon-empir.eu/>), czy EU-RADION (<https://eu-radion.eu/>).

Organizacyjnie w ramach Zakładu wyodrębnione zostały dwie pracownie. Pierwsza -

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR), posiadająca status laboratorium wzorcującego w kontekście wymagań akredytacyjnych PCA oraz druga, funkcjonująca jako laboratorium badawcze - Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDliŚ).

Wszystkie metody wzorcowania stosowane w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych posiadają akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (AP 057) i są zgodne z wymaganiami normy międzynarodowej ISO/IEC 17025. Infrastruktura badawcza Laboratorium podzielona została na sześć stanowisk pomiarowych: Stanowisko Gamma, Stanowisko RTG, Stanowisko Neutronowe, Stanowisko Radonowe, Stanowisko Beta oraz Stanowisko Skażeń Promieniotwórczych. Aparatura badawcza umożliwia wykonywanie ekspozycji z precyzją wartości wzorcowych na poziomie 4 %. W Laboratorium rocznie realizowanych jest około 1 300 kalibracji przyrządów dozymetrycznych, głównie przy wykorzystaniu promieniowania gamma, promieniowania X oraz źródeł skażeń powierzchniowych. W kontekście wdrażanych wymagań europejskich w zakresie limitów stężenia radonu w budynkach mieszkalnych oraz miejscach pracy, ważną działalnością Laboratorium są prace z wykorzystaniem radonowej komory klimatycznej. Dodatkowo na szczególną uwagę zasługuje wyposażenie komory radonowej, na które składa się między innymi układ RPPSS (Radon Progeny Particle Size Spectrometr) – jedyna tego typu aparatura w Europie oraz jedna z dwóch na świecie, umożliwiająca badanie rozkładu średnic pochodnych radonu. Poza komorą radonową, bez wątplenia unikatową infrastrukturę Laboratorium stanowi generator neutronów typu D-T. Urządzenie jest obecnie jednym z niewielu tego typu w Polsce wykorzystywanym do prac w zakresie metrologii promieniowania neutronowego.

W ramach Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych funkcjonują obecnie cztery stanowiska badawcze: Stanowisko TLD, stanowisko pomiaru jodu w tarczycy, stanowisko pomiarów stężenia radonu w wodzie oraz stanowisko pomiarów stężenia radonu w powietrzu. Badania na wszystkich stanowiskach ukierunkowane są finalnie na ocenę dawek indywidualnych ludności oraz osób narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące, wynikające narażenia zewnętrznego jak i ocenę dawki skutecznej w wyniku wchłonięć izotopów promieniotwórczych (narażenie wewnętrzne). Wszystkie metody badawcze wdrożone w PDliŚ posiadają akredytację PCA (AB 450). Laboratorium poza pracami badawczymi oraz rutynową kontrolą ludności pełni również zadanie polegające na utrzymywaniu w pełnej gotowości stanowisk badawczych niezbędnych do oceny narażenia populacji w wyniku zdarzeń radiacyjnych lub awarii jądrowych mających wpływ na stan radiologiczny kraju.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania CLOR prowadzi szeroką działalność związaną z zadaniami statutowymi CLOR. Badania prowadzone w Zakładzie mają istotny wpływ na obecny oraz przyszły stan ochrony radiologicznej oraz bezpieczeństwa jądrowego Polski. Jest on jednocześnie doskonałym miejscem kształcenia nowej kadry specjalizującej się w zagadnieniach dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego.

Doświadczenie oraz wiedza zdobyta przez pracowników Zakładu, dzięki prowadzonym badaniom oraz współpracy krajowej i międzynarodowej stanowi nieocenioną wartość w kontekście planowanej budowy w Polsce pierwszej elektrowni jądrowej, pomiarów radonu w środowisku, ale również w kontekście ciągłego rozwoju zastosowania źródeł promieniowania jonizującego w medycynie, nauce oraz przemyśle.

Funkcjonowanie Systemu Zarządzania Jakością w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych w roku 2022

A. Milewska

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych wchodzi w skład Zakładu Kontroli Dawek i Wzorcowania. Posiada Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego nr AP 057 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. Zakres akredytacji (wyd. 18 z dnia 22.11.2022) obejmuje wielkości dozymetryczne, powierzchniową emisję promieniowania oraz pomiary stężenia radonu.

W odniesieniu do personelu w LWPDiR nastąpiła zmiana osoby pełniącej funkcję Kierownika ds. Technicznych. Funkcję tę powierzono Pani Alicji Jakubowskiej. Zmiana nastąpiła także na stanowisku Kierownika ds. Jakości. Funkcję tę objęła Pani Aneta Milewska. W roku 2022 z CLOR pożegnała się Pani Alicja Kudynowska, a na Jej miejscu zatrudniono Panią Annę Pachucką.

Struktura LWPDiR pozostała bez zmian. Laboratorium prowadzi:

- wzorcowanie dawkomierzy z komorami jonizacyjnymi, mierników mocy dawki i dawki promieniowania jonizującego, mierników powierzchniowych skażeń promieniotwórczych alfa i beta
- działalność w zakresie eksponowania wzorcowymi stężeniami detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu
- wzorcowania przyrządów do pomiaru stężenia radonu i stężenia energii potencjalnej, a produktów rozpadu radonu
- prace w zakresie napromieniania wzorcowymi dawkami dawkomierzy pasywnych.

W roku 2022 r. przeprowadzone zostały 2 audyty wewnętrzne. W raportach auditor nie odnotował żadnych spostrzeżeń oraz niezgodności. Auditor zaznaczył jednak, że wdrożony w LWPDiR system zarządzania podlegał jedynie nieznaczącym zmianom, a obszarem do doskonalenia, jest aktualizacja/ modyfikacja i minimalizacja dokumentacji stanowiącej system zarządzania.

W lipcu 2022 r. odbył się przegląd zarządzania, na którym omówione zostały wymagania ujęte w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 oraz sprawy bieżące. Podczas przeglądu omówione zostały cele i zadania ustanowione na wcześniejszym przeglądzie zarządzania. W pełni zostały zrealizowane zadania dotyczące edukacji personelu oraz doskonalenie systemu zarządzania w obszarze dotyczącym zakupu/modernizacji kamer oraz monitorów na salach kalibracyjnych używanych podczas procesu wzorcowania przyrządów oraz kalibracja wzorców odniesienia na stanowisku kalibracyjnym beta.

Cele odnoszące się do modernizacji układu klimatyzacji (utrzymanie odpowiednich parametrów temperatury i wilgotności) w salach gamma oraz RTG, zakupu i wymiany aparatu rentgenowskiego używanego do wzorcowania przyrządów dozymetrycznych (SKR) są w trakcie realizacji.

W trakcie przeglądu zarządzania przedstawione zostały wyniki Ankiety stopnia zadowolenia Klienta. Wynika z nich, że Laboratorium spełnia potrzeby i oczekiwania klientów, czego dowodem jest fakt, że ponad 96% ankietowanych wyraża swoją gotowość polecenia go innym klientom. Ponad 98% Klientów uznało, że jakość wykonywanych usług jest na poziomie BARDZO DOBRYM i DOBRYM. W zakresie poziomu obsługi klienta najwyższe noty laboratorium uzyskało za wiedzę i kompetencje (93,55%), sposób i terminowość załatwiania spraw (87,10%).

We wrześniu 2022 przeprowadzona została ocena w procesie nadzoru. Zgodnie z otrzymanym od PCA raportem z oceny potwierdzono, że LWPDiR spełnia wymagania akredytacyjne określone w normie PNEN17025:2018-02 oraz, że pozyskano dowody z oceny uzasadniające dostateczne zaufanie do kompetencji laboratorium AP 057 w obszarze posiadanej akredytacji.

Utrzymanie Systemu Zarządzania Jakością w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych w roku 2022

A. Milewska

Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych wchodzi w skład Zakładu Kontroli Dawek i Wzorcowania. Posiada Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego nr AB 450 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. Laboratorium wykonuje badania stosując normę PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02.

Zakres akredytacji (wyd. 17 z dnia 15.11.2022) obejmuje badania radiochemiczne i promieniowania – w tym nuklearne w obiektach i materiałach biologicznych przeznaczonych do badań, wody, powietrza, wyrobów innych – dawkomierzy.

W czerwcu 2022 r. przeprowadzone zostały 2 audyty wewnętrzne. W raportach z audytów potwierdzono zgodność działalności PDliŚ z wymaganiami normy oraz dokumentami akredytacyjnymi.

W lipcu 2022 r. odbył się przegląd zarządzania, na którym omówione zostały wszystkie wymagania ujęte w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 oraz sprawy bieżące. Podczas przeglądu omówione zostały cele i zadania ustanowione na poprzednim przeglądzie zarządzania. W pełni zostało zrealizowane zadanie dotyczące rozszerzenia zakresu akredytacji o pomiar średniorocznego stężenia radonu w powietrzu. Natomiast zadania dotyczące rozbudowy stanowiska do pomiaru radonu w powietrzu w celu zwiększenia przepustowości na etapie trawienia detektorów oraz cyfrowego podpisu zostały przesunięte na kolejny okres. Zadanie odnoszące się do opracowania studium wykonalności dla stworzenia systemu do obsługi klientów dla pomiarów radonu w powietrzu i radonu w wodzie zostało wstrzymane (odłożenie decyzji o utworzeniu systemu).

W trakcie przeglądu zarządzania przedstawione zostały wyniki Ankiety stopnia zadowolenia Klienta. W wynikach przereklamowanej „Ankiety zadowolenia Klienta” przeważają oceny na poziomie BARDZO DOBRYM oraz DOBRYM. Stopień

Klientów oceniających ogólne wrażenie ze współpracy z PDliŚ na poziomie BARDZO DOBRYM oraz DOBRYM (łącznie) wynosi 100%.

Wysoko oceniona została wiedza i kompetencje pracowników PDliŚ – 91,83% Klientów oceniło ten obszar na poziomie BARDZO DOBRYM. Powyżej 80%, oceniono poziom obsługi Klienta, a 87,80% poleciłoby nasze usługi innym Klientom.

We wrześniu 2022 przeprowadzona została ocena w procesie nadzoru. Zgodnie z otrzymanym od PCA raportem z oceny, Laboratorium spełnia wymagania akredytacyjne określone w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 oraz specyficzne wymagania akredytacyjne w zakresie posiadanej akredytacji. W raporcie odnotowana została 1 niezgodność oraz 1 spostrzeżenie. Niezgodność została przeanalizowana, dokonano korekcji oraz wdrożono działania korygujące. Natomiast do spostrzeżenia oceniony został poziom ryzyka.

W roku 2022 nie było istotnych zmian personalnych. Kierownikiem Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych pozostaje Pani Grażyna Krajewska. Funkcję zastępcy Kierownika PDliŚ oraz Kierownika ds. Technicznych pełni Pani Zuzanna Pawłowska. We wrześniu 2022 do zespołu dołączyła Pani Anna Pachucka, która przejęła obowiązki Pani Małgorzaty Trąbińskiej.

Również, struktura PDliŚ pozostała bez zmian. Pracownia prowadzi badania na 4 stanowiskach pomiarowych, tj.

- pomiary stężenia radonu w próbkach ciekłych
- pomiary stężenia radonu w powietrzu
- pomiary indywidualnego narażenia na promieniowanie jonizujące osób zatrudnionych w zakładach stosujących źródła promieniowania jonizującego
- pomiary aktywności jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka.

Działalność służby dozymetrycznej CLOR w ramach umowy zawartej z Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki

Ł. Modzelewski

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej zawarło umowę na okres od 01.06.2021 do 01.06.2023 roku z Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki zobowiązującą ekipę dozymetryczną do wyjazdu na polecenie dyżurnego Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych w celu prowadzenia działań i pomiarów na miejscu zdarzenia radiacyjnego oraz dokonywania oznaczeń laboratoryjnych, służących ocenie zagrożenia spowodowanego tym zdarzeniem. Ekipy dozymetryczne CLOR składają się z 5 zespołów po 2 osoby w każdym i pełnią 12 godzinne dyżury.

Zobowiązania wynikające z podpisanej umowy:

- Zapewnienie gotowości wyjazdu ekipy dozymetrycznej na miejsce zdarzenia radiacyjnego w czasie nie dłuższym niż 3 godziny od chwili otrzymania polecenia wyjazdu od dyżurnego CEZAR,
- Zapewnienie utrzymania (z wykorzystaniem własnych środków technicznych) całodobowej łączności telefonicznej pomiędzy dyżurnym CEZAR a Wykonawcą,
- Przeprowadzenie na miejscu zdarzenia z wykorzystaniem przenośnej aparatury pomiarów umożliwiających:
 - określenie wartości przestrzennego równoważnika dawki prom. gamma
 - określenie powierzchniowych skażeń prom. od izotopów alfa, beta, gamma
 - wykrycie izotopowych źródeł neutronowych
 - wykrycie i wstępną identyfikację izotopów promieniotwórczych oraz materiałów jądrowych,
- Współdziałanie z dyżurnym CEZAR oraz z innymi służbami działającymi na miejscu zdarzenia w tym z organami ścigania,
- Wykonywanie dokumentacji fotograficznej miejsca zdarzenia oraz zabezpieczonych

materiałów jądrowych, źródeł i odpadów promieniotwórczych,

- Zapewnienie wykonywania laboratoryjnych oznaczeń ilościowych i jakościowych izotopów promieniotwórczych w pobranych próbkach przy wykorzystaniu metod spektrometrycznych lub przy zastosowaniu metod radiochemicznych,
- Zapewnienie wykonywania laboratoryjnych określeń procentowego składu izotopowego materiałów jądrowych pochodzących z miejsca zdarzenia radiacyjnego,
- Sporządzanie raportów z wyjazdów ekip dozymetrycznych w terminie do 2 dni od zakończeniu działań na miejscu zdarzenia radiacyjnego,
- Przygotowywanie comiesięcznych sprawozdań dotyczących wywiązywania się z zawartej umowy w formie pisemnej w terminie do 10-ego dnia następnego miesiąca,
- Przeprowadzenie instruktażu teoretycznego i praktycznego związanego z działalnością ekipy dozymetrycznej dla 20 osób wyznaczonych przez Dyrektora Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych,
- Uczestnictwo na polecenie Prezesa PAA w ćwiczeniach związanych z reagowaniem na zdarzenia radiacyjne.

Ekipa dozymetryczna Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej do obecnej chwili otrzymała 3 polecenia wyjazdów i prowadzenia działań na miejscach zdarzeń radiacyjnych zlokalizowanych na terenie kraju oraz brała udział w ćwiczeniu praktycznym związanym z reagowaniem na zdarzenia radiacyjne pod kryptonimem „LUBUSKIE ŻYWIOŁY”.

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2022 r.

Ł. Modzelewski

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych funkcjonuje w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej od 1967 roku. W 2003 roku Laboratorium uzyskało Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego nr AP 057 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. Od tego czasu wzorcowania wykonywane są zgodnie z zaleceniami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2019.

Kluczowym zadaniem LWPDiR jest wzorcowanie dawkomierzy z komorami jonizacyjnymi, mierników mocy dawki i dawki promieniowania jonizującego, mierników powierzchniowych skażeń promieniotwórczych alfa oraz beta oraz działalności w zakresie ekspozycji wzorcowymi stężeniami detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu oraz wzorcowania przyrządów do pomiaru stężenia radonu i stężenia energii potencjalnej, a produktów rozpadu radonu. Laboratorium prowadzi również prace w zakresie napromieniania wzorcowymi dawkami dawkomierzy pasywnych TLD.

Jest to jedyne w Polsce laboratorium z tak szeroką ofertą pomiarową- akredytowanych jest sześć metod wzorcowania:

- stanowisko kalibracyjne gamma wyposażone w trzy źródła promieniotwórcze ameryk-241, cez-137 oraz kobalt-60, odpowiednio o energii 59,5 keV, 662 keV oraz 1250 keV,
- stanowisk kalibracyjne RTG, umożliwiające wzorcowanie w zakresie widm wąskich N-40 do N-300 (energie od 33 do 250 keV),
- stanowisko kalibracyjne skażeń powierzchniowych wyposażone w trzy źródła betapromieniotwórcze węgiel-14, stront-90, chlor-36 i jedno alfapromieniotwórcze- ameryk-241,
- stanowisko kalibracyjne beta-jedyne w Polsce, umożliwia wzorcowanie przyrządów w wiązce promieniowania beta od źródeł stront-90 lub krypton-85,
- stanowisko kalibracyjne neutronowe wyposażone w źródło ameryk-241/beryl,

- stanowisko kalibracyjne radonowe- wyposażone w komorę radonową o objętości 12 m³, dwa źródła radu-226.

Dzięki tak szerokiej ofercie pomiarowej istnieje możliwość doboru zakresu wzorcowania bardzo dobrze dopasowanego do indywidualnych potrzeb i wymagań klientów.

W 2022 roku do laboratorium wpłynęło 1415 zleceń wzorcowania, wykonano:

- 1091 wzorcowania przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania gamma,
- 583 wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania beta i alfa,
- 326 wzorcowań przyrządów dozymetrycznych dla promieniowania X,
- 13 wzorcowania na stanowisku radonowym,
- 28 wzorcowań na stanowisku neutronowym,
- 1 wzorcowanie na stanowisku kalibracyjnym beta.
- 25 protokołów niezdatności

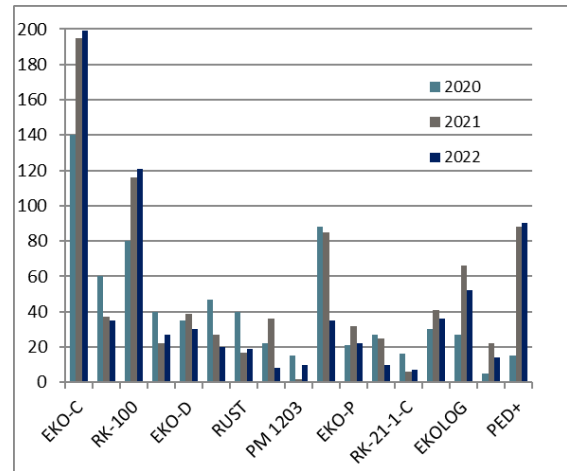
Liczbę przeprowadzonych wzorcowań na danych stanowiskach kalibracyjnych przedstawia wykres kołowy na Rysunku 1.



Rysunek 1. Wzorcowania wykonane w 2021 r. w LWPDiR

W 2022 roku najczęściej wzorcowanymi przyrządami były kolejno EKO-C, PED+ oraz RK-100. Należy zaznaczyć, że są to przyrządy polskiej produkcji służące do pomiaru mocy dawki promieniowania gamma i X, dodatkowo w przypadku EKO-C i RK-100 istnieje możliwość pomiarów skażeń promieniotwórczych emiterami alfa i beta. Zestawienie najczęściej wzorcowanych typów przyrządów na przestrzeni ostatnich trzech lat przedstawiono na Rysunku 2.

Rysunek 2. (po prawej) Najczęściej wzorcowane przyrządy w LWPDiR (2020 ÷ 2022 r.)



Zapewnienie i utrzymanie systemu zapewnienia jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych – część techniczna

Ł. Modzelewski

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych będące częścią Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej uzyskało Akredytację Laboratorium Wzorcującego w 2003 roku wydaną przez Polskie Centrum Akredytacji. Od tego czasu wzorcowania w Laboratorium wykonywane są zgodnie z zakresem akredytacji nr AP 057 oraz wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2019.

LWPDiR to jedyne w Polsce laboratorium z tak szeroką ofertą pomiarową- akredytowanych jest sześć metod wzorcowania:

- QPP 1G Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania gamma.
- QPP 1R Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania rentgenowskiego.
- QPP 2S Wzorcowanie mierników i monitorów powierzchniowej emisji promieniowania emiterami alfa i beta.
- QPP 1WRn Wzorcowanie przyrządów do pomiaru stężenia radonu w powietrzu, stężenia energii potencjalnej α krótkożyciowych pochodnych radonu oraz ekspozycje detektorów wzorcowymi stężeniami radonu.
- QPP B Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania beta.
- QPP N Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania neutronowego.

Według wytycznych normy ISO 17025 ważnym aspektem jest zachowanie spójności pomiarowej. Spójność pomiarowa zachowana jest

dzięki wzorcowaniu wzorców odniesienia (przedstawionych na Rysunku 1)

w europejskich akredytowanych laboratoriach wzorcujących, takich jak PTB, PTW, STUK, SUJCHBO, GUM. Zachowanie spójności pomiarowej jest warunkiem jednoznaczności wyników pomiarów, umożliwiającym ich wzajemne porównanie.



Rysunek 1. Wzorce odniesienia w LWPDiR

Spójność pomiarowa uzyskiwana jest również poprzez udział w porównaniach międzylaboratoryjnych.

Kolejnym ważnym wymaganiem normy 17025 jest monitorowanie zapewnienia jakości wykonywanych wzorcowań, które w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych polega na:

- kontroli powtarzalności i odtwarzalności na stanowiskach kalibracyjnych,
- sprawdzeniu wzorcowego promieniowania gamma zgodnie z instrukcją QIS 1G,
- sprawdzeniu wzorcowego promieniowania rentgenowskiego zgodnie z instrukcją QIS 1R,
- sprawdzeniu przyrządów stanowiska radonowego zgodnie z instrukcją QIS 1WRn,
- sprawdzeniu źródeł powierzchniowych, zgodnie z instrukcjami zawartymi w procedurze QPP 2S,
- sprawdzeniu wzorcowego promieniowania beta zgodnie z procedurą QPP B,

- sprawdzeniu wzorcowego promieniowania neutronowego zgodnie z procedurą QPP N,

- walidacji obliczeń w arkuszach Excel.

Kontrola jakości pomiarów w roku 2022 obejmowała 31 działań, wszystkie zostały wykonane z powodzeniem. Kontrola jest prowadzona kompleksowo i obejmuje zarówno sprawdzanie sprzętu pomiarowego, charakterystyki wiązki promieniowania, „czynnika ludzkiego”, jak również programu ułatwiającego wyznaczanie współczynnika kalibracji. Każde z wykonywanych sprawdzeń ma

określone kryterium, które musi zostać spełnione. Tak szczegółowe sprawdzanie i kontrola gwarantują wysoką jakość wykonywanych wzorcowań.

W ramach procesu nadzoru Polskiego Centrum Akredytacji nad laboratorium, 7 września 2022 roku został przeprowadzony w LWPDiR audyt w nadzorze wykonany przez audytorów zewnętrznych polegający na przeglądzie dokumentacji technicznej przez audytora wiodącego i eksperta technicznego.

Rozszerzenie funkcji monitorujących środowiskowego spektrometru promieniowania gamma

Ł. Modzelewski

Monitoring radiacyjny środowiska jest istotnym wymogiem stawianym przed każdą krajową służbą wykrywania skażeń promieniotwórczych. W Polsce działa taki system o nazwie PMS (z ang. Permanent Monitoring System) oparty o stację badającą zawartość radionuklidów w powietrzu za pomocą sondy scyntylicyjnej NaI (widmo spektrometryczne) oraz licznika Geigera- Müllera (moc dawki). System ten można wzbogacić o wysokoczułe spektrometry promieniowania gamma, które będą pokazywały w czasie rzeczywistym zawartość radionuklidów obecnych w środowisku. Wśród dostępnych detektorów promieniowania gamma na uwagę zasługują szczególnie dwa rodzaje, scyntylicyjny wyposażony w detektor na bazie bromku lantanu aktywowanego cerem LaBr₃(Ce) oraz niezmiennie detektory półprzewodnikowe HPGe.

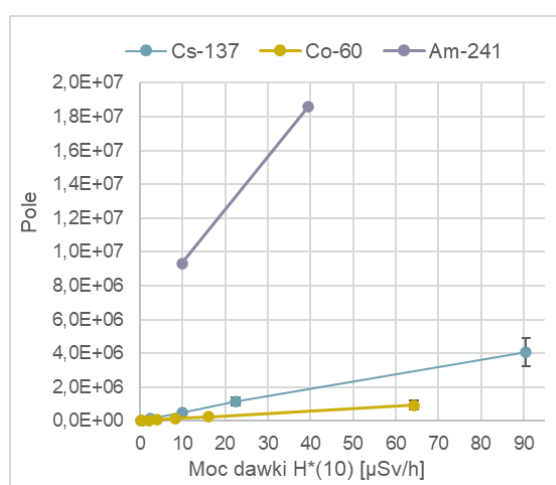
Spektrometr promieniowania gamma oprócz funkcji monitoringu zawartości radionuklidów w kontrolowanym środowisku może pełnić również inne funkcje. Są to między innymi monitorowanie mocy przestrzennego równoważnika dawki H*(10).

Celem zadania było zbadanie możliwości rejestracji przestrzennego równoważnika dawki H*(10) spektrometrem promieniowania gamma z detektorem scyntylicyjnym LaBr₃(Ce). W tym przypadku w warunkach laboratoryjnych wykonano swoistą kalibrację spektrometru gamma rejestrującego moc przestrzennego równoważnika dawki H*(10). W oparciu o akredytowane stanowiska do kalibracji przyrządów dozymetrycznych przebadana została dla wybranych energii fotonów (radionuklidów) zależność pomiędzy prędkością zliczania fotonów w pikie całkowitego pochłaniania energii FEAP (z ang. Full Energy Absorption Peak) dla wybranych energii (radionuklidów), a mocą przestrzennego równoważnika dawki w punkcie umieszczenia sondy spektrometrycznej.

Krzywe kalibracyjne prędkości zliczania w funkcji mocy przestrzennego równoważnika dawki określono dla trzech wybranych (energii fotonów)

pierwiastków promieniotwórczych ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, oraz ⁶⁰Co.

Na Rysunku 1 przedstawiono wyniki liniowości wskazań spektrometru promieniowania gamma z detektorem scyntylicyjnym LaBr₃(Ce) eksponowanego na fotony o różnej energii (od 59,5 do 1300 keV) i różnej intensywności.



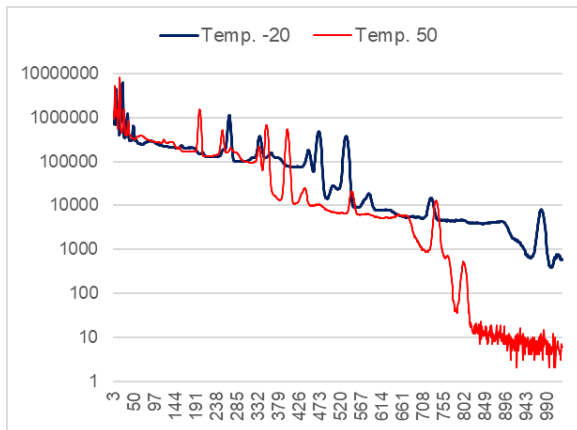
Rysunek 1. Pomiary kalibracyjne z wykorzystaniem źródeł ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co

Kąt nachylenia prostych kalibracyjnych zależy od aktywności źródeł, prawdopodobieństwa emisji fotonów oraz od wydajności rejestracji fotonów.

Stwierdzono, że w zakresie zastosowanych energii promieniowania jonizującego tj. 59,5-1300 keV oraz różnych mocy przestrzennego równoważnika dawki spektrometr promieniowania gamma z detektorem scyntylicyjnym LaBr₃(Ce) zachowuje liniowość wskazań co oznacza, że może być używany jako radiometr do pomiaru mocy dawki.

Równocześnie przeprowadzono badanie wpływu temperatury otoczenia (tj. środowiska) jakie mogą występować podczas prowadzenia monitoringu radiacyjnego in situ. Badania przeprowadzono dla skrajnych (ekstremalnych) zmian temperatury otoczenia tj. - 20 °C oraz 50 °C. Na Rysunku 2 przedstawiono rezultaty tego

eksperymentu, czyli wpływ temperatury na zarejestrowane widmo spektrometryczne ze źródła kalibracyjnego stosowanego w CLOR.



Rysunek 2. Zarejestrowane widmo spektrometryczne dla temperatury otoczenia – 20 °C oraz 50 °C

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zmiana temperatury otoczenia w zakresie od – 20 °C oraz 50 °C powoduje zmiany położenia wierzchołka piku całkowitego pochłaniania energii dla radionuklidu ^{137}Cs (662 keV) o 68 kanałów, a dla ^{60}Co (1173 i 1332 keV) zmianę o 133 kanały. Jest to istotna zmiana, która utrudnia przeprowadzenie prawidłowej identyfikacji jakościowej i ilościowej pierwiastków promieniotwórczych.

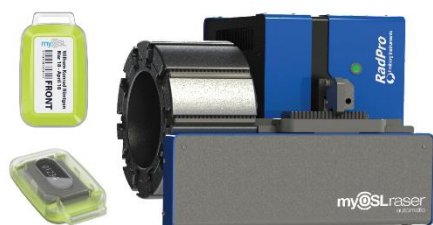
Badanie odpowiedzi dozymetrów indywidualnych OSL: charakterystyka kątowna, charakterystyka energetyczna oraz liniowość.

Z. Pawłowska

Badanie miało na celu walidację systemu dozymetrów indywidualnych OSL.

Badania przeprowadzone zostały na dwóch systemach opartych o dozymetry OSL opracowanych we współpracy firm Freiberg Instruments, RADCARD i RadPro International.

System MyOSL 2.0 z dozymetrami indywidualnymi zawierającymi 2 pastylki OSL do pomiaru Hp(10) oraz Hp(0,07).



Rysunek 1 czytnik myOSL 2.0 oraz dozymetr indywidualny

System MyOSL 4.0 oparty o dozymetry indywidualne zawierające 4 pastylki OSL wraz z zestawem filtrów. Dodatkowo system zawiera dozymetry jednoelementowe – pierścienki do pomiaru Hp(0,07) oraz dozymetry do pomiaru dawki dla oczu Hp(3).



Rysunek 2 czytnik myOSL 4.0 wraz z dozymetrami

Testy wykonywane były w oparciu o normę IEC 62387. Wykonane zostały:

- Charakterystyka energetyczna
- Charakterystyka kątowna
- Liniowość

Charakterystyka energetyczna została wykonana dla wszystkich dostępnych elementów z obu systemów. Wykonano ekspozycje korzystając ze źródeł/energii dostępnych w CLOR : ^{137}Cs , ^{40}N , ^{60}N , ^{80}N , ^{100}N , ^{150}N , ^{200}N .

Liniowość została wykonana dla wszystkich dostępnych elementów obu systemów. Zbadano odpowiedź w przedziale 0,05 mSv – 1 Sv dla źródła ^{137}Cs

Charakterystyka kątowna została wykonana dla dozymetrów Hp(10) z systemu myOSL 4.0. Zbadano odpowiedź w kątach 0, 75, 90, 105 i 180 przy ekspozycji na widmo ^{60}N . Dodatkowo zbadano odpowiedź dla dozymetrów napromieniowanych od tyłu (kąt 180 stopni) dla wszystkich energii.

Oba systemy spełniły wszystkie wymagania określone w normie IEC 62387 w mierzonym zakresie.

Względna odpowiedź w zależności od średniej energii promieniowania fotonowego i kąta padania w zakresie od 0,71 do 1,67.

Względna odpowiedź związana z nieliniowością w zakresie od -13 % do +18%

Współczynnik zmienności do 5% dla dawki powyżej 1 mSv.

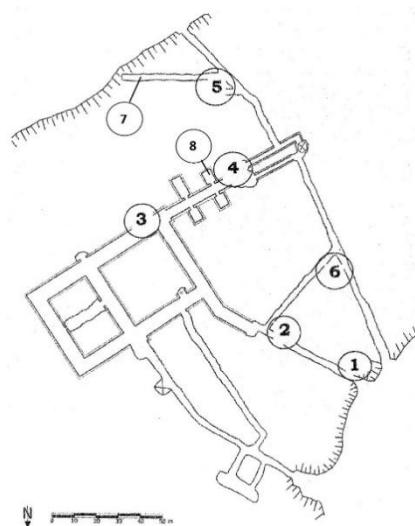
Porównanie dostępnych metod oceny narażenia zawodowego powstałego w wyniku ekspozycji na radon w podziemnej trasie turystycznej Zamku Książ

M. Norenberg, K. Wołoszczuk

Celem niniejszej pracy było rzetelne oszacowanie dawki efektywnej związanej z zagrożeniem radonowym dla przewodników podziemnej trasy turystycznej Zamku Książ w Wałbrzychu. Wykorzystując różne metody pomiarowe, przeprowadzono kompleksowe badania stężenia aktywności radonu i krótkożyciowych produktów jego rozpadu zawieszonych w powietrzu, wraz z wyznaczeniem rozkładu ziarnowego aerozoli promieniotwórczych. Otrzymane wyniki pozwoliły na obliczenie rzeczywistego stopnia równowagi promieniotwórczej pomiędzy radonem a produktami jego rozpadu, oraz wartości współczynnika DCF na podstawie rozkładu średnic cząstek zawierających pochodne radonu. Wykonane pomiary i obliczenia umożliwiły oszacowanie rzeczywistego narażenia pracowników oraz porównanie z dawkami skutecznymi wyznaczonymi na podstawie współczynników rekomendowanych przez organizacje międzynarodowe zajmujące się ochroną radiologiczną.

W ramach wykonanych prac przeprowadzono kompleksowe pomiary stężenia aktywności radonu i jego pochodnych. W trakcie badań wykorzystano metodę pasywną opartą o detektory śladowe wykonane z materiału CR39 (poliwęglan allilo diglikolowy PADC), metodę aktywną z użyciem przyrządu AlphaGUARD DF2000 wyposażonym w komorę jonizacyjną oraz spektrometr RPPSS umożliwiający wyznaczenie widma średnic cząstek pochodnych radonu w zakresie od 0,6 nm do 2494 nm wraz z ich całkowitą energią potencjalną alfa.

Badania wykonano łącznie na 8 stanowiskach zlokalizowanych w podziemnej trasie turystycznej Zamku Książ w Wałbrzychu. Lokalizacje miejsc, w których prowadzono prace przedstawiono na Rysunku 1.



Rysunek 1. Plan sytuacyjny podziemnej trasy turystycznej Zamku Książ.

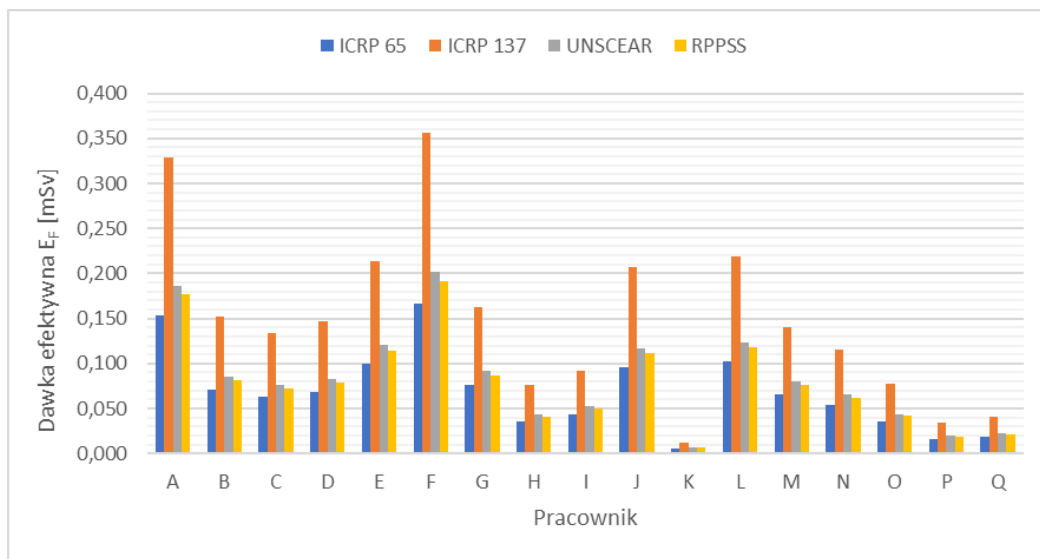
Oznaczenia od 1 do 6 odpowiadają stanowiskom na których wykonano pomiary przy użyciu detektorów pasywnych. Na stanowiskach 7 oraz 8, przy użyciu Spektrometru Średnic Pochodnych Radonu (RPPSS), wyznaczono wartość PAEC wraz z rozkładem średnic cząstek promieniotwórczych w powietrzu. We wszystkich miejscach oznaczonych na powyższym planie przeprowadzono pomiary stężenia aktywności radonu w powietrzu przy użyciu przyrządu AlphaGUARD DF2000. Dodatkowo, z wykorzystaniem tego samego przyrządu, w lokalizacjach 4 i 5 przeprowadzono ciągły, osiemnastogodzinny pomiar radonu obejmujący noc z 25 na 26 kwietnia 2022 roku.

W oparciu o wyniki przeprowadzonych pomiarów oszacowano roczne dawki efektywne otrzymane przez przewodników wykonujących pracę w obrębie podziemnej trasy turystycznej Zamku Książ w Wałbrzychu.

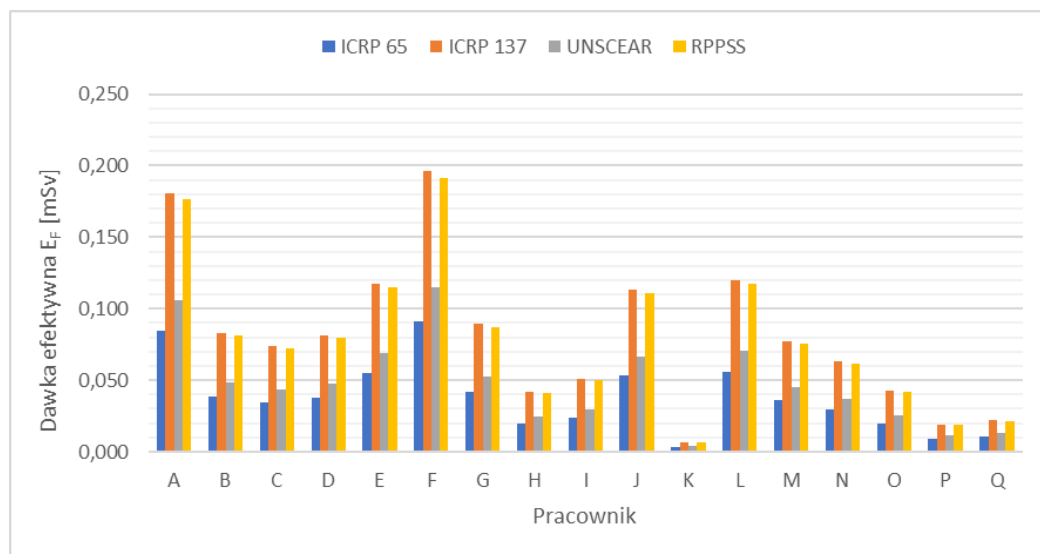
Na podstawie wyznaczonych widm średnic cząstek pochodnych radonu, ustalono rzeczywistą wartość współczynnika konwersji dawki DCF. Dokonano również przeglądu zalecanych wartości

literaturowych zawartych w publikacjach: ICRP 65, ICRP 137 oraz UNSCEAR 2000. Do obliczeń wykorzystano rzeczywisty roczny czas pracy przewodników ustalony w wyniku przeprowadzonej ankiety. Zmierzona przy użyciu spektrometru RPPSS wartość całkowitego PAEC posłużyła do wyznaczenia rzeczywistego stopnia równowagi promieniotwórczej pomiędzy radonem a jego krótkożyciowymi pochodnymi. Dawki efektywne dla poszczególnych pracowników obliczono zarówno na podstawie przyjętej wartości literaturowej współczynnika $F = 0,4$ oraz wartości ustalonej w wyniku pomiarów, wynoszącej $F = 0,2$. Do obliczeń wykorzystano wyniki

stężenia aktywności radonu zmierzone przy użyciu detektorów pasywnych eksponowanych na przestrzeni całego roku. Oszacowane w ten sposób dawki przyrównano do dawek wyznaczonych jedynie na podstawie pomiarów spektrometrem RPPSS, przy użyciu zmierzonej wartości PAEC oraz wyznaczonego współczynnika konwersji dawki. Zestawienie dawek efektywnych wyznaczonych różnymi metodami dla poszczególnych pracowników trasy turystycznej, przedstawiono na Rysunkach 2 i 3.



Rysunek 2. Zestawienie dawek efektywnych wyznaczonych przy zastosowaniu literaturowego współczynnika równowagi promieniotwórczej $F = 0,4$



Rysunek 3. Zestawienie dawek efektywnych wyznaczonych przy zastosowaniu współczynnika równowagi promieniotwórczej wyznaczonego na podstawie przeprowadzonych pomiarów $F = 0,2$.

Analiza porównawcza wpływu materiału fantomu na wzorcowanie dozymetrów osobistych

K. Kempny

Profesjonalne stosowanie dozymetrów indywidualnych do monitoringu dawek otrzymywanych przez osoby pracujące w narażeniu na promieniowanie jonizujące wiąże się z koniecznością przeprowadzania wzorcowania w akredytowanych laboratoriach. Zgodnie z przyjętą normą ISO 4037 do kalibracji dozymetrów indywidualnych należy stosować fantomy wodne, jednak dla promieniowania o energii średniej równej lub wyższej energii kwantów gamma z rozpadów ^{137}Cs dopuszczalne jest użycie pełnego fantomu wykonanego z płyt PMMA. Celem pracy było zbadanie wpływu rodzaju wykorzystywanego fantomu na wyniki wzorcowania dozymetrów osobistych.

W ramach pracy przeprowadzono pomiary indywidualnego równoważnika dawki rejestrowanego przez dozymetry TLD w zależności od kąta padania wiązki (0° , 45° , 90°) i energii promieniowania (widma rentgenowskie ^{60}N , ^{80}N , ^{100}N , źródła ^{137}Cs i ^{60}Co) dla fantomu wodnego i PMMA. Analiza wyników wskazuje na możliwość występowania różnicy dawek otrzymywanych przy użyciu różnych fantomów w dwóch najniższych badanych energiach (widma rentgenowskie ^{60}N i ^{80}N).

W celu przeprowadzenia szerszej analizy wykonano symulacje metodą Monte Carlo za pomocą środowiska Gate. Charakterystyki

energetyczne wyznaczono w zakresie wszystkich wąskich widm rentgenowskich zdefiniowanych w normie ISO 4037 oraz źródeł ^{137}Cs i ^{60}Co .

Dla wybranych źródeł wyznaczono charakterystyki kątowe na podstawie siedmiu kątów od 0° do 90° . Zamodelowano trzy rodzaje fantomów: wodny, PMMA i wykonany z materiału równoważnego tkance (czteroelementowej tkanki ICRU). W przedziale energii 20,3 keV - 100 keV zaobserwowano wyraźną rozbieżność wyników między fantomem wodnym a PMMA. Dalsze porównania z fantomem wykonanym z tkanki ICRU wskazują, że wyniki uzyskiwane na fantomie wodnym są bliższe wartościom prawdziwym.

Uzyskane wyniki potwierdzają zasadność zaleceń normy ISO 4037 dotyczących doboru typu fantomu w zależności od wykorzystywanych energii. Zaobserwowane różnice są jednak niewielkie w porównaniu z niepewnościami spotykanymi w zastosowaniach dozymetrów TLD. W związku z tym wpływ materiału fantomu na wyniki wzorcowania dozymetrów osobistych może być nieistotny w praktyce. Zestawienie wyników symulacji z pomiarami i przeanalizowaną literaturą wskazuje na wiarygodność modelu Monte Carlo w badaniach dozymetrycznych.

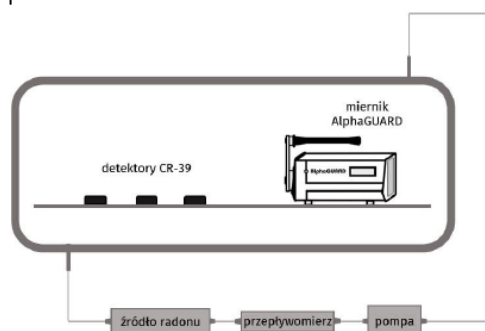
Badanie wpływu osadzania się pochodnych radonu na obudowach detektorów pasywnych CR-39, na pomiary stężenia radonu w powietrzu

K. Wołoszczuk, M. Norenberg, A. Cichoń, E. Starościak

Najczęściej wykorzystywaną metodą pomiaru stężenia aktywności radonu w powietrzu jest metoda detektorów śladowych. Z zależności od metod wykorzystywanych w laboratorium wykonującym pomiary, obudowy detektorów są wykorzystywane jedno- lub wielorazowo. Wielokrotne wykorzystanie obudów w ekspozycjach wiąże się z osadzaniem się pochodnych radonu na ich powierzchni, co może wpłynąć na pomiary stężenia aktywności radonu. Celem pracy było zbadanie, czy pochodne radonu osadzone na obudowach detektorów śladowych podczas ekspozycji będą miały wpływ na pomiary stężenia aktywności radonu w kolejnej ekspozycji.

W ramach badań wykonano cztery ekspozycje w komorze radonowej w szerokim zakresie stężeń (Rys. 1). W komorze radonowej podczas ekspozycji umieszczono obudowy detektorów CR-39. Wyekspozowane obudowy były następnie wykorzystane do wykonania ekspozycji detektorów w pomieszczeniu, gdzie stężenie aktywności radonu było niskie. W tym samym czasie, w pomieszczeniu, wykonano ekspozycje detektorów w obudowach, które nie były wcześniej

ekspozowane.



Rysunek. 1 Ekspozycja detektorów w komorze radonowej.

Podczas badań sprawdzono czynniki, które mogą mieć wpływ na wyniki pomiarów, w których obudowa jest ponownie wykorzystana. Do sprawdzonych czynników należał wysokość stężenia aktywności radonu w komorze, mycie obudów w celu usunięcia pochodnych z ich powierzchni oraz odstępczasowy między zakończeniem poprzedniej ekspozycji, a ponownym wykorzystaniem obudowy.

Dodatkowo, sprawdzono stężenie aktywności polonu Po-210 osadzonego na obudowach poprzez wykonanie spektrometrii alfa.

Otrzymane wyniki nie wykazały na to, że pochodne osadzone na obudowach detektorów CR-39 mają wpływ na wyniki pomiarów w przypadku kolejnego wykorzystania obudowy. Wynik spektrometrii alfa potwierdził, że ilość osadzonych na obudowach pochodnych jest zbyt mała, żeby miała wpływ na wyniki pomiarów stężenia aktywności radonu w powietrzu.

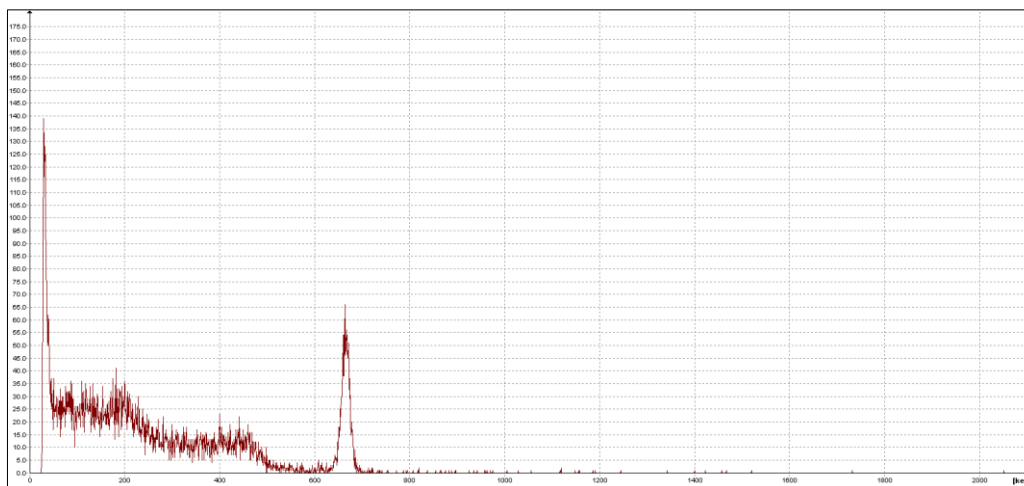
Projekt European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification: EU-RADION

Jakubowska, K. Wołoszczuk, P. Lipiński, P. Krajewski, M. Norenberg, B. Kliś

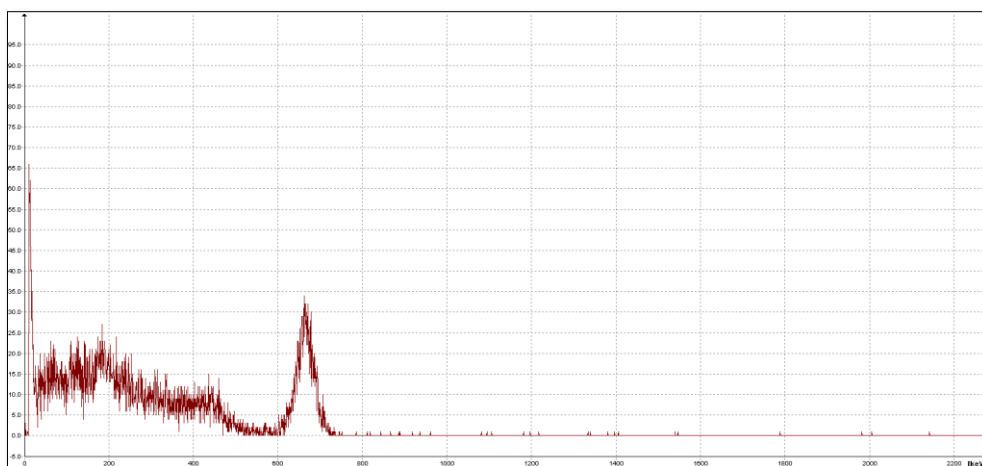
Projekt "European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification" (EU-RADION) jest inicjatywą mającą na celu opracowanie prototypowego urządzenia do rozpoznawania zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych, nuklearnych i wybuchowych (CBRNE). Rolą Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) w projekcie wsparcie merytoryczne w zakresie rozpoznawania i pomiaru czynników radiologicznych przez zbudowane urządzenie.

W skład konsorcjum wchodzi instytucje i firmy z Polski, Niemiec, Szwecji i Norwegii, w tym CLOR. Wspomniane wyżej urządzenie opracowane w ramach tego projektu składa się z detektora mocy dawki promieniowania gamma (licznik Geigera-Mullera) oraz modułu spektrometrycznego.

W zależności od wersji urządzenia użyto różnych detektorów, takich jak scyntylator CsI(Tl) lub detektor półprzewodnikowy CZT. Na Rysunek 3, Rysunek 4 przedstawiono widma ^{137}Cs otrzymane przy pomocy dwóch różnych spektrometrów. Jako akredytowane Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych będące częścią CLOR, przeprowadzało pomiary kalibracyjne wykonanych urządzeń w polu promieniowania gamma oraz rentgenowskim. Zostały sprawdzone podstawowe parametry urządzeń dozymetrycznych, między innymi takie jak odpowiedź detektorów na pole promieniowania o znanej mocy dawki. Ponadto, przeprowadzono kalibrację energetyczną dla spektrometru oraz sprawdzono zdolność identyfikacji radionuklidów. Testy wykonywano w różnych temperaturach otoczenia i geometriach.



Rysunek 3 Widmo ^{137}Cs - otrzymane przy pomocy detektora półprzewodnikowego.



Rysunek 4. Widmo ^{137}Cs otrzymane przy pomocy scytlatora CsI(Tl).

Po pierwszych testach w laboratorium, urządzenia zostały przeniesione do tunelu znajdującego się w okolicach Oslo w Norwegii. W tym miejscu sprawdzono, jak urządzenie radzi sobie

w warunkach terenowych. Na Rysunek 5 przedstawiono, jak wyglądał układ pomiarowy podczas testów terenowych.



Rysunek 5. Zdjęcie wykonane podczas testów terenowych w tunelu w Norwegii.

W 2023 roku projekt zakłada dalsze iteracje mające na celu doskonalenie działania urządzeń, testy w laboratorium i testy terenowe.

Dzięki podejściu opartemu na współpracy wielu dyscyplin i różnych instytucji, opracowane

urządzenie ma szansę stawić czoła różnorodnym zagrożeniom CBRNE, co jest niezwykle istotne dla zapewnienia bezpieczeństwa społeczeństw europejskich.

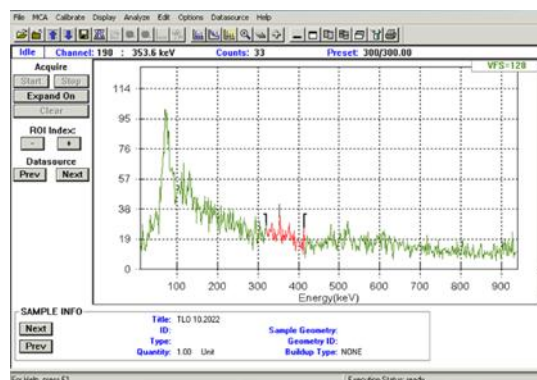
Utrzymanie gotowości Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka

G. Krajewska

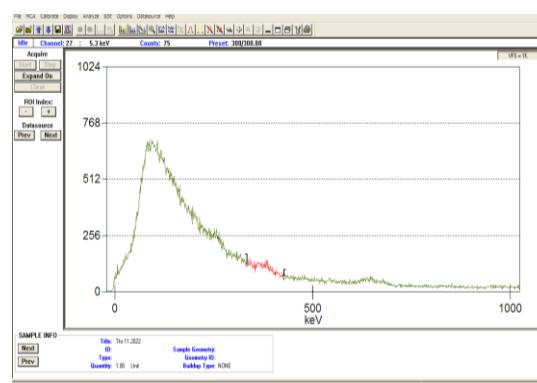
Pomiary aktywności jodu zdeponowanego w tarczycy są wykonywane w Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR z użyciem dwóch zestawów spektrometru promieniowania gamma - stacjonarnego i przenośnego. Aparatura umożliwia pomiary jodu w tarczycy w miejscu wystąpienia awarii lub lokalnego skażenia jodem, na stanowiskach pracy z tymi izotopami, a także u ludności na obszarach skażenia promieniotwórczego w przypadku awarii wielkoskalowej np. elektrowni jądowej. Została ona wyprodukowana przez firmę Canberra - Packard, a składa się z detektora, który stanowi kryształ NaI(Tl) 3 x 3 cale, o rozdzielczości 7.5% dla energii 661,6 keV. zintegrowanego analizatora wielokanałowy do detektorów scyntylacyjnych UNISPEC-PRO oraz pakietu oprogramowania do analizy i akwizycji widm Genie-2000 Basic Spectroscopy.

Działania Laboratorium, polegające na utrzymaniu w gotowości aparatury do podjęcia natychmiastowych pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy, opierają się na wykonywaniu systematycznych pomiarów tła promieniowania w fotopiku izotopów ^{99m}Tc oraz ^{131}I i testowaniu prawidłowości działania modułów elektronicznych zestawów pomiarowych oraz wykonywaniu pomiarów zawartości radioizotopów jodu- 131 i technetu -99m w tarczycy u pracowników zakładów medycyny nuklearnej w Polsce.

Tło w pomieszczeniu Laboratorium Monitoringu Jodu, mierzone dwukrotnie w ciągu miesiąca roku 2022, wynosiło 4, 3 cps w fotopiku izotopów ^{99m}Tc oraz ^{131}I , odpowiednio, i wahało się w granicach 20% średniego zmierzonego tła rocznego w latach poprzednich, utrzymując się na stałym poziomie oraz determinując niski limit detekcji pomiarów w Laboratorium. Na Rysunku 1. i Rysunku 2. przedstawiono widmo promieniowania tła zmierzone zestawem stacjonarnym i przenośnym, odpowiednio:



Rysunek 1. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium zmierzone zestawem stacjonarnym/



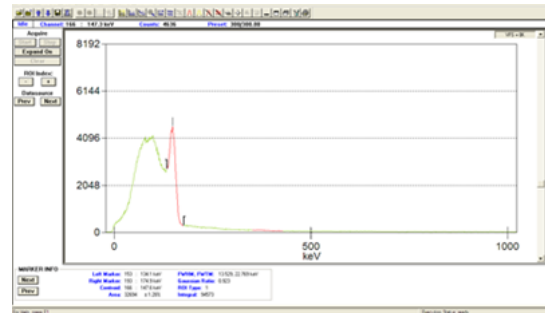
Rysunek 2. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium zmierzone zestawem przenośnym

W roku 2022 wykonano pomiary zawartości jodu promieniotwórczego ^{131}I oraz technetu ^{99m}Tc w tarczycach osób będących pracownikami trzech jednostek organizacyjnych: 1. Zakładu Medycyny Nuklearnej i Rezonansu Magnetycznego Mazowieckiego Szpitala Bródnowskiego w Warszawie 2. Świętokrzyskiego Centrum Onkologii (ŚCO) w Kielcach (ZMN z Ośrodkiem PET, Klinika Endokrynologii i ośrodek produkcji radiofarmaceutyków Synektik Pharma) 3. Oddziału Terapii Izotopowej z Pracownią Medycyny Nuklearnej Szpitala Klinicznego MSW w Warszawie.

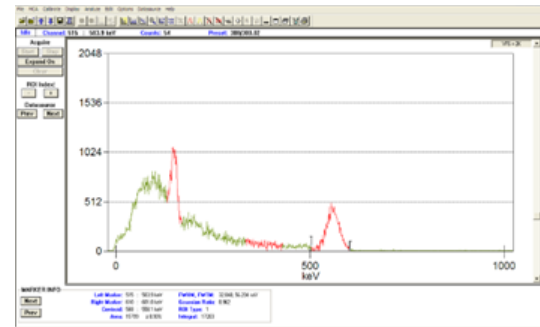
W powyższych placówkach, z użyciem jodu promieniotwórczego, prowadzone są badania

diagnostyczne - scyntygraficzne tarczycy, wychwyt tarczycowy, oznaczanie poziomu hormonów tarczycowych oraz badania terapeutyczne - leczenie schorzeń tarczycy, w tym nowotworów tego gruczołu. Ponadto prowadzone są badania diagnostyczne innych narządów, m.in. z użyciem izotopu technetu. W Świętokrzyskim Centrum Onkologii funkcjonuje pierwszy w Polsce ośrodek produkujący komercyjnie radiofarmaceutyki (Synektik Pharma), krajowy lider w produkcji i dystrybucji radiofarmaceutyków do pozytonowej tomografii emisyjnej (PET/CT), wykorzystywanych w diagnostyce onkologicznej, kardiologicznej i neurologicznej.

Wyniki pomiarów aktywności jodu-131 (i technetu-99m) w tarczycy oraz oszacowanych dawek od wchłonięć ¹³¹I u pracowników powyższych placówek przedstawiono w Tabeli 1. i na Rysunkach 3 - 4.



Rysunek 3. Widmo promieniowania mierzone u pracownika M.B.H



Rysunek 4. Widmo promieniowania mierzone u pracownika E.R. (widoczny pik F-18 pochodzi od tła promieniowania w pomieszczeniu)

Tabela 1. Wyniki pomiarów poziomów aktywności jodu promieniotwórczego u pracowników Zakładów Medycyny Nuklearnej (zaprezentowano tylko pomiary o wartości większej niż najmniejsza mierzalna aktywność, 68 [Bq])

L.p. (Pracownik)	Zmierzona w tarczycy aktywność jodu-131 [Bq]	Oszacowana dawka skuteczna od rocznych wchłonięć jodu-131 [mSv]	Procent maksymalnej dawki skutecznej dla narażonych zawodowo (20 mSv)	Zmierzona w tarczycy aktywność ^{99m} Tc [Bq]
Zakład Medycyny Nuklearnej i Rezonansu Magnetycznego Mazowieckiego Szpitala Bródnowskiego w Warszawie				
1.(K.CH.)	<68	<0.38	<1.90	200
2.(M.B.H)	<68	<0.38	<1.90	8200
3.-18.	<68	<0.38	<1.90	-
Świętokrzyskie Centrum Onkologii (ŚCO) w Kielcach				
1.(M.J.)	1050	3,15	15,80	-
2.(E.R.)	<68	<0.38	<1.90	840
3. ÷ 22.	<68	<0.38	<1.90	-
Oddział Terapii Izotopowej z Pracownią Medycyny Nuklearnej Szpitala Klinicznego MSW w Warszawie				
1. (M.OS.)	<68	<0.38	<1.90	2100
2. (J.W.)	<68	<0.38	<1.90	80
3. – 23.	<68	<0.38	<1.90	-

*) Najmniejsza mierzalna aktywność

Poziomy aktywności jodu ^{131}I w tarczycy u pracowników Zakładów Medycyny Nuklearnej, w których przeprowadzono pomiary, były niskie (Tabela 1.). Maksymalna dawka wyniosła $\leq 0,4$ mSv nie przekraczając 2 % rocznego limitu dla narażonych zawodowo. Jednocześnie, z uwagi na znaczące zużycie izotopu $^{99\text{m}}\text{Tc}$, zarejestrowano ten izotop u kilku pracowników w mierzonych jednostkach.

Poziomy aktywności jodu ^{131}I w tarczycy u pracowników ŚCO w Kielcach, w którym przeprowadzono pomiary, były także niskie (Tab.1). Wahania w składzie izotopowym promieniowania tła (Rys. 4) utrudniały pomiary w tarczycy, jednakże każdorazowo zostały uwzględnione w szacowaniu widma promieniowania pochodzącego z tarczycy badanej osoby. Poziom tła był wysoki z uwagi na bliskość pomieszczenia, w którym mieści się skaner PET.

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki w ramach Umów Nr 25/2021/CEZAR/52

DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI

Podsumowanie prac Działu Szkolenia i Informacji w roku 2022

Paweł Lipiński, Dorota Wieczorek, Zuzanna Samborska-Zajkowska

Dział Szkolenia i Informacji Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej prowadzi następujące prace:

Przygotowanie i organizacja szkoleń dla osób ubiegających się o uzyskanie uprawnień IOR-1 (IOR 1R, IOR-1Z) lub IOR 3 prowadzonych zarówno w siedzibie, jak i poza siedzibą CLOR, w tym m.in. przygotowanie programów szkolenia, przygotowanie i dystrybucja materiałów szkoleniowych, przygotowanie i przechowywanie odnośnych dokumentów, prowadzenie korespondencji z uczestnikami kursów, wykładowcami oraz jednostkami egzaminującymi.

Przygotowanie i organizacja szkoleń aktualizujących wiedzę dla IOR-1 i IOR-3.

Przygotowanie i organizacja kursów dla kandydatów na operatorów prowadzonych zarówno w siedzibie, jak i poza siedzibą CLOR.

Przygotowywanie i organizacja szkoleń z zakresu Ochrony Radiologicznej (zostały włączone do oferty CLOR w 2021 roku.)

Prowadzenie prac związanych z przygotowaniem, organizacją i przebiegiem szkoleń innych niż wymienione powyżej prowadzonych zarówno w siedzibie, jak i poza siedzibą CLOR.

Utrzymywanie stałych kontaktów z PAA, GIS oraz z RIS w sprawach związanych ze szkoleniami.

Nadzór nad działalnością biblioteki.

Nadzór nad działalnością archiwum.

Przygotowanie i edytowanie raportów CLOR.

Przygotowanie, organizacja i obsługa wizyt edukacyjno-szkoleniowych w CLOR (w tym seminariów CLOR).

W roku 2022 – mimo trwających ograniczeń z powodu pandemii – zorganizowano 19 szkoleń, w których uczestniczyło 302 osób:

Pięć szkoleń dla osób ubiegających się o nadanie uprawnień IOR: łącznie 120 osób,

w tym:

IOR-1: 92 osoby;

IOR-1R: 8 osób;

IOR-1Z: 9 osób;

IOR-3: 11 osób.

Pięć szkoleń dla osób aktualizujących wiedzę w ramach przygotowania do ponownego egzaminu na uprawnienia IOR: łącznie 61 osób;

w tym:

IOR-1: 35 osób;

IOR-1Z: 5 osób;

IOR-1R: 1 osoba;

IOR-3: 20 osób.

Osiem szkoleń dla operatorów typu A-A, S-A oraz S-Z: łącznie 103 osoby,

w tym:

A-A: 47 osób;

S-Z: 33 osoby;

S-A: 56 osób.

Dwa szkolenia z zakresu Ochrony Radiologicznej: łącznie 18 osób.

ENGLISH VERSION

INTRODUCTION

The present report provides the comprehensive descriptions of the Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) main tasks that were realized in the year 2022.

The more detailed particulars one could find in the expert reports and CLOR's issues that were published on the cooperating with CLOR institutions websites or could be uploaded on the CLOR's website.

Here, it is worth to remain that the CLOR for almost 65 years has realized works on protection against ionizing radiation protection in aid of the Polish State.

Historically, CLOR's was established in 1957, just a year before the start-up of the first research nuclear reactor EWA in Świerk, as an independent specialistic research institute with mission to lead operational and development work concerned to the radiation safety of the country, particularly to conduct independent monitoring around this nuclear object.

The CLOR's statute defines tasks and obligation of CLOR, as essential element of the State system of radiological protection. These are *inter alia*:

- complex radiological monitoring, there the expert reports on background radiation around specified nuclear facilities and waste disposals,
- protection against ionizing radiation occupationally exposed workers, there the stuff of nuclear medicine units maintaining oncological diagnostics, radio-pharmaceutical therapy, particularly endocrinology with radioactive iodine I-131,
- radiological impact assessment of nuclear facilities another radiation sources on environment and population (dosimetry, simulations, risk analysis, expert support for risk management)
- expertise on monitoring system around nuclear installations,
- personnel education and training (co-operation with high schools, practices, postgraduate studies)
- public information and education (requirements assessment, elaboration of training materials, social open education, improvement of instructors qualification)

The CLOR's priority concern is related to up to date activity in the area of radiation monitoring for the National Atomic Energy Agency and the Main

Inspectorate of Environmental Protection, as well as to providing expert support for Central Governmental Bodies. On 10 September 2022 CLOR has got authorization of the President of National Atomic Agency within the scope of the specialistic analysis on distribution of radio-nuclides in atmosphere, in soil, surface waters, ground water and study of distribution dose rate around the location of nuclear facilities. Autorisation is valid up to 31 December 2027.

Particularly, CLOR activities encompass several characteristics areas, which differ by the way of financial support, the range of investigations and engagement of experienced staff, as following:

- Tasks within "The national wide monitoring" for the President of National Atomic Energy Agency (NAEA),
- Tasks within "The national wide monitoring" for the Main Inspectorate of Environmental Protection (MIEP),
- Research and implementation activities,
- Country wide and international cooperation,
- Statutory service

Below, in the more detailed description of following tasks, in the parenthesis [], the page number of the report related to the particular task is given

1. The tasks within "The national wide monitoring" on order of the President of National Atomic Energy Agency (NAEA),
 - 1.1. The most important task, from point of view radiation safety of the State, is the constant monitoring of air-borne radioactive contamination over whole country with the network of high-sensitive ASS-500 stations. This task entitled "*An assessment of effective dose of Poland inhabitants due to intake of atmospheric aerosols by inhalation*" has being realized by CLOR's Dosimetry Department. In 2021, the implementation of the new type station ASS-500 (the Patent PL 184966) for whole network has been completed. Performed studies (2018-2022), have confirmed modernity and high sensitivity of the stations. The results of radioactive pollution in air are published in the quarterly reports about radiative situation of the country in Low Gazette R.P. „The monitor of Poland" by the President of the National Atomic Energy Agency (PAA) as well as could be find in the annual reports of PAA. Based on

this network data the radiation protection experts could with full responsibility formulate statements about the lack of the radiological threat in Poland. The stations network covers entire country, stations are situated in 13 locations i.e.: Warsaw, Białystok, Gdynia, Katowice, Cracow, Lublin, Łódź, Sanok, Szczecin, Toruń, Wrocław, Zielona Góra and Kielce (Katowice and Łódź – modernization in 2021) [page 129].

- 1.2. Base of the contracts commissioned every year by the President of (NAEA), the Department of Radiation Hygiene and Department of Dosimetry performed in 2022 the regular monitoring and assessment of the radiological situation in the surrounding of the National Waste Disposal (NWD) in Różan and around the National Center of Nuclear Research. Particularly, the Department of Dosimetry also conducted air pollution tests in the surrounding of the MARIA reactor in Świerk and the Waste Repository in Różan with the portable air sampling station (the Patent PL 216990 B1 (2014)). No emission of radioactive aerosols of anthropogenic radioactive isotopes above limit of detection was found from these objects. Simultaneously possibility of the emissions of the radioiodine ^{131}I around the reactor Maria was examined with the station PS3PJ (the portable station for monitoring three forms of radioiodine). None essential emissions of this radioactive isotope in any physicochemical forms were detected [page 112].
- 1.3. The next operational task ordered by the President of NAEA carried out by the Department of Individual Doses Control and Standardization is related to *The Maintenances of Readiness the Laboratory of the Monitoring of Iodine to perform the measurements of the content of radioiodine in thyroid*, that task concerned on evaluation of occupational exposure of workers in nuclear medicine sector as a result of doses in thyroid, due to radioactive iodine ^{131}I and technetium $^{99\text{m}}\text{Tc}$ intakes via inhalation [page 152]
- 1.4. The next operational task ordered by the President of NAEA is maintained the Round-the-clock Emergency Service for the Center on Emergency Incidents of National Atomic Energy Agency. This task (started at 2018 and continued up to now) is commonly performed by the Department of Dosimetry and Department the Department of Personal

Doses Control and Standardization, the main CLOR's experts activity within scope of this service is an assessment of radiological risk and design of preventive action at place of the radiation incident due to support uniform services of border guards and customs when dangerous CBRN materials are intercepted on the border [page 138].

- 1.5. In the same mode of funding, there is the task performed by the Department of Radiation Hygiene entitled "*Comparative measurements regarding ^{137}Cs and ^{90}Sr isotope determination by basic units performing radioactive contamination measurements within the framework of radiation monitoring of the country*" [page 100] and also this Department conducts another task related to "*Measurements of radioactive contaminations in samples of water, bottom sediments, and fish in the framework of the monitoring of radioactive contamination of the Baltic Sea*" within the HELCOM MORS framework for monitoring of radio-pollution of the Baltic Sea" - which fulfils Poland duty as a member of Helsinki Commission, Baltic Marine Environmental Protection [page 97].
2. Tasks within "The national wide monitoring" for the Main Inspectorate of Environmental Protection,

On the basis of two-year contracts founded by the Environment Protection Found, the Department of Radiation Hygiene and the Dosimetry Department together, conducted in 2022 a radiological monitoring of soils and rivers and lakes for the Main Inspectorate of Environment Protection (MIEP) in Poland. These tasks have been realized by CLOR since 1988. The legal framework is constituted by: Atomic Law and Environment Protection Law as well as Regulation of Council of Ministers on 17 December 2002 (in amendment course) and Recommendation of EU Commission on 8 June 2000. The first task i.e. soil monitoring, is conducted in the two years cycle: the first year – sampling from 10 cm surface soil layer in about 250 points, located in stations and posts of the Institute of Meteorology and Water Management, then the spectrometric measurements of suitably prepared samples is performed in order to determine deposition of anthropogenic cesium ^{137}Cs and naturally occurring radionuclides radium ^{226}Ra , actinium ^{228}Ac and potassium ^{40}K [page 125].

The second task i.e. monitoring of surface waters is conducted in the one year cycle, by sampling of water and sediments in the following locations:

- Rivers: Wisła- (Kraków Tynec, Annapol, Warszawa, Płock i Kieźmark); Narew – (Pułtusk); Bug – (Wyszaków); Odra – (Chałupki, Wrocław, Głogów i Krajnik); Warta – (Poznań).
- Lakes: Wielkie Partęczyny (woj. kujawsko-pomorskie); Drawsko (woj. zachodnio-pomorskie); Wadąg (woj. warmińsko-mazurskie); Rogóźno (woj. lubelskie); Niesłysz (woj. lubuskie); Wigry (woj. podlaskie),

Next, the measurements of concentrations of anthropogenic radionuclides: cesium ^{137}Cs and strontium ^{90}Sr in water and plutonium ^{238}Pu and $^{239/240}$ in sediments are performed [page 97].

The main aim of presented above tasks is the current assessment of contamination levels of soil and surface waters and sediments over whole country and preparation updated radiological maps for Poland. Measurements data are elaborated in form of reports of the MIEP (published on the MIEP's website), than the aggregated data are delivered to the National Atomic Energy Agency and the Main Statistical Office.

3. Research and implementations activities

Within the statutory subsidy of the Ministry of Science and Education, CLOR performs usually a dozen or so scientific studies mainly devoted to development of new metrological methods or unique specialistic environmental studies to perform an exposures assessment of critical groups of population.

Specialistic environmental studies performed in 2022 in order to assess exposure of particular groups of populations in specific locations or less investigated sources of hazard, concerned:

- a) Determination of radioactive concentrations of isotopes of thorium ^{232}Th , ^{230}Th and ^{228}Th in waters of Oligocene wells [page 96],
- b) Determination of radioactive concentrations of plutonium ^{241}Pu in the sediments of Baltic See [page 106],
- c) An assessment of radiological state in the Polish National Park "Bory Tucholskie" on the basis of samples of soils [page 118]
- d) Analysis and evaluation of the radioactivity of raw and building materials used in Poland in years 1980-2022 [page 114],
- e) Analysis of noble gases concentration ^{133}Xe , $^{131\text{m}}\text{Xe}$, ^{85}Kr in the air mixing layer in Warsaw and Świerk in 2015-2022 [page 122]

In 2022 CLOR's Departments conducted several works related to the development of new metrological methods or improvement current methodology regarding its higher efficiency and shorter time of

measurement, herein, the particular attention would call the works of the Department of Personal Dose Control and Standardization (DPDCS) that focused on the issue of modernization and implementation own system-procedures to meet requirements of new recommendations and directives of EU Commission which became recently transposed to the national law, particularly concerned the radon ^{222}Rn concentration measurements or innovative method of determination of natural background dose rate. i.e.:

- a) Research on radioactivity in minerals of the earth's crust from the Museum of the Earth of the Polish Academy of Sciences [page 115]
- b) Comparison of available methods for assessing occupational risk from exposure to radon in the underground tourist route of the Książ Castle [page 145],
- c) Study of the effect of deposition of radon progeny on the passive CR-39 detector holders on the measurements of radon concentration in the air [page 148],
- d) Validation of OSL personal dosimeters: angular characteristics, energy characteristics and linearity [page 144],
- e) Extending the monitoring functions of the environmental gamma radiation spectrometer [page 142]
- f) Comparative analysis of the effect of phantom material on the calibration of personal dosimeters [page 147]

4. Country wide and international cooperation

The CLOR's activity toward the strengthening of the country system of radiation protection were performed at wide cooperation with foreign scientific centers and were granted by the EU Horizon H2020 i.e.:

In 2022 CLOR has gained the found in the following H2020 projects:

- a) The traceRADON project, (Reference No. 19ENV01) "Radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level", (realization period from 06.2020 to 05-2023)
- b) The project EU-RADION Horizon 2020, Call: H2020-SOU-SEC-2018-2019-2020, (Security) "European the System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification, (realization period from 8.2020 to 7.2023) [page 149]

In 2022 CLOR continued also the cooperation related to the undersigned earlier contracts with the important scientific institutions abroad i.e.:

- In 2020, the four-year term for the CLOR representative the Ph.D. Paweł Krajewski, the member of the Group of Experts referred to in Article 31 of the Euratom Treaty has been extended to 2025,
- The CLOR contract on 8 July 2015 with the German Federal Office of Radiation Protection (Bundesamt für Strahlenschutz BfS) concerning measurement of noble gases Kr-85 and Xe-133 around National Centre for Nuclear Research in Świerk exploiting of the reactor „Maria” and the Nuclear Research Radioisotope Centre POLATOM, has been extended to 2022.
- The CLOR's experts have participated in activities of the Committee on Radiation Protection and Public Health” (CRPPH).

On 8 December 2022, took place the inauguration meeting in the Institute of Nuclear Chemistry and Technology, where leading research unit of radiological protection and application of ionizing radiation in medicine, industry and safety created the Polish Consortium of Radiological Protection (PCRP). The PCRP membership consists of: Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences in Krakow, National Centre for Nuclear Research in Warsaw, Institute of Nuclear Chemistry and Technology in Warsaw, Central Laboratory for Radiological Protection in Warsaw, Nofer Institute of Occupational Medicine in Łódź and Central Mining Institute-National Research Institute (GIG-PIB) in Katowice. The high-level goal of PCRP is co-operation and coordination researches in radiological protection area, particularly in the scope of scientific and infrastructure projects both countrywide and international, scientific staff education, support for government and off-government organizations and social initiatives as well as activities promoting radiological protection knowledge. It is planned to by common affords of established working groups, elaborate report entitled “Radiological Protection in Poland towards challenges of the Polish Program of Nuclear Energetic - Science, Development and Brainpower. The main aim of the Report is to present research potential in the scope of radiological protection vs countries with already established Nuclear Energetic also identification of scientific, structural and legal requirements than indispensable founding for strengthening radiological safety prior to bring into operation the first Nuclear Power Plant in Poland and to gain necessary social acceptance of nuclear energy in the country.

5. Statutory service

The expert and service activity of CLOR is mainly based on orders of analysis or expertise that external institutions applied to CLOR's accredited Laboratories. CLOR disposes of three accredited investigation laboratories i.e.:

- *The Laboratory of Personal and Environmental Doses* (accreditation N# AB 450) [page 137].
- *The Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis* (accreditation N# AB 1215) [page 94],
- *The Laboratory of Natural Radioactivity Measurements* (accreditation N# AB 1108) [page 116],

CLOR also possesses one accredited standardization (metrological) laboratory e.g.: *The Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments* (accreditation N# AP 057). [page 136] r.

Besides the service provided by accredited laboratories, other form of the CLOR's commercial activity is trainings of radiation protection inspectors on the levels of (IOR-1, IOR-1R, IOR-3) and operators of equipment producing the ionizing radiation on the levels (AA, SA, SZ). In 2022 the CLOR organized of 19 training courses for about 120 candidates applying for IOR licenses and about 61 persons renewing licenses and 103 persons applying for licenses of radiation operator.

Realizing requirement of the Program of Polish Nuclear Energy related to the education of new staff of specialists for requirements of polish nuclear energy program, the CLOR continued a cooperation with higher colleges i.e.: the Warsaw University of Technology (the faculty of Physics and Mechatronics) and with the Warsaw University (the faculty of Chemistry and Physics) as well as with The Main School of Fire Service.

Summary

With a well-educated staff of rich and long-standing research and operational experience in the field of radiological protection and having at one's disposal the unique and sensitive country-wide methods for determining of radio-isotopes in the environment and in man organism, the CLOR has played an excellent role as the Technical Support Organization (TSO) with high competence and credibility.

The multidisciplinary character of the CLOR activity and synergy of scientific research and operational activities as well as an independence from users of radioactive sources constitute an unique feature of our institution and it has been confirmed many times in situations of significant radiological threats.

In the summary, it should be emphasized that the achievement of high degree of competence and good substantial and financial results that was accomplished in 2022, it was owing the contribution of the entire CLOR

staff, who here should be thanked for its effort by the Director.

High level of competence, independent and objective opinion and commitment and openness in contacts with non-professionals will be resulted in a positive impact on the social acceptance of the development of nuclear energy in Poland.

DEPARTMENT OF RADIOLOGICAL HYGIENE

Department of Radiological Hygiene

Department of Radiological Hygiene has been established in 1971 r. In 2022 there were 12 employees working for the Department:

Head of the Dept. – Małgorzata Kardaś PhD.

Employees: Agnieszka Fulara MSc, Agnieszka Matysiak MSc, Joanna Lemańska MSc, Małgorzata Kazimierowicz MSc-Eng, Krzysztof Pachocki PhD, Barbara Rubel MSc-Eng., Ewa Starościak PhD, Maria Suplińska PhD, Katarzyna Trzpił, Karol Wiatr MSc, Kamil Wieprzowski MSc, .

Below is a list of main tasks which are obligatory for the Department:

- research and commercial service on the field of radiological hygiene and radiological protection
- monitoring of foodstuff, environment along with fresh waters and sea for natural and anthropogenic radioisotopes with estimation of radiological risk for the public
- development of techniques and methods of determination for radioisotopes
- supervision and organisation of inter-laboratory comparative tests for other units conducting environmental monitoring for the radionuclides
- taking part in proficiency tests and inter-laboratory comparative tests on national and international level in regard of natural and anthropogenic radionuclides

In 2022 the Department has been conducting following monitoring projects:

1. Measurements of radiological contamination in samples of water, sediments and fish from the Baltic Sea
2. Determination of ^{137}Cs and ^{90}Sr concentrations in foodstuff samples
3. Organisation of inter-laboratory comparative tests for units running national monitoring program for determination of ^{137}Cs and ^{90}Sr
4. Monitoring of ionizing radiation as a part of the national environment monitoring program. Stage 2: Monitoring of radiological contamination of surface waters and bottom sediments 2019-2021.

5. Nuclear and radiological protection service for the ZUOP facilities in Otwock - Świerk and radiological protection of the National Radioactive Waste Landfill (KSOP) in Rózan.

Moreover the Department has been conducting works which were financed by the Ministry of Science and Higher Education:

1. Adaptation of the determination method for ^{226}Ra in water samples via liquid scintillation technique
2. Determination of radioactivity concentrations of ^{232}Th , ^{230}Th and ^{228}Th in waters from Oligocene wells.
3. Determination of the activity concentration of ^{241}Pu in the bottom sediments of the southern Baltic Sea
4. Implementation the method of ^{14}C carbon determination in environmental samples and biofuels

The Department is a host for accredited Laboratory of Spectral and Radiochemical Analysis which is specialised in determination of gamma-emitters, ^{90}Sr , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu , $^{234,235,238}\text{U}$ in environmental and foodstuff samples and total alfa/beta activity and tritium in water. The accreditation certificate N° AB 1215 currently confirms departments competence in analysis for:

- radioactivity concentration of radioisotopes in foodstuff, fodder, water, soil, wood and bottom sediments samples by gamma spectrometry
- radioactivity concentration of tritium, ^{90}Sr , $^{234,235,238}\text{U}$ and total alfa/beta radioactivity in water samples via radiochemical method
- radioactivity concentration of tritium, $^{239+240}\text{Pu}$ - and ^{238}Pu , 234 , 235 , ^{238}U , in urine samples via radiochemical method
- radioactivity concentration of $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{238}Pu , 234 , 235 , ^{238}U -in foodstuff samples via radiochemical method
- radioactivity concentration ^{90}Sr in foodstuff and fodder samples via radiochemical method,

- radioactivity concentration of $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{238}Pu in soil and sediment samples via radiochemical method

-radioactivity concentration of ^{226}Ra – new procedure

- total alfa radioactivity,
- total beta radioactivity.

Over 2490 gamma spectrometry and about 1600 radiochemical analysis have been done this year for national and foreign clients.

Proficiency of the Department has been confirmed by positive results in one national inter-laboratory comparison tests.

PAA/ICH TJ *Comparative measurements in the field of determination of plutonium isotopes: ^{90}Sr , ^{137}Cs by specialist units conducting measurements of radioactive contamination as part of national radiation monitoring, Warsaw, 2022*

The Department conducts scientific research and in 2022 following publications and conference posters have been published:

Publication:

Rapid ^{90}Sr quantification method based on the Bateman equation for routine laboratory work

K. Wiatr, B.Rubel, M.Kardaś, Nukleonika 2022:67(4)

Monographs:

Puck Bay, Volume II, Chapter 14.

Radioisotopes – distribution and contemporary sources in Puck Bay

M. Suplińska

Harmful factory in the working environment. Limit Values 2022.

Chapter 13. *Ionizing radiation*

K. Pachocki

Conference poster:

XIX Congress of Polish Radiation Research Society, Gliwice, September 22-24, 2022

1. Radioactivity concentration of Cs-137 and Sr-90 in the water of the Vistula and Odra river basin in 2020-21,

M. Kardaś, M. Suplińska, B. Rubel, A. Matysiak, J. Lemańska, A. Fulara, K. Pachocki, K. Wiatr

2. Radioactivity concentration of Cs-137, Ra-226, and K-40 in Baltic fish in 2018-2022,

M. Suplińska, M. Kardaś, A. Matysiak, B. Rubel, K. Wiatr

The Department's equipment:

- two Low Level Beta GM Multicounter System, from Risø, Denmark

- low background detectors with Lucas chambers (coated with ZnS) connected to TD-electronics unit and a computer with ALFA-1 software for Windows. The device measures radon activity in order to calculate radium activity

- six gamma radiation detectors HPGe (Canberra), relative efficiency 33%-50%, for identification and quantification of radioisotopes emitting gamma radiation. All detectors are connected to computers with software GENIE-2000.

- two PIPS detectors with efficiency 32% for identification and quantification of radioisotopes emitting alfa radiation. All detectors are connected to computers with software GENIE-2000

- alfa-beta spectrometer iSolo (Canberra) with silicon PIPS detector

- low background liquid scintillation counter WALLAC 1410

- liquid scintillation counter Quantulus GCT-6220.

Maintenance of accreditation in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis performing measurements for assessing doses from internal exposure

E. Starościak, A. Fulara, B. Rubel, M. Kardaś, M. Suplińska, A. Matysiak, K. Trzpił, K. Pachocki, J. Lemańska, M. Kazimierowicz.

Work "Maintenance of accreditation in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis performing measurements for assessing doses from internal exposure" was carried out in the Radiation Hygiene Department of the Central Laboratory for Radiological Protection in 2022, the following subjects were realized:

1. Supervision of the accredited Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis by Polish Centre for Accreditation (PCA) - surveillance audit carried out by the experts of the PCA.

In the Laboratory took place an external audit carried out by experts from Polish Centre for Accreditation on May 27, 2022. During the audit the auditors found one incompatibility and recorded two observations. The Laboratory analyzed the received incompatibility and planned the correction, corrective actions and dealing with its consequences. The auditors accepted the evidence of incompatibility.

During the assessment, the auditors found that the Laboratory is competent to perform tests with all methods covered by the scope of accreditation. The evaluation team gained confidence in the Laboratory's competences, including the fulfillment of the accreditation requirements, and stated that the Laboratory has established, implemented and maintains a management system that allows it to meet the requirements of the PN-EN ISO/IEC 17025: 2018-02 standard.

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

Following the PCA recommendation on participation in proficiency testing and interlaboratory comparisons (DA-05) the Laboratory participated in 2022 in the national interlaboratory comparison organized by:

- PAA/ICH TJ: determination of the activity concentrations of ^{137}Cs in samples of surface water, powdered milk and dried vegetables (by procedure QPB 1) and ^{90}Sr in samples of surface water (QPB 2 and QPB 8).

According to the Results Validity Monitoring plan for 2022 carried out confirmation of repeatability, reproducibility and linearity of methods, checking the correctness of calculations in the Excel, checking the research equipment, addition of an internal standard.

3. Two internal audits: management system and technical area:

According to a Program of audits for the year 2022 two internal audits were conducted in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis. Internal audit No. 1/2022 checking the technical area of management system and internal audit No. 2/2022 concerning general requirements of management system. Internal audits were carried out very carefully. Auditor not found an incompatibility during the audits. Audits have shown that the Laboratory management system is implemented and continuously improved.

4. Technical supervision and repair of Laboratory research equipment:

In accredited Calibration Laboratories were done calibrations of "Adventurer" Ohaus balance and XA 60/200 analytical balance. Periodically checking of Laboratory research equipment and auxiliary equipment were done.

5. Raising the qualifications of the Laboratory employees by participating in external trainings on improving the management system in the research laboratory and trainings in the technical field.

According to the Training Plan 2022 in the Laboratory took place 9 internal trainings. The Laboratory staff also participated in 14 external trainings concerning: competence

of the Technical Manager, validity of research results, gamma radiation spectrometry, determination of ^{14}C and OBT, PTBR conference.

Determination of activity concentration of ^{232}Th , ^{230}Th and ^{228}Th in the water from wells Oligocene in Warsaw

E. Starościak, K. Trzpił

The consumption of water is one of the ways passage of radioactive substances to the human body. Council directive 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 "Laying down requirements for the protection of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption" and Minister of Health regulation of December 7, 2017 "On the quality of water intended for human consumption" (J. of L. 2017. pos. 2294) determine the levels of natural and artificial radionuclides permitted in drinking waters.

The work is a continuation of the subject implemented in 2016 - 2017. The aim of the study was to determine the activity concentrations of natural isotopes: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{210}Po i ^{210}Pb in samples of water from oligocene wells located in Warsaw.

In 2022 the following activity concentration were determined: ^{232}Th , ^{230}Th and ^{228}Th in the 9 samples of oligocene water from Warsaw and neighbourhood. Water was taken from 8 oligocene water intakes located in various districts of Warsaw: Hallera square – Praga Północ, Szaserów St. - Praga Południe, Mehoffera St. i Porajów St. – Białołęka, Pasteura St. i Barska St. – Ochota, Gajowiczyńskiej St. – Żoliborz, Wolumen St. – Bielany and one in Zielonka near Warsaw, on Wilsona St.

The activity concentration of ^{232}Th for all tested samples were below the limit of detection, $0,3 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$.

In the case of ^{230}Th concentration range was from $0,32 \pm 0,07 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ for water from Barska St. to $1,41 \pm 0,22 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ for water from Mehoffera St.

For the 9 tested waters, the activity concentration of ^{228}Th were below the limit of detection ($0,3 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$).

The resulting activity concentrations of ^{230}Th in tested water are shown in Figure 1.

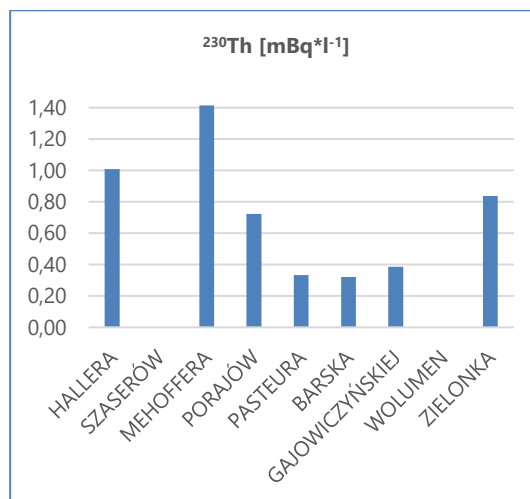


Figure 1. Activity concentration of ^{230}Th [$\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$].

The research extended the knowledge on the levels of exposure of the Polish population to the absorption of the tested radionuclides.

The subject was financed by the Ministry of Education and Science.

Measurements of radioactive contaminations in samples of water, bottom sediments, and fish in the framework of the monitoring of radioactive contamination of the Baltic Sea

M. Suplińska, K. Wiatr, A. Matysiak, B. Rubel, A. Fulara, M. Kardaś, K. Pachocki,

Research includes determination of radioactive contaminations in the marine environment - southern Baltic Sea in 2022 year. The work carried out at CLOR is a part of the monitoring performed by all the Baltic countries, coordinated by the Helsinki Commission. The data on radioactive contamination are submitted to the Data Bank of Helsinki Commission.

In the first stage of work, determinations of ^{137}Cs , ^{40}K and ^{226}Ra in fish samples were performed. Samples of cod, sprat, herring, and plaice came from the Gdansk Basin and the Bornholm Basin. The determinations were carried out in the fish fillets, with exception of sprat which was analyzed whole fish without a head. Determinations of ^{137}Cs and ^{40}K were performed by gamma spectrometry, and ^{226}Ra – by emanation method.

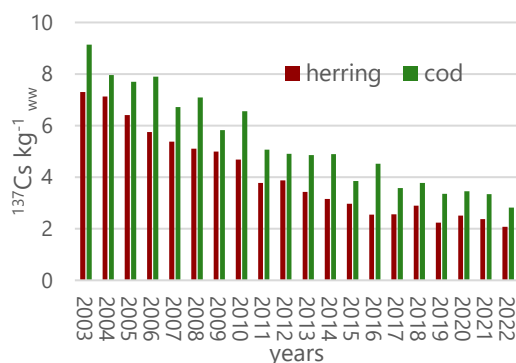


Figure 1. The concentrations of ^{137}Cs in Baltic fish, 2003-2022

In four fish species analysed each year, the highest average activity concentration of ^{137}Cs was found in cod – $2.82 \pm 0.11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$, and the lowest in herring – $2.07 \pm 0.21 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$. The average ^{137}Cs concentration calculated for the four species in 2022 was $2.45 \pm 0.38 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$. Activity

concentration of ^{137}Cs in each kind of the Baltic Sea fish has decreased in years, although significant changes are visible over longer periods [1]. The average concentrations of ^{137}Cs in Baltic Sea fish over the past 20 years are presented in Figure 1.

Activity concentrations of ^{226}Ra were more varied than ^{137}Cs , the highest value was specified in cod – $77 \pm 6 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$, the lowest in herring – $21 \pm 2 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$. Activity concentrations of ^{40}K ranged from $95 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ to $127 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ and as in the case of ^{226}Ra were stable during long-term research.

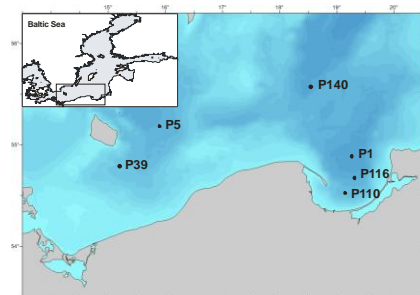


Figure 2. Bottom sediment and water sampling points

Water samples and sediment core samples were taken during the cruise carried out by the IMWM- PIB, in permanently selected six sampling stations, (Figure 2).

Determinations of ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra and ^3H in water were performed in surface and near bottom layers. In the bottom sediment samples determinations of ^{137}Cs and ^{40}K were performed in stratified core samples from all six locations. Determination of ^{238}Pu and $^{239,240}\text{Pu}$ were done like each year in two of them (six in three-year period). Strontium-90 was determined in the pooled samples for each sampling locations.

Determinations of ^{137}Cs and ^{40}K were performed by gamma spectrometry, Plutonium isotopes were determined by radiochemical method and alpha spectrometry measurement, ^{226}Ra – by emanation method and ^{90}Sr was determined using radiochemical method and measurement of ^{90}Y activity concentration after establishing the radioactive equilibration of ^{90}Sr - ^{90}Y .

Tritium was determined by the method based on electrolytic quantitative enrichment of ^3H in samples, distillation of concentrates and measurement of their radioactivity using a liquid scintillation spectrometer.

In sea water the average activity concentrations of ^{137}Cs in surface and near bottom layers were $20.6 \pm 1.6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ and $17.6 \pm 1.6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively. The ^{40}K activity concentration in surface waters varied in the range of $2.76 \div 3.23 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$. In the near bottom waters, concentrations of ^{40}K were higher and increased with salinity, covering the range of $3.48 \div 5.58 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$. The average ^{226}Ra activity concentrations in surface and near bottom waters were 2.37 ± 0.39 and $3.88 \pm 1.01 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively. Determinations of ^3H were carried out in pooled samples of surface and near bottom waters. Activity concentrations of ^3H were $0.9 \pm 0.1 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ and $1.6 \pm 0.2 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively. Concentrations of ^3H in the southern Baltic Sea water were consistent with concentrations characteristic for the entire Baltic Sea area [2].

In bottom sediments higher activity concentrations of ^{137}Cs were observed in the upper sediment layers. The same as in previous years, differences in the concentrations related to the location were observed, [3].

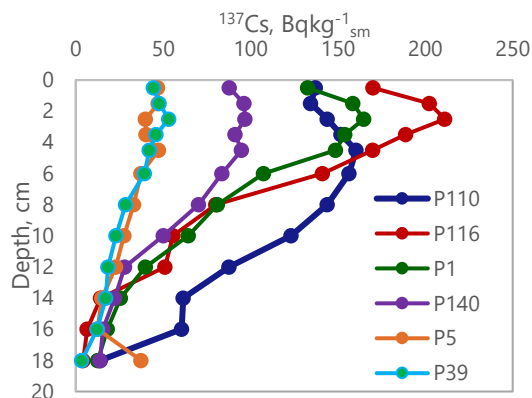


Figure 3. Concentrations of ^{137}Cs in bottom sediments, 2022

The highest concentrations of ^{137}Cs , observed in Gdansk Basin (P 110, P 116, P 1) were in range $160 \div 211 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$, while in Bornholm Basin (P 5, P 39) they were $47.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ and $53.3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$, respectively. In all locations, concentrations of ^{137}Cs decrease along the sediment profiles (Figure 3).

Determination of plutonium in bottom sediments at six sampling stations were carried out every three years. In 2022 plutonium determinations were performed in Gulf of Gdansk (P 116) and Bornholm Basin (P 39). In P 116 sediment profile, maximum activity concentration of $^{239+240}\text{Pu}$ – $4.26 \pm 0.14 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ was observed in the 5-7 cm layer and then it decreased successive to $0.25 \pm 0.02 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$. At P 39 the highest concentration of $^{239+240}\text{Pu}$ – $1.75 \pm 0.07 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ and the lowest $0.06 \pm 0.02 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ (Figure 4).

Activity concentrations of ^{238}Pu in P 116 were in the range $(0.003 \div 0.112) \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ and in P 39 in range $(0.002 \div 0.076) \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$. The ratio of ^{238}Pu to $^{239+240}\text{Pu}$ in both locations was in range of $0.02 \div 0.06$, being similar to that, determined for the fallout from nuclear weapons tests.

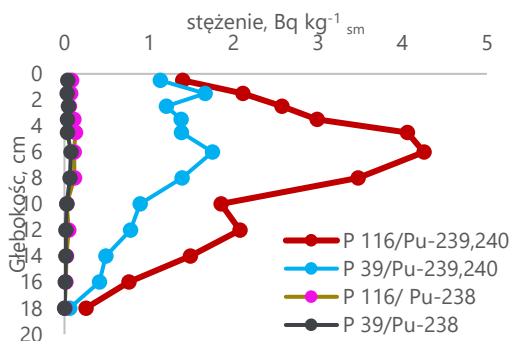


Figure 4. $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{238}Pu concentrations in bottom sediments, 2022

Activity concentrations of ^{90}Sr in bottom sediments (performed in samples for 0-19 cm layer) were aligned in southern Baltic Sea being in range of $3.40 \div 4.26 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ comparable to those determined in the years 2017-2021.

References:

1. Aust M-O., Suplińska M., Zalewska T. (2018) Radionuclides in biota. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
2. Schmied S., Zalewska T., Jakobson E. (2018) Radionuclides in seawater. In:

Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018

3. Zalewska T., Suplińska M. (2013), Anthropogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in southern Baltic Sea ecosystem., *Oceanologia*, 55 (3) 1-33

This work was carried out in accordance with the agreement with the State Atomic Agency No. 44/2022/CEZAR/72.

Determination of the concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in food samples

M. Kazimierowicz, B. Rubel, M. Kardaś, K. Pachocki, K. Wiatr, A. Matysiak, J. Lemańska, K. Trzpil

The aim of the study was to determine the radioactive concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in all-day meals of the inhabitants of Warsaw (Mazowieckie Voivodeship) and Gdańsk (Pomorskie Voivodeship). The annual intake of ^{137}Cs and ^{90}Sr with food was also assessed and the dose received by the inhabitants of Warsaw and Gdańsk was estimated.

The study material consisted of meals taken in mass catering establishments serving at least three meals a day (breakfast, lunch, dinner). Daily meals were collected according to a pre-prepared instruction, which ensured that all samples were collected in the same way. For 5 consecutive days, two identical sets of all-day meals were collected. Portions of all meals served for consumption on a given day (of the same size as those spent on average) were put into specially prepared containers, marked with the date, place of collection and sample number. Meals collected during the day were stored in a refrigerator and collected daily from mass caterers. The breakfasts included: milk soups or cocoa based on milk, bread, vegetable butter, cheese, cold cuts, eggs and vegetables, mainly tomatoes and radishes. Dinners consisted of soup, a second course consisting mainly of meat, boiled vegetables or salads, and compote. Potatoes or groats were served with the second course of meat dishes. For dinner, the following were served: cold cuts, cheese, bread, vegetables, e.g. pickled cucumber, lettuce. Products from various groups were used to prepare meals: milk and dairy products (curd and yellow cheeses, yoghurts), various types of meat and sausages, various vegetables in raw and cooked form, fruit mainly as an ingredient of compotes, eggs, cereal products: pasta, groats, rice (as an ingredient of dinner dishes or an addition to milk soups for breakfast), bread.

To measure the radioactive concentration of ^{137}Cs , a spectrometric set consisting of a multi-channel gamma radiation spectrometer manufactured by Canberra cooperating with an HPGe GX3020 semiconductor detector with a relative efficiency of 30% was used. For quantitative and

qualitative determination of individual gamma-radionuclides the GENIE-2000 software was used. Energy and performance calibration was performed using a reference source - a polyisotope mixture in the energy range from 59 keV (^{241}Am) to 1836 keV (^{88}Y).

The ^{90}Sr radioactivity concentration was determined by measuring the radioactivity concentration of ^{90}Y . The ash was dissolved in nitric acid 1:1 and then ^{90}Sr was separated from the solution of the analyzed sample and after establishing the radioactive balance of ^{90}Sr - ^{90}Y , ^{90}Y was isolated in the form of yttrium oxalates. The prepared measuring preparation was subjected to beta activity measurements. To determine the uncertainty of the ^{90}Sr determination, the following uncertainties were taken into account: measurement, determination of the calibration factor, applied standards, weighing, measurement of the ^{85}Sr radioactive concentration (used to determine the efficiency).

A Low Level Beta GM Multicounter System, Danish production, was used for the measurement. The basic part of the apparatus is five individual GM counters for measuring the activity of the samples. The meters are filled with a mixture of argon (99%) and isobutane (1%). The second part of the set is the electronics system for signal processing. A standard solution purchased from the National Center for Nuclear Research, POLATOM radioisotope center in Świerk was used to determine the calibration factor. The measurement time was 720 minutes in total.

The obtained values of ^{137}Cs radioactive concentration in food samples collected in Warsaw are in the range of $0,10 \div 0,46 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, with a mean value of $0,23 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

For Gdańsk, these values are in the range of $0,09 \div 0,29 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, with a mean value of $0,14 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

For food samples collected in Warsaw, the obtained values of the ^{90}Sr radioactive concentration

are in the range of $0,024 \div 0,036 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, with a mean value of $0,030 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

In the case of samples from Gdańsk, these values are in the range of $0,024 \div 0,080 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, with a mean value of $0,053 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

The content of ^{137}Cs in the year-round diet of Warsaw residents in 2022 is slightly lower than in the case of the 2021 study ($97,1 \text{ Bq}\cdot(\text{person}\cdot\text{year})^{-1}$). In 2018-2020, these values were respectively 47, 73 and $51 \text{ Bq}\cdot(\text{person}\cdot\text{year})^{-1}$. These differences result from the selection of dishes and the period of feeding - the late autumn period is usually characterized by higher concentration values. The content of ^{90}Sr in the year-round diet of Warsaw residents in 2022 is at the same level as in 2021 ($11,2 \text{ Bq}\cdot(\text{person}\cdot\text{year})^{-1}$). This year's values are presented in Table 1.

Table 1. Annual absorption of ^{137}Cs and ^{90}Sr radionuclides by food for the inhabitants of Warsaw and Gdańsk in 2022

City	Annual absorption by food intake	
	^{137}Cs [$\text{Bq}\cdot(\text{person}\cdot\text{year})^{-1}$]	^{90}Sr [$\text{Bq}\cdot(\text{person}\cdot\text{year})^{-1}$]
Warsaw	85,1	10,8
Gdańsk	52,7	19,3

The annual effective doses received by the inhabitants of Warsaw and Gdańsk from internal contamination in 2022, calculated on the basis of the analysis of all-day meals, are presented in Table 2. The

following conversion factors were used for the calculations:

- for ^{137}Cs - $1,3 \times 10^{-8} \text{ Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$,
- for ^{90}Sr - $2,8 \times 10^{-8} \text{ Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$ [1].

Table 2. The annual effective doses received by the inhabitants of Warsaw and Gdańsk in 2022

City	The annual effective doses [μSv]	
	^{137}Cs	^{90}Sr
Warsaw	1,1	0,3
Gdańsk	0,7	0,5

The variability of the obtained concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in individual daily samples is caused by the share of different food products in the daily diet and the different total weight of meals. The annual absorption of the nuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr with food remains at the same level as in previous years.

The average effective dose received by the inhabitants of Warsaw and Gdańsk as a result of internal contamination is low and constitutes less than one percent of the annual permissible dose limit, which is 1 mSv.

Work financed by the National Atomic Energy Agency - contract No. 59/2021/CEZAR/153 of October 13, 2021.

Literature

[1] Regulation of the Council of Ministers of January 18, 2005 on the limit doses of ionizing radiation. Dz.U. nr 20, poz.168, 2005

Comparative measurements regarding ^{137}Cs and ^{90}Sr isotope determination by basic units performing radioactive contamination measurements within the framework of radiation monitoring of the country

B. Rubel, K. Pachocki, M. Kardaś, M. Kazimierowicz, K. Wiatr, K. Trzpił

The project aimed at comparative measurements of ^{137}Cs and ^{90}Sr isotope content in samples of control material with pre-determined amount of these isotopes. The study was carried out by basic units responsible for monitoring and measurements of local radioactive contamination in Poland.

In 2022 dried mushrooms to determination of ^{137}Cs and surface water to ^{90}Sr determination were used as a control material.

Apart from dried mushrooms (with a natural content of ^{137}Cs), the surface water was isotope marked in the radioactive concentration above $10 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ of ^{90}Sr .

Spectrometric method was applied to determination of ^{137}Cs . Calibration of gamma spectrometer (Canberra spectrometer with HPGe detectors and Genie 2000 software) was checked using multi-isotopic calibration sources. Radiochemical method to ^{90}Sr determination was adapted. Calibration of Low Level GM Multicounter System used to ^{90}Sr determination was checked using certificated solution of ^{90}Sr . The accuracy of calibration was confirmed in domestic intercomparison organized by Institute of Nuclear Chemistry and Technology and National Atomic Energy Agency. The results obtained by CLOR met all the requirements of the organizer.

To prepare the samples of control materials, the amount of 20 kg of dried mushrooms were bought to caesium determination and 20 liters of surface water from Vistula river were taken to strontium determination. The activity concentration of ^{137}Cs in mushrooms, and also ^{90}Sr in spiked surface water were determined. Homogeneity of samples was checked as well. The results showed, that the reference material is homogenous and the activity concentration of ^{137}Cs in dried mushrooms

$86.43 \pm 3.47 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ and ^{90}Sr : $15.37 \pm 1.46 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ in surface water samples were consistent with requirements.

In the final stage 25 samples of dried mushrooms to determination ^{137}Cs and 3 samples of surface water to determination ^{90}Sr were prepared. Each parcel of reference materials 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.

The submitted measurement results were recorded, compared to reference values and analysis was performed.

Results of measurements of activity concentration of ^{137}Cs in the control samples of dried mushrooms were received from 25 units. The activity concentration of ^{137}Cs was in range $84.74 \div 108.83 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. The only spectrometric method was used by 15 units, only radiochemical determination was performed by 4 units, and 5 units used both methods to determine activity concentration of ^{137}Cs in mushrooms samples.

The results from each method used in the determination of ^{137}Cs in mushrooms were analyzed separately. The differences in the reported values with respect to the reference value varied from -2.0% to $+25.9\%$ in spectrometric method, and from $+0.7\%$ to $+11.3\%$ with the radiochemical approach. All submitted results obtained radiochemical method and 96% results in spectrometric method were within $\pm 25\%$ of the reference value. Also parameter "z" was determined. Its value $|z| \leq 2$ was observed for 6 radiochemical results and 15 from spectrometric analyses, which means that the result does not significantly differ from the reference value. Moreover, 5 result in spectrometric method and 3 in radiochemical were in range $2 \leq |z| \leq 3$ and 1 result in spectrometric method was for $|z| > 3$, that means questionable results.

The zeta index was determined. In four cases (spectrometric method), the parameter was $2 < zeta < 3$ and three results $zeta > 3$. For the remaining results, it was below 2, thus proving that the laboratories took into account all significant sources of uncertainty.

The parameter E_n was also evaluated. Four results in spectrometric method exceeded the value of 1. The remaining in spectrometric method and all in radiochemical results were below 1, which means satisfactory results. Correctness and precision were assessed. The result was accepted if it met both criteria. The evaluation shows that 86% of spectrometric results and 100% radiochemical results have both criteria fulfilled.

An assessment of the units participating in comparative measurements in 2020-2022 was also carried out. Positive comparative measurements in those years, regardless of the concentration and the matrix in which the activity of ^{137}Cs was determined using the spectrometric method, was obtained by 12 units, and determined by the radiochemical method by 4 units.

Results of measurements of activity concentration of ^{90}Sr in the control samples were received from 3 units. The submitted results ranged from 9.61 to 301 $\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. Only one result has met with criteria of accuracy and precision.

Contract National Atomic Agency
no. 29/2022/CEZAR/67, issue on June, 13th, 2022

Literature

PN-EN ISO/IEC 17043 Ocena zgodności –
Ogólne wymagania dotyczące badania biegłości.

EA-04/16 (European co-operation for
accreditation). Wytyczne EA dotyczące wyrażania
niepewności w badaniach ilościowych, 2004.

Quantifying uncertainty in nuclear analytical
measurements. IAEA-TECDOC-1401, July 2004.

W.Hyk, Z.Stojek: Analiza statystyczna
w laboratorium analitycznym. Komitet Chemii
Analitycznej PAN, Warszawa, 2020

Monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in 2022

M. Kardaś, M. Suplińska, A. Fulara, B. Rubel, A. Matysiak, J. Lemańska K. Pachocki, E. Starościak, M. Kazimierowicz, K. Wiatr, K. Wojtkowski

In the frame of monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in year 2022, 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.



Figure 1. Location of sampling points.

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.

The average activity concentrations of ^{137}Cs in water from basins of the Vistula River, Odra River and from Polish lakes was respectively: 4,17 mBq/l, 3,12 mBq/l, 3,19 mBq/l.

The average activity concentrations of ^{90}Sr were similar and ranged from 2,22 mBq l⁻¹ for Vistula river basin – 2,59 mBq l⁻¹ for lakes.

Table 1. Average concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the water of the basin of the Vistula, Odra and lakes.

Location of sampling	^{137}Cs [mBq l ⁻¹] average	^{90}Sr [mBq l ⁻¹] average
Basin of the Vistula (7) ^{a)}	4,17 ± 3,62 ^{b)} (14)	2,22 ± 0,45 ^{b)} (14)
Basin of the Odra (5)	3,12 ± 1,72 (10)	2,41 ± 0,57 (10)
Lakes (6)	3,19 ± 2,16 (12)	2,59 ± 1,56 (12)
Average overall (18)	3,55 ± 2,71 (36)	2,40 ± 0,98 (36)

a) Number of samples

b) Average value ± Standard deviation

In bottom sediments of rivers and lakes, large variations in the activity concentrations of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ were observed. The largest difference was observed ¹ for Vistula river basin. The smallest differences in concentrations of these isotopes were observed in the bottom sediments for lakes.

Table 2. Average concentrations of ^{137}Cs and $^{239,240}\text{Pu}$ in bottom sediments of the basin of the Vistula, Odra and lakes.

Location of sampling	^{137}Cs [Bq kg ⁻¹] average	$^{239,240}\text{Pu}$ [mBq kg ⁻¹] average
Basin of the Vistula (7) ^{a)}	3,06 ± 2,88 (14) ^{b)}	23,06 ± 14,37 (14)
Basin of the Odra (5)	4,31 ± 5,98 (10)	28,31 ± 36,31 (10)
Lakes (6)	3,64 ± 2,29 (12)	10,55 ± 7,00 (12)
Average overall (18)	23,06 ± 14,37 (36)	20,35 ± 16,71 (36)

a) Number of samples

b) Average value ± Standard deviation

The average activity concentrations of ^{137}Cs in bottom sediments were varied also: the lowest was observed in the basin of the Vistula

(3,06 Bq kg⁻¹), and the highest in the basin of the Odra (4,31 Bq kg⁻¹).

The average activity concentrations of ^{239,240}Pu in bottom sediments from basins of the Vistula River, Odra River and from Polish lakes was respectively: 23,06 mBq/l, 28,31 mBq/l and 10,55 mBq/l.

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

Monitoring of radioactive contamination of surface waters and sediments leads to the conclusion that ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr contamination of surface waters is low. Also, the concentration of radioactive ¹³⁷Cs and ^{239,240}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.

The work done on request of the National Fund for Environmental Protection

Determination of ^{241}Pu activity concentration in bottom sea sediments from the Baltic Sea

K. Wiatr, M. Suplińska

The aim of this work was the introduction of a procedure which would be used to research on ^{241}Pu activity in bottom sea sediments. Direct method of analysis with liquid scintillation counting detection [1] was chosen for adaptation in the laboratories of the Department of Radiological Hygiene. The ability to determine ^{241}Pu concentration in bottom sea sediments and other environmental samples would give a new tool to conduct scientific research on plutonium in the environment and would expand the scope of commercial services provided by the Institute. Currently the Department of Radiological Hygiene is able to determine radioactivity concentrations of alpha-decaying plutonium radionuclides (^{238}Pu and ^{239}Pu with ^{240}Pu as a sum).

The procedure is based on dissolution of plutonium from the alpha radiation sources which were prepared for the determination of ^{238}Pu and $^{239+240}\text{Pu}$ radionuclides. The sources are in form of steel discs with plutonium deposited on the surface during electrodeposition in $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$ buffer medium. After plutonium dissolution and latter liquid-liquid extraction liquid scintillation source is prepared by mixing organic phase with plutonium complexes with scintillation cocktail. Main advantage of this method is simultaneous determination of alpha-decaying plutonium radionuclides and beta-decaying ^{241}Pu . All previously prepared sources for alphaspectrometry could be used for analysis of ^{241}Pu .

The procedure begins with alpha source preparation and alphaspectrometry measurement in order to determine ^{238}Pu and $^{239+240}\text{Pu}$ activities. In the next step plutonium is dissolved in 4M HNO_3 and extracted with solution of trioctylphosphine oxide in cyclohexane. Then the organic phase with plutonium complexes is mixed with scintillation cocktail. The last step is liquid scintillation counting and calculation of the results.

Despite all the efforts the introduction of the procedure for routine work was unsuccessful. The unresolved problem is dissolution

of the sulphides that are deposited on the alpha sources during electrodeposition in $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$ buffer medium. Only partial dissolution is achieved which results in lack of proportion between measured ^{241}Pu activity and the sum of alpha-decaying radionuclides of plutonium. The reason for this disproportion may be in absorption of relatively weak energy of ^{241}Pu radiation ($E_{\text{max}} = 20,8 \text{ keV}$). This low energy may be not sufficient for β particle to escape sulphide crystal interior and cause scintillation event. In comparison alpha-decaying radionuclides of plutonium are characterized by much greater energies of radiation: from 4984 keV (^{242}Pu) to 5593 keV (^{238}Pu). This may be enough for alpha particle to get to the scintillation cocktail. Another problem occurs when sulphides are subjected to more aggressive condition. The steel of the discs is also dissolved what introduces cations of iron, nickel and chromium into the solution. Those cations are co-extracted with plutonium and involuntary added into liquid scintillation source. Presence of those metals during liquid scintillation counting results in quenching of the scintillation caused by ^{241}Pu radioactivity.

In review of efforts and results it is suggested that continuation of this project may not produce expected results and its cancelation should be considered.

Literature

1. Komosa A (2003) Fizykochemiczne problemy oznaczania i z zachowanie się izotopów plutonu w środowisku z uwzględnieniem beta - promieniotwórczego ^{241}Pu . Maria Curie-Skłodowska University

This work was supported by the Polish Ministry of Science and Higher Education

DOSIMETRY DEPARTMENT

Information of the activities of the Dosimetry Department in 2022

*K. Isajenko
Dosimetry Department*

In 2022 at the Dosimetry Department worked 6 people: M.Sc. Eng. Krzysztof Isajenko (Head of the Department), M.Sc. Barbara Piotrowska (informal function of the Deputy Head of the Department) and M.Sc. Eng. Karol Wojtkowski, M.Sc. Olga Stawarz, Anita Kiełbasińska and Marcin Kozdój. Four employees of the Dosimetry Department have higher education in physics (or related). Three employees have been employed for more than 25 years of work experience in the field of gamma radiation spectrometry.

The Natural Radioactivity Measurement Laboratory (LPPN) operates within the structure of the Dosimetry Department, which is accredited (No. AB 1108) for the measurement of natural radioactivity in raw and building materials. Accreditation was granted on November 19, 2009. The head of LPPN is M.Sc. Eng. Krzysztof Isajenko, the role of the Quality Manager is performed by M.Sc. Olga Stawarz, and the technical manager is M.Sc. Barbara Piotrowska. The laboratory has one accredited procedure

Works performed in the Dosimetry Department

As part of the statutory activity (financed by the Ministry of Science and Higher Education), the following topics were conducted in the Department of Dosimetry in 2022:

Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in years 1980-2022 – topic manager: Barbara Piotrowska

Analysis of the radiation situation in the National Park "Bory Tucholskie" based on the study of soil samples – topic manager: Olga Stawarz

Monitoring of noble gases in Warsaw an Świerk – topic manager: Karol Wojtkowski

In addition, the works were carried out at the Dosimetry Department at the request of the President of the National Atomic Energy Agency:

Assessment of effective dose for residents of Poland from inhalation of atmospheric aerosols – network of ASS-500 stations in 2022 – topic manager: Krzysztof Isajenko

The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive Waste Repository (NRWR) in Różan and around National Centre for Nuclear Research in Świerk – topic manager: Barbara Piotrowska

Organizing and conducting comparative measurements of the content of natural radioactive isotopes in raw and building materials for institutions providing such measurements – topic manager: Olga Stawarz

The Dosimetry Department also conducted works commissioned by the Chief Inspectorate for Environmental Protection (financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management):

- *Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2020-2022. TASK 3: Monitoring of cesium-137 concentration in soil* – topic manager: Krzysztof Isajenko (end of the third, and last part of work)
- *Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2022-2024. TASK 3: Monitoring of cesium-137 concentration in soil* – topic manager: Krzysztof Isajenko (end of the first part of work)

In 2022, the Dosimetry Department also conducted works financed by the Ministry of Climate and Environment:

Development of the quality assurance system in accredited Natural Radioactivity Measurements Laboratory in the scope of radium ²²⁶Ra, thorium ²²⁸Th and potassium ⁴⁰K reference standard maintenance – topic manager: Olga Stawarz

The investment entitled: *"Purchase of a spectrometric track with an XTRa detector, intended for the measurement of air filters from the ASS-500 station operating in the early detection of radioactive contamination network"* – topic manager: Krzysztof Isajenko

Also after winning the auction in 2022, the Dosimetry Department carried out work on behalf of the Radioactive Waste Management Plant:

- *Monitoring and radiological protection of the Radioactive Waste Management Plant (location: Otwock – Świerk)* – topic manager on behalf Z-II: Barbara Piotrowska
- *Monitoring and radiological protection of the National Radioactive Waste Repository (NRWR) in Różan* – topic manager on behalf Z-II: Barbara Piotrowska
- *Monitoring and radiological protection around of the NRWR in Różan* – topic manager on behalf Z-II: Barbara Piotrowska

All three topics were conducted under the agreements concluded between CLOR and ZUOP entitled *"Nuclear safety and radiological protection of the RWMP facilities in Otwock-Świerk and radiological protection of the National Radioactive Waste Repository in Różan"* – The coordinator of these topics carried out in three Departments at CLOR in 2022 was the Department of Dose Monitoring and Calibration (Katarzyna Wołoszczuk).

As for the other (more important) work carried out at the Dosimetry Department, it can be mentioned here:

- *Assessment of radioactivity of natural ash-slag mixture from hard coal combustion in heating boilers of Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. in Włocławek* – topic manager: Barbara Piotrowska.
The topic was commissioned by Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej in Włocławek
- *Radiological expertise of 64 samples of minerals held by the Museum of the Earth of the Polish Academy of Sciences in Warsaw* – topic manager: Barbara Piotrowska.

The topic was commissioned by the Polish Academy of Sciences

- *Radiological expertise of 47 samples of minerals held by the Museum of the Earth of the Polish Academy of Sciences in Warsaw* – topic manager: Barbara Piotrowska.
The topic was commissioned by the Polish Academy of Sciences.

As part of the work carried out in the Dosimetry Department and on the basis of the results obtained, the Department has produced several publications and important studies, namely:

- The article entitled: *"Assessment of Natural Radioactivity in Cements Used as Building Materials in Poland"*- Sylwia Lewicka, Barbara Piotrowska, Aneta Łukaszek-Chmielewska, Tomasz Drzymała – Int. J. Environ. Res. Public Health, t. 19 (18) z. 11695; 2022; ISSN 1660-4601; <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/18/1169>.
- The article entitled: *"Promieniotwórczość gleb Ojcowskiego Parku Narodowego (Radioactivity of the soils of the Ojców National Park)"*- O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, Prądnik. Prace i materiały Muzeum im. Prof. Władysława Szafera; ISSN 0867-0196, t. 32, str. 9-24 2022
- Radiological expertise of the working environment from the X-ray tube at Consolidated Precision Products Poland Sp. z o. o., ul. Hetmańska 120, 35-078 Rzeszów – *Barbara Piotrowska, Marcin Kozdój, Krzysztof Isajenko; April 2022.*
- The study entitled: *Assessment of radioactivity of natural ash-slag mixture from hard coal combustion in heating boilers of Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. in Włocławek* - B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz – Final report for Miejskie Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej Sp. z o.o. in Włocławek, Warsaw, CLOR, January 2022.

Employee of the Department of Dosimetry, MSc. Eng. Karol Wojtkowski continuing doctoral studies at the Warsaw University of Technology, Faculty of Building Installations, Hydrotechnics

and Environmental Engineering - started in 2016.
Planned graduation - 2023.

In 2022, a student of the Maria Curie-Skłodowska University in Lublin underwent an internship at the CLOR Dosimetry Department - Barbara Piotrowska was the supervisor of the internship.

Barbara Piotrowska conducted a training for one person from LSA Sp. z o. o. in Białystok (employee dealing with measurements of natural radioactivity of raw materials and building materials).

Krzysztof Isajenko and Karol Wojtkowski conducted classes (lectures and laboratories) at all courses for Radiation Protection Inspectors conducted at CLOR.

Krzysztof Isajenko participated in the "Fifth conference on ionizing radiation detection and quality control in X-ray diagnostics, radiotherapy and nuclear medicine" (Dwór Ostoia, Klimkówka near Rymanowa), which took place on September 5-8, 2022 and was co-organized by CLOR. He presented two papers:

- "Securing radioactive sources in the light of new regulations"
- "Intercalibrations (inter-laboratory comparisons)"

Plans of the Dosimetry Department for 2023

The plans of the Dosimetry Department for 2023 include the following activities and works:

- *Implementation of a new on-line system for the ASS-500 station - the subsidy for the investment from the Ministry of Climate and Environment in 2023 was not awarded;*
- *Purchase of a drone - investment subsidy from the Ministry of Climate and Environment for 2023 was not awarded;*
- *Maintaining the LPPN accreditation;*
- *Purchase of radioactive sources for calibrating spectrometers (in the Marinelli container, density 1.5 g/cm³ and on the basis of Petrianov filters);*
- *Organizing the Radioactive Waste Storage at the Wrocław University of Technology;*
- *Finding a new source for purchasing Petrianova filters - due to the war in Ukraine and economic sanctions imposed on Russia, the purchase of filters in this country is not possible;*
- *Conducting intercalibration (every 1-2 years) for laboratories conducting measurements of raw and building materials - so far such comparative measurements were carried out by the PAA President;*
- *Employment of a new employee to work in the Dosimetry Department - for matters related to the measurement of air radioactivity;*
- *Participation in international intercalibrations.*

The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan and around National Centre for Nuclear Research in Świerk.

*B. PIOTROWSKA, K. ISAJENKO, O. STAWARZ, A. FULARA, K. WOJTKOWSKI, M. KOZDÓJ,
A. KIEŁBASIŃSKA, J. LEMAŃSKA*

The assessment of the radiation situation in the vicinity of the National Radioactive Waste Repository (NRWR) in Różan in 2022 focused on testing spring water, groundwater, grass, soil and air aerosol samples as well as on dose rate measurements. On the other hand, the assessment of the radiation situation in the vicinity of the National Center for Nuclear Research in Świerk in 2022 focused on the study of water samples from the Świder River, well water, water from the sewage treatment plant in Otwock, soil, grass, air aerosols, iodine in the form of gas, noble gases and performing dose rate measurements.

Surroundings National Radioactive Waste Repository (NRWR) in Różan

Study environment the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan, in the analysis of spectrometry of ionizing radiation in samples of spring water with three points (Z-1, Z-2, Z-3):

- registered gamma radioactive isotope concentration $40K > 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ only in one point;
- content of tritium was recorded in all samples of water a below low level detectable.
- maximum content of cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) was registered in spring water from point Z-3: $4.07 \pm 0.56 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- activity concentration of strontium ^{90}Sr in bulk sample (Z-1 + Z-2 + Z-3) was registered in spring water bellow low level detectable.

Analysis of the beta ray in samples of ground water from around KSOP in Różan showed:
-maximum content of tritium in the sample marked P-16: $134.9 \pm 5.0 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$
-the largest total radioactivity beta ray $0.20 \pm 0.01 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ (sample P - 7).

Spectrometric study of gamma radiation samples of soil from the surroundings KSOP in Różan have shown with artificial isotopes-the presence of cesium (^{137}Cs) in all samples; ^{141}Ce (in 3 samples:

D-2, D-3 and D-4) and ^{241}Am (in one sample: D-1). Average value of concentration of ^{137}Cs radioactivity was equal from $0.23 \pm 0.11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (in D-3 point) to $57.6 \pm 65.1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (in D-1 point). Concentration of radioactivity ^{141}Ce was equal from $0.15 \pm 0.04 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in point D - 3 to $0.79 \pm 0.13 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in point D - 2. Concentration of radioactivity ^{241}Am was equal $0.88 \pm 0.22 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

In the analysis of spectrometry of gamma radiation in samples of grass in the KSOP Różan have shown no any artificial isotopes. Concentrations of activity of the isotopes have been below low level detection.

In the analysis of the spectra of gamma radiation aerosols collected on filters of air per day collecting samples in the field of energy between (40-2000) keV hasn't been recorded artificial isotope.

Concentrations of activity of the isotopes identified in both samples: beryllium (^7Be) and lead (^{210}Pb) correspond to average the values of concentrations of these isotopes recorded in samples of aerosols from the ASS-500 placed throughout the country and working continuously.

Exposition dose rate of radiation in the environment in the KSOP Różan is between $89.6 \pm 1.8 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point D-3 to $123.6 \pm 0.8 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point D-1.

Surroundings National Centre for Nuclear Research in Świerk

Study environment by Institute in Świerk, after analysis of the spectrometry of gamma radiation in samples of water from the River Świder (WS-1 and WS-2 samples), the water from well (G-106 and G-108) was not found the presence of two radioactive isotopes gamma artificial content $> 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$. Average value of concentration of activity of ^{137}Cs was equal $1.89 \pm 0.16 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$. Concentration of activity of ^{131}I was equal $209 \pm 10 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ (in spring sample).

Measurement of content for tritium (^3H) in samples of well water and water from the River Świder method of enrichment of tritium electrolytic method and measurement of the activity of beta ray by means of spectrometry LSC showed the presence of tritium at low level. Maximum activity concentration of tritium in water collected in surrounding Institute of Świerk registered in sample of water from well G-106. This value equal $2.2 \pm 0.6 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Measurement of content for cesium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) in samples of water by method of selective sorption of cesium on a fluid quinoline ammonium (AMP) and measuring the activity of β ray preparation has shown that in all samples the cesium activity level is low. The largest average content of cesium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) was registered in water from the Canal outlet of sewage treatment plant in Otwock (RSD). The average value of the activity concentration of cesium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) in this sample of water were $7.11 \pm 1.48 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

After the analysis of the spectrometry of gamma radiation in soil samples from the around Institute in Świerk found: Isotopes natural origin – presence natural isotopes i.a. radium ^{226}Ra , actinium ^{228}Ac , lead ^{210}Pb and potassium ^{40}K below $2.5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$;

- isotopes artificial - the presence of cesium (^{137}Cs) in all samples (below $0.7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$);

- maximum activity of cesium (^{137}Cs): $13.40 \pm 0.20 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (point MD-05);

- minimum activity of cesium (^{137}Cs): $3.88 \pm 0.09 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (point MD-06).

In the analysis of spectrometry of gamma radiation in samples of grass from surrounding Institute in Świerk found: Artificial isotopes - in three samples the presence of cesium (^{137}Cs).

The maximum concentration of activity $22.6 \pm 0.54 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (sample MD-05). Isotopes natural origin – in all samples concentration of activity ^{40}K and lead ^{210}Pb was below $20 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$;

Concentration of activity ^{40}K in sample of grass was in ranges: $225 \pm 7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in sample MD-05 to $487 \pm 13 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in sample MD-01. The value

activity of lead ^{210}Pb was contest: $10.2 \pm 2.6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in sample MD-02 to $47.2 \pm 3.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in sample MD-05.

Exposition dose rate in around Institute in Świerk is in range from $90.2 \pm 5.2 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point MD-01 to the value $133.0 \pm 3.5 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ point MD-02.

Only natural origin isotopes recorded on filters of aerosols of air collected with surrounding Institute in Świerk. Concentration of activity this isotope was below the lower limit of detection. Concentrations of activity of the isotopes identified in both samples: beryllium (^7Be) and lead (^{210}Pb) correspond to average the values of concentrations of these isotopes recorded in samples of aerosols from the ASS-500 placed throughout the country and working continuously.

In one sample was registered ^{131}I . Concentration of activity was equal $18.9 \pm 2.0 \mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

In the analysis of the gamma spectrum of the iodine absorbent of the gas form, iodine isotope ^{131}I with a value above the lower limit of detection was registered. Maximum of concentration of activity ^{131}I was equal $4.27 \pm 0.32 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$.

In the measurement of noble gases taken from the area of the Center Świerk were identified three isotopes ^{85}Kr krypton, $^{131\text{m}}\text{Xe}$ and ^{133}Xe xenon value radiation level well above the lower limit of detection. Concentration of krypton ^{85}Kr amounted $1.52 \pm 0.17 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, $^{131\text{m}}\text{Xe}$: $0.619 \pm 0.008 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ and ^{133}Xe : $0.020 \pm 0.003 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Work Centre in Świerk and the presence of Radioactive Waste in Różan not pose a risk in terms of radiological environment for the residents of both locations.

Financing

The work done at the request of the State Agency for Atomic Energy.

Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in years 1980-2022

B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska

To the evaluation of raw and building materials in terms of the presence of radioactivity concentration shall apply the criteria published in the Ordinance of the Council of Ministers of 17 December 2020, (Journal of laws 2021, poz. 33) "on the requirements regarding the building materials for which the radioactive concentration of radioactive isotopes of potassium ^{40}K , radium ^{226}Ra and thorium ^{232}Th is determined, the requirements for making these determinations and the value of the radioactive concentration index, the exceeding of which shall be notified to the competent authorities".

In 2022 the Laboratory for Measurements Natural Radioactivity completed studies and developed opinions on application of building and raw materials for the 58 samples were from different regions of the country. They were e.g mixture ash-slag (27 samples), natural aggregate (10 samples), furnace waste (6 samples), sand (4 samples), slag (3 samples) and another 12 samples.

From 1980 to the end of 2022 to a polish national database of raw and building materials has been entered for 52751 samples. In the same year entered to the database results for 782 samples, including:

- the results of raw materials of natural origin: 45
- the results of the building materials industrial origin: 656
- the results of building materials: 81.

By analyzing the average values of the index I of the entire database is specified for housing construction and public service in the years 1980-2022 it should be stated that:

-in 2022 recorded a little taller value index I for ashes in compared to 2021 y. and slightly higher values index I for building ceramics in compare to 2021 y.

-in 2022 year 100% raw materials of natural origin would apply in building residential (as in previous years).

-from the ended building materials produced in 2022 year all building ceramics have been authorized for use in building housing.

Financing

Work co-financed by the Ministry of Education and Science.

Research on radioactivity in minerals of the earth's crust from the Museum of the Earth of the Polish Academy of Sciences

B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kiełbasińska

In 2022, the Department of Dosimetry conducted research on gamma radiation from samples of minerals in the earth's crust and held by the Museum of the Earth of the Polish Academy of Sciences in Warsaw. Measurements were made using a spectrometric track with a characterized HPGe detector of the XTRa type. The aim of the study was to estimate, based on the results of measurements, the concentrations of radionuclides in 111 samples, which are radioactive waste and what category. The classification of minerals was performed in accordance with the requirements of the Regulation of the Council of Ministers of December 14, 2015 on radioactive waste and spent nuclear fuel (Dz. U. z 2022, poz. 1320).

All samples were photographed and given sequential numbers. The minerals were then weighed and measured by reading length, height and width or diameter. These parameters were used to determine the detector performance curve for the geometries corresponding to the given samples. The next step of the research was to determine the dose rate of gamma radiation from mineral samples in two locations: at the surface of the minerals and at a distance of 10 cm from the surface of the samples. The dose rate of gamma radiation measured at the mineral surface was in the range from $0,071 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to $143 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

In most spectrometric measurements of mineral samples, only isotopes of natural origin were recorded, such as potassium ^{40}K and isotopes from the uranium-actinium, uranium-radium and thorium series. The specific activities of the registered isotopes of the tested samples were within the range from a few $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ to $5\cdot 10^6 \text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

On the basis of the calculated concentrations for registered gamma radioactive isotopes in the samples, the minerals were classified in terms of the content of radioactive substance in them. According to the abovementioned Regulations of the Council of Ministers 94 mineral

samples have been classified as low-level radioactive waste, however the remaining 17 mineral samples are not radioactive waste.

Examples of tested samples are presented below along with the results of spectrometric measurements and the classification of minerals.

Sample No 078 – Casholite IV/6/122

Mass: 0,054 kg
Dose rate:
near the surface: $37,2 \mu\text{Sv/h}$
at a distance of 10 cm: $2,92 \mu\text{Sv/h}$
Spectrometric test results:
Ra-226: $998\,805 \pm 82\,526 \text{Bq/kg}$
U-238: $3\,556\,892 \pm 436\,051 \text{Bq/kg}$



Waste classification: **LOW-ACTIVE WASTE**

Sample No 003 – Uranophane with malachite, cerussite, chabasite IV/44/1052

Mass: 0,136 kg
Dose rate:
near the surface: $0,079 \mu\text{Sv/h}$
at a distance of 10 cm: $0,078 \mu\text{Sv/h}$
Spectrometric test results:
Pb-210: $117 \pm 14 \text{Bq/kg}$
Ra-226: $142 \pm 17 \text{Bq/kg}$
Th-234: $91,5 \pm 21,0 \text{Bq/kg}$



Waste classification: **IT IS NOT RADIOACTIVE WASTE**

Sample No 077 – Torbernite IV/6/117

Mass: 0,34 kg
Dose Rate:
near the surface: $29,5 \mu\text{Sv/h}$
at a distance of 10 cm: $2,6 \mu\text{Sv/h}$
Spectrometric test results:
Ra-226: $256\,902 \pm 18\,708 \text{Bq/kg}$
U-238: $615\,017 \pm 58\,060 \text{Bq/kg}$
U-235: $10\,235 \pm 2\,404 \text{Bq/kg}$



Waste classification: **LOW-ACTIVE WASTE**

Financing

The work done at the request of the Museum of the Earth of the Polish Academy of Sciences.

Development of the quality assurance system in an accredited Laboratory of Natural Radioactivity Measurements in the scope of radium ^{226}Ra , thorium ^{232}Th and potassium ^{40}K reference standard maintenance in 2022

O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój

The Laboratory of Natural Radioactivity Measurements is accredited by the PCA in the field of determining the concentrations of radionuclides: potassium ^{40}K , bismuth ^{214}Bi and thallium ^{208}Tl using gamma spectrometry and determining (by calculation) the concentration of radium ^{226}Ra , thorium ^{232}Th and the value of the radioactive concentration index I (definition in the Regulation of the Council of Ministers of 17.12.2020, Journal of Laws of 2021, item 33) in raw and building materials and industrial waste used in construction. In 2022 the Laboratory made measurements of the following samples: ash-slag mixture, slag, combustion waste, natural aggregate, insulation board and various types of waste.

The subject included the following tasks: technical supervision over the equipment and conducting periodic calibrations of spectrometers, improving the management system, improving the qualifications of employees through external training, conducting internal audits and supervising the Laboratory by the PCA.

As part of technical supervision, both MAZAR type analyzers were checked every week by measuring volumetric calibration standards (^{40}K , ^{226}Ra and ^{232}Th), matrix of standards and intercalibration samples and comparing the results with reference values. Once every two months, the background of the analyzers was determined using an aluminum cylinder. Daily monitoring of temperature and relative humidity in the laboratory was carried out, temperature indications in the dryer were checked, as well as the tightness of the ^{40}K , ^{226}Ra and ^{232}Th standards. Both MAZAR type analyzers were calibrated. Measurement ranges were verified and updated and also repeatability and reproducibility tests were carried out for the MAZAR-95 analyzer. An external

accredited laboratory calibrated and legalized the scales.

The improvement consisted, among others, in updating documents and forms of the management system, analyzing risks and opportunities, conducting a management review, the internal audits and training. Interlaboratory comparison measurements of the content of natural radioactive isotopes in building materials were also organized for laboratories dealing with this type of research activity. In addition Laboratory took part in proficiency tests organized by EC JRC (expanded clay, cement and expanded clay block) and interlaboratory comparisons organized by BFS in Freiburg (bauxite and red mud). The results were positive.

Both internal audits took place in June. The auditors positively assessed the activities of Laboratory and the maintenance of the management system based on the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard.

The evaluation in supervision was carried out by the Polish Centre for Accreditation on July 22, 2022. One observation and one non-compliance were noted. The Laboratory staff carried out appropriate actions. Due to the update of part of the measurement range, a new scope of accreditation was issued. The auditors positively assessed the management system and activities of LPPN. The accreditation was extended for another cycle.

As part of the improving qualifications, the Laboratory staff took part in the following external trainings (on-line): "How to develop a plan, statistical model and report on small interlaboratory comparisons?", "Internal audit of the management system according to PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 according to the guidelines of PN-EN 19011:2018-08 – basic course", "Competences and tasks

of management and technical staff in laboratory activities based on a management system compliant with requirements of PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02” and “Personal data protection”.

The Laboratory of Natural Radioactivity Measurements (AB 1108) has maintained the accreditation, acquired new customers and is constantly developing. The number of tested samples was at the similar level as in previous years.

Positive results obtained in interlaboratory comparisons and proficiency tests also prove the high quality of research conducted in this field and the professionalism of the Laboratory staff.

The subject was financed by the Ministry of Climate and Environment.

Assessment of the radiation situation in “Bory Tucholskie” National Park on the basis of the soil samples measurements

O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój

The aim of the study was to assess the radiation situation in “Bory Tucholskie” National Park basing on the results of tests carried out using the gamma spectrometry method in the collected soil samples. The concentrations of cesium ^{137}Cs (artificial origin, still present after the Chernobyl Nuclear Power Plant accident in 1986) and natural radionuclides: potassium ^{40}K , radium ^{226}Ra and actinium ^{228}Ac were determined. Deposition of cesium ^{137}Cs was also calculated. The assessment of the radiation situation in “Bory Tucholskie” National Park consisted in estimating, based on the results of measurements of natural radionuclide concentrations, the annual effective dose and thus the exposure to ionizing radiation of employees, local residents and tourists.

In addition, the obtained results were compared with the mean values of radionuclide concentrations in soil samples taken in previous years in the following National Parks: Kampinoski, Poleski, Narwiański, Świętokrzyski and Ojcowski, as well as with mean values for Poland and the Pomorskie Voivodeship (the results come from the CLOR study for GIOŚ, made as part of the National Environmental Monitoring for soil samples taken in autumn 2020).

On “Bory Tucholskie” area 18 samples were taken from the surface layer of soil (0 ÷ 10 cm) using a die (cylinder, $d = 6.9$ cm) and a hammer. At each point, seven portions were taken, i.e. one from the center and six from the circumference of a circle with a diameter of 2 m. The types of taken samples are mainly podzolic soils.

Collected samples were transported to CLOR Dosimetry Department and then prepared for measurement in the laboratory in the following steps: drying at a temperature of 105°C , cooling, grinding, determination of total mass, pouring into measuring containers through a certified sieve with a mesh diameter of 2 mm, determination of the mass of samples and description.

The soil samples were measured by high-resolution gamma spectrometry using a multi-channel analyzer with a semiconductor detector

GX3020 (relative efficiency of ca. 35%, resolution of 1.8 keV for ^{60}Co , $E = 1.33$ MeV). The measurement time of a single sample was 80 000 s. Calibration of the detector was carried out using a multigamma volumetric source with a density of $1.5\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, which is close to the average density of the samples, i.e. $1.8\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (producer of the source - POLATOM).

After the measurements on the semiconductor detector were completed, the obtained spectra were analyzed. Subsequently, the results of ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra and ^{228}Ac concentration measurements were developed. Deposition of ^{137}Cs in soil samples was calculated, as well as annual effective dose for people staying in “Bory Tucholskie” National Park was estimated.

Values of cesium ^{137}Cs deposition in soil taken from “Bory Tucholskie” National Park area in 2022 range from $0.24 \pm 0.01\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (point number 15, section 120) to $1.95 \pm 0.04\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (point number 16, section 153). The mean value of cesium ^{137}Cs deposition in soil is equal to $1.17 \pm 0.10\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$.

The mean values of natural radionuclides concentrations in soil samples taken from “Bory Tucholskie” National Park in 2022 are equal to: $6.5 \pm 0.2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (range: $4.2 \div 8.2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) for radium ^{226}Ra , $5.6 \pm 0.2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (range: $3.8 \div 7.2\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) for actinium ^{228}Ac and $200 \pm 4\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (range: $174 \div 227\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) for potassium ^{40}K .

The mean value of cesium ^{137}Cs deposition in soil from “Bory Tucholskie” is higher than the mean value for Poland, the Pomorskie Voivodeship and Świętokrzyski National Park. The mean values of natural radionuclides concentrations in the soil from “Bory Tucholskie” are lower than the mean values for Poland, the Pomorskie Voivodeship and the National Parks surveyed in previous years. The exception is ^{40}K , for which the mean value of concentration is higher than in the Poleski National Park and in the Narwiański National Park.

The mean value of cesium ^{137}Cs deposition is a little bit higher than the mean value for Poland

in the middle-east region of "Bory Tucholskie" National Park. In the study area, it is not possible to clearly indicate regions with higher or lower values of natural radionuclides concentrations. There was also no correlation between cesium concentration and natural radionuclide concentrations.

The maximum annual effective dose estimated on the basis of natural radionuclides concentrations in soil coming from "Bory Tucholskie" National Park area is equal to 0.158 mSv (point

number 14, section 136), which represents 7% of the natural background for Poland, without taking cosmic radiation into account.

On the basis of the conducted research, it can be concluded that staying of the people in "Bory Tucholskie" National Park is safe from the radiological protection point of view.

The subject was financed by the Ministry of Education and Science.

Organizing and conducting the interlaboratory comparative measurements of natural radioactive isotopes content in building materials for laboratories making such measurements (in 2022)

O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój

Participation and getting positive result in interlaboratory comparative measurements (ILC) is one of the conditions necessary to obtain or maintain accreditation by the laboratory. The satisfactory result of such comparisons is evidence of demonstrating competence in monitoring activities and recognizing the validity of research results.

In 2022 under the contract with the National Atomic Energy Agency No. 73/2022/CEZAR/173 of October 4, 2022, CLOR Dosimetry Department conducted comparative measurements of the content of natural radioactive isotopes in building materials for units conducting such measurements.

Three participants took part in the comparisons. To preserve the confidentiality of the results, each of the laboratories was given a randomly selected code number. The concentrations of potassium ^{40}K , radium ^{226}Ra and thorium ^{232}Th given by the laboratories, as well as the values of the radioactive concentration index I for the standard and extended time of measurement in samples of bottom ash taken from Kawęczyn and Siekierki CHP plants, were analyzed.

Before sending samples to the participants of the comparisons, homogeneity was investigated by controlling the number of counts in photopics corresponding to several selected radiation energies (^{226}Ra – 186 keV, ^{212}Pb – 239 keV, ^{214}Pb – 295 keV and 352 keV, ^{214}Bi – 609 keV and ^{40}K – 1461 keV). For this purpose, the multi-channel analyzer with HPGe semiconductor detector was used. For all the test control samples, the relative difference in the number of counts did not exceed 3.5%, hence the conclusion that the obtained material is characterized by good homogeneity. The samples were then sent to the participants of the comparative measurements.

In order to determine the reference values of ^{40}K , ^{226}Ra and ^{232}Th concentrations and the radioactive concentration index I , the samples prepared by CLOR were aged for a minimum of 14 days, and then were measured on the MAZAR analyzer in a standard time and extended to about 24 hours. Mean values and uncertainties (standard deviations for $k=2$) of concentrations of natural radionuclides and index I were calculated, which were then used as reference values for the analysis and evaluation of the results submitted by the participants.

The laboratories measured the samples using an analyzer with a NaI(Tl) probe (MAZAR) or an HPGe detector - in the time used in their own procedures and extended to about 24 hours.

The results were then statistically analyzed using the Z test and the procedures recommended by the IAEA and PCA. Z, accuracy and precision tests were carried out against the reference value of potassium ^{40}K , radium ^{226}Ra and thorium ^{232}Th concentrations and determined index I .

Knowledge of the Z parameter, described in the formula below, allowed to assess the accuracy of the results against the background of the entire population.

$$Z = \frac{x - X}{\delta}$$

where:

x – the result obtained by the participant

X – reference value

δ – standard deviation of population.

The following criteria have been adopted to assess the proficiency of the laboratory:

$|Z| \leq 2$ - satisfactory result,

$2 < |Z| < 3$ – a questionable, but acceptable result,

$|Z| \geq 3$ - an unsatisfactory result, justifying corrective actions.

The accuracy of the result was satisfactory if:

$$|\text{lab. result} - \text{ref. value}| \leq 2,58 \cdot \sqrt{U_{\text{ref}}^2 + U_{\text{lab}}^2}$$

The precision of the result was satisfactory if the value:

$$\sqrt{\left(\frac{U_{\text{ref}}}{\text{ref. value}}\right)^2 + \left(\frac{U_{\text{lab}}}{\text{lab. result}}\right)^2} \cdot 100\%$$

was less or equal to 16% for index I and less or equal to 25% for ^{40}K , ^{226}Ra and ^{232}Th concentrations (U - measurement uncertainty).

For the analysis of the E_n parameter (defined in the PN-EN ISO/IEC 17043 standard), the values of the radioactive concentration index I and uncertainties determined by the ILC participants were taken into account, as well as the reference value with extended uncertainty. The following formula was used:

$$E_n = \frac{x_{\text{lab}} - x_{\text{ref}}}{\sqrt{U_{\text{lab}}^2 + U_{\text{ref}}^2}}$$

where: x_{lab} - laboratory result
 x_{ref} - reference result
 U_{lab} - extended uncertainty of the participant's result
 U_{ref} - extended uncertainty of the reference value.

When evaluating the results of measurements of the participants of the comparisons, the following criteria were adopted:

$|E_n| \leq 1$ - the result of the comparison is satisfactory
 $|E_n| > 1$ - the result of the comparison is unsatisfactory.

Evaluation of the results for standard measurement time

When determining the potassium ^{40}K concentration, one laboratory reported unsatisfactory results in the Z test and the accuracy

test. The precision of the results for all laboratories was satisfactory.

In determining the concentration of radium ^{226}Ra in the Z test, one laboratory obtained an unsatisfactory result warranting corrective actions and one laboratory received a questionable, but acceptable result. The results of the accuracy and precision tests were satisfactory for all participants.

For the determination of thorium ^{232}Th concentration, one laboratory had unsatisfactory results in the Z test and the precision test. Accuracy test results were satisfactory for all laboratories.

For radioactive concentration index I in the Z test one laboratory reported an unsatisfactory result, requiring corrective actions and one laboratory obtained a questionable, but acceptable result. The precision of determining the value of the I index was unsatisfactory for two participants. The accuracy test result was satisfactory for all laboratories.

All laboratories obtained satisfactory results of the E_n test, evaluating the correctness of determining the value of the radioactive concentration index I.

Evaluation of the results for extended measurement time

For determination of potassium ^{40}K , radium ^{226}Ra and thorium ^{232}Th , one laboratory had unsatisfactory Z test and accuracy results for all isotopes and an unsatisfactory precision test result for the ^{40}K determination. Other results of Z tests, accuracy and precision tests for the concentrations of natural radionuclides were satisfactory.

When determining the value of the radioactivity concentration index I in the Z test, one laboratory obtained an unsatisfactory result, requiring corrective actions and one laboratory obtained a questionable, but acceptable result. The accuracy and precision of determining the value of the I index was satisfactory for all participants of the comparative measurements.

In the case of the E_n test, used to assess the value of the radioactivity concentration index I, all laboratories obtained a satisfactory result.

The subject was financed by National Atomic Energy Agency.

Noble gases monitoring in Warsaw and Świerk in 2015-2022

K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska

The station for collecting noble gases from atmospheric air is a transportable device. In order to protect the flow meter and valve against dust, air is pumped through a cotton wool filter. It is fused with a column in which there is a silicate gel. Its task is to absorb water contained in the intake air. Then the air enters the submerged adsorbent in a Dewar vessel with liquid nitrogen (77 K/-196 °C). The adsorbent column has a vacuum (below 0.5 bar) which prevents the condensation of nitrogen and oxygen. The flow rate should be around 60 liters/min. (up to 70-75 l/min.). After collecting the noble gases on the adsorbent, they should be transferred to the transport and measuring vessels. To transfer inert gases, place the adsorbent column in a special furnace. The adsorbent is heated for about 1 hour at a temperature of about 300 °C. By washing the adsorbent with inert gases (nitrogen or helium), the inert gases are transferred from the adsorbent to MINICAN containers that must be filled to a pressure of 4 bar. The completed MINICAN is then sent to the BfS Institute (Bundesamt für Strahlenschutz) in Freiburg (Germany). Its content is measured using a gas chromatograph.

Then the measurement results are sent to CLOR. In 2022, an agreement was concluded between the Treasury - the President of the National Atomic Energy Agency and the Central Laboratory for Radiological Protection.

The subject of the Agreement was the performance of a service consisting in measuring the amount of radioactive substances released into the air in the vicinity of the nuclear facility in Świerk. The noble gas extraction station was set up in a place where the wind was blowing from the chimney side at the initial reactor. Based on the abstracts made in one day in May, July and August 2022. However, for fully reliable determination of krypton ⁸⁵Kr concentration, weekly air intake is required, or shorter intake (but not less than 5 days) with higher flow (increased to 0.060 - 0.075 m³/h). The date of uptake of radioactive noble gases was chosen on the basis of knowledge of the MARIA reactor operation date in the "Molybdenum cycle", i.e. the work of the reactor at its increased power.

The measurements in Warsaw at the Department of Dosimetry were financed from the funds of the institute. Measurements were leading by week in each month of the year. The subcontractors at BfS Freiburg (Germany) were able to determine krypton concentrations of ⁸⁵Kr. The mean concentration was 1,50 Bq/m³, with an average detection threshold of 0.01 Bq/m³. According to the information we received from the Germany, this value is at the level of the background prevailing in Central Europe of about 1.5 Bq/m³. The results of measurements in Warsaw obtained in 2015-2022 are presented below in the form of charts.

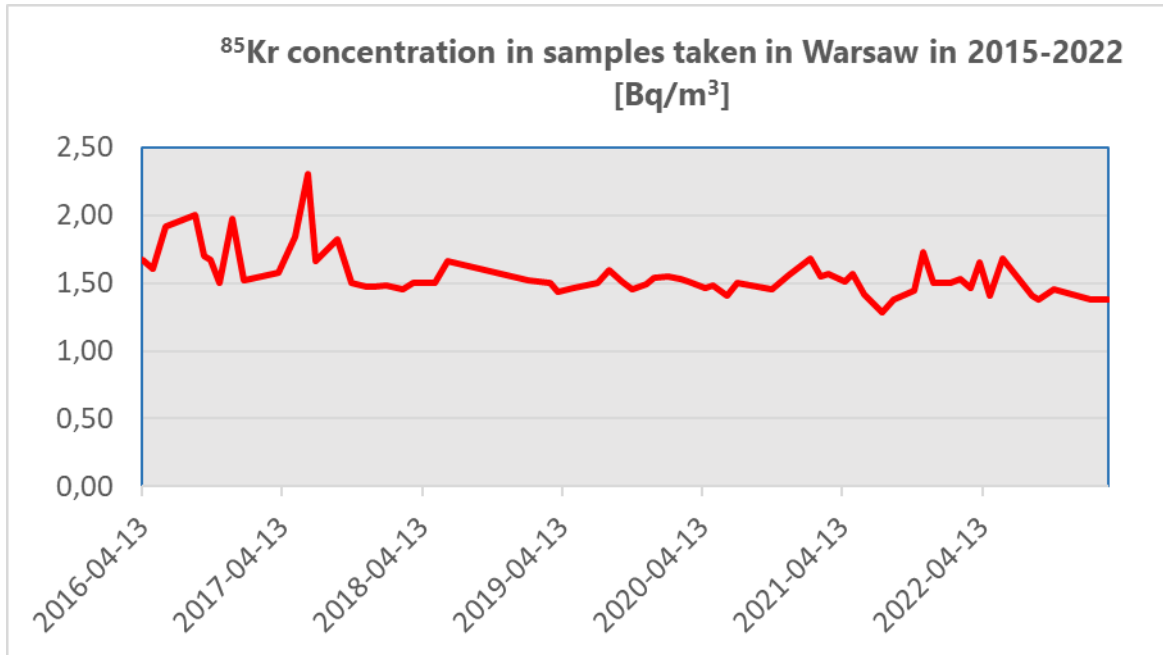


Figure 1. ^{85}Kr concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2022.

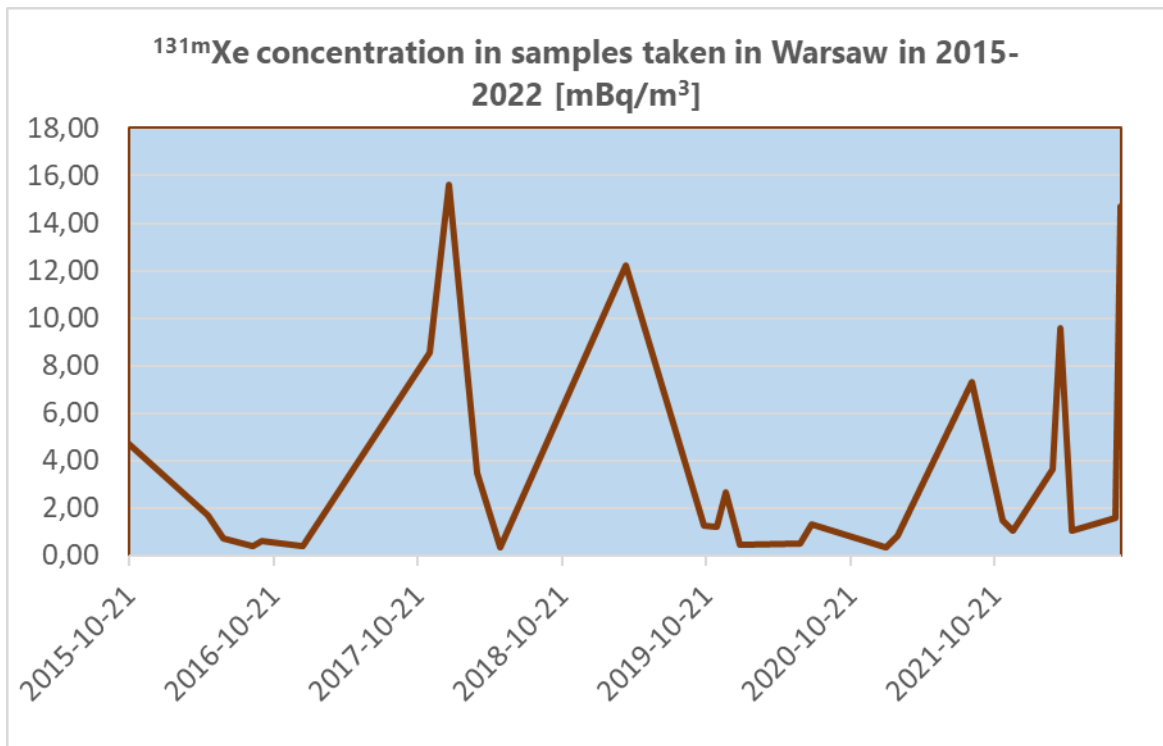


Figure 2. $^{131\text{m}}\text{Xe}$ concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2022.

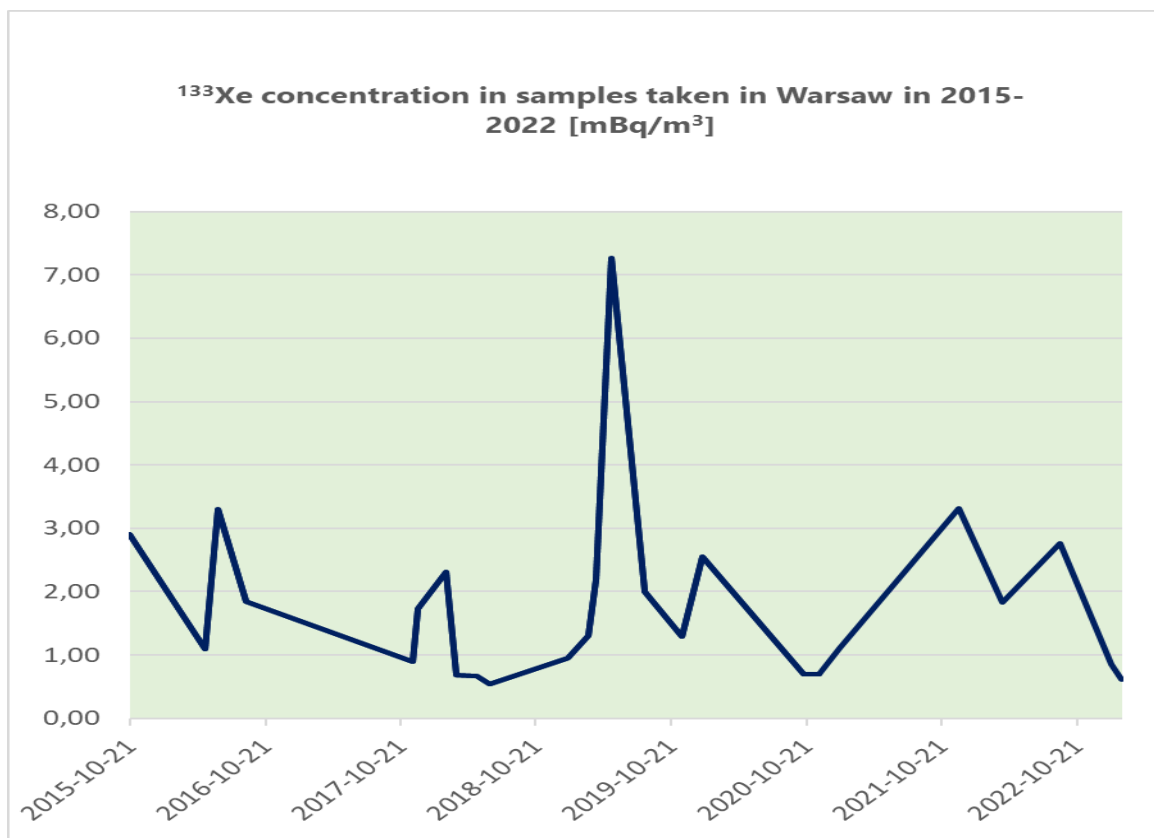


Figure 3. ^{133}Xe concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2022.

Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2020-2022 (year 2022). TASK 3: Monitoring of ^{137}Cs concentration in soil.

*K. Isajenko, K. Wojtkowski, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój,
A. Kiełbasińska
Dosimetry Department
M. Kardaś, A. Fulara
Radiation Hygiene Department*

The investigations of radioactive contaminations of soil are performed in the frame of Polish National Environmental Monitoring System since 1988. The soil samples for measurements are taken every two years in the network of meteorological stations of the Institute of Meteorology and Water Management – the sampling points are shown in Figure. 1

Soil sampling points (254 points) are located throughout Poland and are located in meteorological gardens of stations of the Institute of Meteorology and Water Management. A total of 264 samples are taken: 254 from a 10 cm layer of soil and 10 from 25 cm layer.

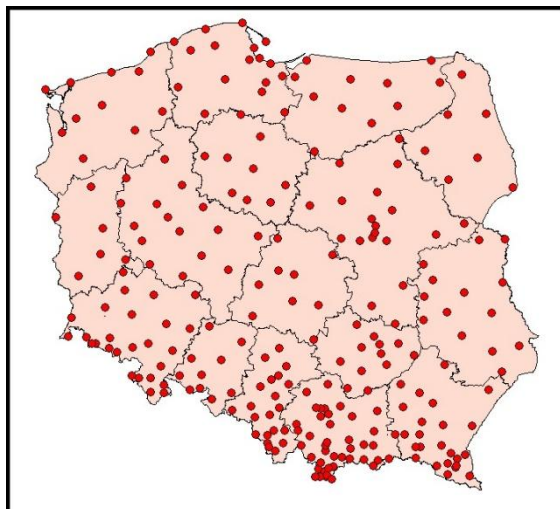


Figure. 1. Soil sampling points in Poland (October 2020)

Soil samples are collected in areas where the micro-environment is not distorted or altered, for example, by plowing or fertilization, which makes it possible to assess even minor levels of contamination. This location of collection points has several advantages, namely:

- the stability of sampling points (the possibility of repeating surveys for the same places, which will allow catch changes in the level of the contamination);
- a uniform distribution of collection points in Poland;
- continuous service in case of a radiological accident, enables quick and efficient sampling;
- samples from areas where the soil has not been and will not be mixed in the future (e.g. plowed or dredged) and fertilized so as to provide a representative material for determining the concentrations of radioactive isotopes in the surface layer of the soil;
- the possibility of obtaining meteorological data allowing analysis of spatial distribution of contamination in a given area.

In the third part of work (completed on March 15, 2022), the following works were carried out:

- ❖ Preparation and presentation for the GIOŚ approval of the report's outline – by 25 January 2022,
- ❖ Preparation of an annual report with the cesium ^{137}Cs deposition in the surface soil layer and the concentration of natural radionuclides based on a full series of measurements of samples collected in 2020 – report should contain tables, charts and maps concerning the results obtained,
- ❖ Supplementing the measurement data for the years 1988-2019 by the results obtained

from measurements of samples collected in 2020,

- ❖ Preparation of measurement results in * .xls, * .xlsx formats, in the form of spatial data (* .shp) and metadata for spatial data sets (* .xml).

Results

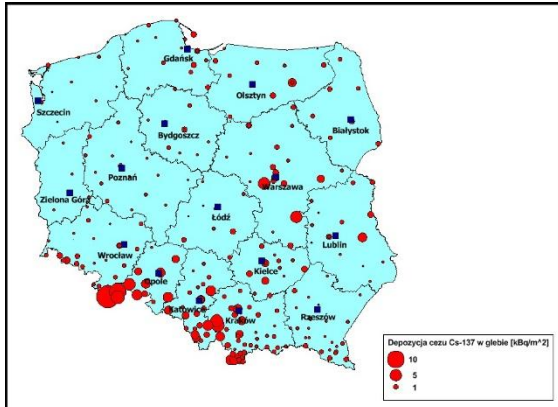


Figure. 2. Deposition (Surface concentration) of cesium ^{137}Cs in Poland (samples collected in autumn 2020)

In Figure. 2, deposition (surface concentration) of cesium ^{137}Cs in soil samples taken from the 0-10 cm layer in autumn 2020 is presented in the form of a circular diagram.

Figure. 3 shows in the form of a raster map the deposition (surface concentration) of cesium ^{137}Cs in soil samples taken from the 0-10 cm layer in autumn 2020.

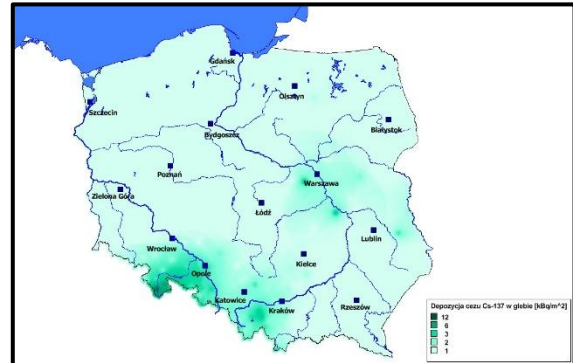


Figure. 3. Deposition (surface concentration) of cesium ^{137}Cs in Poland (samples collected in autumn 2020) presented in the form of a raster map.

Financing

The work was financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management.

Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2022-2024 (year 2022). TASK 3: Monitoring of ^{137}Cs concentration in soil.

*K. Isajenko, K. Wojtkowski, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój,
A. Kiełbasińska
Dosimetry Department
M. Kardaś, A. Fulara
Radiation Hygiene Department*

The investigations of radioactive contaminations of soil are performed in the frame of Polish National Environmental Monitoring System since 1988. The soil samples for measurements are taken every two years in the network of meteorological stations of the Institute of Meteorology and Water Management – the sampling points are shown in Fig. 1

Due to economic problems, in 2022, 149 soil samples were collected in 145 points located in meteorological gardens of stations of the Institute of Meteorology and Water Management in seven provinces. A total of 149 samples were taken: 144 from a 10 cm thick layer of soil and 4 samples from a 25 cm thick layer.

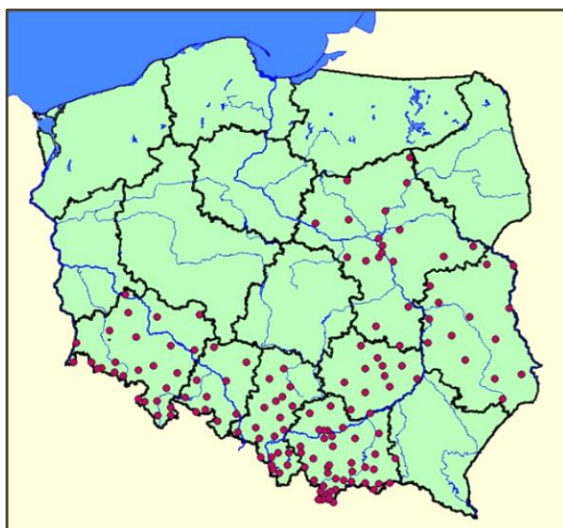


Figure 1. Soil sampling points in Poland (Autumn 2022)

The number of points where soil was collected in autumn 2022 in individual voivodeships is presented in Table 1.

Table 1. Number of soil collection points in Poland (autumn 2022) in individual voivodeships

No	Voivodship	Number of samples taken
1.	dolnośląskie	27
2.	lubelskie	15
3.	małopolskie	43
4.	mazowieckie	20
5.	opolskie	10
6.	śląskie	22
7.	świętokrzyskie	12
TOTAL - POLAND:		149

Soil samples are collected in areas where the micro-environment is not distorted or altered, for example, by plowing or fertilization, which makes it possible to assess even minor levels of contamination. This location of collection points has several advantages, namely:

- the stability of sampling points (the possibility of repeating surveys for the same places, which will allow catch changes in the level of the contamination);
- a uniform distribution of collection points in Poland;
- continuous service in case of a radiological accident, enables quick and efficient sampling;
- samples from areas where the soil has not been and will not be mixed in the future (e.g. plowed or dredged) and fertilized so as to provide a representative material for

determining the concentrations of radioactive isotopes in the surface layer of the soil;

- the possibility of obtaining meteorological data allowing analysis of spatial distribution of contamination in a given area.

In 2022 the following tasks were accomplished:

- 149 soil samples were collected at 144 points (145 samples taken from a 10 cm layer and 4 samples from a 25 cm layer of the soil);
- coordination of collecting of the samples;
- a report describing the sampling (sampling method, sampling dates, description

of the way of transport and storage) was compiled.

In 2023 all samples will be prepared for measurement and measured by using high resolution ionizing radiation spectrometry.

Financing

The work was financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management under the agreement No GIOŚ/ZP/304/DMS/NFOŚ of November 08, 2022 signed between the Central Laboratory for Radiological Protection and the Chief Inspectorate for Environmental Protection.

Assessment of effective dose for residents of Poland from inhalation of atmospheric aerosols – network of ASS-500 stations (in the year 2022)

K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, M. Kozdój, A. Kietbasińska,
Zakład Dozymetrii

For the assessment of the effective dose from the absorption of radionuclides by inhalation, we used the following formula:

$$D = \sum_i D_i$$

Where:

D - is the calculated effective dose resulting from isotopes absorbed through the respiratory system,

D_i - is the effective dose from a single (i-th) isotope. In this paper, we consider only the dose received from the following isotopes: natural - beryllium ⁷Be, potassium ⁴⁰K, lead ²¹⁰Pb, radium ²²⁶Ra and actinium ²²⁸Ac and from all artificial isotopes, whose concentrations were set at levels above the LLD (cesium ¹³⁷Cs and iodine ¹³¹I we always take into account).

NOTE - if the concentration of a radionuclide not exceed the limit of detection (LLD), then to calculate the effective dose we accept the value of LLD. In this way, of course, the calculated effective doses are inflated in comparison to the actual doses received by the Polish population.

Effective dose resulting from the absorption of single radionuclides by inhalation (**D_i**) for people in the age group **g** is calculated using the following formula:

$$D_i = A_{w,i} \cdot e(g)_i \cdot V(g)_{odd} \cdot T$$

Where:

D_i – is an effective dose from a single isotope,

A_{w,i} – a specific activity (radioactivity concentration) of i-th isotope in ambient air (measured by the station ASS-500 in her localisation),

e(g)_i – the value of the aggravating effective dose for the i-th isotope for a person of the age group **g**,

V(g)_{odd} – the efficiency (speed) of the breathing for person of the age group **g**,

T – is the time for which the calculated effective dose (ie, week, month, quarter or year).

Inhalation rates for children of different ages and adults are specified in the "Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994 ". They are presented in Table 1

Table 1. Speed breathing for children of different ages and adults. [2]

Age group	≤ 1 year	1-2 years	2-7 years	7-12 years	12-17 years	> 17 years
Speed of breathing [m ³ /day]	5,2	6,5	12,2	17,2	21,4	22,2

Aggravating effective dose **e(g)** for members of the public from penetrating radionuclide activity 1 Bq by inhalation (*Council of Ministers of 18 January 2005 on ionizing radiation dose limits (Dz. U. No. 20/2005, pos. 168)*) is presented in Table 1.

Table 2. The values of the aggravating effective dose for absorption of radionuclides by respiratory system for selected radionuclides (for different age groups).

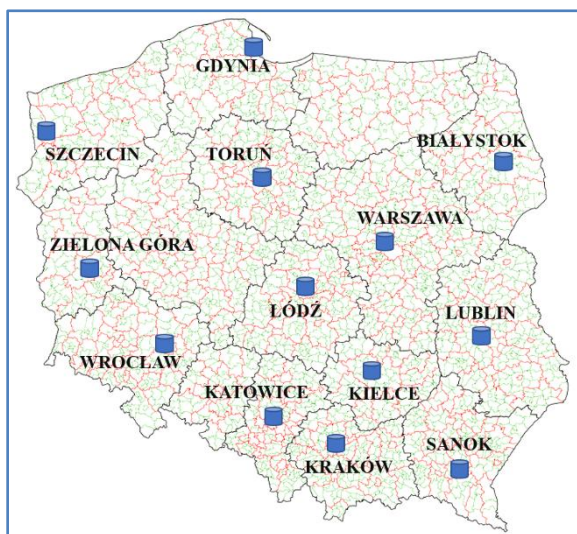
Isotope	Half-life	The value of e(g) in [Sv/Bq] for age group g:					
		≤ 1 year	1-2 years	2-7 years	7-12 years	12-17 years	> 17 years
¹³⁷ Cs	30,0 years	8,8·10 ⁻⁹	5,4·10 ⁻⁹	3,6·10 ⁻⁹	3,7·10 ⁻⁹	4,4·10 ⁻⁹	4,6·10 ⁻⁹
¹³¹ I	8,04 days	7,2·10 ⁻⁸	7,2·10 ⁻⁸	3,7·10 ⁻⁸	1,9·10 ⁻⁸	1,1·10 ⁻⁸	7,4·10 ⁻⁹
⁷ Be	53,3 days	2,5·10 ⁻¹⁰	2,1·10 ⁻¹⁰	1,2·10 ⁻¹⁰	8,3·10 ⁻¹¹	6,2·10 ⁻¹¹	5,0·10 ⁻¹¹
⁴⁰ K	1,28·10 ⁹ years	2,4·10 ⁻⁸	1,7·10 ⁻⁸	7,5·10 ⁻⁹	4,5·10 ⁻⁹	2,5·10 ⁻⁹	2,1·10 ⁻⁹
²¹⁰ Pb	22,3 years	4,7·10 ⁻⁶	2,9·10 ⁻⁶	1,5·10 ⁻⁶	1,4·10 ⁻⁶	1,3·10 ⁻⁶	9,0·10 ⁻⁷
²²⁶ Ra	1,60·10 ³ years	1,5·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻⁵	7,0·10 ⁻⁶	4,9·10 ⁻⁶	4,5·10 ⁻⁶	3,5·10 ⁻⁶
²²⁸ Ac	6,13 hours	1,8·10 ⁻⁷	1,6·10 ⁻⁷	9,7·10 ⁻⁸	5,7·10 ⁻⁸	2,9·10 ⁻⁸	2,5·10 ⁻⁸

Results

The results of the measurements are based on measurements of the concentrations of radionuclides in the air filters exposed

on the network ASS-500 station. Below (on the picture 1 and on the list) are presented localisation of the ASS-500 station in Poland:

Picture. 1. Localisation of the ASS-500 station in Poland:



Warszawa – Central Laboratory for Radiological Protection, Dosimetry Department

Białystok – Medical University of Białystok, Department of Biophysics

Gdynia – Institute of Meteorology and Water Management - National Research Institute, the Maritime Branch in Gdynia

Katowice – Central Mining Institute, Silesian Centre for Environmental

Kielce – Jan Kochanowski University

Kraków – The Henryk Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics, Department of Nuclear Physical Chemistry, Laboratory of Radioactivity Analyses

Lublin - Maria Curie-Skłodowska University, Department of Chemistry, Department of Radiochemistry and Colloid Chemistry

Łódź – Technical University of Lodz, Department of Chemistry, Institute of Applied of Radiation Chemistry

Sanok – Provincial Sanitary-Epidemiological Station in Rzeszów, Laboratory of Radiation in Sanok

Szczecin – West Pomeranian University of Technology, Institute of Chemical Engineering and Environmental Protection Processes

Toruń – Nicolaus Copernicus University, Institute of Physics

Wrocław – Wrocław University of Technology, the Radiological Protection Supervisor

Zielona Góra – University of Zielona Góra, Institute of Environmental Engineering, Department of Conservation and Land Reclamation.

Due to the war in Ukraine and the risk of a radiation emergency (in operating nuclear power plants in Ukraine), the President of the National Atomic Energy Agency ordered the ASS-500 station to be put into emergency mode from March 28, 2022 to the end of the year - filters in the stations were replaced twice weekly.

The results of measurement of the concentration of various radionuclides in atmospheric aerosols taken from ground level air are shown in Table 3. In the table is also given place and time of maximum concentration for each radionuclide.

Table 3. Average annual (for the whole Poland) concentrations of radioactive radionuclides in ground-level air in 2022

Radionuklid	Stężenie w powietrzu, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Wartość średnia (zakres)	Liczba oznaczeń	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
^{137}Cs	$0,63 \pm 0,02$ ($<0,11 \div 12,82$)	1244	Warszawa, 25.08 – 29.08
^{134}I	$0,89 \pm 0,02$ ($<0,08 \div <3,74$)	1244	Wrocław, 29.12.2022 – 02.01.2023
^{70}Be	3076 ± 42 ($125 \div 10018$)	1244	Lublin, 09.05 – 12.05
^{40}K	$16,8 \pm 0,4$ ($<2,1 \div 121,6$)	1244	Katowice, 28.11 – 01.12
^{210}Pb	400 ± 8 ($<32 \div 2077$)	1244	Gdynia, 26.05 – 30.05
^{228}Ra	$8,9 \pm 0,1$ ($<1,9 \div <42,9$)	1244	Wrocław, 29.12.2022 – 02.01.2023
^{228}Ac	$1,86 \pm 0,03$ ($<0,13 \div <11,16$)	1244	Wrocław, 21.03 – 24.03

Effective doses received by inhalation varied in the range of 2,064 μSv per year for children aged 2-7 residing in Szczecin to the value of 6,337 μSv for young people aged 12-17 years. The maximum effective dose was calculated for the residents of Lublin.

Calculated doses from radionuclides in the air, received by the people of our country are very low. The results obtained in the above work have shown that these doses are at the fractional part of the dose limits.

Financing

The work was financed by the National Atomic Energy Agency under contract No. 84/2021/CEZAR/279 of 27 December 2021.

*DEPARTMENT OF INDIVIDUAL MONITORING
AND CALIBRATION*

Department of Individual Monitoring and Calibration

The Department Individual Monitoring and Calibration consists of two laboratories: The Individual and Environmental Monitoring Laboratory (PDIŚ) and Laboratory for Calibration Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR), in which 12 people are employed. The basic tasks of the Department are to conduct research and development works and provide services in the field of:

- individual dosimetry,
- calibration of dosimetric instruments,
- calibration of radon instruments,
- exposure of passive detectors in reference fields of neutron, gamma, X and beta radiation,
- exposure of passive radon detectors in standard radon concentrations in the air,
- measurements of radioactive iodine in the human thyroid,
- measurement of radon in water by emanometry and liquid scintillation methods, measurements of the radon concentration in the air in workplaces and buildings.

As part of the scientific development, the employees of the Department successfully conduct research as part of their doctoral dissertations. Thanks to the constant cooperation of the Department with academic centers, the unit conducts laboratory classes for students in the field of dosimetry and ionizing radiation metrology. The result of this cooperation are engineering and master's theses. All research works carried out in the Department are published in scientific journals. Scientific articles published by the Department's employees can be found in such journals as: Radiation Protection Dosimetry, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Nukleonika, Central European Journal of Physics or Physica Scripta. The results of research work are also presented at conferences, mainly of international scope.

The department constantly develops its research potential through the development of research infrastructure and establishing scientific cooperation at the national and international level. On the national level, apart from the cooperation with academic centers mentioned above, the employees of the Department actively participate in the activities of associations and scientific platforms. The most

important activity in this area is, first of all, cooperation within the Radon Center. Another association in which the employees of the plant actively participate is Women in Nuclear Polska (WiN) and PTBR. In addition to the above, the employees of the Department are also technical experts of the Polish Centre for Accreditation, the Polish Committee for Standardization and members of the Team for The National Action Plan In The Event Of Exposure To Radon Of The Chief Sanitary Inspectorate.

As part of international cooperation, the organization in which the employees of the Department work is primarily the EURADOS group (European Radiation Dosimetry Group) focused on scientific activities and exchange of experience in the field of ionizing radiation dosimetry, gamma spectrometry and research problems in the field of exposure of various professional groups to ionizing radiation. Another organization in which the employees of the Department work is OECD (The Organization for Economic Co-operation and Development), and more precisely, activities within one of the agencies of this organization – the Nuclear Energy Agency. The employees of the Department are also active in IPNDV (International Partnership for Nuclear Disarmament Verification). As part of international research cooperation, the Department carries out work under the traceRadon (<http://traceradon-empir.eu/>) and EU-RADION (<https://eu-radion.eu/>) projects.

Organizationally, two laboratories have been separated within the Department. The first - Laboratory for Calibration Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR), with the status of a calibration laboratory in the context of PCA accreditation requirements, and the second, functioning as a research laboratory - Individual and Environmental Monitoring Laboratory (PDIŚ). All calibration methods used in the LWPDiR are accredited by the Polish Centre for Accreditation and comply with the requirements of the international standard ISO / IEC 17025. The laboratory's research infrastructure has been divided into six measuring stands: Gamma Stand, X-ray Stand, Neutron Stand, Radon Stand, Beta Stand and Radioactive Contamination Stand. The research equipment enables the exposure to be made with the uncertainty of 4%. The Laboratory

carries out about 1,300 calibrations of dosimetric instruments annually, mainly with the use of gamma radiation, X radiation and sources of surface contamination. In the context of the implemented European requirements regarding the limits of radon concentration in residential buildings and workplaces, an important activity of the Laboratory is work with the use of a radon climatic chamber. In addition, the equipment of the radon chamber deserves special attention, including the RPPSS (Radon Progeny Particle Size Spectrometr) system - the only apparatus of this type in Europe and one of the two in the world, enabling the study of the diameter distribution of radon daughters. Apart from the radon chamber, the D-T neutron generator is undoubtedly the unique infrastructure of the Laboratory. The device is currently the only one of its kind in Poland used for works in the field of neutron radiation metrology.

All calibration procedures used in the Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments are accredited by the Polish Center for Accreditation and comply with the requirements of the international standard PN: EN ISO / IEC 17025. The research infrastructure of the Laboratory was divided into six measurement stands: Gamma Stand, X-ray Stand, Neutron Stand, Radon Stand, Beta Stand (Beta Secondary Standard 2) and Radioactive Contamination Stand. The testing apparatus enables exposures to be carried out with a reference value with an uncertainty of 4 %. About 1 000 calibrations of dosimetric instruments are carried out annually in the Laboratory, mainly on gamma radiation stand, X-ray stand and Radioactive Contamination Stand.

Apart from the radon chamber, the laboratory's undoubtedly unique infrastructure

is the D-T neutron generator. The device is currently the only one of its kind in Poland used for work in the field of neutron radiation metrology.

Within Individual and Environmental Monitoring Laboratory main research topics are: thermoluminescent dosimetry, measurement of ¹³¹I activity in human thyroid, measurement of radon activity concentration in water, and measurement of radon activity concentration in air. Research is focused on the assessment of individual doses of the population and occupational to ionizing radiation, resulting from external exposure as well as the assessment of the effective dose as a result of the absorption of radioactive isotopes. As before, all research procedures developed and implemented in PDIiŚ are accredited by PCA.

The Department of Individual Monitoring and Calibration conducts extensive activities related to the statutory tasks of CLOR. Research conducted at the Department has a significant impact on the current and future state of radiation protection and nuclear safety of Poland. It is also a great place to educate new staff specializing in dosimetry and ionizing radiation metrology.

The experience and knowledge gained by the employees of the Department, thanks to the conducted research and national and international cooperation, is an invaluable value in the context of the planned construction of the first nuclear power plant in Poland, radon measurements in the environment, also in the context of the continuous development of the use of ionizing radiation sources in medicine, science and industry.

Functioning of the Quality Management System in the Dosimetric Instruments Calibration Laboratory and Radon in 2022

A. Milewska

The Calibration Laboratory for Dosimetric and Radon Instruments is part of the Dose Control and Calibration Department. It has the Certificate of Accreditation of the Calibration Laboratory

No. AP 057 confirmed by the Polish Center for Accreditation. The scope of accreditation (issue 18 of November 22, 2022) includes dosimetric values, surface radiation emission and radon concentration measurements.

With regard to the staff at LWPDiR, there was a change in the person performing the function of Technical Manager. This function was entrusted to Ms. Alicja Jakubowska. There was also a change in the position of the Quality Manager. This function was taken over by Mrs. Aneta Milewska. In 2022, Mrs. Alicja Kudynowska left CLOR and Mrs. Anna Pachucka was hired in her place.

The structure of LWPDiR remained unchanged. The laboratory runs:

calibration of dosimeters with ionization chambers, dose rate meters and ionizing radiation dose meters, alpha and beta radioactive contamination surface metre

activity in the field of exposing with reference concentrations of detectors and instruments for measuring radon concentration

calibration of instruments for measuring radon concentration and potential energy concentration and radon decay products

works in the field of irradiation with standard doses of passive dosimeters

In 2022, 2 internal audits were carried out. The auditor did not note any observations or discrepancies in the reports. The auditor noted, however, that the management system implemented in LWPDiR was subject to only minor changes, and the area for improvement is the update/modification and minimization of the documentation constituting the management system.

In July 2022, a management review was held, during which the requirements included in the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard and current issues were discussed. Objectives were discussed during the review and tasks established in the previous management review. Tasks related to staff education and improvement of the management system in the area of purchase/modernization of cameras and monitors in the calibration rooms used during the instrument calibration process and calibration of reference standards on the beta calibration stand were fully completed. Objectives relating to the modernization of the air conditioning system (maintaining appropriate temperature parameters and humidity) in the gamma and X-ray rooms, purchase and replacement of the X-ray apparatus used to calibrate dosimetric devices (SKR) are in progress.

During the management review, the results of the Customer Satisfaction Survey were presented. They show that the Laboratory meets the needs

and expectations of customers, as evidenced by the fact that over 96% of respondents express their readiness to recommend it to other customers. More than 98% of customers considered the quality of services to be VERY GOOD and GOOD. In terms of the level of customer service, the laboratory received the highest marks for knowledge and competence (93.55%), manner and timeliness of settling matters (87.10%).

In September 2022, an assessment was carried out in the supervision process. In accordance with the assessment report received from PCA, it was confirmed that LWPDiR meets the accreditation requirements set out in the PNEN 17025: 2018-02 standard and that evidence from the assessment was obtained to justify sufficient confidence in the competence of the AP 057 laboratory in the area of its accreditation.

Maintaining the Quality Management System in the Individual and Environmental Doses Laboratory in 2022

A. Milewska

The Individual and Environmental Doses Laboratory is part of the Dose Control and Calibration Department. It has the Testing Laboratory Accreditation Certificate No. AB 450 confirmed by the Polish Center for Accreditation. The laboratory performs tests using the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard.

The scope of the accreditation (issue 17 of November 15, 2022) covers radiochemical and radiation tests - including nuclear tests in facilities and biological materials intended for testing, water, air, other products - dosimeters.

In June 2022, 2 internal audits were carried out. The audit reports confirmed the compliance of PDIiŚ activities with the requirements of the standard and accreditation documents.

In July 2022, a management review was held, during which all the requirements included in the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard and current issues were discussed. During the review, the objectives and tasks established in the previous management review were discussed. The task of extending the scope of accreditation by measuring the average annual radon concentration in the air was fully completed. On the other hand, tasks related to the expansion of the station for measuring radon in the air in order to increase the throughput at the stage of detector etching and digital signature have been postponed to the next period. The task relating to the development of a feasibility study for the creation of a customer service system for measuring radon in the air and radon in water has been suspended (postponing the decision to create the system).

During the management review, the results of the Customer Satisfaction Survey were presented. The results of the re-edited "Customer Satisfaction Survey" are dominated by VERY GOOD and GOOD ratings. The degree of customers evaluating the overall impression of cooperation with PDIiŚ at

the VERY GOOD and GOOD levels (total number) is 100%.

The knowledge and competences of PDIiŚ employees were highly rated - 91.83% of customers rated this area as VERY GOOD. Above 80%, the level of customer service was rated, and 87.80% would recommend our services to other customers.

In September 2022, an assessment was carried out in the supervision process. According to the evaluation report received from PCA, the Laboratory meets the accreditation requirements set out in the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard and the specific accreditation requirements in the scope of its accreditation. The report contained 1 non-compliance and 1 observation. The non-compliance was analyzed, corrections were made and corrective actions were implemented. However, the level of risk was assessed for observation.

There were no significant personnel changes in 2022. Mrs. Grażyna Krajewska remains the head of the Laboratory of Individual and Environmental Doses. Mrs. Zuzanna Pawłowska is the Deputy Manager of PDIiŚ and the Technical Manager. In September 2022, Mrs. Anna Pachucka joined the team and took over the duties of Mrs. Małgorzata Trąbińska.

Also, the structure of PDIiŚ remained unchanged. The laboratory conducts research at 4 measurement stations, i.e.

- measurements of radon concentration in liquid samples
- measurements of radon concentration in the air
- measurements of individual exposure to ionizing radiation of persons employed in plants using ionizing radiation sources
- measurements of the activity of radioactive iodine in the human thyroid gland.

The operation of the Central Laboratory of Radiological Protection (CLOR) dosimetry services within the framework of an agreement concluded with the Radiation Emergency Center (CEZAR) from the National Atomic Energy Agency

Ł. Modzelewski

The Central Laboratory for Radiological Protection concluded an agreement for the period from 01/06/2021 to 01/06/2023 with the Radiation Emergency Center (CEZAR) from the National Atomic Energy Agency. Due to this agreement, at the request of the duty officer from Radiation Emergency Center, dosimetry teams are obliged to visit and carry out measurements at the radiation site and make laboratory markings to assess the threat caused by the incident. CLOR dosimetry services consist of 5 teams, 2 people in each. They perform 12 hours long shifts.

Obligations resulting from the signed agreement:

- Ensuring readiness of the dosimetry team to go to the radiation occurrence site within no more than 3 hours from the moment of receiving the departure order from the duty officer of CEZAR,
- Ensuring the maintenance (using own technical means) of 24-hour telephone communication between the CEZAR's duty officer and the Contractor,
- Carrying out measurements with use of portable measuring equipment (at the radiation site), that allow:
 - determination of the value of the ambient equivalent dose of gamma radiation
 - determination of surface radiation contamination from alpha, beta, gamma isotopes
 - detection of isotopic neutronic sources
 - detection and initial identification of radioactive isotopes and nuclear materials,
- Collaborating with CEZAR's duty officer and other on-site services including law enforcement agency,

- Making photographic documentation of the radiation site and secured nuclear materials, sources and radioactive waste,
- Ensuring the laboratory quantitative and qualitative marking of radioisotopes in collected samples using spectrometric methods or radiochemical methods,
- Ensuring the laboratory determination of the percentage composition of nuclear materials originating from the radiation site,
- Preparing reports on dosimetry teams services within 2 days from the completion of all activities at the radiation incident site,
- Delivering monthly reports on performance under the agreement for a given month in writing by the 10th day of the following month,
- Conducting theoretical and practical training related to the dosimetry team performance for 20 people appointed by the Director of the Radiation Emergency Center,
- Participating in training related to reacting to radiation incidents on the instructions of the National Atomic Energy Agency President

So far the dosimetry team from the Central Laboratory for Radiological Protection has received 3 departure commands to perform the duties on radiation sites located in the country and took part in a practical exercise related to responding to radiation emergencies under the code name "LUBUSKIE ŻYWIOŁY".

Calibration dosimeters for radiation protection purpose in 2022.

Ł. Modzelewski

Calibration Laboratory was established in 1967. In 2003 LWPDiR was accredited by Polish Centre for Accreditation (PCA). It is the only calibration laboratory in Poland with such a broad range of measurement services. The laboratory is equipped with modern calibration stands: X-ray, gamma, beta, surface contamination and the largest radon chamber in Poland, enabling calibration of radon instruments.

LWPDiR is accredited in:

- 18.01 Dosimetric quantities.
 - gamma radiation (^{137}Cs , ^{60}Co and ^{241}Am),
 - beta radiation ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{85}Kr)
 - X-ray (narrow series- N-40 ÷ N-250)
- 18.02 Surface emission.
 - alpha- radiation source- ^{241}Am ,
 - beta- radiation sources - ^{90}Sr , ^{14}C , ^{36}Cl
- 18.03 Radon measurements.
 - radon concentration in air,
 - equivalent equilibrium radon concentration EEC.

Typically, in a year Laboratory of Dosimeters and Radon Devices Calibration performed about 1234 calibrations, most of them are devices calibrated in gamma radiation field.

In 2021 Laboratory received 1415 contracts for calibration of more than 50 types of instruments:

- 1091 calibration certificates for gamma dose rate,
- 583 calibration certificates for surface contamination monitors,
- 326 calibration certificates for X-ray dose rate,
- 13 calibration certificates in radon calibration stand,
- 28 calibration certificates in neutron calibration stand,
- 1 calibration certificate in for beta calibration stand,
- 25 unserviceable protocols.

The number of calibrations carried out on the calibration stands is shown in the diagram in Figure 1.

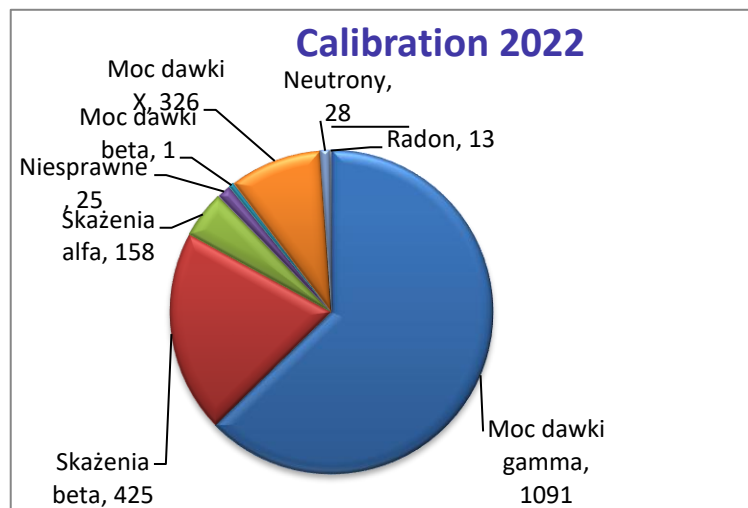


Figure 1. Calibrations made in 2022

In 2021, the most frequently calibrated instruments were successively EKO-C, PED+ and RK-100. The list of the most frequently calibrated instrument types over the last three years is shown in Figure 2.

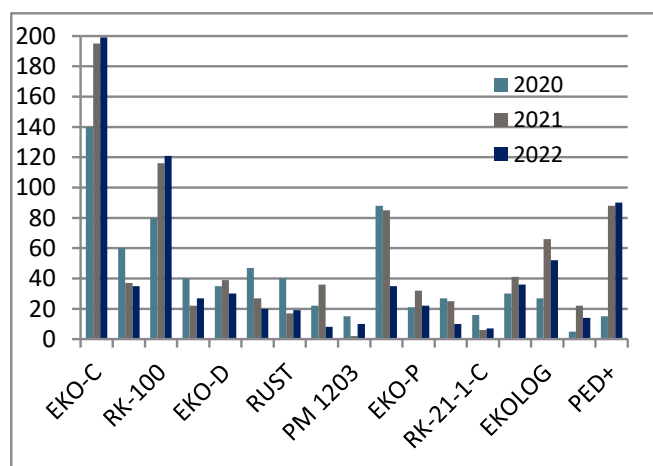


Figure 2. Most often calibrated of dosimeters in LWPDiR (2020 ÷ 2022) yr.

Assurance and support of the quality system in Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments—technical part

Ł. Modzelewski

Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR)

In 2003 LWPDiR was accredited by Polish Centre for Accreditation (PCA). It is the only calibration laboratory in Poland with such a broad range of measurement services. Calibrations for the following measuring quantities are available:

- air kerma, K_a [Gy]
- ambient equivalent dose, $H^*(10)$ [Sv]
- photon equivalent dose, H_x [Sv]
- personal dose equivalent, $H_p(d)$ [Sv]
- exposure, X [R]
- absorbed dose, D [Gy]
- radon concentration, [Bq/m³]
- equivalent equilibrium radon concentration EEC, potential alpha energy concentration [uJ/m³]

The laboratory is equipped with modern calibration stands: X-ray, gamma, beta, surface contamination and the largest radon chamber in Poland, enabling calibration of radon instruments.

LWPDiR is accredited in:

18.01 Dosimetric quantities.

- gamma radiation (cez-137, kobalt-60 and ameryk-241),
- beta radiation (stront-90, krypton-85)
- X-ray (narrow series- N-40 ÷ N-250)

18.02 Surface emission.

- alfa- radiation source- ameryk-241,
- beta- radiation sources - stornt-90, węgiel-14, chlor-36

18.03 Radon measurements.

- radon concentration in air,
- equivalent equilibrium radon concentration EEC.

The quality control of measurements in 2022 included 31 activities, and all of them were carried out successfully. The control is carried out comprehensively and includes both checking the measuring equipment, the characteristics of the radiation beam, the "human factor", as well as the program facilitating the determination of the calibration coefficient. Each of the checks performed has a specific criterion that must be met. Such detailed checking and control guarantee high quality of performed calibrations.



Figure 1. Reference instrument in LWPDiR

As part of the supervision process of the Polish Center for Accreditation over the laboratory, on 7 September 2022, a supervision audit was carried out at LWPDiR by external auditors consisting in a review of technical documentation by a lead auditor and a technical expert.

Extending the monitoring functions of the environmental gamma radiation spectrometer

Ł. Modzelewski

Environmental radiation monitoring is important for each national radioactive contamination detection service. In Poland, there is such a system called PMS (Permanent Monitoring System) based on a station measuring the content of radionuclides in the air using a NaI scintillation probe (spectrometric spectrum) and a Geiger-Müller counter (dose rate). This system can be enriched with highly sensitive gamma-ray spectrometers that will show the real-time content of radionuclides present in the environment. Among the available gamma radiation detectors, two types deserve special attention: scintillation equipped with a detector based on lanthanum bromide activated with cerium LaBr₃(Ce) and invariably HPGe semiconductor detectors.

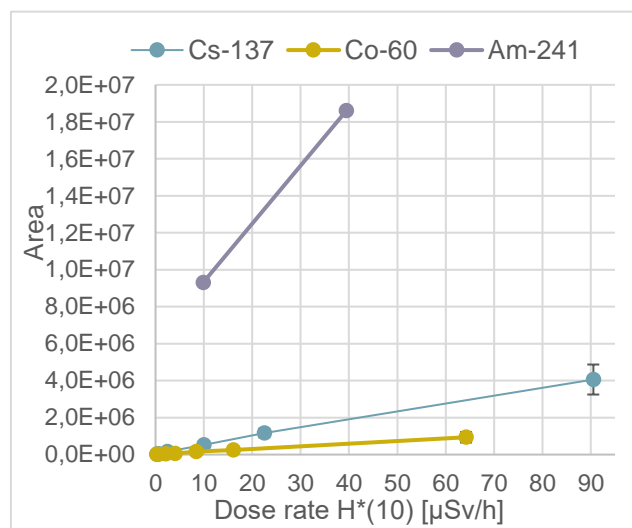
In addition to monitoring the content of radionuclides in a controlled environment, the gamma radiation spectrometer can also perform other functions. These include the monitoring of the ambient dose equivalent $H^*(10)$.

The task aimed to investigate the possibility of recording the ambient dose equivalent $H^*(10)$ with a gamma radiation spectrometer with the LaBr₃(Ce) scintillation detector. In this case, a specific calibration of the gamma spectrometer recording the ambient dose equivalent $H^*(10)$ was performed in laboratory conditions. Based on accredited stations for the calibration of dosimetric instruments, the relationship between the photon counting speed in the FEAP (Full Energy Absorption Peak) for selected energies (radionuclides) and the ambient dose equivalent was tested for selected photon (radionuclide) energies at the point where the spectrometer probe is placed.

Calibration curves of the counting speed as a function of the ambient dose equivalent was determined for three selected (photon energy) radioactive elements ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, and ⁶⁰Co.

Figure 1 presents the results of the linearity of indications of a gamma radiation spectrometer

with a LaBr₃(Ce) scintillation detector exposed to photons of various energies (from 59.5 to 1300 keV)



and of various intensities.

Figure 1. Calibration measurements using ²⁴¹Am, ¹³⁷Cs, ⁶⁰Co sources

The angle of inclination of the calibration lines depends on the activity of the sources, the probability of photon emission and the efficiency of photon registration.

It was found that in the range of applied ionizing radiation energies, i.e. 59.5-1300 keV and different ambient dose equivalent, the gamma radiation spectrometer with the LaBr₃(Ce) scintillation detector maintains the linearity of indications, which means that it can be used as a radiometer to measure the dose rate.

At the same time, a study was carried out on the impact of ambient (i.e. environment) temperature that may occur during in situ radiation monitoring. The tests were carried out for extreme (extreme) ambient temperature changes, i.e. -20°C and 50°C. Figure 2 presents the results of this experiment, i.e., the effect of temperature on the recorded spectrometric spectrum from the calibration source used in CLOR.

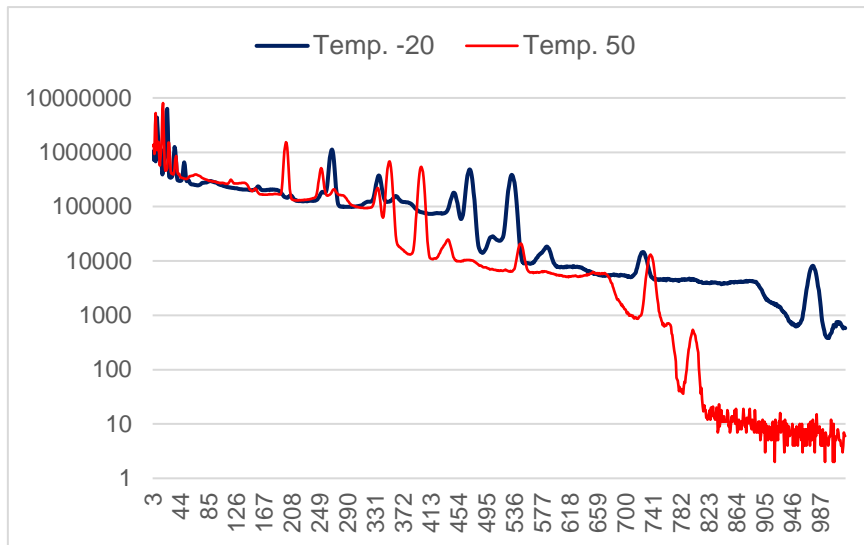


Figure 2. Registered spectrometric spectrum for ambient temperature - 20 °C and 50 °C

As a result of the conducted tests, it was found that a change in the ambient temperature in the range of -20 °C and 50 °C causes changes in the position of the top of the total energy absorption peak for ^{137}Cs radionuclide (662 keV) by

68 channels, and for ^{60}Co (1173 and 1332 keV) change by 133 channels. This is a significant change that makes it difficult to carry out the correct qualitative and quantitative identification of radioactive elements.

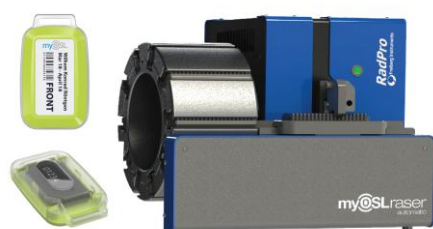
Validation of OSL personal dosimeters: angular characteristics, energy characteristics and linearity.

Z. Pawłowska

The aim of the study was to validate the OSL personal dosimeter system.

The test was performed on two OSL systems, developed in cooperation between Freiberg Instruments, RADCARD and RadPro International.

System MyOSL 2.0 for personal dosimeters with 2 OSL elements for Hp(10) and Hp(0.07) for whole body.



Picture 6 myOSL 2.0 reader with whole body dosimeter

System MyOSL 4.0 for personal dosimeter with 4 OSL elements and 3 different Hp(10) filters for whole body. System also includes single detector for Hp(3) eye lens dosimeter and Hp(0,07) finger ring



Picture 7 myOSL 4.0 reader and dosimeters

Tests were performed according to IEC 62387.

- Study included:
- Energy characteristics
- Angular characteristics
- Linearity

Energy characteristics was performed for all available elements from both systems. Exposures were performed using the sources/energies available in CLOR: ^{137}Cs , N40, N60, N80, N100, N150, N200.

Linearity was performed for all available elements from both systems. The response in the range 0.05 mSv - 1 Sv for the ^{137}Cs source was tested.

Angular characteristics was performed for Hp(10) dosimeters from myOSL 4.0. The response at angles 0, 75, 90, 105 and 180 was tested with N60. In addition, the response of dosimeters exposed from behind (angle of incident 180 degrees) was tested for all energies.

Both systems met all the requirements of the IEC 62387 standard within the measured range.

Relative response due to mean photon radiation energy and angle of incidence from 0,71 to 1,67.

Relative response due to nonlinearity from -13 % to +18%

Coefficient of variation up to 5% for dose above 1 mSv.

Comparison of available methods for assessing occupational risk from exposure to radon in the underground tourist route of the Książ Castle.

M. Norenberg, K. Wołoszczuk

The purpose of this paper was to determine effective doses from exposure to radon and its decay products for guides of the underground tourist route in the Książ Castle in Wałbrzych. As part of the works, measurements of radon activity concentration in the air, potential alpha energy concentration, and determination of size distribution of radioactive aerosols were performed. The effective doses were estimated by applying the dose conversion factors published by various international radiation protection organizations.

The assessment of doses is often carried out based on measuring the radon activity concentration in the air, but this requires an additional assumption about the value of the equilibrium factor between radon and its decay products. By common practice, the value of the equilibrium factor in rooms is assumed to be 0.4. In many situations, this leads to an underestimation or overestimation of the dose. The equilibrium factor may fluctuate strongly, for example by opening a window, changing humidity, environmental aerosol content, etc. The measurements made it possible to determine the actual radioactive equilibrium factor and apply it to doses calculations.

Comprehensive measurements of the activity concentration of radon and its decay products were carried out. Several methods were used during the research: a passive method based on a solid-state nuclear track detector made of CR39 material (PADC allyl diglycol polycarbonate), an active method using the AlphaGUARD DF2000 device equipped with an ionization chamber and an RPPSS spectrometer enabling the determination of the diameter spectrum of particles formed with progeny in the range from 0.6 nm to 2494 nm with their total alpha potential energy.

The research was carried out on 8 sites located in the underground tourist route of the Książ Castle in Wałbrzych. The locations of the measurements are shown in Figure 1.

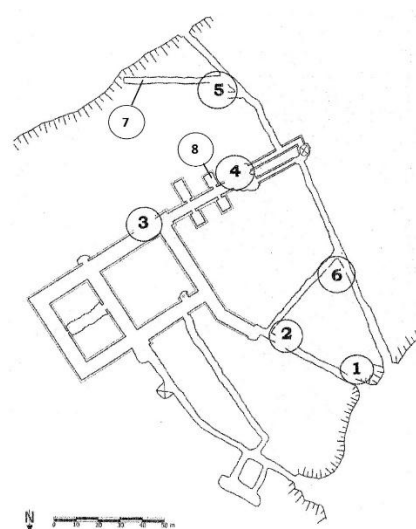


Figure 1. Site plan of the underground tourist route of Książ Castle.

Markings from 1 to 6 correspond to stations where measurements were made using passive detectors. At stations 7 and 8, the Radon Progeny Particle Size Spectrometer (RPPSS) was used to determine the PAEC value along with the diameter distribution of radioactive particles in the air. In all places marked on the above plan, measurements of the concentration of radon activity in the air were carried out using the AlphaGUARD DF2000 device. In addition, using the same instrument, a continuous, 18-hour radon measurement was carried out at locations 4 and 5, covering the night of April 25-26, 2022

Based on the results of the measurements, annual effective doses received by guides working within the underground tourist route of the Książ Castle in Wałbrzych were estimated.

On the basis of the size distribution of radioactive aerosols containing radon progeny, the actual value of the DCF dose conversion factor was determined. The recommended literature values contained in the publications: ICRP 65, ICRP 137, and UNSCEAR 2000 were also reviewed. The actual annual working time of guides determined as a result

of the survey was used for the calculations. The value of the total PAEC measured with the RPPSS spectrometer was used to determine the actual equilibrium factor between radon and its short-lived derivatives. Effective doses for individual workers were calculated both on the basis of the assumed literature value of the coefficient $F = 0.4$ and the value determined as a result of measurements, which was $F = 0.2$. The calculations were based on the results of radon activity concentrations measured using passive

detectors exposed throughout the year. The doses estimated in this way were compared to doses determined only on the basis of measurements with the RPPSS spectrometer, using the measured PAEC value and the determined dose conversion factor. A summary of effective doses determined by various methods for individual employees of the tourist route is presented in Figures 2 and 3.

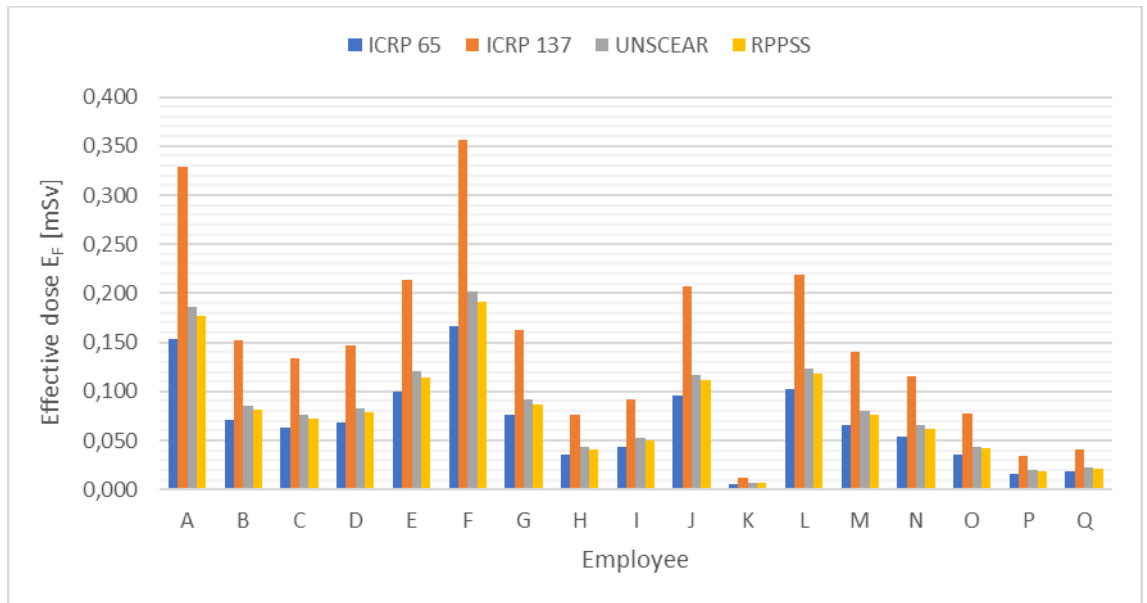


Figure 2. Summary of effective doses determined using the literature value of equilibrium factor $F = 0.4$

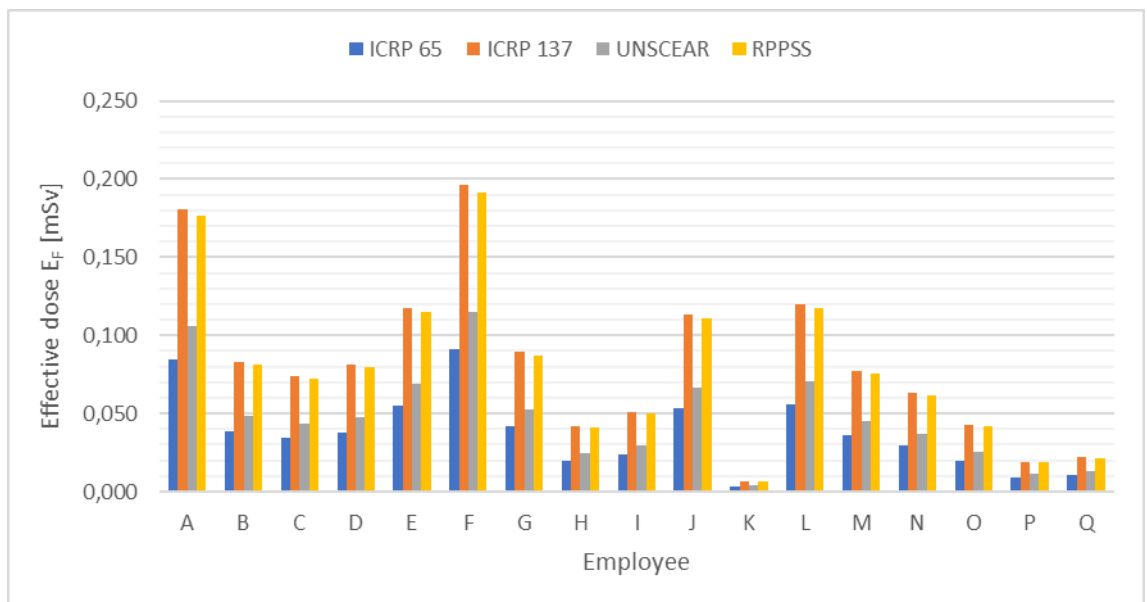


Figure 3. Summary of effective doses determined using the equilibrium factor determined during the research $F = 0.2$.

Comparative analysis of the effect of phantom material on the calibration of personal dosimeters

K. Kempny

When personal dosimeters are used professionally for monitoring doses received by individuals whose work is associated with ionising radiation exposure, the instruments must be calibrated by an accredited laboratory. According to the ISO 4037 standard, calibration of personal dosimeters shall be performed on a water-filled phantom, although for radiation with mean energy equal to or higher than that of the radionuclide ^{137}Cs , the use of a solid PMMA slab phantom is also allowed. The work aimed to analyse the effect of the used phantom type on the calibration of personal dosimeters. The study was conducted in cooperation with Central Laboratory for Radiological Protection.

Using TLD dosimeters, measurements of personal dose equivalent were performed as a function of the incidence angle of the beam (0° , 45° , 90°) and incident photons energy (N-60, N-80, N-100 (X-ray narrow spectra), ^{137}Cs , ^{60}Co) on both water-filled and solid PMMA phantoms. The analysis of the results indicates a possible difference between doses obtained on different types of phantoms in the two lowest energies (N-60 and N-80).

In order to carry out a more specific analysis, Monte Carlo simulations with Gate software were performed. Determination of energetic

characteristics covered the whole narrow spectrum series defined by ISO 4037, ^{137}Cs , and ^{60}Co . Angular characteristics for several sources were calculated on the basis of seven incidence angles from 0° to 90° . Three types of phantoms were simulated: water phantom, solid PMMA phantom, and additionally ICRU tissue equivalent phantom. Distinct discrepancies were observed over the photon energy range from 20.3 to 100 keV. Comparisons with ICRU tissue phantom show that results obtained with water-filled phantom are closer to the real values.

Based on the analysis conveyed it can be concluded that the ISO recommendations regarding the choice of phantom type depending on photons energy are justified. However, reported discrepancies are relatively small as compared to uncertainties typically occurring in measurements with thermoluminescent dosimeters, therefore the influence of the phantom's material on the response of personal dosimeters may not be significant in everyday practice. A comparison of performed simulations with laboratory measurements and other previous works indicates that the Monte Carlo method is a credible tool for dosimetric applications.

Study of the effect of deposition of radon progeny on the passive CR-39 detector holders on the measurements of radon concentration in the air

K. Wołoszczuk, M. Norenberg, A. Cichoń, E. Starościak

Trace detectors are a frequently used method for measuring radon activity concentrations in the air. Depending on the methods of measurement used in the laboratory, the CR-39 detector holders are used once or repeatedly. Repeated use of the holders in exposures is associated with the deposition of radon progeny on their surface, which can affect the measurements of radon activity concentration. The aim of this study was to determine whether radon progeny deposited on CR-39 detector holders during exposure would affect radon activity concentration measurements in the following exposure. Within the study, four exposures were performed in a radon chamber over a wide range of concentrations (Figure.1). CR-39 detector holders were placed in the chamber during the exposures. The exposed holders were then used to perform exposures in a room where the radon activity concentration remained low. At the same time, exposures of detectors in holders that had not been previously exposed to any radon activity concentrations were performed in the room.

Factors that could affect the results of exposure measurements in which the holders are reused were checked during the study. The factors tested included the level of radon activity concentration in the chamber, the washing

of the holders to remove progeny from their surfaces as well as the time interval between the end of the previous exposure and the re-use of the holder.

In addition, alpha spectrometry was performed to check the activity concentration of polonium ^{210}Po deposited on the holders.

The results showed no evidence that the progeny deposited on the CR 39 detector holders affected the measurement results when the holder was reused. The result of the alpha spectrometry confirmed that the activity concentration of polonium ^{210}Po deposited on the holders is too low to affect the results of the radon activity concentration measurements in the air

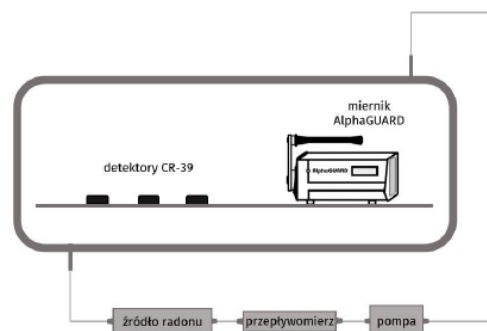


Figure. 1 Exposure of detectors in the radon chamber.

Projekt European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification: EU-RADION

Jakubowska, K. Wołoszczuk, P. Lipiński, P. Krajewski, M. Norenberg, B. Kliś

The European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification (EU-RADION) project is an initiative to develop a prototype chemical, biological, radiological, nuclear and explosive (CBRNE) hazard recognition device. The role of the Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) in the project is to provide substantive support for the recognition and measurement of radiological agents by the constructed device.

The consortium includes institutions and companies from Poland, Germany, Sweden and Norway, including CLOR. The aforementioned device developed within the framework of this project consists of a gamma radiation dose power detector (Geiger-Muller counter) and a spectrometric

module. Depending on the version of the device, different detectors were used, such as a CsI(Tl) scintillator or a CZT semiconductor detector. Figures 1, 2 show ^{137}Cs spectra obtained with two different spectrometers. As an accredited Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments, which is part of CLOR, carried out calibration measurements of the devices made in the gamma and X-ray radiation fields. The basic parameters of the dosimetric devices were checked, including such things as the response of the detectors to a radiation field of known dose power. In addition, energy calibration was performed for the spectrometer and the ability to identify radionuclides was checked. Tests were performed at various ambient temperatures and geometries.

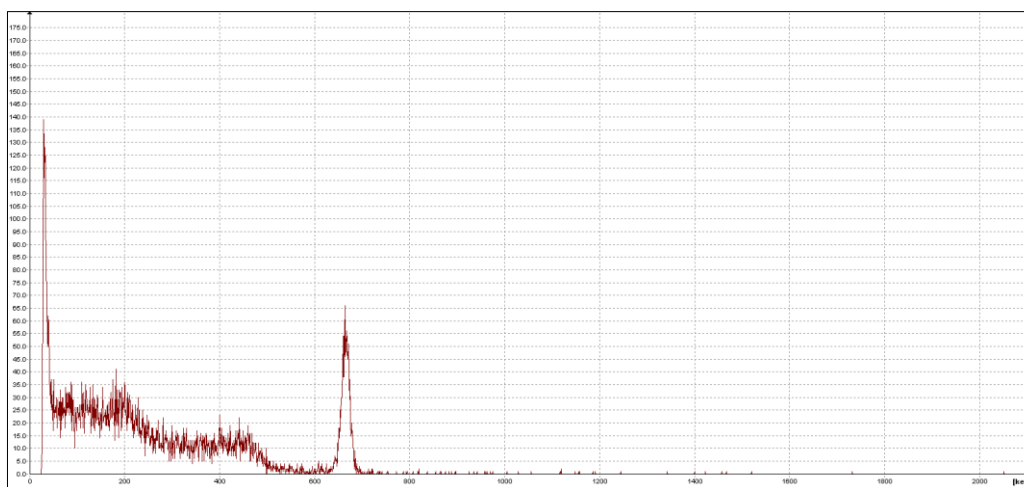


Figure 1 ^{137}Cs spectrum obtained with a solid-state detector.

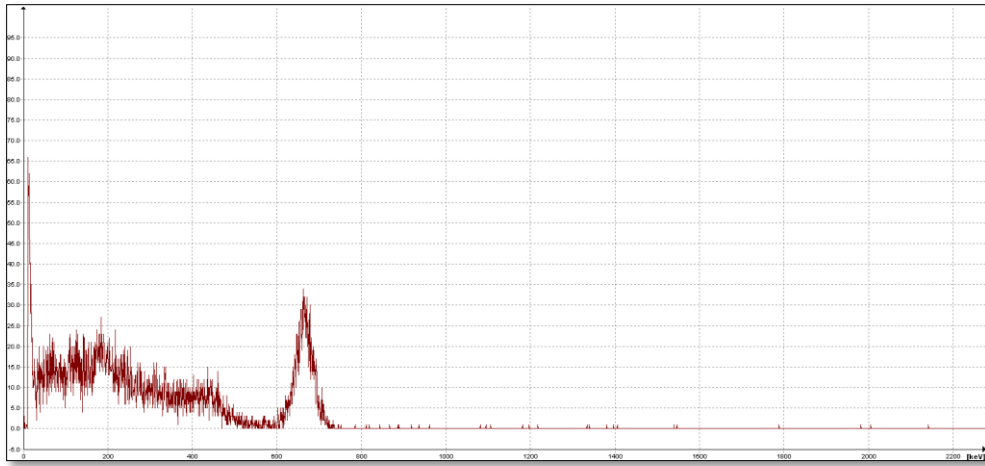


Figure 2 ^{137}Cs spectrum obtained with the CsI(Tl) scintillator.

After initial tests in the lab, the devices were moved to a tunnel located near Oslo, Norway. There was checked how the device performed in field

conditions. Figure 3 shows how the measurement system looked during the field tests.



Figure 3 Photo taken during field tests in a tunnel in Norway.

In 2023, the project envisions further iterations to improve device performance, testing in the lab and field testing.

With a collaborative approach across disciplines and institutions, the developed device has the potential to confront a variety of CBRNE threats,

which is critical to ensuring the safety of European societies.

Maintenance of the CLOR Iodine Monitoring Laboratory to perform measurements of radioactive iodine in the human thyroid

G. Krajewska

Measurements of the activity of iodine deposited in the thyroid gland are performed at the CLOR Iodine Monitoring Laboratory using two sets of gamma radiation spectrometers - stationary and portable. The equipment enables iodine measurements in the thyroid gland at the site of an accident or local iodine contamination, at workplaces with these isotopes, and in the population in radioactive contamination areas in the event of a large-scale accident, e.g. a nuclear power plant. It was produced by Canberra - Packard - the detector is a 3 x 3 inch NaI (TI) crystal, with a resolution of 7.5% for an energy of 661.6 keV.

The activities of the Laboratory in 2022, consisting in keeping the equipment ready for immediate measurements of the radioactive iodine content in the thyroid gland, were based on performing systematic measurements of the radiation background in photopeaks of isotopes ^{99m}Tc and ^{131}I and testing the correct operation of the modules of electronic measurement sets and measuring the content of iodine-131 and technetium -99m in the thyroid gland in employees of nuclear medicine departments in Poland.

Background in the room of the Iodine Monitoring Laboratory, measured twice a month, was 4, 3 cps in the photopic of the isotopes ^{99m}Tc and ^{131}I , respectively, and fluctuated within 20% of the average measured annual background in the previous years, remaining constant and determining a low measurement detection limit in the Laboratory. Figure 1 and Figure 2 show the spectrum of background radiation measured with a stationary and portable set, respectively.

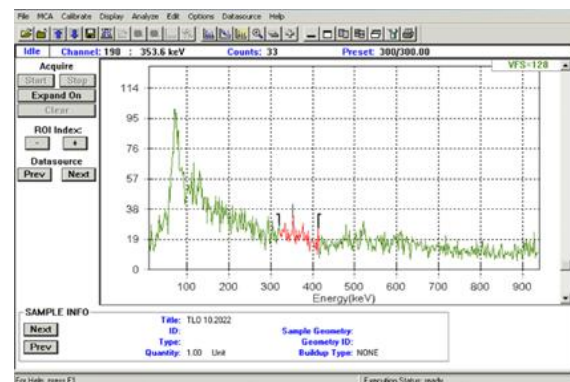


Figure 1. The background spectrum in laboratory measured with stationary set

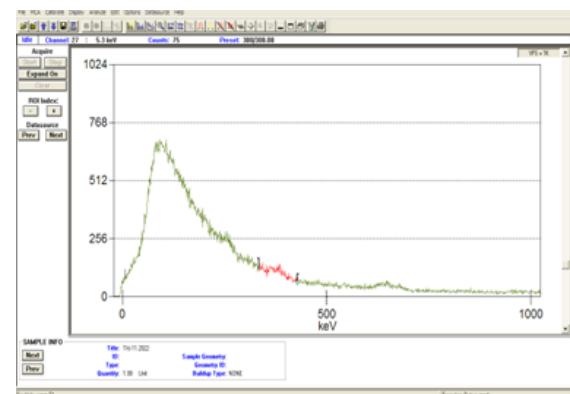


Figure 2.. The background spectrum in laboratory measured with mobile set

In 2022, the content of radioactive iodine ^{131}I and technetium ^{99m}Tc was measured in the thyroid glands of people who were employees of three organizational units: 1. Department of Nuclear Medicine and Magnetic Resonance of the Mazovian Brodno Hospital in Warsaw 2. Świątokrzyskie Center of Oncology (ŚCO) in Kielce (ZMN with PET Centre, Endocrinology Clinic and Synektik Pharma Radiopharmaceuticals Production Department) 3. Department of Isotope Therapy with Nuclear Medicine Laboratory of the Clinical Hospital of the Ministry of Internal Affairs in Warsaw.

In the above-mentioned facilities, diagnostic tests are carried out with the use of

radioactive iodine - thyroid scintigraphy, thyroid uptake, determination of thyroid hormone levels and therapeutic tests - treatment of thyroid diseases, including thyroid cancer. In addition, diagnostic tests of other organs are carried out, e.g. using the technetium isotope. The Swietokrzyskie Oncology Center houses the first center in Poland for the commercial production of radiopharmaceuticals (Synektik Pharma), a national

leader in the production and distribution of radiopharmaceuticals for positron emission tomography (PET/CT), used in oncology, cardiology and neurological diagnostics.

The results of measurements of iodine-131 (and technetium-99m) activity in the thyroid gland and estimated doses of ¹³¹I uptake in employees of the above facilities are presented in Table 1 and Figures 3-4.

Tabela 1. The results of measurements of the activity levels of radioactive iodine and technetium in employees of the Departments of Nuclear Medicine (only measurements with a value greater than the minimum measurable activity were presented, 68 [Bq])

No. (Employee)	Measured in thyroid activity of iodine -131 [Bq]	The estimated annual effective dose from the absorptions of iodine-131 [mSv]	Percentage of maximum effective dose for occupationally exposed (20 mSv)	Measured in thyroid activity of technetium-99m [Bq]
Department of Nuclear Medicine and Magnetic Resonance, Mazovian Brodno Hospital in Warsaw				
1.(K.C.H.)	<68	<0.38	<1.90	200
2.(M.B.H.)	<68	<0.38	<1.90	8200
3.-18.	<68	<0.38	<1.90	-
<i>Świetokrzyskie Center of Oncology (ŚCO) in Kielce</i>				
1.(M.J.)	1050	3,15	15,80	-
2.(E.R.)	<68	<0.38	<1.90	840
3. ÷ 22.	<68	<0.38	<1.90	-
<i>Clinical Hospital of the Ministry of Internal Affairs in Warsaw</i>				
1. (M.OS.)	<68	<0.38	<1.90	2100
2. (J.W.)	<68	<0.38	<1.90	80
3. – 23.	<68	<0.38	<1.90	-

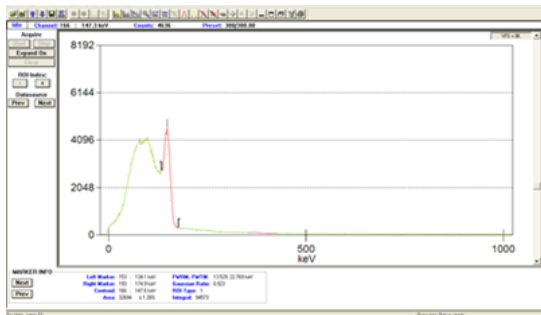


Figure 3. The spectrum of radiation measured in the employee M.B.H.

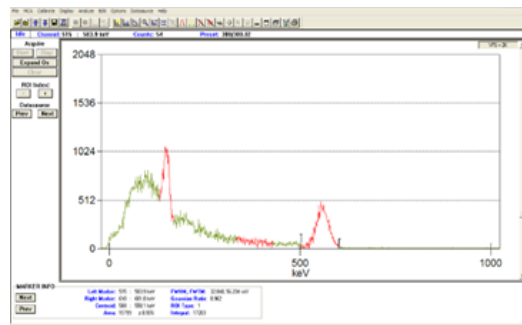


Figure 4. The spectrum of radiation measured employee E.R (the visible F-18 peak is due to the radiation) background in the room

The levels of iodine I-131 activity in the thyroid gland of the employees of the Nuclear Medicine Department, where the measurements were carried out, were low (Table 1). The maximum dose was ≤ 0.4 mSv, not exceeding 2% of the annual occupational exposure limit. At the same time, due to the significant consumption of the Tc-99m isotope, this isotope was recorded in several employees in measured units.

TRAINING AND INFORMATION DEPARTMENT

Summary of the Activities of Training and Information Department in 2022

Paweł Lipiński, Dorota Wieczorek, Zuzanna Samborska-Zajkowska

The Training and Information Department of the Central Laboratory for Radiological Protection conducts the following works:

Preparation and organization of trainings for persons applying for IOR-1 (IOR 1R, IOR-1Z) or IOR-3 qualifications, conducted both at the headquarters and outside the headquarters of CLOR, including i.a. preparation of training programs, preparation and distribution of training materials, preparation and storage of relevant documents, correspondence with course participants, lecturers and examination units.

Preparation and organization of knowledge updating trainings for IOR-1 and IOR-3.

Preparation and organization of courses for candidates for operators conducted both at and outside the CLOR headquarters.

Preparation and organization of training in the field of Radiological Protection (included in the CLOR offer in 2021.)

Carrying out work related to the preparation, organization and course of trainings other than those listed above, conducted both at the headquarters and outside the headquarters of CLOR.

Maintaining regular contacts with PAA, GIS and RIS in matters related to training.

Supervision of library activities.

Supervision over the activities of the archive.

Preparation and editing of CLOR reports.

Preparation, organization and service of educational and training visits to CLOR (including CLOR seminars).

In 2022, despite the ongoing restrictions due to the pandemic, 19 training sessions were organized, attended by 302 people:

Five trainings for persons applying for IOR qualifications: a total of 120 people,

including:

IOR-1: 92 people;

IOR-1R: 8 people;

IOR-1Z: 9 people;

IOR-3: 11 people.

Five trainings for people updating their knowledge as part of preparation for the re-examination for IOR qualifications: a total of 61 people;

including:

IOR-1: 35 people;

IOR-1Z: 5 people;

IOR-1R: 1 person;

IOR-3: 20 people.

Eight trainings for A-A, S-A and S-Z operators: a total of 103 people,

including:

A-A: 47 people;

S-Z: 33 people;

SA: 56 people.

Two trainings in the field of Radiological Protection: a total of 18 people.