
Redaktor naukowy/Scientific editor
Dr Paweł Krajewski
Redakcja techniczna/Technical editors
Mgr inż. Łukasz Mazur, Mgr Zuzanna Samborska- Zajkowska

Copyright by Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2024
All rights reserved

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

RAPORT CLOR NR 165
ISBN 978-83-947765-8-9

Warszawa 2024

RAPORT ROCZNY CLOR
2023

ANNUAL REPORT 2023



Warszawa 2024



Spis treści

PRZEDMOWA	9
ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ	12
Zakład Higieny Radiacyjnej	14
Utrzymanie akredytacji w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych wykonującym pomiary służące ocenie dawek od narażenia wewnętrznego	16
Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego	18
Oznaczanie stężenia ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach pożywienia	21
Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju	23
Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w roku 2022	25
Wdrożenie metody oznaczania węgla ^{14}C w biopaliwach – bezpośrednia metoda ciekłej scyntylacji	27
ZAKŁAD DOZYMETRII	28
Informacja o działalności Zakładu Dozymetrii w roku 2023	30
Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) w Świerku	33
Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2023	35
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 2023 roku	36
Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku w latach 2015-2023	38
Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2022-2024 (rok 2022). ZADANIE 3: Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie	40
Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500 (rok 2023).	42
Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania	46

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania	48
System Zarządzania Jakością w Z-III w roku 2023	50
Działalność służby dozymetrycznej CLOR w ramach umowy zawartej z Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki	51
Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2023 r.	52
Zapewnienie i utrzymanie systemu zapewnienia jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych – część techniczna	54
Badanie dryftu temperaturowego spektrometru promieniowania gamma LaBr₃(Ce) podczas monitoringu radiacyjnego środowiska i jego rozłożenie.	56
Badanie osłabiania promieniowania gamma oraz X przez grafen	58
Analiza porównawcza wpływu materiału fantomu na wzorcowanie dozymetrów osobistych	60
Utrzymanie gotowości Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka	62
Projekt EURADION European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification	64
CHIMERA Kompleksowy system identyfikacji i monitorowania zagrożeń dla obszarów miejskich.	65
traceRadon Radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level	67
Analiza skuteczności dostępnych środków służących ograniczaniu stężeń radonu oraz identyfikacja dedykowanych środków ochrony pracowników	69
DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI	72
PODSUMOWANIE PRAC DZIAŁU SZKOLENIA I INFORMACJI W ROKU 2023	74
ENGLISH VERSION	76
INTRODUCTION	78
DEPARTMENT OF RADIOLOGICAL HYGIENE	82
DEPARTMENT OF RADIOLOGICAL HYGIENE	84
Maintenance of accreditation in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis performing measurements for assessing doses from internal exposure	86

Determination of ^{137}Cs and ^{90}Sr concentrations in food samples	88
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	90
Monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in 2023-2025	92
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	94
Implementation of the method for determining ^{14}C in biofuels	97
DOSIMETRY DEPARTMENT	98
INFORMATION OF THE ACTIVITIES OF THE DOSIMETRY DEPARTMENT IN 2023	100
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.	103
Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in years 1980-2023	105
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 2023	106
Noble gases monitoring in Warsaw and Świerk in 2015-2023	108
Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2022-2024. TASK 3: Monitoring of ^{137}Cs concentration in soil (stage 1 and 2).	110
Assessment of effective dose for residents of Poland from inhalation of atmospheric aerosols – network of ASS-500 stations (in the year 2023)	112
DEPARTMENT OF INDIVIDUAL MONITORING AND CALIBRATION	114
DEPARTMENT OF INDIVIDUAL MONITORING AND CALIBRATION	116
Quality Management System in Z-III in 2023	118
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	119
Calibration dosimeters for radiation protection purpose in 2023.	120
Assurance and support of the quality system in Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments– technical part	121

Temperature drift during environmental radiation monitoring and its unfolding	122
Study of attenuation of gamma and X-rays in graphene	124
Comparative analysis of the influence of phantom material on the calibration of personal dosimeters	126
Maintenance of the CLOR Iodine Monitoring Laboratory to perform measurements of radioactive iodine in the human thyroid	128
Project EURADION European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification	131
CHIMERA Comprehensive Hazard Identification, and Monitoring System for Urban Areas	132
traceRadon Radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level	134
Analysis of the effectiveness of available measures to reduce radon levels and identification of specific measures to protect workers	136
TRAINING AND INFORMATION DEPARTMENT	138
SUMMARY OF THE ACTIVITIES OF TRAINING AND INFORMATION DEPARTMENT IN 2023	140

Przedmowa

W niniejszym raporcie przekazujemy zwięzłą charakterystykę głównych prac Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) realizowanych w roku 2023.

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 roku¹, 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.

Instytut, jako jednostka naukowo-badawcza, realizuje strategiczne projekty dotyczące oceny narażenia ludności lub narażenia zawodowego pracowników na ekspozycje od źródeł promieniowania jonizującego m.in. w warunkach nagłych uwolnień substancji promieniotwórczych czy też będących skutkami ataków terrorystycznych, jak również rozciągniętych w czasie uwolnień technologicznych z obiektów jądrowych.

Zasadniczym celem większości wykonywanych przez CLOR projektów jest praktyczne wykorzystanie zgromadzonego potencjału naukowego w ochronie zdrowia populacji i ochronie środowiska. Obok działalności naukowej prowadzonej w szerokim aspekcie zagadnień ochrony radiologicznej, CLOR pełni funkcję wsparcia eksperckiego dla centralnych organów administracji rządowej w szczególności Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, Generalnego Dyrektora Ochrony Środowiska oraz Głównego Inspektora Ochrony Środowiska, Głównego Inspektoratu Sanitarnego jak również

służb mundurowych Obrony Cywilnej, Straży Granicznej, Straży Pożarnej i Służby Celnej w celu ograniczenie ryzyka radiologicznego w trakcie przechwytywania niebezpiecznych materiałów CBRN na granicy.

Prace prowadzone w Instytucie odpowiadają bieżącym potrzebom Państwa Polskiego, zwłaszcza zadaniom zawartym w dokumencie pt. „Strategia i polityka w zakresie rozwoju bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej Rzeczypospolitej Polskiej” (Dz. U. z 2022 r. poz. 541)². Działalność CLOR w kierunku unowocześnienia krajowego systemu ochrony radiologicznej prowadzona jest przy intensywnej współpracy z ośrodkami zagranicznymi w ramach grantów UE horyzont H2020 oraz z ośrodkami krajowymi w ramach projektów NCBiR i obejmuje kilka charakterystycznych obszarów, różniących się źródłem oraz sposobem pozyskiwania środków finansowania, zakresem badań oraz zaangażowaniem eksperckiej kadry. Są to m.in.: zadania w zakresie monitoringu ogólnokrajowego na rzecz Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) oraz Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ), działalność naukowa i badawczo-wdrożeniowa, współpraca krajowa i zagraniczna oraz działalność ekspercko-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* (o numerze akredytacji AB 450), która prowadzi pomiary i ocenę dawek indywidualnych pracowników narażonych zawodowo (medycyna, przemysł, służby mundurowe). W oparciu o metody termoluminescencji pracownia wykonuje pomiary dla 8000 pracowników rocznie. Ponadto, zakres akredytacji pracowni obejmuje pomiary mocy dawki w powietrzu tzw. tła promieniowania gamma, jak

¹ Zarządzeniem Prezesa Rady Ministrów (Nr 164 z dn. 13-07-1957 r.)

² 12 kwietnia 2022 roku Rada Ministrów uchwaliła przyjęcie dokumentu pt. „Strategia i polityka w

zakresie rozwoju bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej Rzeczypospolitej Polskiej” (Dz. U. z 2022 r. poz. 541)

również pomiar stężenia radonu w próbkach ciekłych oraz (od 2019 r.) nową metodę pomiarów stężenia radonu w powietrzu metodami pasywnymi w oparciu o folię CR-39. Oprócz tego, w skład PDIŚ wchodzi Laboratorium Pomiarów Jodu Promieniotwórczego, które, utworzone po awarii w EJ w Czarnobylu w 1989 r, przeznaczone jest do prowadzenia szybkiej oceny ekspozycji ludności w wypadku uwolnień ¹³¹I do atmosfery z obiektu jądrowego. Obecnie Laboratorium prowadzi ocenę narażenia zawodowego dla PAA w oparciu o pomiary zawartości ¹³¹I lub ^{99m}Tc w tarczycy pracowników zakładów medycyny nuklearnej.

- *Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych LARIS* (AB 1215), które prowadzi analizy skażeń promieniotwórczych w próbkach środowiskowych, żywności i wody pitnej w oparciu o przepisy krajowe i UE. Zakres akredytowanych metod analitycznych tego laboratorium obejmuje szerokie spektrum emiterów gamma i beta, m.in. strontu Sr-90 w próbkach: wody, gleby, osadach dennych, paszach, różnych produktach żywnościowych jak mleko, warzywa, mięso, ryby, dieta zmieszana etc. , stężenia trytu H-3 w próbkach wody, moczu, globalną α i globalną β w wodzie oraz radionuklidy: U-238, 234, 235; Pluton 239, 240, 238, Polon 210, Pb-210, Am-241. Laboratorium wykonuje rocznie około 4000 oznaczeń.

- *Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej* (AB 1108), które stanowi uzupełnienie systemu monitoringu skażeń promieniotwórczych środowiska o sieć pomiarów radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych prowadzącą na obszarze całego kraju kwalifikację i ocenę przydatności materiałów budowlanych do stosowania w różnych typach budownictwa.

CLOR dysponuje również akredytowanym laboratorium wzorcującym o nazwie *Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych LWPDiR* (AP 057). Laboratorium LWPDiR oferuje usługi w zakresie wzorcowania, kontroli typu, atestacji przyrządów dozymetrycznych, pozostając jedyną placówką w kraju posiadającą akredytację w tak szerokim zakresie wzorcowych pól promieniowania X ray, gamma, beta, neutronowych oraz skażeń powierzchniowych. Ponadto, w skład Laboratorium LWPDiR wchodzi Radonowe Stanowisko Wzorcowe (RSW) , wyposażone komorę kalibracyjną z unikalnym zapleczem aparaturowym, które służy do wzorcowania detektorów i przyrządów do pomiaru

stężenia radonu i jego krótko życiowych produktów rozpadu w powietrzu. RSW należy do specjalnych urządzeń badawczych objętych dotacją podmiotową. RSW jest obecnie jedynym w Polsce laboratorium wzorcującym przyrządy do pomiaru energii potencjalnej alfa i jednym z dwu laboratoriów wzorcujących przyrządy do pomiaru stężenia radonu w powietrzu. Działalność RSW ma zasięg krajowy oraz międzynarodowy, m.in.: prowadzone są badania między-laboratoryjne związane z walidacją europejskich laboratoriów kalibrujących, badania współczynników przeliczeniowych dawek DCF skorelowanych z rozkładem średnic aerozoli w powietrzu, wzorcowania dla polskiego Centrum Radonowego.

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. Co roku CLOR prowadzi kursy dla około 50 osób ubiegających się o nowe licencje inspektorów IOR oraz dla około 100 osób odnawiających uprawnienia IOR, jak również dla około 120 kursantów ubiegających się o licencje A-A, S-A oraz S-Z. Od 2016 r. zakres oferty szkoleniowej CLOR uległ rozszerzeniu dla służb weterynaryjnych oraz personelu medycznego na potrzeby Głównego Inspektoratu Sanitarnego. 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 Informacyjnych oraz Mechatroniki), z Uniwersytetem Warszawskim (Wydział Chemii i Wydział Fizyki: makro-kierunek studiów: Energetyka i Chemia jądrowa) oraz Szkołą Główną Straży Pożarnej.

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 2023 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.

Dyrektor
Centralnego Laboratorium
Ochrony Radiologicznej
dr Paweł Krajewski



Zakład Higieny Radiacyjnej



Zakład Higieny Radiacyjnej

Zakład Higieny Radiacyjnej pod tą nazwą funkcjonuje od 1971 r. W 2023 roku w Zakładzie zatrudnionych było 12 osób:

Kierownik Zakładu – dr Małgorzata Kardaś

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

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 2023 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 jądrowego 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 -

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}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, ^{90}Sr , 234 , 235 , ^{238}U oraz całkowitej

- promieniotwórczości alfa i beta w próbkach wody metodą radiochemiczną,
- stężeń promieniotwórczych trytu, ²³⁸, ²³⁹, ²⁴⁰Pu, ²³⁴, ²³⁵, ²³⁸U w próbkach moczu metodą radiochemiczną,
 - stężeń promieniotwórczych ²³⁸, ²³⁹, ²⁴⁰Pu i ²³⁴, ²³⁵, ²³⁸U w próbkach żywności metodą radiochemiczną,
 - stężeń promieniotwórczych ⁹⁰Sr w próbkach żywności i pasz metodą radiochemiczną,
 - stężeń promieniotwórczych ²³⁸, ²³⁹, ²⁴⁰Pu w próbkach gleby i osadów dennych metodą radiochemiczną
 - stężenia promieniotwórczego ²²⁶Ra – nowa procedura,
 - całkowitej promieniotwórczości alfa,
 - całkowitej promieniotwórczości beta.

W ramach prac akredytowanego Laboratorium wykonaliśmy ponad 1900 analiz spektrometrycznych i ok. 1200 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 2023 roku z pozytywnym wynikiem potwierdził poprzez udział w krajowych porównaniach międzylaboratoryjnych oraz badaniach biegłości.

Zakład dysponuje następującym sprzętem pomiarowym:

- dwoma niskotłowymi zestawami pomiarowymi oparty 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 pomiarowy złożony 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 ciepłoscyntylacyjnym WALLAC 1410
- spektrometrem ciepłoscyntylacyjnym Quantulus GCT-6220.

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

E. Starościak, A. Fulara

W 2023 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. 26.05.2023 r.

W dniu 26 maja 2023 r. w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych odbył się audit zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów Polskiego Centrum Akredytacji. Auditorzy podczas oceny nie stwierdzili niezgodności i zapisali jedno spostrzeżenie. Laboratorium przeprowadziło analizę ryzyka do otrzymanego spostrzeżenia oraz podjęło odpowiednie działania. 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 2023 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”. Oznaczane były izotopy ^{241}Am

w wodzie pitnej i mące, ^3H w wodzie pitnej, ^{239}Pu w wodzie pitnej i piasku oraz ^{226}Ra w wodzie pitnej. Analizy wykonano zgodnie z procedurami badawczymi: QPB 1, QPB 3, QPB 4 i QPB 9.

Zgodnie z Planem monitorowania ważności wyników na rok 2023 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 2023 w Laboratorium przeprowadzone zostały dwa audyty wewnętrzne. W dniach 23 - 24 października 2023 r. odbył się audit wewnętrzny nr 1/2023 dotyczący obszaru technicznego systemu zarządzania. W dniach 26 - 27 października 2023 r. odbył się audit wewnętrzny nr 2/2023 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 dwóch wag, termometru szklanego i cyfrowego, wzorców mas, oraz termohigrometru. 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.

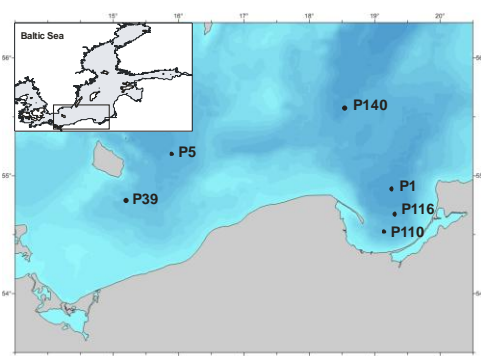
Zgodnie z „Planem szkoleń w roku 2023” w Laboratorium odbyło się 8 szkoleń wewnętrznych. Pracownicy Laboratorium wzięli także udział w 11 szkoleniach zewnętrznych dotyczących m.in. monitoringu radiacyjnego środowiska oraz w 2 konferencjach: IOR i NUTECH

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

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

Badania w roku 2023 obejmują oznaczania substancji promieniotwórczych, w środowisku morskim – rejon południowy Morza Bałtyckiego. Prace prowadzone w CLOR są częścią monitoringu koordynowanego przez Komisję Helsińską w którym uczestniczą wszystkie kraje nadbałtyckie. Dane o skażeniach przekazywane są każdego roku do Banku Danych Komisji Helsińskiej.

Próbki ryb: dorsz, szprot, śledź i stornia (gatunki najczęściej występujące i konsumowane w Polsce) pobierano w lutym z Basenu Gdańskiego i Bornholmskiego. Próbki wody (powierzchniowej i przydennej) i rdzenie osadów dennych pobierano w czerwcu podczas rejsu realizowanego przez IMGW – PIB. Próbki wody (powierzchniowej i przydennej) oraz próbki rdzeniowe osadów dennych pochodziły z sześciu ustalonych miejsc - Rysunek 1.



Rys. 1. Miejsca poboru próbek wody i osadów

Do oznaczeń ^{137}Cs i ^{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 ciepłoscyntylacyjnego. Oznaczenia wymienionych izotopów w próbkach prowadzono w zależności od ich rodzaju.

W pierwszym etapie pracy prowadzono oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra w filetach ryb (z wyjątkiem szprotów, gdzie analizowano całe tuszki). W 2023 r. tak jak w latach ubiegłych, najwyższe średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs określono dla dorsza – $2,6 \pm 0,2 \text{ Bq kg}^{-1}\text{św.m.}$, a najniższe dla śledzia – $1,9 \pm 0,1 \text{ Bq kg}^{-1}\text{św.m.}$ Średnie stężenie ^{137}Cs dla czterech gatunków ryb w roku 2023 wynosiło $2,2 \pm 0,4 \text{ Bq kg}^{-1}\text{św.m.}$ 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 rybach w ostatnim dziesięcioleciu przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. ^{137}Cs w rybach bałtyckich w latach 2014-2023

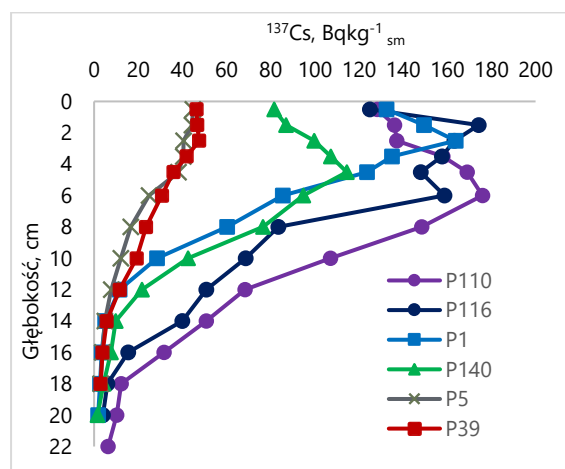
Rok	Szprot	Dorsz	Śledź	Stornia
	$\text{Bq kg}^{-1}\text{św.m}$			
2014	$3,4 \pm 0,3$	$4,9 \pm 0,8$	$3,1 \pm 0,5$	$3,5 \pm 0,1$
2015	$3,1 \pm 0,2$	$3,9 \pm 0,5$	$3,0 \pm 0,2$	$3,2 \pm 0,8$
2016	$2,8 \pm 0,2$	$4,5 \pm 0,5$	$2,6 \pm 0,7$	$3,3 \pm 0,5$
2017	$2,7 \pm 0,3$	$3,6 \pm 0,5$	$2,6 \pm 0,8$	$3,1 \pm 0,4$
2018	$2,7 \pm 0,3$	$3,8 \pm 0,5$	$2,8 \pm 0,3$	$3,0 \pm 0,4$
2019	$2,4 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,4$	$2,2 \pm 0,5$	$2,6 \pm 0,3$
2020	$2,3 \pm 0,1$	$3,4 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,4$	$2,8 \pm 0,4$
2021	$2,2 \pm 0,3$	$3,3 \pm 0,3$	$2,4 \pm 0,1$	$2,7 \pm 0,4$
2022	$2,2 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,1$	$2,1 \pm 0,2$	$2,7 \pm 0,3$
2023	$1,9 \pm 0,2$	$2,6 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,1$	$2,4 \pm 0,3$

Średnie stężenie promieniotwórcze ^{226}Ra było bardziej zróżnicowane w zależności od gatunku

ryb. Najwyższe stężenie ^{226}Ra określono w dorszu – $77 \pm 6 \text{ mBq kg}^{-1}_{\text{św.m.}}$, a najniższe w śledziu – $22 \pm 5 \text{ mBq kg}^{-1}_{\text{św.m.}}$. Stężenie promieniotwórcze ^{40}K w rybach było w zakresie od $92 \pm 6 \text{ mBq kg}^{-1}_{\text{św.m.}}$ (stornia) do $133 \pm 7 \text{ mBq kg}^{-1}_{\text{św.m.}}$ (śledź). Stężenia tych izotopów naturalnych nie zmieniały się znacząco w ciągu wieloletnich badań.

W próbkach wody oznaczano ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra . Średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w 2023 r. w warstwie powierzchniowej wody wyniosło $15,0 \pm 2,4 \text{ Bq m}^{-3}$, a w przydennej $12,5 \pm 2,6 \text{ Bq m}^{-3}$. Stężenia promieniotwórcze ^{40}K zmieniały się w zakresach: $2,68 \div 3,16 \text{ kBq m}^{-3}$ w wodach powierzchniowych oraz $3,30 \div 5,56 \text{ kBq m}^{-3}$ w wodach przydennych wzrastając znacząco z zasoleniem. Średnie stężenie ^{226}Ra w wodzie powierzchniowej wynosiło $2,6 \pm 0,4 \text{ Bq m}^{-3}$, a w wodzie przydennej $3,8 \pm 1,0 \text{ Bq m}^{-3}$. Stężenia promieniotwórcze ^3H wynosiły odpowiednio: $3,5 \pm 0,5 \text{ kBq m}^{-3}$ oraz $1,4 \pm 0,2 \text{ kBq m}^{-3}$ mieszcząc się w zakresie stężeń charakterystycznych dla całego obszaru Bałtyku [2].

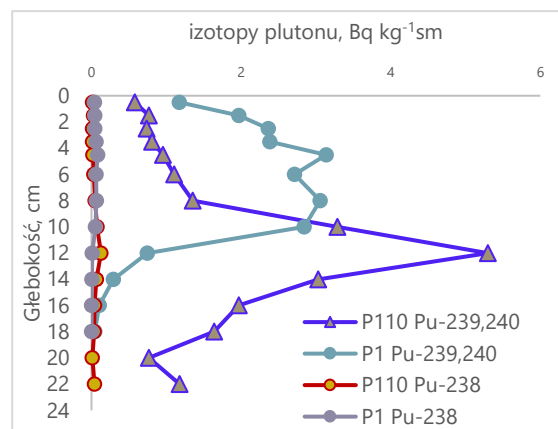
W osadach dennych oznaczenia ^{137}Cs i ^{40}K oraz oznaczenia ^{238}Pu i $^{239,240}\text{Pu}$ wykonano w stratyfikowanych próbkach rdzeniowych. Stront-90 oznaczono w próbkach rdzeniowych bez podziału na warstwy. W osadach dennych wyższe stężenia ^{137}Cs obserwowano w górnych warstwach i tak jak w latach ubiegłych występowały różnice w jego stężeniach związane z lokalizacją [2]. Maksymalne stężenia ^{137}Cs obserwowane w Basenie Gdańskim były w zakresie $164 \div 174 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$, gdy w Basenie Bornholmskim $47,4 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ i $53,3 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$.



Rys. 2. Stężenia ^{137}Cs w osadach dennych, 2023

Stężenia ^{137}Cs zmniejszały się w głąb profili osadowych do pojedynczych bekereli (Rysunek 2).

W 2023 roku oznaczenia izotopów plutonu przeprowadzono w próbkach z Zatoki Gdańskiej (P 110) oraz Głębi Gdańskiej (P 1). W P 110 najwyższe stężenie $^{239+240}\text{Pu}$ wynoszące $5,3 \pm 0,2 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ określono w warstwie 11-13 cm, po czym następował sukcesywny spadek wartości. W P1 najwyższe stężenie $3,1 \pm 0,1 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ oznaczono w warstwie 4-5 cm, a najniższe $0,04 \pm 0,01 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$ w najniższej z oznaczanych warstw (Rysunek 3). Stężenia ^{238}Pu w P 110 i P 1 były w zakresie ($<0,002 \div 0,127$) $\text{Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$. 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.



Rys. 3. $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu w osadach dennych, 2023

Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr w osadach dennych (w warstwie 0-19 cm) były wyrównane w całym rejonie były w zakresie $2,9 \div 4,2 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{sm}}$. Są one porównywalne ze stężeniami oznaczonymi w latach 2017 - 2022.

Literatura

- 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
- 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
- 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
No. 44/2022/CEZAR/72.

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

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

Celem pracy było oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach mieszkańców Warszawy (woj. Mazowieckie) i Lublina (woj. Lubelskie). Na podstawie uzyskanych wyników dokonano oceny rocznych wchłonieć ^{137}Cs i ^{90}Sr z żywnością oraz oszacowania rocznej dawki równoważnej otrzymanej przez mieszkańców Warszawy i Lublina.

Materiał do badań stanowiły posiłki pobierane w zakładach żywienia zbiorowego, wydających nie mniej niż trzy posiłki dziennie – śniadanie, obiad i kolację. W celu zapewnienia jednolitości i reprezentatywności otrzymanych prób posiłków ich pobór odbywał się zgodnie z wcześniej przygotowaną instrukcją. 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.

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, następnie z roztworu analizowanej próbki oddzielano ^{90}Sr i po ustaleniu równowagi promieniotwórczej $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$, 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 wynosiły średnio $0,02 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, w zakresie $0,01 \div 0,04 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Dla Lublina wartości te znajdują się w zakresie $0,06 \div 0,10 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, ze średnią wartością wynoszącą $0,07 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Dla próbek pożywienia pobranych w Warszawie uzyskane wartości stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr wyniosły średnio $0,018 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, w zakresie $0,015 \div 0,025 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Dla próbek pochodzących z Lublina wartości te znajdują się w zakresie $0,016 \div 0,030 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, ze średnią wartością wynoszącą $0,021 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Dawki otrzymana przez mieszkańców Lublina i Warszawy zostały oszacowane na podstawie rocznych zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w posiłkach. W obliczeniach posłużono się współczynnikami 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].

Sumaryczna dawka dla mieszkańców Warszawy wyniosła $0,69 \mu\text{Sv}$. Dla mieszkańców Lublina - $1,22 \mu\text{Sv}$.

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.

Dawki otrzymane przez mieszkańców Warszawy i Lublina od nuklidów ^{137}Cs i ^{90}Sr wynoszą mniej niż 1,5% dawki granicznej dla ogółu ludności przewidzianej w ustawodawstwie i utrzymują się na tym samym poziomie co w ubiegłych latach.

Finansowanie

Praca finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki – umowa nr 309/2023/CEZAR z dnia 31.10.2023r.

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

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2002 r. w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych, placówki podstawowe powinny uczestniczyć w pomiarach porównawczych organizowanych przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki nie rzadziej niż raz w roku.

Zgodnie z trzyletnią umową nr 29/2022/CEZAR/67 z dnia 13.06.2022 r. pomiędzy Państwowa Agencją Atomistyki a Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie, CLOR w latach 2022-2024 przygotowuje materiał referencyjny do oznaczania stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach materiału kontrolnego i dokonuje oceny przesłanych przez placówki wyników.

W roku 2022 materiałem kontrolnym do oznaczania ^{137}Cs były grzyby suszone i woda powierzchniowa do oznaczania ^{90}Sr , natomiast w roku 2023 materiałem tym było mleko w proszku do oznaczania obu izotopów. Wymagany zakresem stężeń do oznaczeń ^{137}Cs było $5 \div 15 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a ^{90}Sr $0,06 \div 5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Oznaczono stężenia początkowe ^{137}Cs w mleku w proszku. Stężenie to wynosiło $0,34 \pm 0,24 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$,

Do domieszkowania próbek mleka w proszku użyto roztworu o stężeniu promieniotwórczym ^{137}Cs $10,60 \pm 0,18 \text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$ na dzień 18.08.2022 r. Zastosowano metodę domieszkowania Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie i tam próba została przygotowana. Sprawdzono poprawność wymieszania izotopu ^{137}Cs w próbce. Z ogólnej homogennej próbki mleka w proszku naważono po około 0,75 kg do pojemników HDPE. W ten sposób przygotowano 24 próbki mleka. Taka masa próbek jest wystarczająca, aby każde z uczestniczących

laboratoriów mogło wykonać oznaczenie ^{137}Cs zgodnie ze swoją metodyką.

Zgodnie z umową wykonano pomiary sprawdzające w trzech losowo pobranych próbkach (co najmniej jedna próba na 10 próbek referencyjnych i co najmniej dwa pomiary dla każdej próbki). Oznaczone w próbkach domieszkowanych mleka w proszku stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs wynosiło $9,31 \pm 0,61 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. W CLOR do pomiarów zastosowano metodę spektrometrii gamma (spektrometr Canberra z detektorem HPGe i oprogramowanie Genie 2000). Do kalibracji aparatury stosowano źródło wieloizotopowe (mix gamma). Probki były mierzone w geometrii Marinelli 500 cm^3 .

Placówki do oznaczenia ^{137}Cs metodą spektrometryczną stosowały głównie detektory NaI(Tl) o wymiarach 3x3 cale. Detektory współpracowały z analizatorami Canberra, Tukan i TDSP-1. Probki były mierzone głównie w geometrii 1000 cm^3 . Aparatura pomiarowa była kalibrowana mieszaniną multigamma lub roztworami ^{137}Cs . Do oznaczania ^{137}Cs metodą radiochemiczną stosowano mierniki współpracujące z sondą z cienkim plastikowym scyntylatorem.

Ogółem Placówki wykonały 20 oznaczeń stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs metodą spektrometryczną, a otrzymane wyniki były w zakresie od $8,71 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $15,44 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Oznaczenia metodą radiochemiczną wykonało 6 Placówek i otrzymano wyniki w zakresie od $9,18 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $11,28 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Odrzucono najwyższe wyniki w każdej z metod.

Pozostałe wyniki zostały poddane analizie. Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej wynoszą w metodzie spektrometrycznej od $-6,4\%$ do $+12,8\%$ oraz od $-1,4\%$ do $+2,5\%$ w metodzie radiochemicznej. Ponad 50% wyników oznaczonych metodą spektrometryczną różni się o mniej niż 5% w stosunku do wartości referencyjnej, a 90% wyników o mniej niż 10%.

Określano parametr z i $zeta$, oceniono poprawność i precyzję nadesłanych wyników oznaczeń stężenia promieniotwórczego w próbkach mleka w proszku. Wyznaczony parametr z pozwala ocenić dokładność wyniku pomiaru na tle wyników pomiarów wszystkich placówek biorących udział w pomiarach porównawczych. Dla 95% analizowanych wyników, wartość z jest poniżej 2, znaczy to że wyniki nie różnią się w sposób istotny od wartości referencyjnej. Tylko dla jednego wyniku wartość ta jest w zakresie $2 < z < 3$ co oznacza, że wynik może ale nie musi być wątpliwy i nie można go odrzucić. Dla 100% wyników wartość $zeta$ jest poniżej 2 co oznacza, że w budżetach niepewności zostały uwzględnione wszystkie składowe.

Oceniono liczbę E_n . Dla wszystkich wyników liczba E_n nie przekraczała wartości 1, co oznacza że wyniki są zadowalające. Oceniono również poprawność i precyzję. Wynik pomiaru był akceptowany, jeżeli spełniał obydwa kryteria. Z oceny wynika, że tylko jeden wynik nie spełnił tego kryterium.

Po oznaczeniu stężenia początkowego ^{90}Sr ($0,27 \pm 0,03 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$), uznano, że oznaczone stężenie mieści się w zakresie zapisanego w umowie stężenia wymaganego dla ^{90}Sr (od $0,06$ do $5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) i zdecydowano, że próby nie będą dodatkowo domieszkowane ^{90}Sr . Próbę mleka w proszku wymieszano, sprawdzono homogenność próby i przygotowano 4 próbki po 900 g w pojemnikach HDPE.

Oznaczono stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr w pobranych próbkach mleka w proszku (co najmniej jedna próbka na 10 próbek referencyjnych i co najmniej dwa pomiary dla każdej próbki). Ze względu na małą liczbę przygotowanych próbek do pomiarów porównawczych (zgłosiły się trzy placówki) zdecydowano się na oznaczenie ^{90}Sr w trzech

przygotowanych dla placówek próbkach. Stężenie promieniotwórcze wynosiło $0,26 \pm 0,03 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ na dzień 18.04.2023 r. co potwierdziło początkowy wynik oznaczeń. Do oznaczania ^{90}Sr zastosowano niskotłowy układ pomiarowy promieniowania beta produkcji duńskiej (Low Level GM Beta Counter), oparty na licznikach przepływowych GM. Licznik pozwala na pomiar jednocześnie 5 próbek. Tło jest na poziomie ok. $0,16 \text{ imp}/\text{min}$. Sprawdzono kalibrację zestawu za pomocą źródła wzorcowego ^{90}Sr produkcji Polatom. Potwierdzono jej powtarzalność

Wyniki oznaczeń stężenia ^{90}Sr w próbce mleka w proszku nadesłały 2 z trzech placówek do których wysłano próbki. Nadesłano wyniki: $0,75 \pm 0,35 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $1,26 \pm 0,32 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wartości te wielokrotnie przekraczają wartość referencyjną. Wyniki zostały odrzucone. Placówki do oznaczania stężenia ^{90}Sr stosowały tą samą aparaturę co do pomiarów ^{137}Cs oznaczanego metodą radiochemiczną.

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

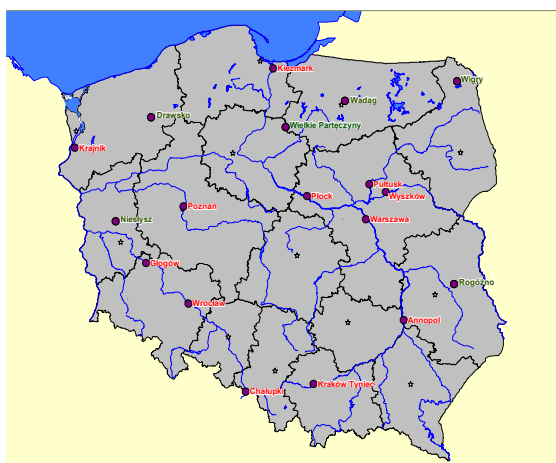
Literatura

1. PN-EN ISO/IEC 17043 Ocena zgodności – Ogólne wymagania dotyczące badania biegłości.
2. EA-04/16 (European co-operation for accreditation). Wytyczne EA dotyczące wyrażania niepewności w badaniach ilościowych, 2004.
3. Quantifying uncertainty in nuclear analytical measurements. IAEA-TECDOC-1401, July 2004.
4. W.Hyk, Z.Stojek: Analiza statystyczna w laboratorium analitycznym. Komitet Chemii Analitycznej PAN, Warszawa, 2000

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w roku 2022

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

Monitoringu skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2023 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).



Rys. 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: 2,22 mBq l⁻¹, 2,80 mBq l⁻¹ i 3,59 mBq l⁻¹. Średnie roczne stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr był na wyrównanym

poziomie i zawierały się w granicach 2,62 mBq l⁻¹ dla dorzecza Wisły – 2,72 mBq l⁻¹ dla dorzecza Odry.

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)}	2,22 ± 1,20 ^{b)} (14)	2,62 ± 0,65 ^{b)} (14)
Dorzecze Odry (5)	2,80 ± 1,08 (10)	2,72 ± 0,78 (10)
Jeziora (6)	3,59 ± 3,83 (12)	2,70 ± 2,10 (12)
Średnia ogólna (18)	2,84 ± 2,41 (36)	2,67 ± 1,30 (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 jezior. Najmniejsze różnice w stężeniach tych izotopów obserwowano w osadach dennych dorzecza Wisły.

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)}	2,53 ± 3,48(14) ^{b)}	16,30 ± 13,72 (14)
Dorzecze Odry (5)	3,55 ± 6,71 (10)	27,26 ± 40,65 (10)
Jeziora (6)	15,00 ± 29,40 (12)	82,32 ± 190,6 (12)
Średnia ogólna (18)	6,97 ± 16,88 (36)	41,35 ± 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 2,53 Bq kg⁻¹, a najwyższe dla jezior 15,00 Bq kg⁻¹.

Średnie stężenia promieniotwórcze ^{239,240}Pu w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry i jezior wynosiły odpowiednio: 16,30 mBq kg⁻¹, 27,26 mBq kg⁻¹ i 82,32 mBq kg⁻¹.

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 ¹³⁷Cs i ⁹⁰Sr jest niewielkie. Podobnie stężenia promieniotwórcze ¹³⁷Cs i ^{239,240}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

Wdrożenie metody oznaczania węgla ^{14}C w biopaliwach – bezpośrednia metoda ciekłej scyntytacji

J. Lemańska, A. Fulara

Węgiel ^{14}C jest równomiernie rozproszony w atmosferze i w postaci dwutlenku węgla jest absorbowany przez rośliny w procesie fotosyntezy. Następnie radiowęgiel przenika do organicznego cyklu węgla w przyrodzie. Tak długo jak organizm żyje, zachodzi ciągła wymiana materii z otoczeniem, co prowadzi do utrzymania podobnych proporcji węgla radioaktywnego do stabilnego w materii organicznej, jakie występują w atmosferze. Komisja UE (2000/473/Euratom) zaleca oznaczanie zawartości węgla ^{14}C w próbkach całodzienniej diety w celu oceny narażenia ludności. Dodatkowo, wiele krajów prowadzi sieci monitoringu wokół obiektów jądrowych, w ramach których przeprowadza się analizy zawartości izotopu ^{14}C w wodzie oraz innych komponentach środowiska. W Polsce obecnie nie prowadzi się oznaczeń ^{14}C na potrzeby monitoringu krajowego.

Celem pracy było wprowadzenie metody oznaczania węgla ^{14}C w biopaliwach.

W ramach tego zadania:

- Dokonano zakupu brakujących elementów wyposażenia stanowiska badawczego.
- Przygotowanie wstępne próbek, które obejmowało niezbędne procedury przygotowania próbek przed rozpoczęciem analizy.
- Wyznaczenie krzywej gaszenia.
- Kalibrację układu pomiarowego.

Wyniki przeprowadzonej pracy zostały przedstawione podczas Seminarium Sprawozdawczego, które miało miejsce 10 maja 2024 roku. Podczas badania dokonano rozbudowy wiedzy na temat metody oznaczania węgla ^{14}C oraz OBT w

próbkach środowiskowych, a także węgla ^{14}C w biopaliwach.

Praca ta przyczyniła się do poszerzenia zrozumienia technik i procedur związanych z dokładnym oznaczaniem zawartości węgla ^{14}C oraz OBT w próbkach środowiskowych, a także precyzyjnego pomiaru węgla ^{14}C w biopaliwach.

Finansowanie

Praca została sfinansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

[1] https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS421_web.pdf

[2]R. Krištof, J. Kožar Logar Direct LSC method for measurements of biofuels in fuel Talanta, 111 (2013), pp. 183-188

[3]Krištof, Romana & Kožar Logar, Jasmina. (2017). Liquid Scintillation Spectrometry as a Tool of Biofuel Quantification. 10.5772/65549.

[4]Krištof, Romana & Kožar Logar, Jasmina. (2015). The ^{14}C direct method counting protocol optimization for quenched samples.

[5]Chipanovska, Natasha & Krištof, Romana & Gerjol, Polona & Logar, Jasmina. (2022). Method validation for determination of ^{14}C with the use of CO₂ absorption method. Journal of Environmental Radioactivity. 251-252. 106985. 10.1016/j.jenvrad.2022.106985.

ZAKŁAD DOZYMETRII



Informacja o działalności Zakładu Dozymetrii w roku 2023

K. Isajenko, Zakład Dozymetrii

W roku 2023 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 Kiełbańska 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 2023 był prowadzony temat:

Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980 – 2023 – kierownik pracy: Barbara Piotrowska

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

Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową w roku 2023 – 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.

Zakład Dozymetrii prowadził także prace zleczone 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 2022 – 2024.

Zadanie 3: Monitoring stężenia cezu-137 w glebie – kierownik pracy: Krzysztof Isajenko/Olga Stawarz (zakończenie pierwszego oraz drugiego etapu pracy)

Także po wygranym przetargu w roku 2023 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 2023 roku Krzysztof Isajenko.

W roku 2023 prowadziliśmy także prace finansowane ze środków własnych (w związku z brakiem finansowania z innych źródeł):

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

Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie – kierownik pracy: Karol Wojtkowski

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

Ocena promieniotwórczości naturalnej mieszanki popiołowo-żużlowej 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

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

Artykuł „Impact of legislative change on the classification of raw materials and building materials in terms of natural radioactivity” - Koleta Kurek, Krzysztof Isajenko, Barbara Piotrowska, Aneta Łukaszek-Chmielewska, Paweł Lipiński – Zeszyty naukowe SGSP, t. 1/2023, z. 88; grudzień 2023; ISSN 2720-0779; str.: 211-231, DOI: [10.5604/01.3001.0054.1459](https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.1459)

Artykuł „Stacje ASS-500 jako główny element sieci monitoringu radiologicznego powietrza w Polsce” - Krzysztof Isajenko, Barbara Piotrowska, Olga Stawarz, Koleta Kurek – Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, t. 130, z.4/2023; grudzień 2023; e-ISSN 2353-9062; ISSN 0867-4752; str.: 49-56, Brak identyfikatora DOI, link do publikacji w Internecie: <https://www.gov.pl/attachment/2eed2916-890a-4113-b095-b13b765224c1>

Artykuł „Assessment of the Radiation Situation and the Presence of Heavy Metals in the Soil in the Poleski National Park” - Karol Wojtkowski, Małgorzata Wojtkowska, Małgorzata Długosz-Lisiecka, Agata Walczak – Applied Sciences, t. 13(21), poz. 11699; październik 2023; ISSN: 2076-3417; DOI: [10.3390/app122211401](https://doi.org/10.3390/app122211401)

Opracowanie pt. „Ocena promieniotwórczości naturalnej mieszanki popiołowo-żużlowej 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 2023

Ekspertyza radiologiczna narażenia pracowników przy pracy w stacjach radiolokacyjnych na terenie firmy Polska Grupa Zbrojeniowa, Wojskowe zakłady Elektroniczne S.A. w Zielonce – Barbara Piotrowska, Krzysztof Isajenko, lipiec 2023

Raport pt. „Coal Combustion Products (CCP) – Studies of natural radioactivity” - Barbara Piotrowska, Olga Stawarz, Krzysztof Isajenko, Paweł Lipiński – raport dla Instytutu Badań Stosowanych (CIMA) Politechniki Warszawskiej, Warszawa, CLOR, kwiecień 2023

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 – 2024 rok.

W roku 2023 w Zakładzie Dozymetrii CLOR odbyło praktyki trzech studentów:

Studentka Uniwersytetu Gdańskiego – opiekunem praktyk była Barbara Piotrowska,

Student Politechniki Gdańskiej (studia doktoranckie) – opiekunem praktyk była Barbara Piotrowska,

Student Politechniki Warszawskiej – opiekunem praktyk był Karol Wojtkowski.

Barbara Piotrowska przeprowadziła szkolenie dla sześciu pracowników Centralnego Ośrodka Analizy Skażeń (COAS) – szkolenie dotyczyło spektrometrii promieniowania gamma oraz obsługi aparatury pomiarowej, będącej na wyposażeniu COAS-u.

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

Krzysztof Isajenko uczestniczył na zaproszenie przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego Konferencji w XXVII Szkole Jesiennej PTBR zatytułowanej „Bezpieczeństwo radiacyjne – promieniowanie jonizujące i niejonizujące”, która odbyła się w dniach 15-20 października 2023 w Zakopanem – wygłosił na niej referat:

„Przypomnienie podstawowych wiadomości o promieniowaniu jonizującym, jego źródłach i rodzajach oraz oddziaływaniu z materią”

W roku 2024 Zakład Dozymetrii otrzymał podsumowania dwóch interkalibracji (porównań międzylaboratoryjnych), w których braliśmy udział w poprzednich latach:

REM 2020 PT on Naturally Occuring Radionuclides in Building Materials (*Interkalibracja dotycząca naturalnie występujących radionuklidów w materiałach budowlanych*) – materiałem referencyjnym były: cement (proszek), keramzyt

(w postaci bloczku i w postaci proszku) - wyniki OK z wyjątkiem ^{210}Pb – podsumowanie otrzymaliśmy w marcu 2023 roku,

IAEA-RER7014-TC-TEL-2020-05 Proficiency Test on determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, sediment and simulated aerosol filter samples – materiałem referencyjnym były: woda, osady denne oraz symulowana próbka aerozoli na filtrze - wyniki OK z wyjątkiem ^{210}PB – wyniki przysłane w roku 2023.

W obydwu interkalibracjach startowaliśmy jako dwa laboratoria: Zakład Dozymetrii z pomiarami na aparaturze spektrometrycznej z detektorami HPGe oraz Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej z pomiarami z użyciem trójkanałowego analizatora typu MAZAR do pomiarów promieniotwórczości naturalnej.

Plany Zakładu Dozymetrii na 2024 rok prowadzą się do następujących działań i prac:

Wykonanie nowego systemu on-line do stacji ASS-500 – dotacja na inwestycję z MKiŚ na rok 2024 nie była składana;

Zakup drona – dotacja na inwestycję z MKiŚ na rok 2024 nie była składana;

Utrzymanie akredytacji LPPN;

Zakup źródeł promieniotwórczych do kalibracji spektrometrów (w pojemniku Marinelli, gęstość $1,5 \text{ g/cm}^3$ oraz na bazie filtrów Petrianova) – źródelka mamy otrzymać do końca 1-szego kwartału 2024;

Przyjęcie nowego pracownika do pracy w Zakładzie – technik, przede wszystkim do wyjazdów po pobory próbek;

Udział w interkalibracjach międzynarodowych;

Zorganizowanie interkalibracji dla laboratoriów prowadzących pomiary promieniotwórczości naturalnej materiałów budowlanych w Polsce;

Rozpoczęcie remontów pomieszczeń w Zakładzie (zalecenia po kontroli BHP).

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 2023 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 2023 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 nie zarejestrowano w izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o stężeniu powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

We wszystkich trzech próbkach zawartość trytu zarejestrowano powyżej dolnej granicy wykrywalności. Najwyższe stężenie trytu o wartości $2,1 \pm 0,3 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$ zarejestrowano w Z-1.

Największą zawartość sumy cezów ^{134}Cs i ^{137}Cs , równą $9,27 \pm 0,97 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$, 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 równe $1,13 \pm 0,18 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$.

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: $89,8 \pm 0,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$;

- największą całkowitą radioaktywność beta w próbkach oznaczonych jako P-7: dla której wartość ta wynosiła: $0,43 \pm 0,17 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

Badania spektrometryczne promieniowania gamma próbek gleby z otoczenia KSOP w Różanie wykazały ze sztucznych izotopów obecność cezu ^{137}Cs (we wszystkich 5 próbkach). Wartość średnia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs zawierała się w granicach od $2,34 \pm 0,43 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie D-5 do $23,35 \pm 0,08 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w punkcie D-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 $71,2 \pm 8,3 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie D-5 do $95,7 \pm 11,3 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie D-4.

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 $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$. Probki wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku (próbki – WOS) zawierały dwa izotopy gamma promieniotwórcze pochodzenia sztucznego tj. cez

^{137}Cs (w poborze letnim) i jod ^{131}I (w poborze letnim) o wartości stężeń poniżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

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 WS-2. Wartość ta wynosiła $3,2 \pm 0,2 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

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 wynosiła $6,48 \pm 0,11 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$.

W próbkach gleby pobranych z otoczenia Ośrodka w Świerku stwierdzono:

- z izotopów pochodzenia naturalnego – obecność izotopów naturalnych szeregu 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 $7,43 \pm 0,15 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ zawierała próbka MD-03;
- najmniejszą zawartość cezu ^{137}Cs o stężeniu $0,71 \pm 0,03 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ zawierała próbka MD-04.
- 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 $6,44 \pm 0,45 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w próbce MD-02;
- z izotopów pochodzenia naturalnego – zawartość ^{40}K powyżej $20 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ we wszystkich próbkach oraz ołowiu ^{210}Pb – w dwóch próbkach;
- stężenie promieniotwórcze ^{40}K w trawie (s. m.) zawierało się w granicach od

$336 \pm 10 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w próbce pobranej w punkcie MD-05 do $557 \pm 14 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w próbce pochodzącej z punktu MD-04, natomiast wartość stężenia promieniotwórczego ^{210}Pb zawierała się w granicach od poniżej $6,2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w próbce pobranej w punkcie MD-04 do $38,6 \pm 7,8 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. w próbce pochodzącej z punktu MD-01.

Moc dawki zmierzona w otoczeniu Ośrodka w Świerku zawierała się w przedziale $65,2 \pm 0,2 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie MD - 03 do $90,8 \pm 0,5 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie MD - 01.

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 analizie widma promieniowania gamma absorbentu jodu postaci gazowej nie zarejestrowano w dwóch poborach żadnego izotopu jodu o wartości powyżej dolnej granicy wykrywalności.

W pomiarze gazów szlachetnych, pobranych z okolicy Ośrodka w Świerku zidentyfikowany został jeden izotop o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności tj.: krypton ^{85}Kr o średnim stężeniu promieniotwórczym $1,91 \pm 0,01 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

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 1980-2023

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 2023 roku Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonało badania i opracowało sprawozdania dotyczące zastosowania materiałów i surowców budowlanych dla 54 próbek nadesłanych z różnych regionów kraju. Były to m.in. mieszaniny popiołowo-żuźlowe (29 próbek), odpady paleniskowe (7 próbek), żuźel (3 próbki), piasek (2 próbki), płytki ceramiczne (2 próbki) i pozostałe 11 próbek - różne.

Od 1980 roku do końca 2023 roku do ogólnopolskiej bazy danych surowców i materiałów budowlanych zostało wprowadzonych danych dla 53751 próbek. W samym 2023 roku wprowadzono do bazy wyniki dla 1000 próbek, w tym:

1. wyniki surowców budowlanych pochodzenia naturalnego: 155;
2. wyniki surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego: 600;
3. wyniki materiałów budowlanych: 245.

Zarejestrowano:

- wysoką średnią wartość wskaźnika stężenia promieniotwórczego I dla popiołu lotnego (1,15);
- wartość średnią wskaźnika stężenia promieniotwórczego I dla żuźla, równą 0,94 – wyższą niż w 2021 r. i 2022 r.;
- wartość średnią wskaźnika stężenia promieniotwórczego dla ceramiki budowlanej równą 0,60 – nieco niższą niż w 2022 r.;
- przekroczenia wskaźnika stężenia promieniotwórczego I równego 1 dla 29,2% partii kruszywa naturalnego oraz 40% partii łupka.
- z surowców pochodzenia przemysłowego przekroczenia wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I= 1 dla 92,2% próbek popiołów lotnych, 61,3% próbek popiołów. Dodatkowo, przekroczenia wartości I=1 miały również żuźle (31%), mieszanina popiołowo-żuźlowa (13,2%), piasek żuźlowy (16,7%) i kruszywo z żuźli (32,7%).

Analizując średnie wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I określonego dla budownictwa mieszkaniowego należy stwierdzić, że 100% gotowych materiałów budowlanych wyprodukowanych w 2023 r. mogło być włączone do obrotu na terenie Polski.

Finansowanie

Praca dofinansowana przez Ministerstwo Edukacji i Nauki

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 2023 roku

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

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN) posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (PCA) o numerze AB 1108 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 i toru ^{232}Th oraz wartości wskaźnika stężenia promieniotwórczego I (definicja w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 17.12.2020 roku, Dz. U. 2021, poz. 33) w surowcach i materiałach budowlanych, odpadach, glebie, gruncie, skałach, osadach, nawozach i soli drogowej. W 2023 roku w Laboratorium wykonano pomiary następujących próbek: mieszanina popiołowo-żużlowa, żużel, odpady paleniskowe, popiół lotny, kruszywo naturalne, płytki ceramiczne, bloczki.

Omawiany 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, a następnie porównując wyniki z wartościami wzorcowymi. Raz na dwa miesiące określano tło analizatorów za pomocą aluminiowego walca. Prowadzono także codzienny monitoring temperatury i wilgotności względnej w pomieszczeniu pomiarowym. Termohigrometr wraz z dodatkową sondą był wzorcowany w laboratorium akredytowanym. Ze względu na zawyżone wartości stężenia toru oddano do serwisu analizator PI-MAZAR. Po naprawie wykonano w LPPN ponowną kalibrację analizatora. Dla analizatora

MAZAR-95 zweryfikowano dolny i górny zakres pomiarowy, przeprowadzono kalibrację oraz testy powtarzalności i odtwarzalności. Sprawdzone wskazania temperatury w suszarce za pomocą termohigrometru z dodatkową sondą. Doskonalenie polegało między innymi na rozszerzeniu zakresu akredytacji o nowe rodzaje przedmiotów badań. Od sierpnia 2023 roku LPPN może mierzyć gleby, grunty, skały, osady, sól drogową, nawozy i odpady o kodach: 10 06 01, 01 03 09, 17 01 01, 17 01 02, 17 01 03, 17 01 07, 17 05 08, 17 08 02. W związku z tym zaktualizowano dokumenty i formularze systemu zarządzania, zrobiono szkolenia oraz analizę ryzyk i szans. Ponadto wdrażano analizator PI-MAZAR do działalności laboratoryjnej poprzez sprawdzenia, pomiary porównawcze i aktualizację dokumentacji. Przeprowadzono również przegląd zarządzania, dwa audyty wewnętrzne oraz szkolenia.

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 20 lipca 2023 r. Odnotowano jedno spostrzeżenie, w odniesieniu do którego LPPN powinno przeprowadzić analizę ryzyka. Audytorzy pozytywnie ocenili działalność laboratorium. W związku z rozszerzeniem i uaktualnieniem zakresu akredytacji PCA wydało nowy zakres akredytacji LPPN.

W ramach podnoszenia kwalifikacji pracownicy laboratorium wzięli udział w szkoleniu zewnętrznym (forum on-line) pt. „Badania biegłości i ich rola w codziennej pracy laboratoryjnej”.

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej utrzymało akredytację, pozyskało nowych klientów i stale się rozwija. Liczba zbadanych próbek była na podobnym poziomie jak w poprzednich latach. Za największy sukces można uznać

rozszerzenie zakresu akredytacji o nowe rodzaje próbek do badania.

Temat został sfinansowany ze środków własnych.

Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku w latach 2015-2023

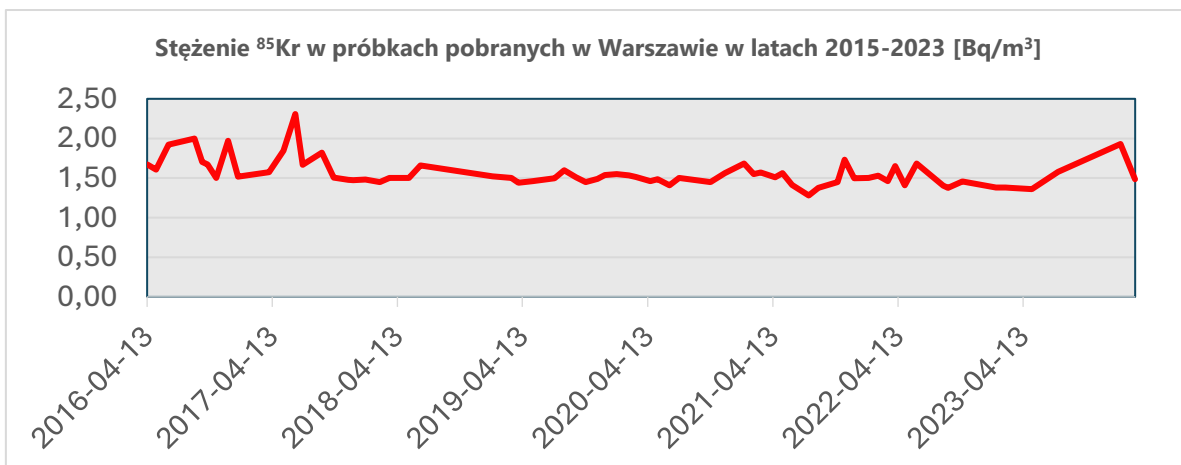
K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, M. Kozdój, A. Kiełbasińska

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 2023 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

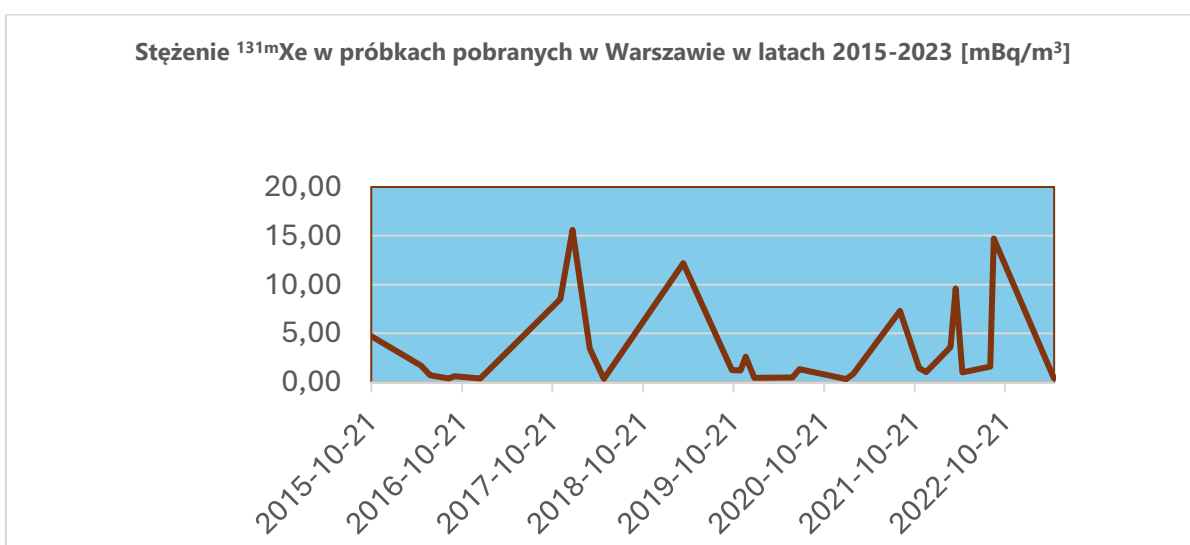
uwolnień substancji promieniotwórczych do powietrza w okolicy obiektu jądrowego w Świerku. Pobory jednodniowe odbyły się we wrześniu i październiku 2023 roku. Stacja do poboru gazów szlachetnych została ustawiona w miejscu, w kierunku którego w początkowej fazie poboru wiał wiatr od strony komina reaktora. 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. Pobory prowadzono przez tydzień każdego miesiąca w roku.

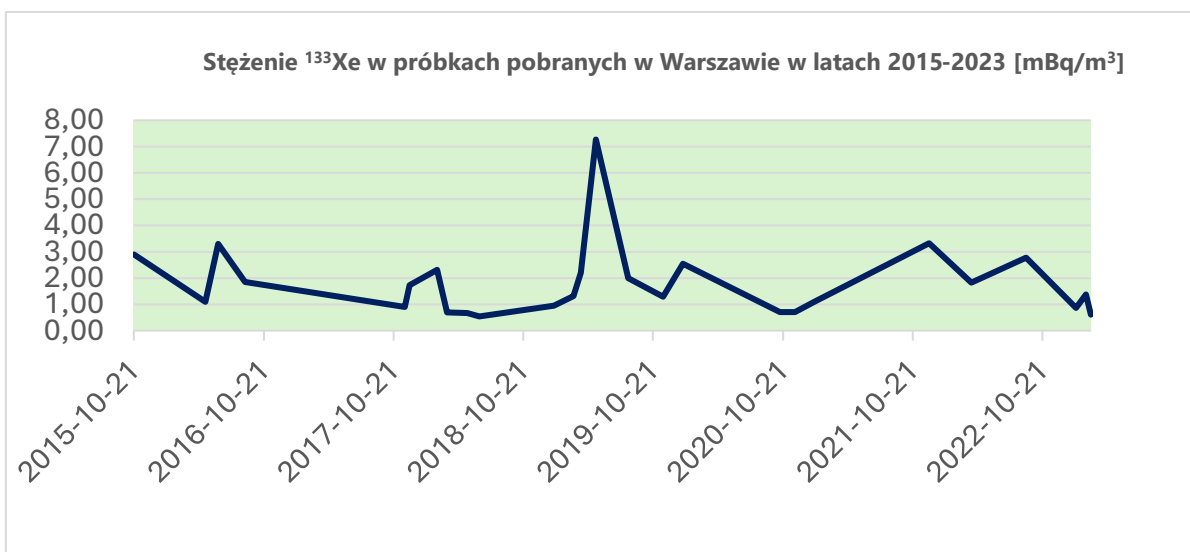
Na podstawie poborów dokonanych w 2023 roku podwykonawcy w BfS Freiburg (Niemcy) udało się określić stężenia kryptonu ⁸⁵Kr. W skali roku wartość średnia stężenia wynosiła 1,55 Bq/m³, przy średnim progu detekcji wynoszącym 0,01 Bq/m³. Wg informacji, jaką otrzymaliśmy od Niemców, wartość ta jest na poziomie tła panującego w Europie Środkowej wynoszącego ok. 1,5 Bq/m³. Poniżej w formie wykresów przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów w Warszawie w latach 2015-2023.



Rys. 1. Stężenie ^{85}Kr w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2023



Rys. 2. Stężenie $^{131\text{m}}\text{Xe}$ w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2023.



Rys. 3. Stężenie ^{133}Xe w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2023.

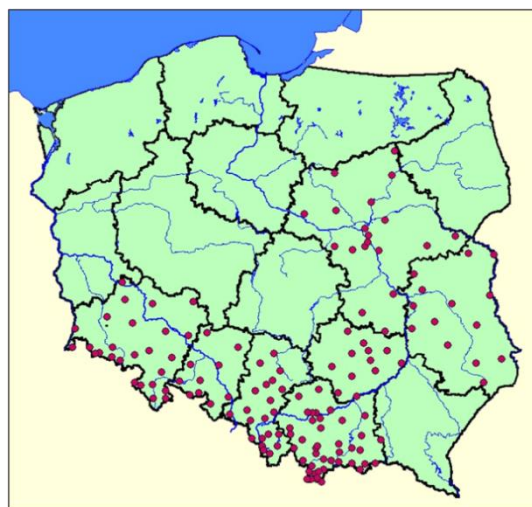
Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2022-2024 (rok 2022). ZADANIE 3: Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie

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

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

Potrzebę monitoringu promieniowania jonizującego w środowisku określają regulacje prawne obowiązujące w Europie i Polsce: Art. 35 Traktatu Euratomu, Ustawa Prawo Atomowe, Ustawa o Inspekcji Ochrony Środowiska i Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych.

W niniejszej pracy punkty poboru próbek gleby (144 punkty) znajdowały się na terenie siedmiu województw, w których w poprzednich pomiarach (pobór 2020 roku) otrzymano najwyższe wartości średnie depozycji ^{137}Cs oraz stężeń radionuklidów naturalnych. Ilości pobranych próbek w podziale na województwa przedstawiały się następująco: opolskie – 10, dolnośląskie – 27, lubelskie – 15, małopolskie – 43, mazowieckie – 20, śląskie – 22 i świętokrzyskie – 12. Łącznie pobrano 149 próbek: 144 z warstwy gleby o grubości 10 cm oraz 5 z warstwy o grubości 25 cm. Miejsca poboru próbek gleby jesienią 2022 roku przedstawiono na mapie na Rys. 1.



Rys. 1. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby na terenie Polski jesienią 2022 roku.

W I etapie pracy, trwającym do dnia 16.01.2023 roku, pobrano 149 próbek gleby w 144 punktach i przewieziono je do CLOR (pracownicy IMGW – PIB), koordynowano pobór próbek oraz opracowano sprawozdanie z tego etapu pracy. Sprawozdanie zawierało opis przeprowadzenia poboru prób (metodyka poboru, terminy pobrania prób, sposób transportu i przechowywania prób) oraz lokalizację punktów poboru gleby z ewentualnymi zmianami.

W celu pobrania próbek zastosowano standardową metodę poboru gleby, tj. w każdym punkcie pobierano 7 porcji gleby, w tym 6 z obwodu i 1 ze środka koła o promieniu 1 m. Pobór odbywał się za pomocą stalowego wykrojnika (walec o średnicy 6,9 cm) z zaostrzoną końcówką. Próbkę były wsypywane do podwójnego worka i opisywane, a następnie przewieziono do Zakładu Dozymetrii CLOR.

W II etapie pracy, kończącym się dnia 16.10.2023 roku, przygotowano do pomiarów 149 próbek gleby, wykonano pomiary spektrometryczne tych próbek, prowadzono rejestr wyników pomiarów w postaci arkusza MS Excel i opracowano sprawozdanie, zawierające opis metodyki oznaczania spektrometrycznego stężeń cezu ^{137}Cs , radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac i potasu ^{40}K , opis zapewnienia jakości wyników oraz wyniki pomiarów.

Próbki gleby zostały przygotowane do pomiaru zgodnie ze stosowaną standardowo metodyką. Po wstępnym rozdrobnieniu próbki suszono w suszarce w temperaturze 105 °C przez minimum dobę, studzono i wyznaczano masę całkowitą. Następnie przesypanyo je przez certyfikowane sito o średnicy oczek 2 mm do pojemników Marinelli o objętości 0,5 dm³ i ważono. Ostatnim etapem było zamknięcie i opisanie pojemników.

Tak przygotowane próbki zostały zmierzone metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma w celu oznaczenia stężenia cezu ^{137}Cs i radionuklidów naturalnych: radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac i potasu ^{40}K w [Bq·kg⁻¹]. Pomiary wykonano na torze spektrometrycznym z wykorzystaniem detektora półprzewodnikowego HPGe o wydajności 40% i rozdzielczości 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 odpowiadającej średniej gęstości próbek, tj. 1,1 g·cm⁻³ lub 1,5 g·cm⁻³ (producent: Narodowe Centrum Badań Jądrowych - Ośrodek Radioizotopów POLATOM). Po przeanalizowaniu widm opracowano wyniki pomiarów stężeń ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac . Na podstawie znajomości stężenia ^{137}Cs w Bq·kg⁻¹ obliczono także wartości stężenia powierzchniowego (depozycji) tego radionuklidu w kBq·m⁻², korzystając ze wzoru:

$$Dep \left[\frac{\text{kBq}}{\text{m}^2} \right] = \frac{S \left[\frac{\text{Bq}}{\text{kg}} \right]}{1000} \times \frac{M \left[\text{kg} \right]}{7 \times P \left[\text{m}^2 \right]} = \frac{S \times M}{1750 \times \pi \times D^2} \left[\frac{\text{kBq}}{\text{m}^2} \right]$$

gdzie:

- S [Bq·kg⁻¹] - stężenie promieniotwórcze cezu ^{137}Cs ,

- M [kg] - całkowita masa pobranej próbki,
- P = (π·D²)·4⁻¹ [m²] - pole powierzchni, z której pobierana jest gleba za pomocą wykrojnika o średnicy D.

Wartości depozycji cezu ^{137}Cs w próbkach gleby pobranych jesienią 2022 r. z warstwy (0-10) cm na terenie siedmiu województw mieszczą się w zakresie od 0,20 kBq·m⁻² do 16,63 kBq·m⁻².

Dla próbek pobranych z warstwy (0-25) cm depozycja ^{137}Cs była 1,5 – 2,6 razy większa niż dla próbek pobranych w tym samym punkcie z warstwy (0-10) cm.

Dla badanych próbek gleby pobranych z warstwy (0-10) cm otrzymano stężenia radu ^{226}Ra od 6,4 Bq·kg⁻¹ do 154,7 Bq·kg⁻¹. Stężenia aktynu ^{228}Ac mieściły się w przedziale od 6,0 Bq·kg⁻¹ do 129,2 Bq·kg⁻¹, natomiast zakres stężeń potasu ^{40}K w glebie wynosił od 138 Bq·kg⁻¹ do 1046 Bq·kg⁻¹.

W III etapie pracy, kończącym się dnia 15.03.2024 roku, zostanie przeprowadzona analiza otrzymanych wyników, wraz z obliczeniem wartości średnich depozycji cezu oraz stężeń radionuklidów naturalnych w glebie dla wszystkich punktów poboru oraz dla poszczególnych województw. Na podstawie wszystkich trzech etapów pracy opracowane będzie sprawozdanie końcowe, zawierające szczegółowe analizy wyników, tabele, wykresy, histogramy i mapy.

Temat został sfinansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr GIOŚ/ZP/304/2022/DMŚ/NFOŚ z dnia 08.11.2022 roku, podpisanej 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 2023).

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

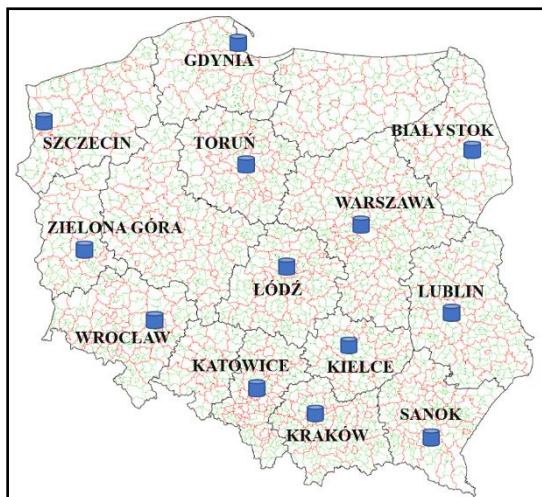
Grupa wiekowa	≤ 1 rok	1÷2 lat	2÷7 lat	7÷12 lat	12÷17 lat	> 17 lat
Prędkość oddychania [m ³ /doba]	5,2	6,5	12,2	17,2	21,4	22,2

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	$8,8 \cdot 10^{-9}$	$5,4 \cdot 10^{-9}$	$3,6 \cdot 10^{-9}$	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$4,4 \cdot 10^{-9}$	$4,6 \cdot 10^{-9}$
^{131}I	8,04 dnia	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$3,7 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$7,4 \cdot 10^{-9}$
^7Be	53,3 dnia	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$2,1 \cdot 10^{-10}$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$8,3 \cdot 10^{-11}$	$6,2 \cdot 10^{-11}$	$5,0 \cdot 10^{-11}$
^{40}K	$1,28 \cdot 10^4$ lat	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$7,5 \cdot 10^{-9}$	$4,5 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$
^{210}Pb	22,3 lat	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-7}$
^{226}Ra	$1,60 \cdot 10^4$ lat	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$4,9 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
^{228}Ac	6,13 godz.	$1,8 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$9,7 \cdot 10^{-8}$	$5,7 \cdot 10^{-8}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$

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



Rys. 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 Goeppert-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 Wrocławska, Zakładowy Inspektor Ochrony Radiologicznej
- **Zielona Góra** – Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska, Zakład Ochrony i Rekultywacji Gruntów.

W związku z trwającą wojną na Ukrainie i niebezpieczeństwem zajścia zdarzenia radiacyjnego (w działających elektrowniach jądrowych na terenie Ukrainy), zgodnie z zarządzeniem Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki do końca marca 2023 roku stacje w Białymstoku, Lublinie, Sanoku i Krakowie działały w systemie alarmowym – filtry w tych stacjach były wymieniane dwa razy w tygodniu.

Wyniki pomiarów stężeń poszczególnych radionuklidów w aerozolach atmosferycznych 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 2023 roku

Radionuklid	Stężenie w powietrzu, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Wartość średnia (zakres)	Liczba oznaczeń	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
^{137}Cs	$0,42 \pm 0,02$ ($<0,06 \div 7,92$)	670	Lublin, 15.05 – 22.05
^{131}I	$0,59 \pm 0,01$ ($<0,07 \div <3,41$)	670	Wrocław, 29.05 – 05.06
^7Be	2627 ± 52 ($484 \div 8074$)	670	Lublin, 08.05 – 15.05
^{40}K	$10,4 \pm 0,2$ ($<1,9 \div <49,0$)	670	Wrocław, 29.05 – 05.06
^{210}Pb	345 ± 8 ($64 \div 1624$)	670	Lublin, 25.09 – 02.10
^{226}Ra	$5,9 \pm 0,1$ ($<1,4 \div <37,4$)	670	Kielce, 14.08 – 21.08
^{228}Ac	$1,08 \pm 0,03$ ($<0,16 \div <9,73$)	670	Wrocław, 29.05 – 05.06

Dawki skuteczne (efektywne) otrzymane drogą inhalacyjną wahały się od wartości $2,076 \mu\text{Sv}$ rocznie dla dzieci w wieku 2-7 lat mieszkających w Łodzi do wartości $6,114 \mu\text{Sv}$ 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, czy naturalnego tła promieniowania gamma.

Finansowanie

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki na podstawie umowy nr 139/2022/CEZAR/357 z dnia 30 grudnia 2022 roku.





ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA



Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania tworzą 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,
- 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 Polskiego Centrum Radonowego. Oprócz powyższych pracownicy Zakładu są również audytorami technicznymi Polskiego Centrum Akredytacji, ekspertami w Polskim Komitecie Normalizacyjnym 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 są:

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.

OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development), a dokładnie działania w ramach jednej z agencji tejże organizacji – Nuclear Energy Agency.

IPNDV (International Partnership for Nuclear Disarmament Verification), sekcja Technology Track, EMN (European Metrology Network), sekcja ochrony radiologicznej.

W Zakładzie realizowane są prace badawcze w ramach międzynarodowych i krajowych projektów, jak na przykład:

traceRadon (<http://traceradon-empir.eu/>),

EU-RADION (<https://eu-radion.eu/>),

CHIMERA (<https://project-chimera.eu/>).

Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy- VI etap „Analiza skuteczności dostępnych środków służących ograniczaniu stężenia radonu oraz identyfikacja dedykowanych środków ochrony pracowników”, CIOP-PIB koordynatorem programu.

Organizacyjnie w ramach Zakładu wyodrębnione zostały dwie pracownie. Pierwsza - Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych

i Radonowych (LWPDiR), posiadająca status laboratorium wzorcującego oraz druga, funkcjonująca jako laboratorium badawcze - Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIiŚ).

Wszystkie metody wzorcowania stosowane w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych posiadają akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (AP 057). 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 niepewnością 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.

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 PDIiŚ 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 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.

System Zarządzania Jakością w Z-III w roku 2023

A. Milewska

W roku 2023 rozpoczęliśmy prace związane ze scaleniem systemów zarządzania jakością, które obowiązywały w PDIŚ i LWPDiR.

Decyzja o połączeniu części ogólnej obu systemów miała na celu „odświeżenie” i zredukowanie ilości dokumentacji, przeniesienie większości dokumentacji do wersji elektronicznej, ujednoczenie oznaczeń identyfikacyjnych i szaty graficznej. Zintegrowanie obu systemów umożliwiło łączną ocenę w nadzorze, co powinno również obniżyć opłaty z nią związanych. Dla całego zakładu wspólna jest część ogólna, która składa się z:

- Przewodnika po Systemie Zarządzania
- Procedur ogólnych
- Procedur technicznych

Jednocześnie, każde laboratorium ma odrębne:

- Procedury i Instrukcje Badawcze (PDIŚ)
- Procedury i Instrukcje Wzorcujące (LWPDiR).

PDIŚ posiada Certyfikat Akredytacji Laboratorium Badawczego nr AB450 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. Natomiast, LWPDiR posiada Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego AP057. Oba Laboratoria wykonują odpowiednio badania lub wzorcowania stosując normę PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02. Szczegółowe informacje dotyczące zakresów akredytacji nr AB450 i AP057 są dostępne na stronie www.pca.gov.pl.

W czerwcu 2023 r. przeprowadzone zostały 3 audyty wewnętrzne. W otrzymanych raportach potwierdzono zgodność działalności laboratoryjnej z wymaganiami normy oraz dokumentami akredytacyjnymi.

W lipcu 2023 r. odbył się coroczny 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 modyfikacji Ankiety zadowolenie Klienta, zintegrowanie systemów zarządzania jakością w PDIŚ i LWPDiR oraz przeniesienie formularzy LWPDiR do wersji elektronicznej, a także przegląd umów Klientów PDIŚ. Zadanie związane z zakupem i wymianą aparatu RTG używanego do wzorcowania przyrządów dozymetrycznych jest w trakcie realizacji. Zadania odnoszące się do rozbudowy stanowiska do pomiaru radonu w powietrzu i radonu w wodzie, cyfrowego podpisu w PDIŚ oraz modernizacja układu klimatyzacji w salach gamma i RTG zostały przesunięte na kolejny okres.

W trakcie przeglądu zarządzania przedstawione zostały wyniki Ankiety stopnia zadowolenia Klienta. We wszystkich badanych obszarach są oceny na poziomie BARDZO DOBRYM oraz DOBRYM.

We wrześniu 2023 przeprowadzona została połączona dla AB450 i AP057 ocena w procesie nadzoru. Zgodnie z otrzymanym od PCA raportem z oceny, oba Laboratoria spełniają wymagania akredytacyjne określone w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 oraz specyficzne wymagania akredytacyjne w zakresie posiadanej akredytacji. W raporcie odnotowana 3 spostrzeżenia, do których oceniono poziom ryzyka oraz zmodyfikowano dokumentację.

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 01.06.2023 do 31.11.2024 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.

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2023 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 eksponowania 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 alfabromieniotwórcze- 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 2023 roku do laboratorium wpłynęło 1372 zleceń wzorcowania, wykonano:

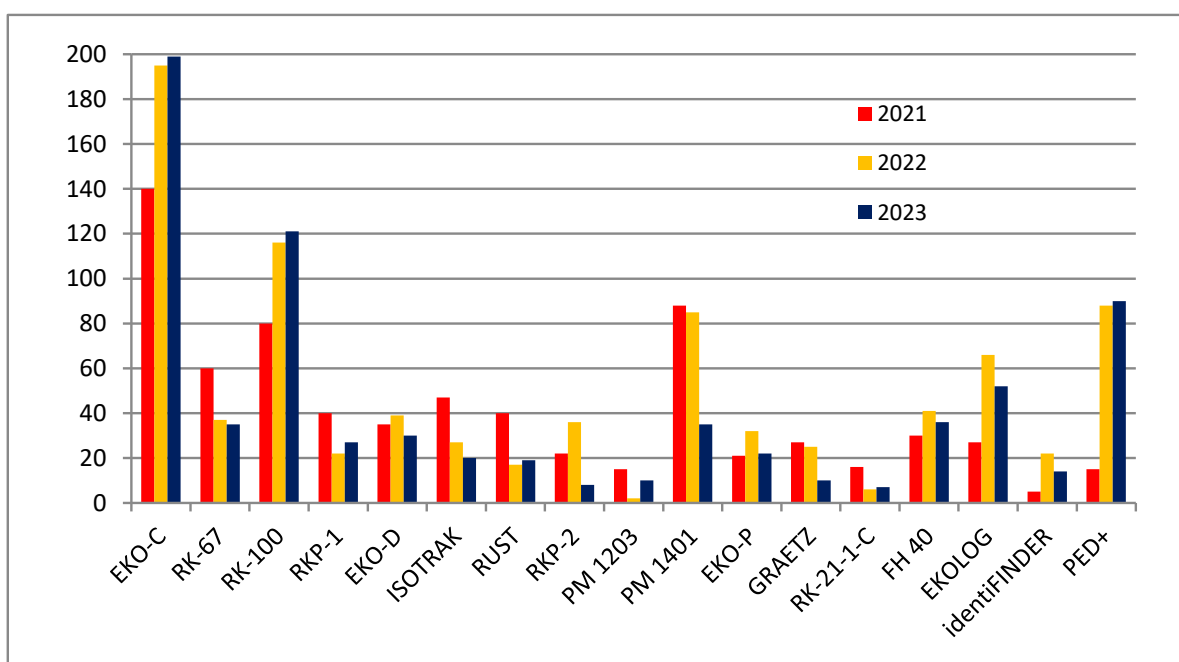
- 1057 wzorcowania przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania gamma,
- 602 wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania beta i alfa,
- 318 wzorcowań przyrządów dozymetrycznych dla promieniowania X,
- 6 wzorcowania na stanowisku radonowym,
- 31 wzorcowań na stanowisku neutronowym,
- 2 wzorcowanie na stanowisku kalibracyjnym beta.
- 20 protokołów niezdatności

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

W 2023 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.



Rys. 1. Wzorcowania wykonane w 2023 r. w LWPDiR



Rys. 2. Najczęściej wzorcowane przyrządy w LWPDiR (2021 ÷ 2023 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 eksponowanie 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.



Rys. 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 2023 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, 08 - 12 września 2023 roku został przeprowadzony w LWPDiR audyt w nadzorze wykonany przez audytorów zewnętrznych polegający na przeglądzie dokumentacji technicznej przez audytora wiodącego i eksperta technicznego.

Badanie dryftu temperaturowego spektrometru promieniowania gamma $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ podczas monitoringu radiacyjnego środowiska i jego rozłożenie.

Ł. Modzelewski

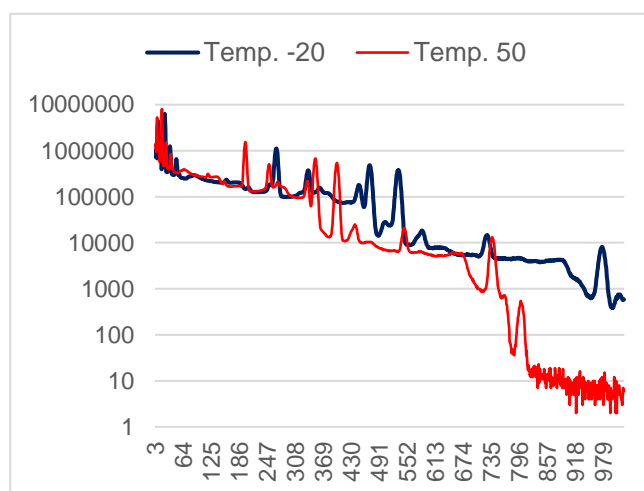
Monitoring radiacyjny środowiska jest istotnym wymogiem stawianym przed każdą krajową służbą wykrywania skażeń promieniotwórczych. W Polsce działa taki system o nazwie PMS (z ang. Permanent Monitoring System) oparty o stację badającą zawartość radionuklidów w powietrzu za pomocą sondy scyntylacyjnej 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, scyntylacyjny wyposażony w detektor na bazie bromku lantanu aktywowanego cerem $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ oraz niezmiennie detektory półprzewodnikowe HPGe.

Celem prezentowanej pracy było zbadanie dryftu temperatury i jego rozkładu w monitoringu środowiska za pomocą sondy wyposażonej w detektor $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$. Wiadomo, że temperatura może wpływać na kalibrację energetyczną, kształtu i kalibrację wydajności. W rezultacie, gdy zmienia się temperatura otoczenia, przesuwa się pik pełnej absorpcji energii w otrzymanym widmie. Badania składają się z części eksperymentalnej i analitycznej. Podczas badań klimatycznych w komorze klimatycznej zakończono kalibrację zależności od temperatury dla energii, kształtu i wydajności. Numeryczna metoda umożliwia generowanie widm gamma dla teoretycznych tzw. binarnych zmian temperatury. Na Rysunku 1 przedstawiono układ pomiarowy umieszczony w komorze klimatycznej.



Rys. 1. Widok układu pomiarowego w komorze klimatycznej

Badania przeprowadzono dla zmian temperatury otoczenia w zakresie od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na Rysunku 2 przedstawiono rezultaty tego eksperymentu, czyli wpływ temperatury na zarejestrowane widmo spektrometryczne ze źródła kalibracyjnego stosowanego w CLOR.



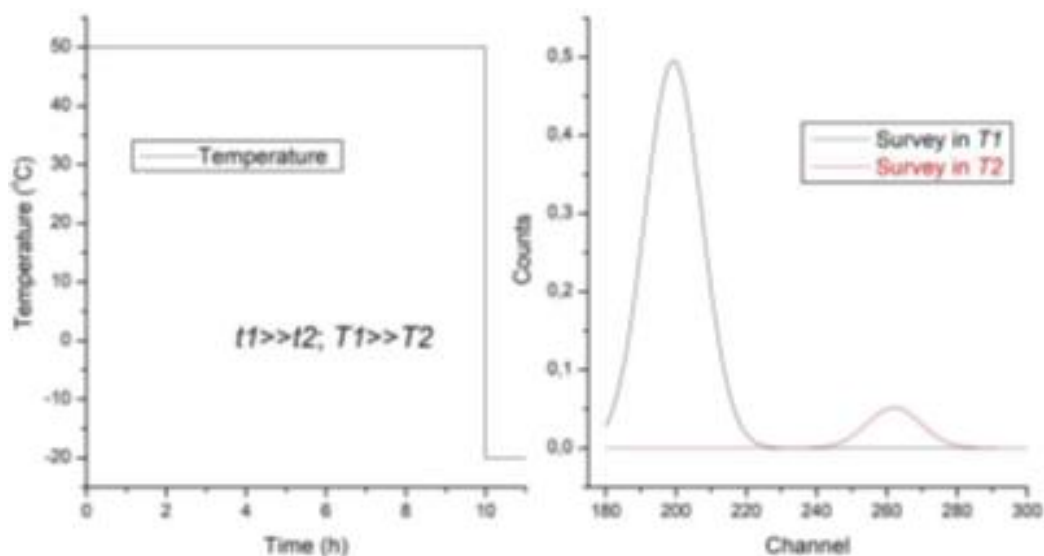
Rys. 2. Zarejestrowane widmo spektrometryczne dla temperatury otoczenia $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że zmiana temperatury otoczenia w zakresie od $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ oraz $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ powoduje zmiany położenia wierzchołka pików całkowitego

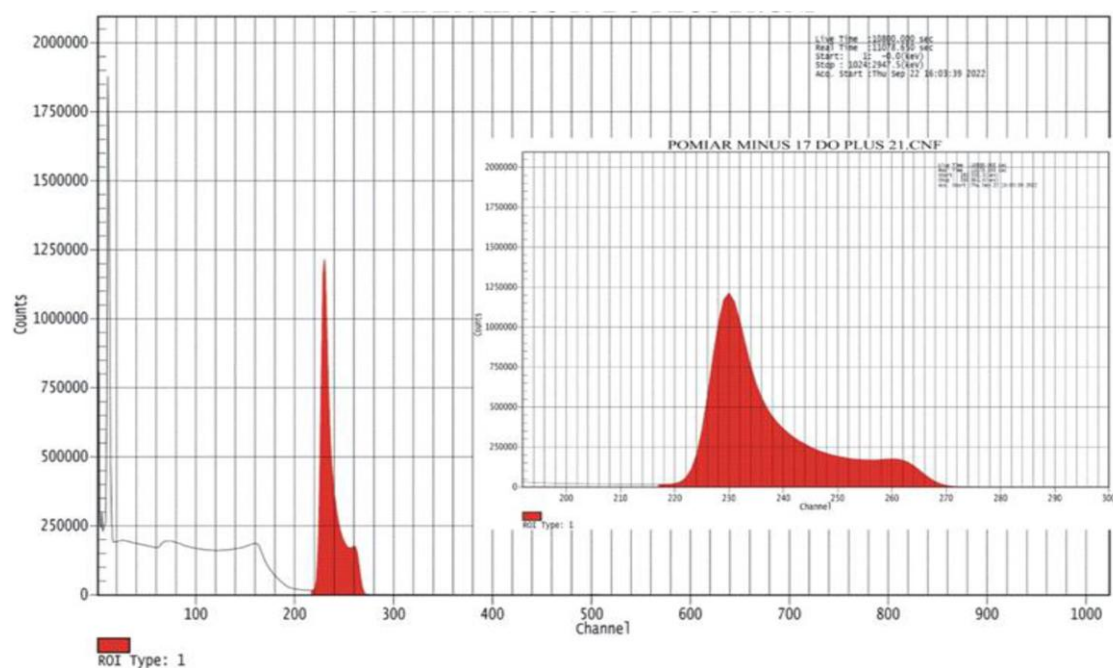
pochłaniania energii dla radionuklidu ^{137}Cs (662 keV) o 68 kanałów, a dla ^{60}Co (1173 i 1332 keV) zmianę o 133 kanały. Jest to istotna zmiana, która utrudnia przeprowadzenie prawidłowej identyfikacji jakościowej i ilościowej pierwiastków promieniotwórczych.

Kolejnym zadaniem było przeprowadzenie rozłożenia (unfolding) widma

spektrometrycznego. Badania wykonano numerycznie oraz eksperymentalnie. Wyniki symulacji numerycznej przedstawiono na Rysunku 3. Natomiast na Rysunku 4 przedstawiono wyniki przeprowadzonego badania eksperymentalnego.



Rys. 3. Wyniki symulacji numerycznych



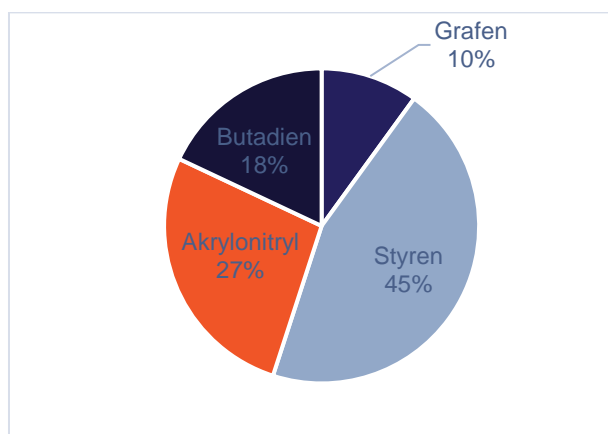
Rys. 4. Wyniki badania eksperymentalnego

Badanie osłabiania promieniowania gamma oraz X przez grafen

K. Kempny, A. Jakubowska

Celem badania było sprawdzenie właściwości lekkiego materiału zawierającego grafen pod kątem zastosowania do konstrukcji osłon przed promieniowaniem X i gamma.

Badanym materiałem był kompozyt składający się z nanopłatków grafenowych i ABS-u. Udział masowy płatków grafenowych wynosi 10% (rys. 1). Gęstość materiału w temperaturze pokojowej wynosi 1,064 g/cm³. Badania prowadzono przy współpracy z Politechniką Warszawską, na której zostały wykonane próbki.



Rys. 1. Skład badanego kompozytu

Pomiary osłabienia wiązki przeprowadzono z użyciem źródła ¹³⁷Cs oraz dwóch widm rentgenowskich zgodnych z normą ISO 4037-1:2019: N-60 i N-80. Próbkę materiału umieszczano między źródłem a komorą jonizacyjną w ten sposób, że cała komora znajdowała się w osłabionej wiązce. Następnie dla każdego źródła wykonano pomiar bez próbki przy zachowaniu tego samego ustawienia źródła i komory. Porównanie zliczeń zarejestrowanych w pomiarach z i bez próbki posłużyło do wyznaczenia liniowego i masowego współczynnika osłabienia badanego materiału, zgodnie ze wzorem.

$$\frac{N(x)}{N_0} = e^{-\mu_x x} = e^{-\mu_d \rho x}$$

Gdzie:

$N(x)$ – zliczenia zarejestrowane w pomiarze w wiązce osłabionej przez próbkę materiału,

N_0 – zliczenia zarejestrowane w pomiarze bez próbki,

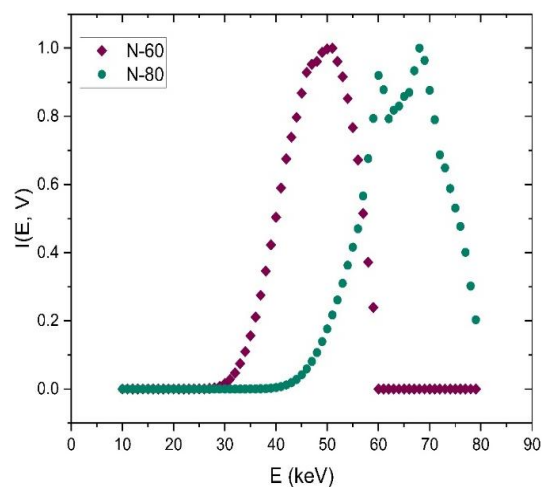
x – grubość próbki

ρ – gęstość materiału

μ_x – liniowy współczynnik osłabienia

μ_d – masowy współczynnik osłabienia

Wyniki otrzymane w pomiarach porównano z wartościami teoretycznymi wyznaczonymi za pomocą bazy XCOM3. XCOM pozwala na obliczenie masowego współczynnika osłabienia (μ_d) dla materiału o zdefiniowanym składzie i określonych wartości energii promieniowania gamma. W przypadku widm rentgenowskich, jako wartość teoretyczną μ_d przyjęto średnią współczynników ważoną natężeniem promieniowania dla wybranych wartości energii. Kształt widma wyznaczono za pomocą modelu TASMIP4 skorygowanego o filtrację podaną w normie ISO 4037-1:2019.



Rys. 2. Widma N-60 i N-80

W tabeli przedstawiono wartości liniowego współczynnika osłabienia dla rozpatrywanych źródeł, wyznaczone na podstawie pomiarów oraz XCOM, oraz grubości warstwy półchłonnej (HVL). HVL obliczono na w oparciu o wartości teoretyczne μ_x z XCOM.

Tabela 1 Wartości liniowego współczynnika osłabienia oraz grubość warstwy półchłonnej (HVL) dla rozpatrywanych źródeł

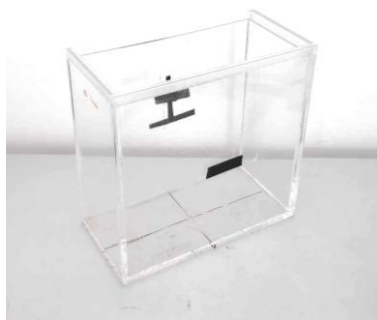
Źródło	Energia średnia (keV)	μ_x (cm ⁻¹) (pomiar)	μ_x (cm ⁻¹) (XCOM)	HVL (cm) (XCOM)
N-60	47,9	0,223 ± 0,027	0,215	3,22
N-80	65,2	0,194 ± 0,026	0,193	3,59
Cs-137	662	0,0866 ± 0,0033	0,088	7,88

Wyniki pomiarów są zgodne z teoretycznymi wartościami obliczonymi za pomocą XCOM, co potwierdza zasadność zaproponowanej metody obliczania współczynników dla widm ciągłych lampy RTG oraz użyteczność kalkulatora XCOM w przypadku mieszanin.

Analiza porównawcza wpływu materiału fantomu na wzorcowanie dozymetrów osobistych

K. Kempny, Z. Pawłowska

W procesie wzorcowania dozymetrów indywidualnych konieczne jest uwzględnienie wpływu promieniowania rozproszonego, wynikającego z noszenia dozymetrów blisko ciała. Osiąga się to poprzez umieszczenie dozymetrów na fantomie odpowiedniego typu, zgodnie z normą ISO 4037. W przypadku dozymetrów przeznaczonych do noszenia na korpusie ciała, zalecany fantom ma formę prostopadłościanu o wymiarach 30 x 30 x 15 cm, wypełnianego wodą, ze ściankami wykonanymi z PMMA (tzw. pleksi, rys. 1). Dla źródeł promieniowania o energii powyżej 662 keV (energia fotonów z rozpadu ^{137}Cs), norma dopuszcza stosowanie fantomu o tych samych wymiarach złożonego z płyt PMMA (rys 2).



Rys. 3. fantom wodny



Rys. 4. fantom PMMA

Celem badania było sprawdzenie wpływu rodzaju stosowanego fantomu (wodnego lub PMMA) na wyniki wzorcowania dozymetrów osobistych. W ramach pracy przeprowadzono pomiary

indywidualnego równoważnika dawki rejestrowanego przez dozymetry TLD umieszczone na fantomie wodnym lub PMMA dla dwóch źródeł promieniowania gamma i pięciu widm rentgenowskich. Analizę rozszerzono o symulacje komputerowe.

Po dwie pastylki TLD umieszczone w obudowach Mirion TLD dosimeter – jedna pastylka odsłonięta, jedna zasłonięta aluminiumowym filtrem

Ekspozycje z użyciem źródeł gamma: ^{137}Cs i ^{60}Co , oraz widm rentgenowskich zgodnych z ISO 4037-1:2019: N-40, N-60, N-80, N-100, N-150 (tab. 1)

Stała wartość wzorcowa indywidualnego równoważnika dawki Hp(10) równa 1 mSv

8 dozymetrów (obudów) na punkt pomiarowy

Każdego dnia pomiarów 8 dozymetrów odniesienia – ^{137}Cs , fantom PMMA

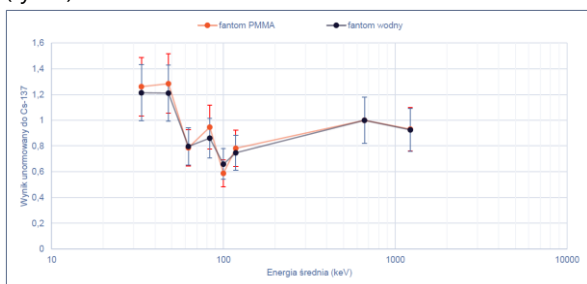
Każdego dnia pomiarów 4 dozymetry do pomiaru tła

Tabela 2 Energia średnia fotonów stosowanych źródeł

Źródło	Energia średnia (keV)
N-40	33,3
N-60	47,9
N-80	65,2
N-100	83,3
N-150	118
Cs-137	662
Co-60	1253

Badanie rozszerzono o symulacje komputerowe wykonane w środowisku GATE. Analogicznie do przeprowadzonych pomiarów zasymulowano dwa źródła gamma: ^{137}Cs i ^{60}Co , oraz wszystkie widma z serii wąskiej zdefiniowane w normie ISO 4037-1:2019. Symulacje przeprowadzono z użyciem modeli fantomu wodnego, PMMA oraz, dodatkowo, fantomu o tych samych wymiarach wykonanego z materiału równoważnego tkance. W każdym przypadku zasymulowano jednakową liczbę fotonów.

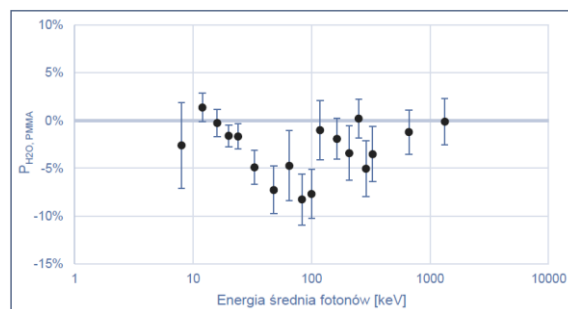
Różnice wyników otrzymanych w pomiarach na fantomie wodnym i PMMA mieszczą się w granicach niepewności dla wszystkich wykorzystanych źródeł (rys. 3).



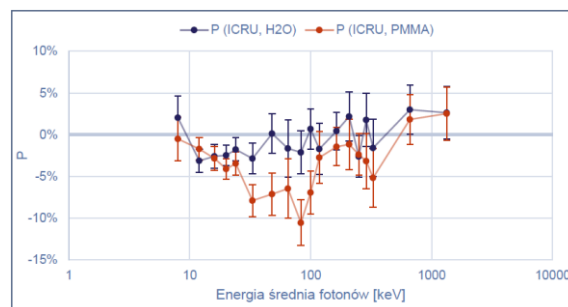
Rys. 5. Wyniki pomiarów odniesione do wyniku dla ^{137}Cs .

W symulacjach komputerowych zaobserwowano rozbieżność wyników na fantomie wodnym i PMMA dla energii z zakresu od 20,3 keV (N-25) do 100 keV (N-120). Maksymalna różnica wyników wystąpiła dla energii 83,3 keV (N-100) i wyniosła 8% (rys. 4).

Wyniki symulacji dla każdego z fantomów porównano z wynikami otrzymanymi dla fantomu wykonanego z materiału równoważnego tkance (ICRU). Wyniki na fantomie wodnym są zbliżone do wyników na fantomie ICRU w całym zakresie badanych energii. Dla fantomu PMMA zaobserwowano rozbieżność dla energii z zakresu od 20,3 keV (N-25) do 100 keV (N-120).



Rys. 6. Procentowa różnica wyników między fantomem wodnym a PMMA - symulacje.



Rys. 7 Procentowa różnica wyników na fantomach wodnym i PMMA a fantomem wykonanym z materiału równoważnego tkance (ICRU)

Analiza wyników symulacji wskazuje na możliwość występowania rozbieżności wskazań między fantomem wypełnionym wodą a fantomem złożonym z płyt PMMA dla energii z zakresu promieniowania RTG. Jednocześnie wykazano, że fantom wodny jest lepszym zamiennikiem materiału równoważnego tkance. Powyższe wnioski potwierdzają zasadność zaleceń normy ISO 4037 co rodzaju stosowanego fantomu w zależności od energii źródła.

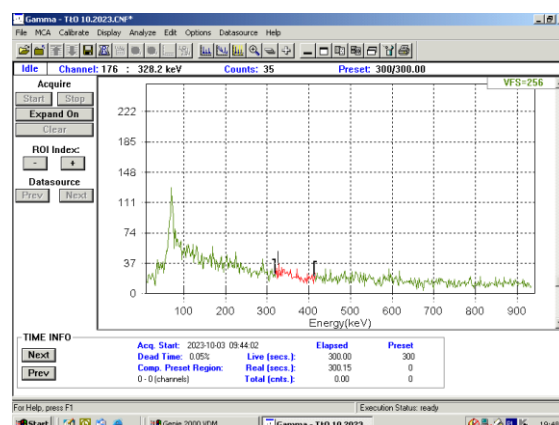
Utrzymanie gotowości Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka

G. Krajewska

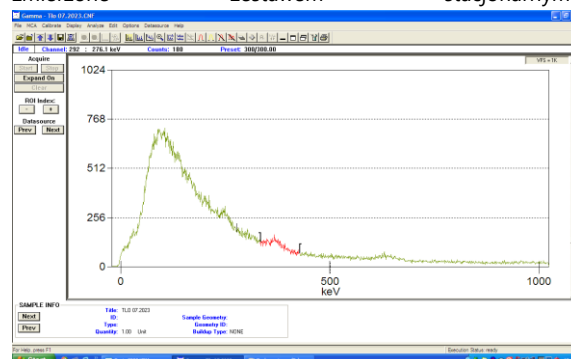
Pomiary aktywności jodu zdeponowanego w tarczycy są wykonywane w Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR z użyciem dwóch zestawów spektrometru promieniowania gamma - stacjonarnego i przenośnego. Aparatura umożliwia pomiary jodu w tarczycy w miejscu wystąpienia awarii lub lokalnego skażenia jodem, na stanowiskach pracy z tymi izotopami, a także u ludności na obszarach skażenia promieniotwórczego w przypadku awarii wielkoskalowej np. elektrowni jądrowej. 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 izotopu ^{131}I i testowaniu prawidłowości działania modułów elektronicznych zestawów pomiarowych oraz wykonywaniu pomiarów zawartości radioizotopów jodu-131 (technetu -99m, jeśli występuje) w tarczycy u pracowników zakładów medycyny nuklearnej w Polsce.

Tło w pomieszczeniu Laboratorium Monitoringu Jodu, mierzone dwukrotnie w ciągu miesiąca roku 2023, wynosiło 4, 3 cps w fotopiku izotopu ^{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.



Rys. 1. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium zmierzone zestawem stacjonarnym



Rys. 2. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium zmierzone zestawem przenośnym

W roku 2023 wykonano pomiary zawartości jodu promieniotwórczego ^{131}I w tarczycach osób będących pracownikami w Oddziale Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego im. M. Skłodowskiej-Curie w Zgierzu.

W Oddziale wykonuje się m.in. leczenie jodem promieniotwórczym nadczynności tarczycy, wola dużych rozmiarów, raka tarczycy (w systemie ambulatoryjnym i podczas hospitalizacji) oraz prowadzi się badania terapeutyczne (m.in. terapię jodową schorzeń tarczycy w systemie oddziaływanym) i badania scyntygraficzne tarczycy (oraz innych organów) z użyciem radioizotopu ^{131}I .

Oddział Medycyny Nuklearnej w Zgierzu, to jeden z najstarszych w Polsce ośrodków diagnostyki i terapii opartej na stosowaniu izotopów. Posiada uprawnienia do prowadzenia specjalizacji z zakresu endokrynologii i staży cząstkowych z zakresu medycyny nuklearnej. W Oddziale realizowane są także programy naukowo-badawcze z zakresu ochrony przed promieniowaniem i z zakresu endokrynologii. Oddział posiada 30 łóżek w tym 6 do terapii „gorącej”. W strukturze Oddziału wyróżnia się :Oddział Endokrynologii/Medycyny Nuklearnej (część hospitalizacyjna), Pracownię Izotopową klasy II i III, Pracownię Radioimmunologiczną oznaczania hormonów, Pracownię USG, poradnie Endokrynologiczną i Medycyny Nuklearnej.

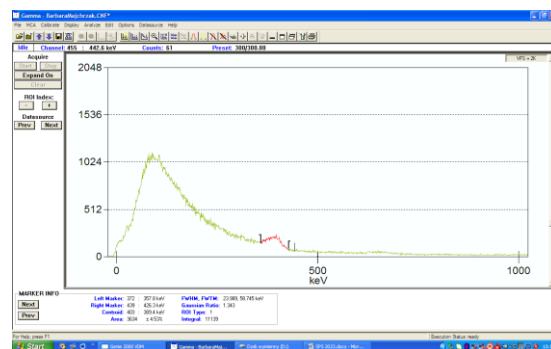
Zakład wyposażony jest m.in. w: hybrydową gamma-kamerę SPECT/CT Anyscan, rotacyjną gamma-kamerę X-Ring, planarną gamma-kamerę A-P, sondę scyntylicyjną oraz zestaw pomiarowy do pomiarów jodochwytności i inne.

Wyniki pomiarów aktywności ^{131}I w tarczycy oraz oszacowanych dawek od wchłoneń ^{131}I u pracowników powyższych placówek przedstawiono w Tabeli 1. i na Rysunkach 3 - 4.

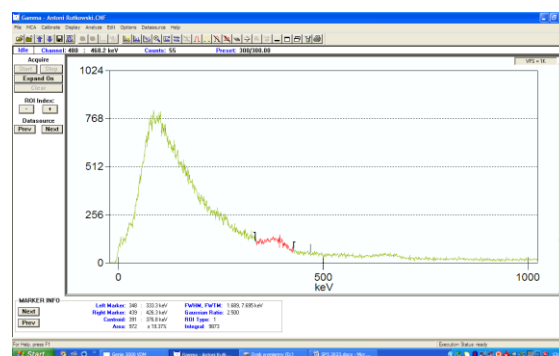
Tabela 1. Wyniki pomiarów poziomów aktywności jodu promieniotwórczego u pracowników Oddziału Medycyny Nuklearnej i Endokrynologii Onkologicznej Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego im. M. Skłodowskiej-Curie w Zgierzu (zaprezentowano tylko pomiary o wartości większej niż najmniejsza mierzalna aktywność, 68 [Bq]

Lp. (Pracownik)	Zmierzona w tarczycy aktywność jodu-131 [Bq]	Oszacowana dawka skuteczna od rocznych wchłoneń jodu-131 [mSv]	Procent maksymalnej dawki skutecznej dla narażonych zawodowo (20 mSv)
1. (A.W.)	250	0.75	3.8
2. (A.S.)	260	0.79	3.9
3. (B.Ł.)	250	0.75	3.8
4. (A.G.)	250	0.75	3.8
5. (B.M.)	1500	4.5	22.5
6. (A.R.)	500	1.5	7.5
7. ÷ 19.	<68*	<0.38	<1.90

(*) Najmniejsza mierzalna aktywność



Rys. 3. Widmo promieniowania zmierzone u pracownika B.M.



Rys. 4. Widmo promieniowania zmierzone u pracownika A.R.

Poziomy aktywności jodu ^{131}I w tarczycy u pracowników Oddziału Medycyny Nuklearnej, w których przeprowadzono pomiary, były niskie (Tabela 1.). Maksymalna dawka wyniosła ok. 4,5 mSv, nie przekraczając 22,5 % rocznego limitu dla narażonych zawodowo.

Finansowanie

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

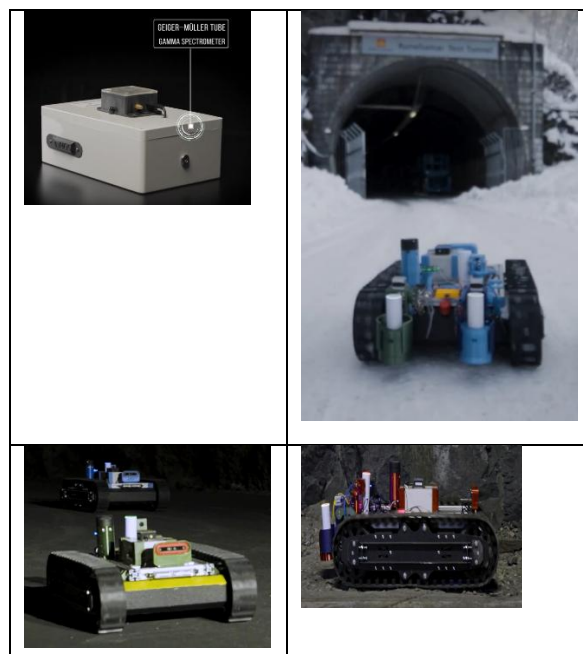
Projekt EURADION European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification

K. Wołoszczuk, P. Lipiński, A. Jakubowska, P. Krajewski, M. Norenberg

Projekt EU-RADION dostarczył innowacyjne rozwiązania pozwalające na wypełnienie braków w ochronie CBRNe wskazanych w Katalogu ENCIRCLE. Projekt zapewnił operacyjny system wykrywania i identyfikacji zagrożeń radiologicznych składający się z kilku komponentów technologicznych. Komponenty obejmowały narzędzia do modelowania i analizy rozprzestrzeniania zagrożeń radiologicznych, testowe platformy czujnikowe, w tym rój mini UGV, narzędzie do dowodzenia taktycznego, kontroler sieci oraz jednostkę integracji czujników.

Jednostka integracji czujników (SIU) była nowatorskim detektorem, który zawierał kilka urządzeń do wykrywania zagrożeń radiologicznych wspieranych przez czujnik wodoru i moduł pozycjonowania. SIU była dostosowalna do różnych platform (w tym jednostek stacjonarnych, przenośnych i montowanych na UGV) i zdolna do działania zarówno w środowiskach wewnętrznych, jak i zewnętrznych. Ponadto, system posiadał narzędzie obliczeniowe umożliwiające oszacowanie rozprzestrzeniania się materiałów RN i ich potencjalnego źródła. Narzędzie dowodzenia taktycznego (TC) było najwyższą warstwą systemu odpowiedzialną za dostarczanie interfejsu użytkownika do systemu i integrację danych pozyskanych z komponentów pomiarowych i obliczeniowych. Komponent ten współpracował bezpośrednio z kontrolerem sieci (NC) w celu pozyskiwania danych z czujników radiologicznych. EU-RADION zakładał również wdrożenie koncepcji roju UGV do wykrywania zagrożeń radiologicznych i ocenę jego wydajności w domenie CBRNe.

EU-RADION opierał się na podejściu system-of-systems. Wszystkie opracowane komponenty były zaprojektowane jako w pełni operacyjne i niezależne moduły. To zwiększało interoperacyjność systemu i ułatwiało potencjalną integrację z innymi istniejącymi systemami. Finalny system został zademonstrowany w realistycznym środowisku (tunel szkoleniowy w Norwegii).



Projekt ten otrzymał finansowanie z programu badań naukowych i innowacji Unii Europejskiej „Horyzont 2020” w ramach umowy o dotację nr 883204.

CHIMERA Kompleksowy system identyfikacji i monitorowania zagrożeń dla obszarów miejskich.

Zagrożenia CBRN w Europie znalazły się w centrum uwagi po rosyjskiej agresji na Ukrainę. Wzrosło ryzyko użycia broni CBRN oraz potencjalnych incydentów w elektrowniach jądrowych. Jednak zagrożenie atakami CBRN w Europie istnieje znacznie dłużej, co jest wynikiem trwającego niebezpieczeństwa ze strony grup terrorystycznych. Te zagrożenia wymagają od europejskich ustawodawców budowy ram politycznych, które uczynią obywateli i infrastrukturę europejską bardziej odpornymi na potencjalne zagrożenia. Taki kierunek został odzwierciedlony w Agendzie ds. Przeciwdziałania Terroryzmowi oraz Strategii Unii Bezpieczeństwa UE. Wzmacnianie europejskiej odporności, bezpieczeństwa CBRN i środków reagowania na pewno wymaga wprowadzenia nowych technologii na rynek europejski i ich adaptacji przez sektorowe służby pierwszego reagowania. Europejska Agenda ds. Przeciwdziałania Terroryzmowi podkreśla znaczenie utrzymania Europy na czele nowych zdolności, inwestowania we współpracę wielodyscyplinarną i wymianę informacji oraz wzmocnienia rozwiązań z zakresu bezpieczeństwa w miastach europejskich. Obecnie jednak osiągnięcie tych celów wymaga poprawy w wielu obszarach, zwłaszcza wzmocnienia zdolności służb pierwszego reagowania.

Istniejące luki w narzędziach i wyposażeniu dostępnych dla służb pierwszego reagowania zostały także odzwierciedlone w studium przygotowanym i opublikowanym przez Międzynarodowe Forum na rzecz Rozwoju Innowacji w Działaniach Służb Pierwszego Reagowania (IFAFRI). Studium wskazuje na poważne luki w zdolnościach, które utrudniają wydajność i skuteczność działań pierwszego reagowania.

Projekt CHIMERA dostarcza technologiczną poprawę w dziedzinie CBRN, zgodną z europejską legislacją, w tym odpowiednimi dyrektywami UE, oraz wzmacnia zdolności użytkowników końcowych (tj. służby ratownicze, centra dyspozycyjne i zarządzania kryzysowego) za pomocą nowatorskich funkcji wykrywania, identyfikacji i monitorowania.

Głównym celem projektu jest wdrożenie nowoczesnego, wielozadaniowego systemu CBRN, składającego się z nowatorskich produktów programowych i sprzętowych. System zostanie wyposażony w heterogeniczną warstwę zbierania danych CBRN, usprawnioną obróbkę danych oraz wzmocnioną świadomość sytuacyjną dla służb ratowniczych, co umożliwi skuteczniejsze zarządzanie skutkami incydentów CBRN poprzez podejmowanie szybkich decyzji, a co za tym idzie wcześniejsze wprowadzanie środków ochronnych.

Projekt CHIMERA ma trzy główne cele biznesowe do zrealizowania:

Główny cel 1 - Poprawa zdolności technologicznych i świadomości sytuacyjnej użytkowników końcowych działających w warunkach CBRN;

Główny cel 2 - Minimalizacja czasu reakcji użytkowników końcowych na zagrożenia CBRN w środowisku miejskim;

Główny cel 3 - Poprawa odporności europejskich miast na zagrożenia CBRN.

Prace w projekcie CHIMERA pogrupowano w 11 pakietów, CLOR jest liderem jednego z nich, a w ośmiu jest wykonawcą.

W sumie na realizację prac zaplanowano 50 osobomiesięcy. Poniżej lista zadań, z podziałem na wykonawca/lider, zaplanowanych do wykonania przez CLOR w projekcie CHIMERA:

1. Wykonawca:

- Zarządzanie administracyjne i finansowe.
- Zdefiniowanie wymagań technicznych dla systemu.
- Projektowanie przepływu pracy (workflow) i interfejsu użytkownika (HMI).
- Adaptacja detektorów promieniowania jonizującego (spektrometr + licznik Geigera).
- Fuzja danych na poziomie decyzji.
- Testy detektorów promieniowania jonizującego w laboratorium,
- Projektowanie i rozwijanie oprogramowania bazy danych czynników CBRN.

-
- Integracja, testowanie oraz walidację systemu operacyjnego stworzonego na bazie integracji poszczególnych komponentów powstałych w ramach projektu.
 - Szkolenie dla użytkowników końcowych.
 - Przygotowanie demonstracji końcowej.
 - Działania związane z komunikacją i rozpowszechnianiem wiedzy zdobytej w ramach realizacji projektu.

2. Lider :

- koordynacja pakietu 2, tj. wymagań użytkownika końcowego
- State of the art obecnych systemów CBRN najnowszej generacji.

- Wyszukiwanie synergii z innymi projektami CBRN.
- Określanie kontekstu operacyjnego i międzyorganizacyjnej integracji.
- Wyszukanie i weryfikacja wymagań użytkowników końcowych.
- Tworzenie zestawu scenariuszy.

Więcej szczegółów dotyczących projektu można znaleźć na stronie internetowej: <https://project-chimera.eu/>

Projekt ten otrzymał finansowanie z programu badań i innowacji Unii Europejskiej „Horyzont Europa” na mocy umowy o dotację nr 101121342.

traceRadon Radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level

K. Wołoszczuk

Projekt traceRadon realizowany był w latach 2020-2023. Projekt otrzymał dofinansowanie z programu EMPIR współfinansowanego przez Państwa Uczestniczące oraz z programu badań i innowacji Unii Europejskiej Horyzont 2020. Konsorcjum składało się z 18 partnerów, a jego liderem była Annette Rottger (PTB).

Celem tego projektu było rozwinięcie zdolności metrologicznych poprzez opracowanie przyrządów referencyjnych, przenośnych wzorców referencyjnych i procedur pomiarowych, do pomiaru niskich poziomów stężeń radonu w środowisku, aby móc je wykorzystać w strategiach redukcji emisji gazów cieplarnianych i poprawy ochrony ludności przed promieniowaniem jonizującym.

Szczegółowe cele projektu dotyczyły :

1. Opracowanie metod pomiaru niskich stężeń radonu na zewnątrz budynków, w zakresie od 1 Bqm^{-3} do 100 Bqm^{-3} , z niepewnością 10% dla $k=1$. Metody zapewniające spójność pomiarową do wykorzystania w sieciach związanych z obserwacją klimatu lub ochroną radiologiczną, obejmują dwa nowe źródła emisji Rn-222, przenośny przyrząd oraz procedurę kalibracji (zapewniającą spójność pomiarową) opisującą kalibracji systemów do pomiaru niskich stężeń radonu w środowisku,

2. Opracowanie możliwości pomiarów strumienia radonu w terenie w oparciu o opracowanie „exhalation bed” systemu odniesienia radonu i przyrządu przenośnego z zadania 1. Opracowanie procedury stosowania metody znacznika radonu (RTM) w celu umożliwienia pobierania strumieni gazów cieplarnianych na stacjach monitorowania i wykorzystania danych dotyczących strumienia radonu do identyfikacji radon prone areas (RPA).

3. Walidacja modeli strumienia radonu za pomocą nowych, możliwych do przesłania pomiarów stężenia aktywności radonu i strumienia radonu. Wspomaganie walidacji danymi dozymetrycznymi i spektrometrycznymi z radiologicznych sieci wczesnego ostrzegania w Europie. Udoskonalenie

map strumienia radonu opartych na procesach, które będą dostępne do wykorzystania w RTM, modelowaniu dyspersji atmosferycznej i ochronie przed promieniowaniem.

4. Zapewnienie łatwych w użyciu dynamicznych map radonu i strumienia radonu do badań nad zmianami klimatycznymi i ochroną przed promieniowaniem zgodnie z dyrektywą Rady 2013/59/EURATOM, w tym ich wykorzystanie do identyfikacji RPA i pików wymywania radonu.

5. Ułatwienie wykorzystania technologii i infrastruktury pomiarowej opracowanej w ramach projektu przez łańcuch dostaw pomiarów (NMI, laboratoria kalibracyjne), organizacje opracowujące normy (np. IEC, ISO) i użytkowników końcowych w zakresie monitorowania gazów cieplarnianych i europejskich sieci wczesnego ostrzegania radiologicznego.

The project ended in May 2023. During the three years of the project, all objectives were achieved. In addition :

16 publikacji naukowych,

Projekt był prezentowany 71 razy na konferencjach naukowych,

projekt wspierał współpracę między obecnie niezależnymi grupami jak stacje sieci monitorowania atmosfery związane z klimatem (AMNS) (np. ICOS) oraz europejska platforma wymiany danych radiologicznych (EURDEP) i EANR Taka interdyscyplinarna współpraca zapewniła nowy wgląd i zrozumienie powiązań między geologią, atmosferą i działalnością antropogeniczną oraz ich łącznym wpływem

powołano Komisję Interesariuszy, która liczy 20 członków, jak np. UNSCEAR, EURADOS, ERA, WMO, ICP, ANSTO, TC-IR, CSIRO

projekt powołał Komisję Interesariuszy, która liczy 20 członków, jak np. UNSCEAR, EURADOS, ERA, WMO, ICP, ANSTO, TC-IR, CSIRO

zorganizowano 8 szkoleń, 4 kursy treningowe, 3 szkolenia wewnętrzne dla konsorcjantów i współpracowników.

Więcej informacji można znaleźć na stronach internetowych: <https://www.euramet.org> oraz <http://traceradon-empir.eu/>.



Analiza skuteczności dostępnych środków służących ograniczaniu stężeń radonu oraz identyfikacja dedykowanych środków ochrony pracowników

K. Wołoszczuk, Z. Pawłowska

Implementacja zaleceń Dyrektywy Rady 2013/59/EURATOM z dnia 5 grudnia 2013 roku do przepisów krajowych znacząco zmieniła podejście do tematyki ochrony ludności oraz pracowników przed narażeniem na radon i jego pochodne. Spełnienie wymagań wspomnianych regulacji wymaga stosowania rozwiązań technicznych służących ograniczeniu stężeń radonu w miejscach pracy oraz stosowania odpowiednich środków ochrony indywidualnej. Tematyka ochrony radiologicznej związanej z zagrożeniem radonowym, opisana głównie w literaturze naukowej, jest mało znana wśród pracodawców i ogółu społeczeństwa. W związku z powyższym istnieje potrzeba oceny skuteczności rozwiązań służących zapewnieniu bezpieczeństwa przed szkodliwym działaniem radonu i jego pochodnych i popularyzacji specjalistycznej wiedzy na ten temat. Celem projektu jest rozpoznanie, zbadanie i ocena skuteczności dostępnych środków technicznych służących ograniczaniu stężeń radonu w miejscach pracy oraz opracowanie poradnika omawiającego zalecenia odnośnie stosowania efektywnych rozwiązań ograniczających stężenie radonu w budynkach, jak również stosowania właściwie dobranych środków ochrony indywidualnej pracowników. Przewiduje się, że upowszechnienie wyników projektu przyczyni się w znacznym stopniu do wzrostu poziomu wiedzy dotyczącej środków służących ochronie przed radonem i jego pochodnymi oraz świadomości w zakresie jego wpływu na organizm człowieka.

Mimo stosunkowo krótkiego okresu obowiązywania nowych przepisów, obligujących pracodawców do pomiaru radonu w miejscach pracy, świadomość zagrożenia związanego z narażeniem na radon zaczyna się rozwijać. Naturalną konsekwencją szkoleń, publikacji, materiałów informacyjnych będzie poszukiwanie przez pracodawców środków technicznych umożliwiających obniżanie stężenia radonu w miejscach pracy.

Celem głównym projektu jest rozpoznanie, zbadanie i ocena skuteczności dostępnych środków technicznych służących ograniczaniu stężeń radonu w miejscach pracy, zbadanie narażenia na radon w wybranych budynkach oraz opracowanie poradnika zawierającego zalecenia odnośnie do stosowania efektywnych rozwiązań ograniczających stężenie radonu w budynkach oraz stosowania właściwie dobranych środków ochrony pracowników.

12 lutego 2021 roku zostało opublikowane Obwieszczenie Ministra Zdrowia w sprawie ogłoszenia Krajowego planu działania w przypadku długoterminowych zagrożeń wynikających z narażenia na radon w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz w miejscach pracy. W planie znajdują się bardzo ogólne informacje na temat m.in. radonu, metod pomiarowych, czy sposobu obniżania stężenia radonu w budynkach. Opracowany w ramach projektu przewodnik „Analiza dostępnych środków służących ograniczeniu stężeń radonu, ze szczególnym zwróceniem uwagi na środki techniczne oraz środki ochrony pracowników” będzie stanowił, bardzo potrzebne uzupełnienie i uszczegółowienie informacji zawartych w Krajowym planie działania, na podstawie przeglądu literatury, dobrze udokumentowanych planowanymi badaniami laboratoryjnymi i terenowymi obiektywnych danych ilościowych charakteryzujących skuteczność omawianych rozwiązań.

Oczekiwane wyniki prac planowanych do realizacji w ramach projektu to:

- zestawienie dostępnych na świecie oraz w kraju środków ograniczających stężenie radonu wraz z podaniem ich skuteczności;
- wyniki testów laboratoryjnych skuteczności wybranych, komercyjnie dostępnych rozwiązań technicznych służących do ochrony przed radonem;
- wyniki pomiarów stężenia radonu w powietrzu w budynkach, w których mogą być zatrudnieni pracownicy na terenach, na

których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (patrz odnośne Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 czerwca 2020 roku).

- opracowanie treści poradnika, pt. „Analiza dostępnych rozwiązań technicznych służących ograniczeniu stężeń radonu, oraz środków ochrony pracowników”

Uwagi:

„Opracowano na podstawie wyników programu wieloletniego „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy – VI etap, okres realizacji: lata 2023–2025, finansowanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy”



DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI



Podsumowanie prac Działu Szkolenia i Informacji w roku 2023

P. Lipiński, Z. 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 akceleratorów (uprawnienia A-A, S-A, S-Z) prowadzonych zarówno w siedzibie, jak i poza siedzibą CLOR.

Przygotowywanie i organizacja szkoleń z zakresu Ochrony Radiologicznej

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 2023 zorganizowano 25 szkoleń, w których uczestniczyło 556 osób:

Pięć szkoleń dla osób ubiegających się o nadanie uprawnień IOR: łącznie 88 osób,

w tym:

IOR-1: 69 osoby;

IOR-1R: 5 osób;

IOR-1Z: 2 osób;

IOR-3: 12 osób.

Pięć szkoleń dla osób aktualizujących wiedzę w ramach przygotowania do ponownego egzaminu na uprawnienia IOR: łącznie 96 osób;

w tym:

IOR-1: 54 osób;

IOR-1Z: 3 osób;

IOR-1R: 3 osoba;

IOR-3: 36 osób.

Czternaście szkoleń dla operatorów typu A-A, S-A oraz S-Z: łącznie 326 osób,

w tym:

A-A: 90 osób;

S-Z: 118 osób;

S-A: 59 osób.

S-A i S-Z: 59 osób

Dwa szkolenia z zakresu Ochrony Radiologicznej: łącznie 40 osób.

Jedno szkolenie dla ekipy awaryjnej:

łącznie 6 osób.

W 2023 dzięki uprzejmości pracowników CLOR organizowane były spotkania dla młodzieży oraz studentów, które umożliwiają przybliżenie prac realizowanych w CLOR i szeroko pojętej tematyki promieniowania jonizującego.

CLOR aktualnie realizuje prace normalizacyjne w dwóch Komitetach Technicznych Polskiego Komitetu Normalizacyjnego:

266 ds. aparatury jądrowej, którego CLOR jest członkiem z prawem głosowania.

246 ds. ochrony radiologicznej, którego Przewodniczącym jest Dyrektor CLOR, dr Paweł Krajewski, w CLOR działa również sekretariat tego KT

Działalność normalizacyjna CLOR to głównie działania w zakresie opiniowania projektów norm, aktywne głosowanie nad nimi oraz ich przeglądy.

ENGLISH VERSION



Introduction

The present report delivers comprehensive descriptions of main works of the Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) that were realized in the year 2023

The full particulars one could find in the expertise and issues that were published on the cooperating with CLOR institutions websites or could upload them on the CLOR's website .

Here, it is worth to emphasize that CLOR has realized the tasks in a field of radiological protection in aid of the State from almost 60 years. Historically, the origin of CLOR's which was established in 1957, as an independent specialistic research institute with mission to provide operational and development work related to the radiation safety of the country, particularly around this nuclear object, just a year before the start-up of the first research nuclear reactor EWA in Świerk.

The Institute, being a research-unit, performs a wide range of national monitoring assignments, conducts preventive operational tasks, delivers data on environmental radio-contaminants, carries out comprehensive analysis of radiological situation of the country, makes an assessment of population and occupational hazard, and also accomplishes an evaluation of men exposure from acute radioactive releases, terror attacks as well as prolonged routine releases from nuclear objects. CLOR's activities fulfill a current requirements of the State, particularly these committed in the act of Government "*Strategy and Politic for development of nuclear safety and radiological protection in the Republic of Poland*" (L. gazette: 2022 pos.541)

The Institute performs research activity with collaboration of significant international scientific units in a frame of UE Horizon 2020 as well as with the country scientific units in a frame of the National Centre of Research and Development projects. Institute activities reflects current State's requirements and safety growth of advanced technologies to develop nuclear energy sources with no emission of green house gases. The Institute serves as technical support organization (TSO) for Governmental Bodies, item: the National Atomic Energy Agency (PAA), the Main Inspectorate of Environmental Protection, the Main Sanitary Inspectorate as well as for Governmental Services, item: the Civil Defense, the Border Guard, the

Custom Service and the Fire Service. The Institute provides also sound advice for society, state economy and environmental protection agencies.

The CLOR's activities encompass several characteristics areas, which differ by financial support, range of investigations and engagement of experienced staff, as following: the national wide monitoring for the President of National Atomic Energy Agency (PAA) and the Main Inspectorate of Environmental Protection, research and implementation activities, country wide and international cooperation, proficient commercial service

The proficient service 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). The Unit performs measurements and assessment of personal doses for occupationally exposed workers (nuclear medicine, industry, uniform services). Base on thermo-luminescent method (TLD), the Laboratory perform personal monitoring for around 8000 workers per year. Additionally, accreditation range includes measurements of ambient dose rate (so called: background natural gamma radiation) as well as determination of radon ^{222}Rn in liquid samples (since 2019) and new one method of measurements of radon ^{222}Rn concentration in air with passive methods base on CR-39 foil. Moreover, the accreditation range of the Unit includes also *Laboratory of Radioactive Iodine Measurements*, has been created after Chernobyl Accident in 1989 and has been assigned to conduct rapid assessment of radiological hazard from ^{131}I of polish population in a case of releases of ^{131}I iodine from any nuclear facility object. Currently, the Laboratory performs an assessment of occupational exposure hazard for nuclear medicine staff from ^{131}I and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ inhalation and reports results to

President of National Atomic Energy Agency.

- *The Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis* (accreditation N# AB 1215), performs tests of radioactive contamination in environmental, food and feed and drinking water samples according to the national and European Union regulations. Accreditation scope encompasses wide analytical spectrum of numerous alpha, beta and gamma emitters e.g.: strontium ^{90}Sr in water, soil, sediments, feed and various food products, as milk, vegetables, meat, fish and mixing diet; tritium ^3H in water, urine samples, global alpha and global beta in water as well as uranium 238 , 234 , ^{235}U , plutonium 239 , ^{240}Pu , polonium ^{210}Po , lead ^{210}Pb and americium ^{241}Am . The laboratory perform yearly about 4000 tests.
- *The Laboratory of Natural Radioactivity Measurements* (accreditation N# AB 1108) fills up monitoring system of environmental radioactive contamination by the network of natural radiation measurements in row and building materials. This network performs qualification and evaluation of building materials concerning concentrations of natural radionuclides (i.e. Uranium, Thorium chains and Potassium.) than their applicability for different types of building.
- CLOR also possesses one accredited standardization (metrological) laboratory e.g.: *The Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments* (accreditation N# AP 057). The Laboratory offers calibration service, type control and certification for dosimetry instruments and remains only one unit in the country that presents the widest range of accredited standardized radiation fields X-ray, gamma, beta and neutron radiation as well as standards of surface contamination (alpha and beta).

Moreover, the Laboratory owns The Radon Standard Installation-(RSI) which is equipped with calibration chamber with unique devices support, that is used for calibrating instruments to measuring the potential alpha energy and radon concentrations in air and water. The activity RSI has a country and international range ie.: performs intercomparison tests related

to the validation of European calibrating laboratories; significant investigation of dose conversion factors DCF correlated with the distribution of aerosols diameters of in air, performs calibration for the Radon Centre and co-organized domestic laboratory intercomparisons of the radon concentrations in water.

- 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). Every year CLOR organizes training curses for about 50 candidates applying for IOR licenses and about 100 persons renewing licenses and 150 persons applying for licenses of radiation operator. Since 2016 training offer of CLOR has been extended to veterinary service and medical staff for Main Sanitary Inspectorate needs.
- Realizing requirement of the Program of Polish Nuclear Energy related to the education of new cadres of specialists for needs 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.

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 stressed that the achieving of a high degree of competence and good substantial and financial results in 2021 has occurred owing the contribution of the entire CLOR crew, 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.

Dyrektor
Centralnego Laboratorium
Ochrony Radiologicznej
dr Paweł Krajewski

A handwritten signature in blue ink, reading "P. Krajewski", positioned below the printed name.



DEPARTMENT OF RADIOLOGICAL HYGIENE



Department of Radiological Hygiene

Department of Radiological Hygiene has been established in 1971 r. In 2023 there were 12 employees working for the Department:

Head of the Dept. – Małgorzata Kardaś PhD.

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

Implementation the method of C-14 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 , Pu-239+240, Pu-238, U-234,235,238 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, $^{239+240,238}\text{Pu}$, $^{234,235,238}\text{U}$ in urine samples via radiochemical method
- radioactivity concentration of $^{239+240,238}\text{Pu}$, $^{234,235,238}\text{U}$ in foodstuff samples via radiochemical method
- radioactivity concentration ^{90}Sr in foodstuff and fodder samples via radiochemical method,
- radioactivity concentration of $^{239+240,238}\text{Pu}$ in soil and sediment samples via radiochemical method
- radioactivity concentration of ^{226}Ra – new procedure
- total alfa radioactivity,
- total beta radioactivity.

Over 1900 gamma spectrometry and about 1200 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.

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

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 2023, 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 26, 2023. During the audit the auditors not found incompatibility and recorded one observations. The Laboratory analyzed the risk and took appropriate actions. 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 2023 in the national interlaboratory comparison organized by:

- PAA/IChTJ: determination of the activity concentrations of ^{241}Am (QPB 1) in samples

of drinking water and flour, ^3H (QPB 3) in drinking water, ^{239}Pu (QPB 4) in drinking water and sand, ^{226}Ra (QPB 9) in drinking water.

According to the Results Validity Monitoring plan for 2023 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.

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

According to a Program of audits for the year 2023 two internal audits were conducted in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis. Internal audit No. 1/2023 checking the technical area of management system and internal audit No. 2/2023 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 two balance, a glass and digital thermometer, mass standards and a thermohygrometer. 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 2023 in the Laboratory took place 8 internal trainings. The Laboratory staff also participated in 11 external trainings concerning e.g.: environmental

radiation monitoring and in 2 conference: IOR
and NUTECH.

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

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

The aim of this study was to determine the radioactive concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in daily meals consumed by residents of Warsaw (Mazowieckie voivodeship) and Lublin (Lubelskie voivodeship). Based on the obtained results, an assessment of annual intakes of ^{137}Cs and ^{90}Sr from food and estimation of the annual equivalent dose received by the residents of this cities were performed.

The study material consisted of meals taken in collective catering facilities, providing no fewer than three meals a day – breakfast, lunch, and dinner. To ensure the uniformity and representativeness of the meal samples obtained, their collection followed a previously prepared instruction. Over five consecutive days, two identical sets of daily meals were collected each day. Portions of all meals served on a given day (of the same size as typically served) were placed into specially prepared containers labeled with the date, place of collection, and sample number. The collected meals were stored in a refrigerator throughout the day and retrieved daily from the collective catering facilities.

For the measurement of the radioactive concentration of ^{137}Cs , a spectroscopic set consisting of a multi-channel gamma radiation spectrometer produced by Canberra with a GX3020-type HPGe semiconductor detector with a relative efficiency of 30%, was used. GENIE-2000 software was employed for the quantitative and qualitative determination of individual gamma-emitting radionuclides. Energy and efficiency calibration were performed using a standard source – a multi-isotope mixture ranging from 59 keV (^{241}Am) to 1836 keV (^{88}Y).

The radioactive concentration of ^{90}Sr was determined by measuring the radioactive concentration of ^{90}Y . The ash was dissolved in a 1:1 nitric acid solution, then ^{90}Sr was separated from the analyzed sample solution, and after establishing the radioactive equilibrium between ^{90}Sr and ^{90}Y , ^{90}Y was precipitated as yttrium

oxalates. The prepared measurement sample was subjected to beta activity measurements. Uncertainty in the determination of ^{90}Sr took into account uncertainties in measurement, calibration coefficient determination, reference standards used, weighing, and measurement of the radioactive concentration of ^{85}Sr (used for determining efficiency).

A low-level measurement set based on GM flow counters (Low Level Beta GM Multicounter System, Danish production) was used for measurements. The basic part of the apparatus consists of five individual GM counters for measuring sample activity. The counters are filled with a mixture of argon (99%) and isobutane (1%). The second part of the set is an electronics system for signal processing. A calibration coefficient was determined using a standard solution purchased from the National Center for Nuclear Research, POLATOM Isotope Center in Świerk. The total measurement time was 720 minutes.

The obtained results of the radioactive concentration of ^{137}Cs in food samples collected in Warsaw averaged $0,02 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, ranging from $0,01$ to $0,04 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. For Lublin, these values ranged from $0,06$ to $0,10 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, with an average value of $0,07 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

For food samples collected in Warsaw, the obtained values of the radioactive concentration of ^{90}Sr averaged $0,018 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, ranging from $0,015$ to $0,025 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. For samples from Lublin, these values ranged from $0,016$ to $0,030 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, with an average value of $0,021 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

The doses received by residents of Lublin and Warsaw were estimated based on the annual content of ^{137}Cs and ^{90}Sr in meals. Conversion coefficients were used for 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].

The total dose for Warsaw residents was $0,69 \mu\text{Sv}$. For Lublin residents, it was $1,22 \mu\text{Sv}$.

The variability of the obtained concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr in individual daily samples is caused by the presence of various food products in the daily diet and the different total masses of meals.

The doses received by residents of Warsaw and Lublin from ^{137}Cs and ^{90}Sr are less than 1,5% of the limit dose for the general population specified in the legislation and remain at the same level as in previous years.

Funding

The work was funded by the National Atomic Energy Agency – contract No. 309/2023/CEZAR dated October 31, 2023.

References

[1] Regulation of the Council of Ministers of January 18, 2005, on the limit doses of ionizing radiation. Official Journal No. 20, item 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. Kazimierowicz, M. Kardaś, K. Trzpił

Due to the Regulation of the Council of Ministers of December 17, 2002 on stations for the early detection of radioactive contamination and facilities carrying out measurements of radioactive contamination, Basic Units should participate in comparative measurements organized by the President of the National Atomic Energy Agency at least once a year.

In accordance with the three-year agreement No. 29/2022/CEZAR/67 of June 13, 2022 between the National Atomic Energy Agency and the Central Laboratory of Radiological Protection in Warsaw, in the years 2022-2024 CLOR is preparing reference material for determining the radioactive concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in samples of control material and evaluates the results sent by the institutions.

In 2022, the control material for the determination of ^{137}Cs were dried mushrooms and surface water for the determination of ^{90}Sr while in 2023, powdered milk for the determination of both isotopes in the ranges: ^{137}Cs from 5 to 15 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, and ^{90}Sr from 0.06 to 5 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

The initial concentrations of ^{137}Cs in powdered milk were determined. This concentration was $0.34 \pm 0.24 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

A solution of ^{137}Cs on activity of $10.60 \pm 0.18 \text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$ on August 18, 2022 was used to spike the milk powder samples. The method of the Institute of Nuclear Chemistry and Technology in Warsaw was used on the sample was prepared there. The correct mixing of the ^{137}Cs isotope were checked. Approximately 0.75 kg of the total homogeneous milk powder sample was weighed into HDPE containers. 24 milk samples were prepared. This sample weight is sufficient for each of the participating laboratories to perform

the ^{137}Cs determination according to their own methodology.

In accordance with the agreement, verification measurements were performed in three randomly taken samples (at least one sample out of 10 reference samples and at least two measurements for each sample). The average radioactive concentration of ^{137}Cs determined in the samples of spiked milk powder was $9.31 \pm 0.61 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. The gamma spectrometry method was used for measurements (Canberra spectrometer with HPGe detector and Genie 2000 software). A multi-isotope source (mix gamma) was used to calibrate the equipment. The samples were measured in a 500 cm^3 Marinelli geometry.

For the determination of ^{137}Cs using the spectrometric method, the Basic Units mainly used NaI(Tl) detectors with dimensions of 3x3 inches. The detectors worked with the Canberra, Tukan and TDSP-1 analyzers. The samples were mainly measured in the 1000 cm^3 geometry. The measuring equipment was calibrated with a multigamma mixture or ^{137}Cs solutions. For the determination of ^{137}Cs with the radiochemical method, counters cooperating with a probe with a thin plastic scintillator were used.

The Units performed 20 determinations of the radioactive concentration of ^{137}Cs using the spectrometric method. Results were in the range from $8.71 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ to $15.44 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Next 6 Units using the radiochemical method obtained the results in the range from $9.18 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ to $11.28 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. The highest results in each method were rejected.

The remaining results were analyzed. The differences in the determination values from the reference value range from -6.4% to +12.8% in the spectrometric method and from -1.4% to +2.5% in the radiochemical method. More than 50% of the results determined by

the spectrometric method differ by less than 5% in relation to the reference value, and 90% of the results by less than 10%.

The **z** and **zeta** parameters were determined, and the correctness and precision of the submitted results of radioactive concentration determinations in powdered milk samples were assessed. The **z** parameter allowed to assess the accuracy of the measurement result compared to the measurement results of all facilities participating in comparative measurements. For 95% analyzed results, the **z** value is below 2, which means that the results do not differ significantly from the reference value. Only for one result this value is in the range $2 < z < 3$, which means that the result it may or may not be questionable and cannot be rejected. For 100% of the results, the **zeta** value is below 2, which means that all components have been taken into account in the uncertainty budgets.

En value was assessed also. For all results, the En value did not exceed 1, which means satisfactory results. Correctness and precision were also assessed. The measurement result was accepted if it met both criteria. The evaluation showed that only one result did not meet this criterion.

After determining the initial concentration of ^{90}Sr ($0.27 \pm 0.03 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$), it was found that the determined concentration was within the range of the concentration required for ^{90}Sr specified in the contract (from 0.06 to $5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$) and it was decided that the samples would not be additionally spiked with ^{90}Sr . The milk powder sample was mixed, the homogeneity of the sample was checked and 4 samples of 900 g each were prepared in HDPE containers.

Radioactive concentrations of ^{90}Sr were determined in the collected samples of milk powder (at least one sample out of 10 reference samples and at least two measurements for each sample). Due to the small number of samples prepared for comparative measurements (three units volunteered), it was decided to determine ^{90}Sr in three samples prepared for the institutions. The radioactive concentration was

$0.26 \pm 0.03 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ on April 18, 2023, which confirmed the initial determination. A low-level beta multi counter system manufactured in Denmark (Low Level GM Beta Counter), based on GM flow counters, was used to determine ^{90}Sr . The counter allows you to measure 5 samples simultaneously. The background is approximately $0.16 \text{ imp}\cdot\text{min}^{-1}$. The calibration of the set was checked using a ^{90}Sr reference source manufactured by Polatom. Its repeatability was confirmed

The results of determining the concentration of ^{90}Sr in a sample of powdered milk were sent by 2 out of three Units to which the samples were sent. The results received were: $0.75 \pm 0.35 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $1.26 \pm 0.32 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. These values exceed the reference value many times. Results had been rejected. To determine activity of ^{90}Sr , units used the same equipment as used to radiochemical method of ^{137}Cs determination.

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, 2000

Monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in 2023-2025

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

In the frame of monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in year 2023, 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.



Fig. 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: 2,22 mBq l⁻¹, 2,80 mBq l⁻¹, 3,59 mBq l⁻¹. The average activity concentrations of ^{90}Sr were similar and ranged from

2,34 mBq l⁻¹ for Vistula river basin – 2,76 mBq l⁻¹ for Odra river basin.

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)}	2,22 ± 1,20 ^{b)} (14)	2,62 ± 0,65 ^{b)} (14)
Basin of the Odra (5)	2,80 ± 1,08 (10)	2,72 ± 0,78 (10)
Lakes (6)	3,59 ± 3,83 (12)	2,70 ± 2,10 (12)
Average overall (18)	2,84 ± 2,41 (36)	2,67 ± 1,30 (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 for lakes. The smallest differences in concentrations of these isotopes were observed in the bottom sediments for basin of the Vistula River.

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)}	2,53 ± 3,48(14) ^{b)}	16,30 ± 13,72 (14)
Basin of the Odra (5)	3,55 ± 6,71 (10)	27,26 ± 40,65 (10)
Lakes (6)	15,00 ± 29,40 (12)	82,32 ± 190,6 (12)
Average overall (18)	6,97 ± 16,88 (36)	41,35 ± 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 (2,53 Bq kg⁻¹), and the highest for lakes (15,00 Bq kg⁻¹).

The average activity concentrations of $^{239,240}\text{Pu}$ in bottom sediments from basins of the Vistula River,

Odra River and from Polish lakes was respectively: 16,30 mBq kg⁻¹, 27,26 mBq kg⁻¹ and 82,32 mBq kg⁻¹.

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

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, A. Matysiak, A. Fulara, B. Rubel, M. Kardaś, M. Kazimierowicz, N. Kaczyńska
K. Pachocki*

Research in the year 2023 includes determination of radioactive contaminations in the marine environment - southern Baltic Sea. 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.

Fish samples of cod, sprat, herring, and plaice (fish commonly consumed in Poland) were taken in February, from Gdansk and Bornholm Basins. Water samples (from surface and near bottom layers) and bottom sediment core samples came from six permanently selected sampling stations (Figure 1), taken in June 2023 during the cruise carried out by the IMWM- PIB.

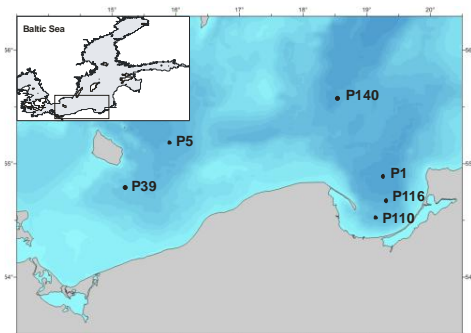


Fig. 1. Bottom sediment and water sampling points

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 beta radiation after establishing the radioactive equilibration of $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$. 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.

The determinations of above-mentioned radionuclides in the collected samples were carried out depending on type of sample.

In the first stage of work, determinations of ^{137}Cs , ^{40}K and ^{226}Ra in fish samples were performed. The determinations were carried out in the fish fillets, with exception of sprat which was analyzed whole fish without a head. In four fish species analysed each year, the highest average activity concentration of ^{137}Cs was found in cod – $2.6 \pm 0.2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$, and the lowest in herring – $1.9 \pm 0.2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$. The average ^{137}Cs concentration calculated for the four species in 2023 was $2.2 \pm 0.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$. 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 10 years are presented in Table 1.

Table 1. ^{137}Cs in the Baltic Sea fish in years 2014-2023

Rok	Sprat	Cod	Herring	Plaice
	$\text{Bq kg}^{-1}_{\text{św. m}}$			
2014	3.4 ± 0.3	4.9 ± 0.8	3.1 ± 0.5	3.5 ± 0.1
2015	3.1 ± 0.2	3.9 ± 0.5	3.0 ± 0.2	3.2 ± 0.8
2016	2.8 ± 0.2	4.5 ± 0.5	2.6 ± 0.7	3.3 ± 0.5
2017	2.7 ± 0.3	3.6 ± 0.5	2.6 ± 0.8	3.1 ± 0.4
2018	2.7 ± 0.3	3.8 ± 0.5	2.8 ± 0.3	3.0 ± 0.4
2019	2.4 ± 0.1	3.4 ± 0.4	2.2 ± 0.5	2.6 ± 0.3
2020	2.3 ± 0.1	3.4 ± 0.3	2.5 ± 0.4	2.8 ± 0.4
2021	2.2 ± 0.3	3.3 ± 0.3	2.4 ± 0.1	2.7 ± 0.4
2022	2.2 ± 0.2	2.8 ± 0.1	2.1 ± 0.2	2.7 ± 0.3
2023	1.9 ± 0.2	2.6 ± 0.2	1.9 ± 0.1	2.4 ± 0.3

The average 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 – $22 \pm 5 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$. The average activity concentrations of ^{40}K ranged from $92 \pm 6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ (plaice) to $133 \pm 7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ (herring) and as in the case of ^{226}Ra were stable during long-term research.

In sea water the average concentrations of ^{137}Cs in surface and nearbottom layers were $15.0 \pm 2.4 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ and $12.5 \pm 2.6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively. The ^{40}K activity concentration in surface waters varied in the range of $2.68 \div 3.16 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$. In the nearbottom waters, concentrations of ^{40}K were higher and increased with salinity, covering the range of $3.30 \div 5.56 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$. The average ^{226}Ra activity concentrations in surface and nearbottom waters were 2.6 ± 0.4 and $3.8 \pm 1.0 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively. Determinations of ^3H were carried out in pooled samples of surface and nearbottom waters. Activity concentrations of ^3H were $3.5 \pm 0.5 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ and $1.4 \pm 0.2 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively. Concentrations of ^3H in the southern Baltic Sea water were consistent with concentrations characteristic for the entire Baltic Sea area [2].

In bottom sediment samples determinations of ^{137}Cs , ^{40}K , ^{238}Pu and $^{239,240}\text{Pu}$ were performed in stratified core samples. Strontium-90 was determined in the pooled samples for each sampling locations. The highest concentrations of ^{137}Cs , were observed in upper layers and as in previous years, there were differences in its concentration due to location [3]. In Gdansk Basin ^{137}Cs concentrations were in range $164 \div 174 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$, while in Bornholm Basin (P 5, P 39) they were $47.4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ and $53.3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$. In all locations, concentrations of ^{137}Cs decrease along the sediment profiles (Figure 3).

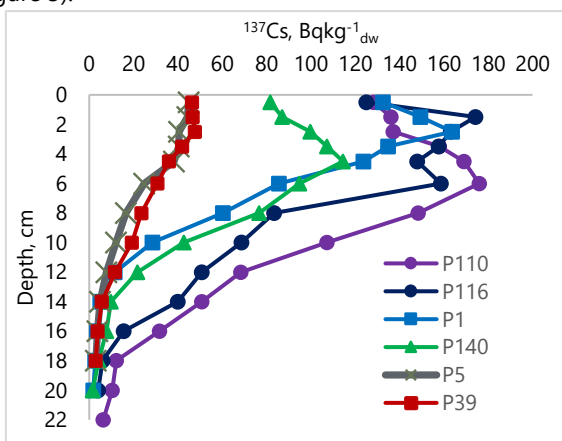


Fig. 2. Concentrations of ^{137}Cs in bottom sediments, 2023

In 2023 determinations of plutonium isotopes were carried out in samples from Gulf of Gdansk (P110) and Gdansk Deep (P1). In P 110 sediment profile, maximum activity concentration of $^{239+240}\text{Pu}$ – $5.3 \pm 0.2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ was observed in the 11-13 cm layer and then it decreased successively (Figure 3). At P 1 the highest concentration - $3.1 \pm 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ observed in 4-5 cm layer decreased to $0.04 \pm 0.01 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ in the lowest one. Activity concentrations of ^{238}Pu in P 110 and in P 1 were in the range ($<0.002 \div 0.127$) $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$. The activity ratio of $^{238}\text{Pu} / ^{239+240}\text{Pu}$ in both locations was in range of $0.02 \div 0.06$, being like that, determined for the fallout from nuclear weapons tests.

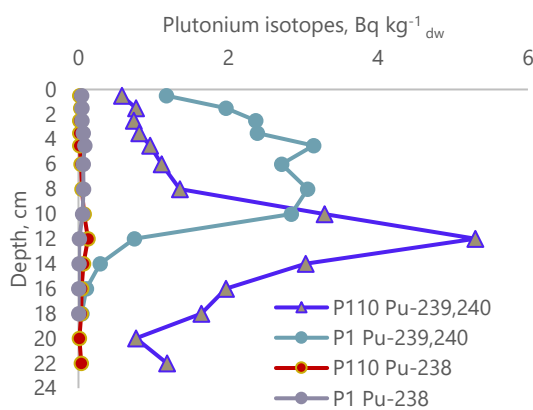


Fig. 3. Concentrations of plutonium isotopes in bottom sediments, 2023

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 $2.9 \div 4.2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ comparable to those determined in the years 2017-2022.

References:

- 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
- 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
- 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.

Implementation of the method for determining ^{14}C in biofuels

J.Lemańska, A. Fulara

Carbon ^{14}C is evenly distributed in the atmosphere and is absorbed by plants in the form of carbon dioxide during photosynthesis. Subsequently, radiocarbon enters the organic carbon cycle in nature. As long as an organism is alive, there is a continuous exchange of matter with the surroundings, maintaining similar proportions of radioactive carbon to stable carbon in organic matter as found in the atmosphere. The European Commission (2000/473/Euratom) recommends determining the content of carbon ^{14}C in samples of daily diet to assess population exposure. Additionally, many countries operate monitoring networks around nuclear facilities, where analyses of ^{14}C content in water and other environmental components are performed. Currently, in Poland, there is no implementation of ^{14}C measurements for national monitoring purposes.

The objective of this study was to introduce the method for determining carbon ^{14}C in biofuels. As part of this task:

- The missing pieces of equipment for the research were purchased.
- Preliminary sample preparation included the necessary sample preparation procedures prior to analysis.
- Determination of the extinguishing curve.
- Calibration of the measuring system.

The results of the work carried out were presented during the Reporting Seminar, which took

place in 10 May 2024. Assumptions for accrediting the research method have been prepared.

Funding

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

Literature

[1]https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/TRS421_web.pdf

[2] R. Krištof, J. Kožar Logar Direct LSC method for measurements of biofuels in fuel Talanta, 111 (2013), pp. 183-188

[3] Krištof, Romana & Kožar Logar, Jasmina. (2017). Liquid Scintillation Spectrometry as a Tool of Biofuel Quantification. 10.5772/65549.

[4] Krištof, Romana & Kožar Logar, Jasmina. (2015). The ^{14}C direct method counting protocol optimization for quenched samples.

[5] Chipanovska, Natasha & Krištof, Romana & Gerjol, Polona & Logar, Jasmina. (2022). Method validation for determination of ^{14}C with the use of CO_2 absorption method. Journal of Environmental Radioactivity. 251-252. 106985. 10.1016/j.jenvrad.2022.106985.

DOSIMETRY DEPARTMENT



Information of the activities of the Dosimetry Department in 2023

K. Isajenko
Dosimetry Department

In 2023 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

As part of the statutory activity (financed by the Ministry of Science and Higher Education), the Department of Dosimetry in 2023 implemented the following issue:

Analysis and Evaluation of the Radioactivity of Raw and Building Materials Used in Poland in years 1980-2023 – topic manager: Barbara Piotrowska

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 2023 – 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

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 2022-2024.

TASK 3: Monitoring of ^{137}Cs concentration in soil – topic manager: Krzysztof Isajenko/Olga Stawarz (end of the first and second part of work)

Also after winning the auction in 2023, 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 2023 was Krzysztof Isajenko.

In 2023, we also carried out work financed from our own funds (due to the lack of financing from other sources):

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

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

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

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: "Impact of legislative change on the classification of raw materials and building materials in terms of natural radioactivity" - Koleta Kurek, Krzysztof Isajenko, Barbara Piotrowska, Aneta Łukaszek-Chmielewska, Paweł Lipiński – Zeszyty naukowe SGSP (*SGSP scientific notebooks*), vol. 1/2023, No. 88; December 2023; ISSN 2720-0779; pages 211-231, DOI: [10.5604/01.3001.0054.1459](https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.1459)

The article entitled: "Stacje ASS-500 jako główny element sieci monitoringu radiologicznego powietrza w Polsce (*ASS-500 stations as the main element of the air radiological monitoring network in Poland*)" - Krzysztof Isajenko, Barbara Piotrowska, Olga Stawarz, Koleta Kurek – Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna (*Nuclear Safety and Radiation Protection*), vol. 130, No. 4/2023; December 2023; e-ISSN 2353-9062; ISSN 0867-4752; str.: 49-56, No DOI, link to online publication:

<https://www.gov.pl/attachment/2eed2916-890a-4113-b095-b13b765224c1>.

The article entitled: "Assessment of the Radiation Situation and the Presence of Heavy Metals in the Soil in the Poleski National Park" - Karol Wojtkowski, Małgorzata Wojtkowska, Małgorzata Długosz-Lisiecka, Agata Walczak – Applied Sciences, vol. 13(21), pos. 11699; October 2023; ISSN: 2076-3417; DOI: [10.3390/app122211401](https://doi.org/10.3390/app122211401)

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 2023.

Radiological expertise of employee exposure at work in radar stations on the premises of Polska Grupa Zbrojeniowa, Wojskowe Zakłady Elektroniczne S.A. in Zielonka – Barbara Piotrowska, Krzysztof Isajenko; July 2023.

The report entitled: "Coal Combustion Products (CCP) – Studies of natural radioactivity" - Barbara Piotrowska, Olga Stawarz, Krzysztof Isajenko, Paweł Lipiński – report for the Institute of Applied Research (CIMA) of the Warsaw University of Technology, Warszawa, CLOR, April 2023.

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 - 2024.

In 2023, three students completed internships at the CLOR Dosimetry Department:

Student of the University of Gdańsk – the internship supervisor was Barbara Piotrowska,

Student of the Gdańsk University of Technology (doctoral studies) - the internship supervisor was Barbara Piotrowska,

Student of the Warsaw University of Technology - the internship supervisor was Karol Wojtkowski.

Barbara Piotrowska conducted training for six employees of the Central Center for Contamination Analysis (COAS) - the topic of the training was gamma-ray spectrometry and the operation of measurement equipment used at COAS.

Krzysztof Isajenko and Karol Wojtkowski conducted classes (lectures and laboratories) at all courses for Radiation Protection Inspectors conducted at CLOR.

Krzysztof Isajenko, at the invitation of the chairman of the Conference Organizing Committee, participated in the XXVII PTBR Autumn School entitled "Radiation safety - ionizing and non-ionizing radiation", which took place on October 15-20, 2023 in Zakopane - he delivered a paper:

"Reminder of basic knowledge about ionizing radiation, its sources and types, and interaction with matter".

In 2023, the Dosimetry Department received summaries of two intercalibrations (interlaboratory comparisons) in which we participated in previous years:

REM 2020 PT on Naturally Occurring Radionuclides in Building Materials (Intercalibration regarding naturally occurring radionuclides in building materials) - reference material was: cement (powder), expanded clay (in the form of a block and in the form of a powder) - OK results except for lead-210 - summary we received in March 2023,

IAEA-RER7014-TC-TEL-2020-05 Proficiency Test on determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, sediment and simulated aerosol filter samples – the reference material was: water, bottom sediments and a simulated sample of aerosols on the filter - results OK except lead-210 – results sent in 2023.

In both intercalibrations, we started as two laboratories: the Dosimetry Department with measurements using spectrometric equipment with HPGe detectors and the Natural Radioactivity Measurements Laboratory with measurements using a three-channel MAZAR analyzer for natural radioactivity measurements.

The plans of the Dosimetry Department for 2024 include the following activities and works:

Implementation of a new on-line system for the ASS-500 station - the investment subsidy from the Ministry of Culture and Environment for 2024 was not submitted;

Purchase of a drone - the investment subsidy from the Ministry of Culture and Environment for 2024 was not submitted;

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) – we are to receive the sources by the end of the first quarter of 2024;

Hiring a new employee to work in the Plant – a technician, primarily for sample collection trips;

Participation in international intercalibrations.

Organizing intercalibration for laboratories measuring natural radioactivity of building materials in Poland;

Commencement of renovations of rooms in the Plant (recommendations after the occupational health and safety inspection).

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 2023 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 2023 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.

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):

- not registered gamma radioactive isotopes concentration below $0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- content of tritium was recorded in all samples of water above low level detectable. Maximum concentration of tritium equal $2.1 \pm 0.3 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$ was registered in Z-1 sample.
- maximum content of cesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) was registered in spring water from point Z-3: $9.27 \pm 0.97 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$;
- activity concentration of strontium ^{90}Sr in bulk sample (Z-1 + Z-2 + Z-3) was registered in spring water above low level detectable and equal $1.13 \pm 0.18 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$.

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: $89.8 \pm 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$
- the largest total radioactivity beta ray $0.43 \pm 0.17 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$ (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. Average value of concentration of ^{137}Cs radioactivity was equal from $2.34 \pm 0.43 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (in D-5 point) to $23.35 \pm 0.08 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (in D-1 point).

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 $71.2 \pm 8.3 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point D-5 to $95.7 \pm 11.3 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point D-4.

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 radioactive isotopes gamma artificial content $> 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

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 WS-2. This value equal $3.2 \pm 0.2 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-3}$.

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 $6.48 \pm 0.11 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-3}$.

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 (above $0.7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$);

- maximum activity of cesium (^{137}Cs): $7.43 \pm 0.15 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (point MD-03);

- minimum activity of cesium (^{137}Cs): $0.71 \pm 0.03 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (point MD-04).

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 $6.44 \pm 0.45 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (sample MD-02). Isotopes natural origin – in all samples concentration of activity ^{40}K was below $20 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ and lead ^{210}Pb – in two samples;

Concentration of activity ^{40}K in sample of grass was in ranges: $336 \pm 10 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in sample MD-05 to $557 \pm 14 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in sample MD-04. The value activity of lead ^{210}Pb was contest: below $6.2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in sample MD-04 to $38.6 \pm 7.8 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ in sample MD-01.

Exposition dose rate in around Institute in Świerk is in range from $65.2 \pm 0.2 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point MD-03 to the value $90.8 \pm 0.5 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ point MD-01.

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 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 wasn't registered.

In the measurement of noble gases taken from the area of the Center Świerk was identified one isotope ^{85}Kr krypton, value radiation level well above the lower limit of detection. Concentration of krypton ^{85}Kr amounted $1,91 \pm 0,01 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

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 1980-2023

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, pos. 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 2023 the Laboratory for Measurements Natural Radioactivity completed studies and developed opinions on application of building and raw materials for the 54 samples were from different regions of the country. They were e.g. mixture ash-slag (29 samples), furnace waste (7 samples), sand (2 samples), slag (3 samples) and another 11 samples.

From 1980 to the end of 2023 to a Polish national database of raw and building materials has been entered for 53751 samples. In the same year entered to the database results for 1000 samples, including:

the results of raw materials of natural origin: 155

the results of the building materials industrial origin: 600

the results of building materials: 245.

By analyzing the average values of the index I of the entire database is specified for housing

construction and public service in the years 1980-2023 it should be stated that:

- in 2023 recorded a high index I for ash (1.15); little smaller value index I for ashes in compared to 2022 y;
- average value index I for slag equal 0.94 higher than in 2021 y and 2022 y;
- average value index I for ceramics equal 0.60; a little smaller than in 2022 y;
- exceeding average value index I equal one for 29.2% samples natural aggregate and 40% samples slate;
- from raw materials of industrial origin exceeding average value index I equal one registered for 92.2% samples fly ash, 61.3% ash. Additionally, exceeding average value index I equal one were for slag (31%), mixture ash-slag (13.2%), slag sand (16.7%) and slag aggregate (32.7%);
- from the ended building materials produced in 2023 year all building ceramics have been authorized for use for trading in the area of Poland.

Financing

Work co-financed by Ministry of Education and Science.

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 2023

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

The Laboratory of Natural Radioactivity Measurements is accredited by the Polish Centre for Accreditation (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 December 17, 2020, Journal of Laws of 2021, item 33) in raw and building materials, waste, soil, ground, rocks, sediments, fertilizers and road salt. In 2023 the Laboratory made measurements of the following samples: ash-slag mixture, slag, combustion waste, fly ash, natural aggregate, ceramic tiles and blocks.

The following tasks were performed within this subject: 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. Also daily monitoring of temperature and relative humidity in the laboratory was carried out. Thermohygrometer with two probes was calibrated in external accredited laboratory. Due to overestimated values of thorium concentration, the PI-MAZAR analyzer was serviced. After the repair, the analyzer was recalibrated in Laboratory of Natural Radioactivity Measurements. For the MAZAR-95 analyzer measurement ranges were verified, calibration and tests of repeatability and

reproducibility were carried out. The temperature indications in the dryer were also checked by thermohygrometer with special probe.

The improvement included, among others, extending the accreditation scope to include new types of research subjects. From August 2023 the Laboratory can measure soil, ground, rocks, sediments, road salt, fertilizers and waste with the codes: 10 06 01, 01 03 09, 17 01 01, 17 01 02, 17 01 03, 17 01 07, 17 05 08, 17 08 02. Therefore documents and forms were updated, risks and opportunities were analysed and trainings were done. Moreover the PI-MAZAR analyzer was implemented into laboratory activities through checking, comparative measurements and updating documentation. In addition, a management review, two internal audits and training were carried out.

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 20, 2023. One observation was noted. The Laboratory staff carried out appropriate actions. The auditors positively assessed the activities of the Laboratory. Due to the extension and update of the scope of accreditation, the PCA issued a new scope of accreditation.

As part of improving their qualifications, laboratory employees took part in external training (on-line forum) entitled: "Proficiency testing and their role in everyday laboratory work."

The Laboratory of Natural Radioactivity Measurements maintained the accreditation, acquired new customers and is constantly developing. The number of tested samples was at the similar level as in previous years. Extension of the

scope of accreditation to include new types of tested samples can be considered the greatest success.

The subject was financed from own funds.

Noble gases monitoring in Warsaw and Świerk in 2015-2023

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

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. He 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 2023, 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 September and October 2023. However, for fully reliable determination of krypton ^{85}Kr 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 ^{85}Kr . The mean concentration was 1,55 Bq/m³, with an average detection threshold of 0.01 Bq/m³. According to the information we received from the Germans, 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 2015-2023 are presented below in the form of charts.

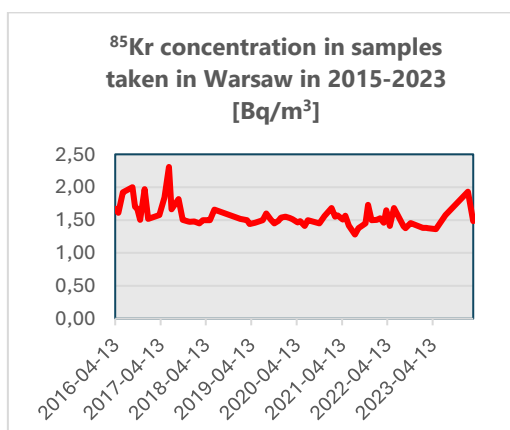


Fig 1. ^{85}Kr concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2023.

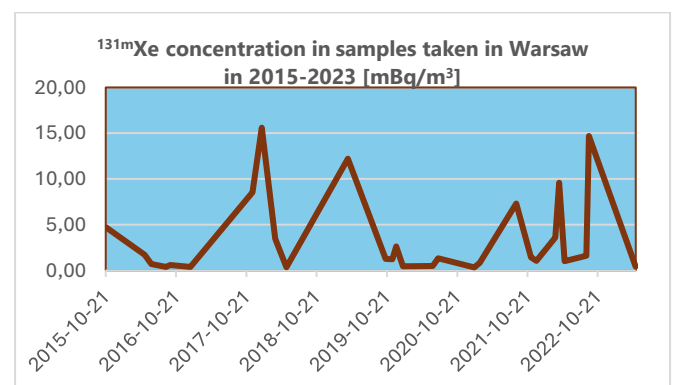


Fig 2. $^{131\text{m}}\text{Xe}$ concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2023.

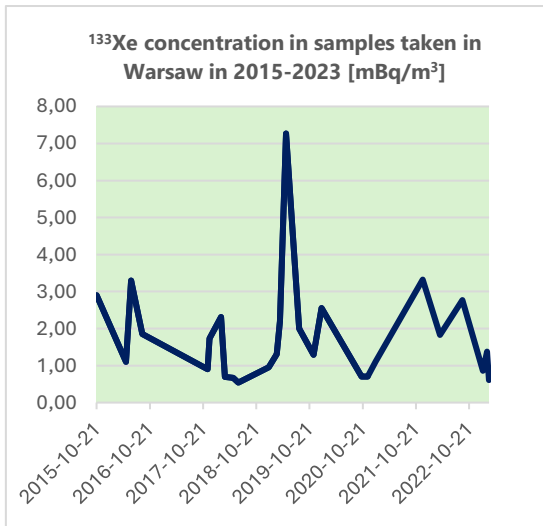


Fig 3. ^{133}Xe concentration in samples taken in Warsaw in 2015-2023.

Monitoring of ionizing radiation implemented within the framework of the State Environmental Monitoring in 2022-2024. TASK 3: Monitoring of ^{137}Cs concentration in soil (stage 1 and 2).

Dosimetry Department: O. Stawarz, K. Isajenko, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, M. Kozdój, Radiation Hygiene Department: M. Kardaś

Research on radioactive contamination of soil has been carried out as part of the State Environmental Monitoring in Poland since 1988. Soil samples are taken every two years in a network of meteorological stations and posts belonging to the Institute of Meteorology and Water Management - National Research Institute (IMWM - NRI). In our country the need for monitoring of ionizing radiation in the environment is specified in the legal regulations: Article 35 of the Euratom Treaty, the Atomic Law Act, the Act on the Environmental Protection Inspection and the Regulation of the Council of Ministers on stations for the early detection of radioactive contamination and facilities carrying out measurements of radioactive contamination.

In this study the soil sampling points (144 points) were located in seven voivodeships of Poland, in which the highest average values of ^{137}Cs deposition and concentrations of natural radio-nuclides were obtained in previous measurements (sampling in 2020). The number of samples collected by voivodeship was as follows: Dolnośląskie - 27, Opolskie - 10, Małopolskie - 43, Mazowieckie - 20, Lubelskie - 15, Śląskie - 22 and Świętokrzyskie - 12. 149 samples were taken in total: 144 samples from a 10 cm thick soil layer and 5 samples from a 25 cm thick layer. Soil sampling locations in autumn 2022 are shown on the map in Figure 1.



Fig. 1. Location of soil sampling points in Poland in autumn 2022.

In the first stage of this work, lasting until January 16, 2023, 149 soil samples (in 144 points) were collected and then transported to the Central Laboratory for Radiological Protection (CLRP) by IMWM - NRI employees, samples collection was coordinated and the report from this stage of work was prepared. The report contained description of sampling (sampling methodology, dates of sample collection, method of transport and storage of samples) and the location of soil sampling points with any changes.

To collect samples, a standard soil sampling method was used, i.e. 7 portions of soil were taken at each point, including 6 from the circumference and 1 from the center of a circle with a radius of 1 m. Sampling was done using a steel die (cylinder with a diameter of 6.9 cm) with a sharpened tip. Samples were poured into a double bag, described and then transported to the CLRP's Dosimetry Department.

In the second stage of this work, ending on October 16, 2023, all soil samples were prepared for measurements, spectrometric measurements of these samples were performed, a register of

measurement results was kept in the form of an MS Excel sheet and the report on the second stage of the work was prepared. This report contained a description of the methodology for spectrometric determination of cesium ^{137}Cs , radium ^{226}Ra , actinium ^{228}Ac and potassium ^{40}K concentrations, description of the quality assurance of the results and measurement results.

The soil samples were prepared for measurement in accordance with the standard methodology. After preliminary grinding, the samples were dried in a dryer at 105 °C for a minimum of 24 hours, cooled and weighed to determine the total mass. Then they were poured through a 2 mm certified sieve into the Marinelli beakers with a volume of 0.5 dm³ and weighed. The last step was to close and label the beakers.

The samples prepared in this way were measured using high-resolution gamma spectrometry to determine the concentration of cesium ^{137}Cs and natural radionuclides: radium ^{226}Ra , actinium ^{228}Ac and potassium ^{40}K in [Bq·kg⁻¹].

The measurements were performed on a spectrometric track using an HPGe semiconductor detector with an efficiency of 40% and a 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 performed using a multigamma volume source with a density corresponding to the average density of the samples, i.e. 1,1 g·cm⁻³ or 1,5 g·cm⁻³ (producer: National Center for Nuclear Research – Radioisotope Center POLATOM). After analyzing the spectra, the results of measurements of ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{228}Ac and ^{40}K concentration were prepared. Based on the knowledge of the cesium concentration in Bq·kg⁻¹, the values of the surface concentration (deposition) of this radionuclide in kBq·m⁻² were also calculated, using the formula:

$$Dep \left[\frac{\text{kBq}}{\text{m}^2} \right] = \frac{S \left[\frac{\text{Bq}}{\text{kg}} \right]}{1000} \times \frac{M [\text{kg}]}{7 \times P [\text{m}^2]} = \frac{S \times M}{1750 \times \pi \times D^2} \left[\frac{\text{kBq}}{\text{m}^2} \right]$$

where:

- S [Bq·kg⁻¹] – concentration of cesium ^{137}Cs ,
- M [kg] - total mass of the taken sample,
- P = (π·D²)·4⁻¹ [m²] - surface area from which soil is

collected using a die with diameter D.

Values of cesium ^{137}Cs deposition in soil samples taken in autumn 2022 from the (0-10) cm layer from the area of seven voivodeships are within the range from 0.20 kBq·m⁻² to 16.63 kBq·m⁻².

The deposition of ^{137}Cs for soil samples taken from the (0-25) cm layer was 1.5 - 2.6 times higher than for samples taken at the same points from the (0-10) cm layer.

For the tested soil samples taken from the (0-10) cm layer, radium ^{226}Ra concentrations from 6.4 Bq·kg⁻¹ to 154.7 Bq·kg⁻¹ were obtained. Actinium ^{228}Ac concentrations ranged from 6.0 Bq·kg⁻¹ to 129.2 Bq·kg⁻¹. However, the range of potassium ^{40}K concentrations in the soil was from 138 Bq·kg⁻¹ to 1046 Bq·kg⁻¹.

In the third stage of work, ending on March 15, 2024, an analysis of the obtained results will be carried out, along with the calculation of average values of cesium deposition and concentrations of natural radionuclides in the soil for all sampling points and for individual voivodeships. Based on all three stages of work, a final report will be prepared. It will contain detailed analyzes of the results, tables, charts, histograms and maps.

The subject was financed by the National Fund for Environmental Protection and Water Management under contract No. GIOŚ/ZP/304/2022/DMŚ/ NFOŚ of November 8, 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 2023)

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 ^{40}K , lead ^{210}Pb , radium ^{226}Ra and actinium ^{228}Ac and from all artificial isotopes, whose concentrations were set at levels above the LLD (cesium ^{137}Cs and iodine ^{131}I 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]

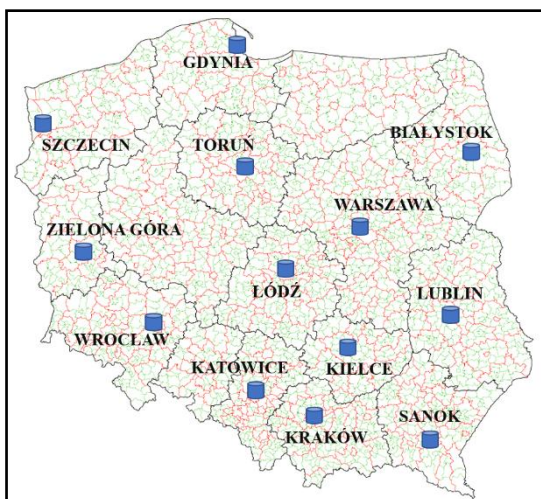
Age group	≤ 1 year	1-2 years	2-7 years	7-12 years	12-17 years	> 17 years
Speed of breathing [m ³ /day]	5,2	6,5	12,2	17,2	21,4	22,2

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	$8,8 \cdot 10^{-9}$	$5,4 \cdot 10^{-9}$	$3,6 \cdot 10^{-9}$	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$4,4 \cdot 10^{-9}$	$4,6 \cdot 10^{-9}$
^{131}I	8,04 days	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$7,2 \cdot 10^{-8}$	$3,7 \cdot 10^{-8}$	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$7,4 \cdot 10^{-9}$
^7Be	53,3 days	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$2,1 \cdot 10^{-10}$	$1,2 \cdot 10^{-10}$	$8,3 \cdot 10^{-11}$	$6,2 \cdot 10^{-11}$	$5,0 \cdot 10^{-11}$
^{40}K	$1,28 \cdot 10^9$ years	$2,4 \cdot 10^{-8}$	$1,7 \cdot 10^{-8}$	$7,5 \cdot 10^{-9}$	$4,5 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$
^{210}Pb	22,3 years	$4,7 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$	$1,5 \cdot 10^{-6}$	$1,4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-7}$
^{226}Ra	$1,60 \cdot 10^3$ years	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$4,9 \cdot 10^{-6}$	$4,5 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-6}$
^{228}Ac	6,13 hours	$1,8 \cdot 10^{-7}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	$9,7 \cdot 10^{-8}$	$5,7 \cdot 10^{-8}$	$2,9 \cdot 10^{-8}$	$2,5 \cdot 10^{-8}$

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:



Pic. 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), in accordance with the order of the President of the National Atomic Energy Agency, until the end of March 2023, stations in Białystok, Lublin, Sanok and Kraków operated in the alarm system - filters in these stations were replaced twice a week.

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 2023

Radio-nuclide	Air concentration, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ Average value (range)	Number of values	Place and period of occurrence maximum concentration
^{137}Cs	$0,42 \pm 0,02$ ($<0,06 \div 7,92$)	670	Lublin, 15.05 – 22.05
^{131}I	$0,59 \pm 0,01$ ($<0,07 \div <3,41$)	670	Wrocław, 29.05 – 05.06
^7Be	2627 ± 52 ($484 \div 8074$)	670	Lublin, 08.05 – 15.05
^{40}K	$10,4 \pm 0,2$ ($<1,9 \div <49,0$)	670	Wrocław, 29.05 – 05.06
^{210}Pb	345 ± 8 ($64 \div 1624$)	670	Lublin, 25.09 – 02.10
^{226}Ra	$5,9 \pm 0,1$ ($<1,4 \div <37,4$)	670	Kielce, 14.08 – 21.08
^{228}Ac	$1,08 \pm 0,03$ ($<0,16 \div <9,73$)	670	Wrocław, 29.05 – 05.06

Effective doses received by inhalation varied in the range of $2,076 \mu\text{Sv}$ per year for children aged 2-7 residing in Łódź to the value of $6,114 \mu\text{Sv}$ 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 or natural gamma radiation background.

Financing

The work was financed by the National Atomic Energy Agency under contract No. 139/2022/CEZAR/357 of 30 December 2022.

*DEPARTMENT OF INDIVIDUAL MONITORING
AND CALIBRATION*



Department of Individual Monitoring and Calibration

The Department Individual Monitoring and Calibration consists of two laboratories: The Laboratory of Individual and Environmental Monitoring (PDIŚ) and Laboratory for Calibration Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR), in which 12 people are employed. The main tasks of the Department are to carry out research and development work 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.

Within the framework of scientific development, the staff of the department successfully carry out research within the framework of their doctoral theses. Thanks to the constant cooperation of the department with academic centres, the department conducts laboratory courses for students in the field of dosimetry and metrology of ionising radiation. As a result of this collaboration, engineering and master theses are produced. All research carried out in the department is published in scientific journals. Scientific articles published by members of the department can be found in journals such as Radiation Protection Dosimetry, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Nukleonika, Central European Journal of Physics or Physica Scripta. The results of the research work are also presented at conferences, mainly at international level.

The Department is constantly developing its research potential through the development of research infrastructure and the establishment of scientific collaborations at national and international level. At the national level, in addition to the above-

mentioned cooperation with academic centres, the staff of the Department actively participates in the activities of associations and scientific platforms. The most important activity in this area is the cooperation within the Polish Radon Centre. In addition, employees of the Department are technical experts of the Polish Centre for Accreditation, the Polish Committee for Standardisation and members of the team of the National Action Plan on Radon Exposure of the Chief Sanitary Inspectorate.

Within the framework of international cooperation, the main organisations in which the staff of the Department participate are:

the EURADOS group (European Radiation Dosimetry Group), which focuses on scientific activities and exchange of experience in the field of ionising radiation dosimetry, gamma spectrometry and research problems in the field of exposure of various occupational groups to ionising radiation.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), more precisely, activities within one of the agencies of this organisation - the Nuclear Energy Agency.

IPNDV (International Partnership for Nuclear Disarmament Verification).

EMN (European Metrology Network),

Within the framework of international and national research cooperation, the Department is involved in:

traceRadon (<http://traceradon-empir.eu/>)

EU-RADION (<https://eu-radion.eu/>)

CHIMERA (<https://project-chimera.eu/>)

Government Programme for the Improvement of Safety and Working Conditions - Stage VI "Analysis of the effectiveness of available measures to reduce radon concentration and identification of specific worker protection measures", CIOP-PIB is the programme coordinator.

Organisationally, two laboratories have been separated within the Department. The first one - Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR), with the status of a calibration laboratory within the framework of PCA accreditation requirements, and the second one, functioning as a research laboratory - Laboratory for Individual and Environmental Monitoring (PDIŚ). All calibration methods used in LWPDiR are accredited by the Polish

Centre for Accreditation and meet the requirements of the international standard ISO / IEC 17025. The research infrastructure of the laboratory is divided into six measurement stands: Gamma Stand, X-Ray Stand, Neutron Stand, Radon Stand, Beta Stand and Radioactive Contamination Stand. The research equipment allows exposure to be carried out with an uncertainty of 4%. The laboratory carries out about 1300 calibrations of dosimetric instruments per year, mainly using gamma radiation, X-radiation and surface contamination sources. An important activity of the Laboratory is the use of a radon chamber in connection with the implementation of European requirements concerning the limits of radon concentration in dwellings and workplaces. In addition, the equipment of the radon chamber deserves special attention, including the RPPSS (Radon Progeny Particle Size Spectrometr) system - the only device of this type in Europe and one of the two in the world, which enables the study of the diameter distribution of radon daughters.

Within PDIŚ 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 PDIŚ are accredited by PCA.

The Department of Individual Monitoring and Calibration carries out a wide range of activities related to CLOR's statutory tasks. The research carried out in the Department has a significant impact on the current and future state of radiation protection and nuclear safety in Poland. It is also an excellent place for training new staff specialising in dosimetry and ionising radiation metrology.

The experience and knowledge gained by the Department's staff through research and national and international cooperation is of inestimable value in the context of the planned construction of the first nuclear power plant in Poland, radon measurements in the environment, and also in the context of the continuous development of the use of ionising radiation sources in medicine, science and industry.

Quality Management System in Z-III in 2023

A. Milewska

In 2023, we started work related to merging the quality management systems that were in force in PDIŚ and LWPDiR.

The decision to combine the general part of both systems was intended to "refresh" and reducing the amount of documentation, transferring most of the documentation to an electronic version, standardizing identification markings and graphic design. Integrating both systems has enabled joint assessment in surveillance, which should also reduce associated fees. The general part is common to the entire plant and consists of:

- Management System Guide
- General procedures
- Technical procedures

At the same time, each laboratory has separate:

- Procedures and Research Instructions (PDIŚ)
- Calibration Procedures and Instructions (LWPDiR).

PDIŚ has a Research Laboratory Accreditation Certificate No. AB450 confirmed by the Polish Center for Accreditation. However, LWPDiR has the AP057 Calibration Laboratory Accreditation Certificate. Both laboratories perform tests or calibrations accordingly using the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard. Detailed information on the scope of accreditation no. AB450 and AP057 is available at www.pca.gov.pl.

They were carried out in June 2023 3 internal audits. The reports received confirmed the compliance of laboratory activities with the standard requirements and accreditation documents.

An annual management review took place in July 2023, during which all requirements included in the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard and current matters were discussed. The review discussed the goals and objectives established in the previous management review. The task of modifying the Customer Satisfaction Survey, integrating quality management systems in PDIŚ and LWPDiR and transferring LWPDiR forms to an electronic version, as well as reviewing PDIŚ customer contracts was fully completed. The task related to the purchase and replacement of the X-ray device used for calibration of dosimetric devices is in progress. Tasks related to the expansion of the station for measuring radon in the air and radon in water, the digital signature in PDIŚ and the modernization of the air conditioning system in the gamma and X-ray rooms have been postponed to the next period.

During the management review, the results of the Customer Satisfaction Survey were presented. In all tested areas, the ratings are VERY GOOD and GOOD.

In September 2023, a combined assessment in the supervision process was conducted for AB450 and AP057. According to the assessment report received from PCA, both Laboratories meet the accreditation requirements specified in the PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 standard and specific accreditation requirements regarding their accreditation.

The report noted 3 observations for which the level of risk was assessed and the documentation was modified.

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 01/06/2023 to 31/11/2024 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.

Calibration dosimeters for radiation protection purpose in 2023.

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 2023 Laboratory received 1372 contracts for calibration of more than 100 types of instruments:

- 1057 calibration certificates for gamma dose rate,
- 602 calibration certificates for surface contamination monitors,
- 318 calibration certificates for X-ray dose rate,
- 6 calibration certificates in radon calibration stand,
- 31 calibration certificates in neutron calibration stand,
- 2 calibration certificate in for beta calibration stand,
- 20 unserviceable protocols.

The number of calibrations carried out on the calibration stands is shown in the diagram in Figure 1.

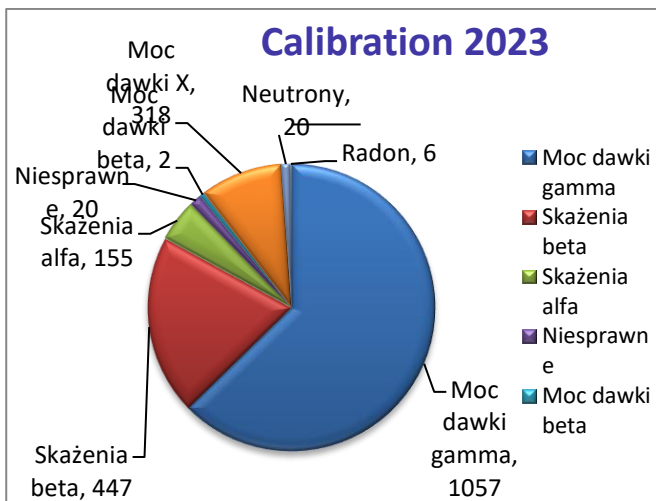


Fig. 1. Calibrations made in 2023

In 2023, 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.

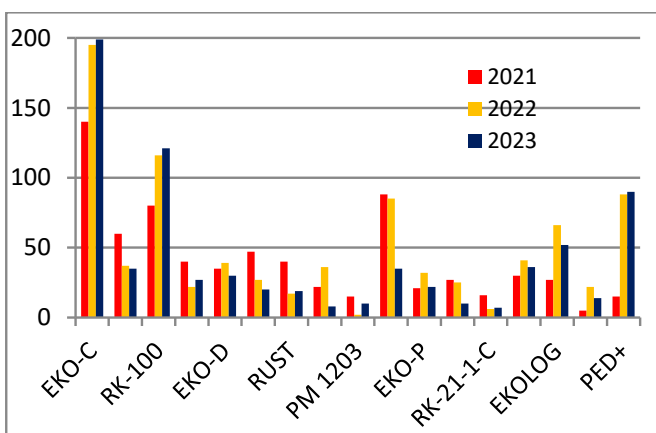


Fig. 2. Most often calibrated of dosimeters in LWPDiR (2021 ÷ 2023) yr.

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 [WJ/m³]

Main scope of activity

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 (ces-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 - stront-90, węgiel-14, chlor-36
- 18.03 Radon measurements.
- radon concentration in air,

- equivalent equilibrium radon concentration EEC.

The quality control of measurements in 2023 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.



Fig. 1. Reference instrument in LWPDiR

As part of the supervision process of the Polish Center for Accreditation over the laboratory, on 08 - 12 September 2023, 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.

Temperature drift during environmental radiation monitoring and its unfolding

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 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ and invariably HPGe semiconductor detectors.

The aim of the presented work was to investigate temperature drift and its distribution in environmental monitoring using a probe equipped with a $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ detector. It is known that temperature can affect energy, shape and performance calibration. As a result, when the ambient temperature changes, the peak of full energy absorption in the obtained spectrum shifts. The research consists of an experimental and analytical part. During climatic tests in the climatic chamber, calibration of the temperature dependence for energy, shape and efficiency was completed. The numerical method allows the generation of gamma spectra for the so-called theoretical binary temperature changes. Figure 1 shows the measurement system located in the climatic chamber.



Fig. 1. View of the measurement system in the climatic chamber

The tests were carried out for extreme (extreme) ambient temperature changes, i.e. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $50\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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.

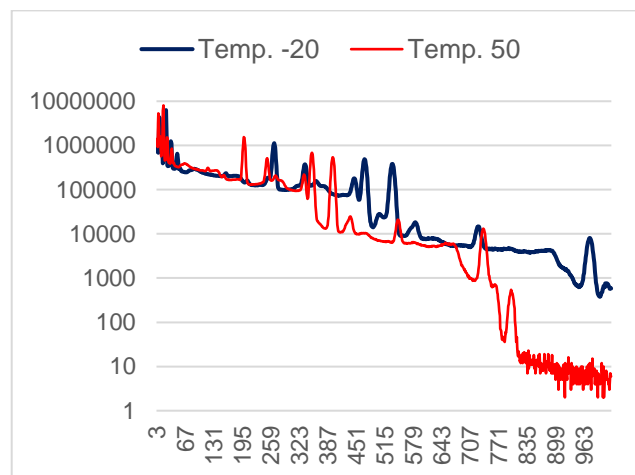


Fig. 2. Registered spectrometric spectrum for ambient temperature $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

As a result of the conducted tests, it was found that a change in the ambient temperature in the range of $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ causes changes in the position of the top of the total energy absorption peak for Cs-137 radionuclide (662 keV) by 68

channels, and for Co-60 (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.

The next task was to unfold the spectrometric spectrum. The research was performed numerically and experimentally. The results of the numerical simulation are shown in Figure 3.

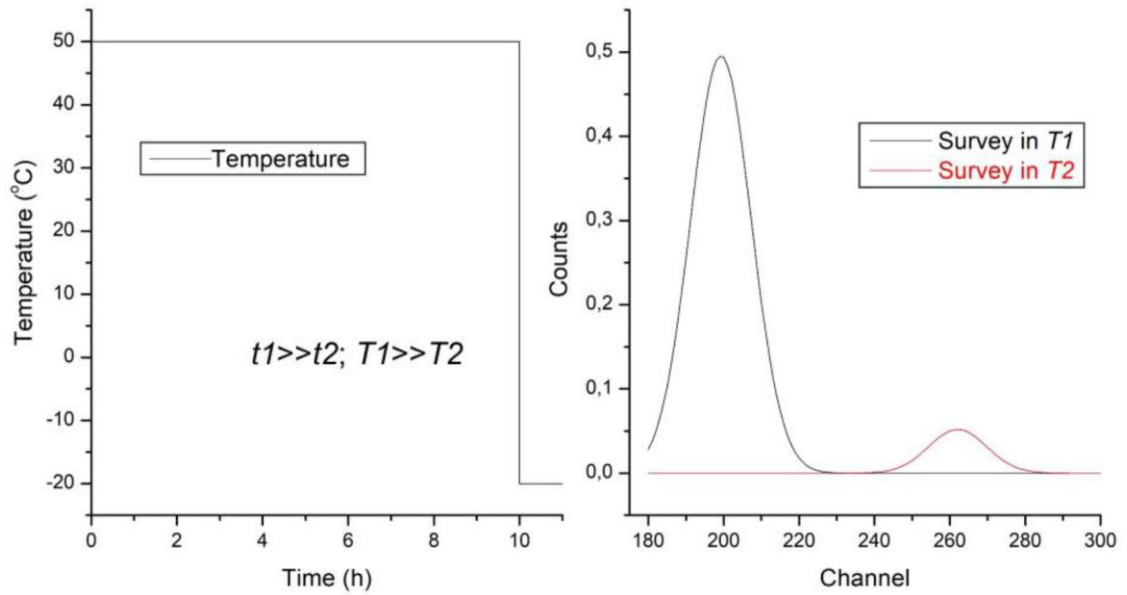


Fig. 3. Results of numerical simulations

Figure 4 shows the results of the experimental study.

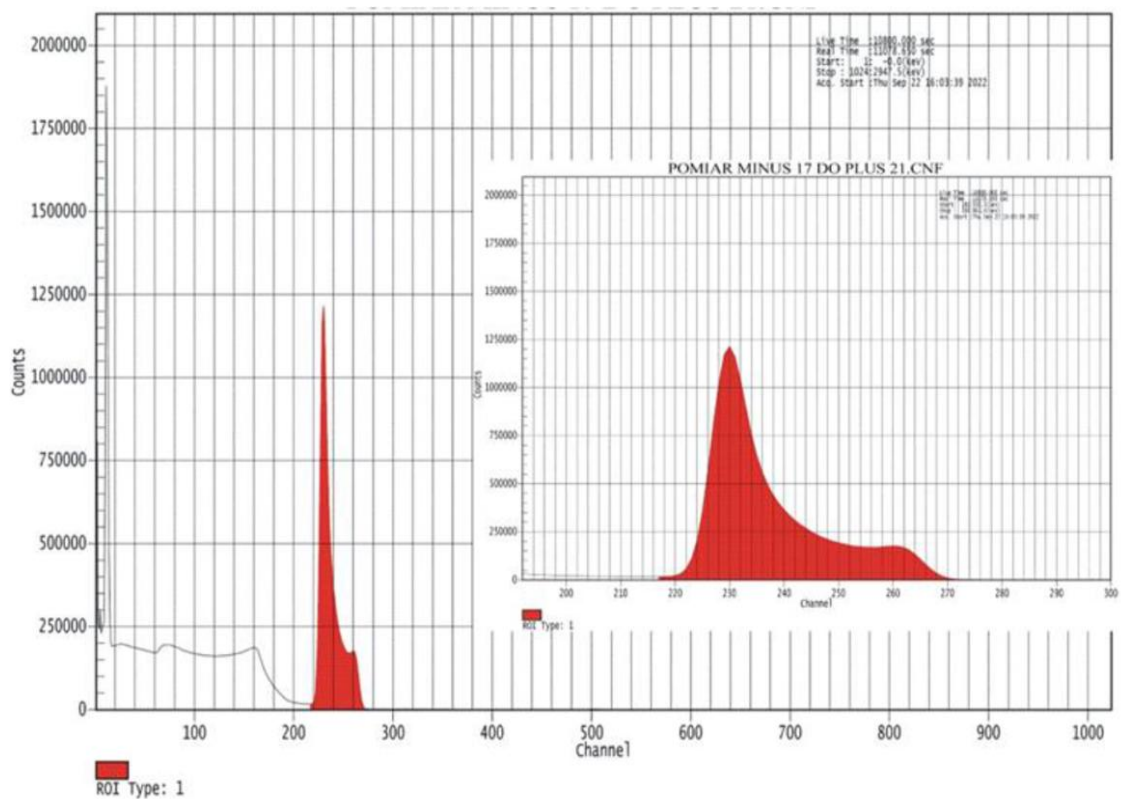


Fig. 4. Results of the experimental study

Study of attenuation of gamma and X-rays in graphene

K. Kempny, A. Jakubowska

The purpose of the study was to test the properties of a lightweight graphene-based material for potential use in the construction of X-ray and gamma-ray shielding.

The material tested was a composite consisting of graphene nanoplatelets and ABS. The mass proportion of graphene flakes is 10 wt% (Figure 1). The density of the material at room temperature is 1.064 g/cm³. The study was conducted in cooperation with the Warsaw University of Technology, where the samples were designed and produced.

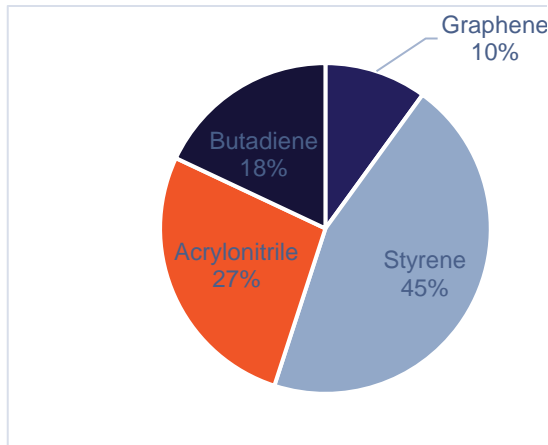


Fig. 1 Composition of the used composite

Beam attenuation measurements were carried out using a Cs-137 source and two ISO 4037-1:2019 X reference radiation qualities: N-60 and N-80. Material samples were placed between the source and the ionization chamber so that the entire chamber was in the attenuated beam. Then, for each source, a measurement was repeated without a sample while keeping the same setting of the source and chamber. A comparison of the counts recorded in the measurements with and without the sample was used to determine the linear and mass attenuation coefficient of the test material, according to the following formula:

$$\frac{N(x)}{N_0} = e^{-\mu_x x} = e^{-\mu_d \rho x}$$

Where:

$N(x)$ - counts in a beam attenuated by a sample of material,

N_0 - counts without the sample,

x - thickness of the sample

ρ - density of the material

μ_x - linear attenuation coefficient

μ_d - mass attenuation coefficient

The results obtained in the measurements were compared with theoretical values determined using the XCOM database⁵. XCOM allows the calculation of the mass attenuation coefficient (μ_d) for a material with defined composition and specific gamma-ray energy values. In the case of X-ray spectra, the intensity-weighted average of the coefficients for the selected energy values was used as the theoretical value of μ_d . The shape of the spectrum was determined using the TASMIP model⁶ corrected for the filtration given in ISO 4037-1:2019.

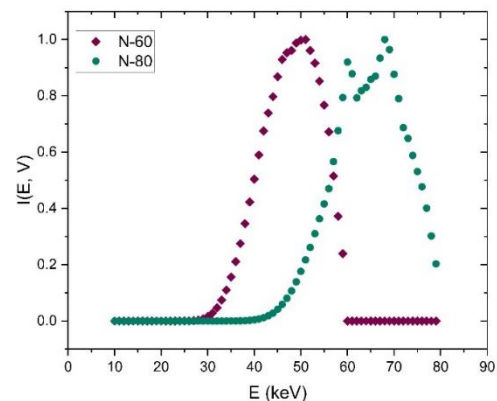


Fig. 2. N-60 and N-80 spectra

The table shows the values of the linear attenuation coefficient for energies corresponding to the used sources, determined from measurements and XCOM, and the half-value layer (HVL). HVL was calculated based on theoretical μ_x values from XCOM.

Table 1 Linear attenuation values and HVLs for used sources

Source	Mean energy (keV)	μ_x (cm ⁻¹) (measurements)	μ_x (cm ⁻¹) (XCOM)	HVL (cm) (XCOM)
N-60	47.9	0.223 ± 0.027	0.215	3.22
N-80	65.2	0.194 ± 0.026	0.193	3.59
Cs-137	662	0.0866 ± 0.0033	0.088	7.88

The measurement results agree with the theoretical values calculated with XCOM, confirming the validity of the proposed method for calculating coefficients for X-ray tube continuous spectra and the usefulness of the XCOM calculator for mixtures.

Comparative analysis of the influence of phantom material on the calibration of personal dosimeters

K. Kempny, Z. Pawłowska

When calibrating individual dosimeters, it is necessary to take into account the effect of scattered radiation resulting from wearing the dosimeters close to the body. This is achieved by placing the dosimeters on a phantom of the appropriate type, according to ISO 4037. For dosimeters intended to be worn on the body, the recommended phantom is a 30 x 30 x 15 cm rectangular box, filled with water, with walls made of PMMA (so-called plexiglass, Figure 1). For radiation sources with energy above 662 keV (photon energy from the decay of Cs-137), the ISO standard allows the use of a phantom of the same dimensions composed of PMMA slabs (Figure 2).

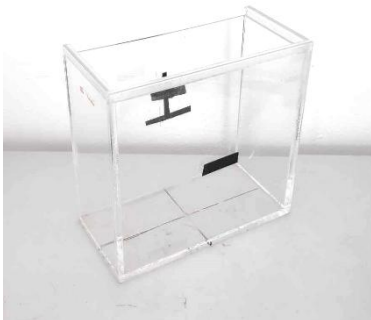


Fig. 3. Water phantom



Fig. 4. PMMA phantom

The study aimed to check the influence of the type of phantom used (water or PMMA) on the calibration results of personal dosimeters. The measurements included the individual dose equivalent recorded by TLD dosimeters placed on a

water or PMMA phantom for two gamma radiation sources and five X radiation qualities. Furthermore, computer simulations were conducted for analogous configurations.

Exposure conditions

Two TLD pellets each placed in Mirion TLD dosimeters - one pellet exposed, one pellet behind an aluminium filter

Exposures with gamma sources: Cs-137 and Co-60, and ISO 4037-1:2019 reference X radiation: N-40, N-60, N-80, N-100, N-150 (Table 1)

Fixed value of individual dose equivalent $H_p(10)$ of 1 mSv

8 dosimeters per measuring point

Each measurement day 8 reference dosimeters - Cs-137, PMMA phantom

Each measurement day 4 background dosimeters

Table 2. Mean energy of sources and X radiation qualities used in the measurements

Source	Mean energy (keV)
N-40	33.3
N-60	47.9
N-80	65.2
N-100	83.3
N-150	118
Cs-137	662
Co-60	1253

Simulations

The simulations were performed in GATE. Similarly to the measurements performed, two gamma sources were simulated: Cs-137 and Co-60, and all the standard X radiation of the narrow series defined in ISO 4037-1:2019. Simulations were carried out using models of a water phantom, PMMA phantom and, in addition, a phantom of the same dimensions made of a tissue-equivalent material. An equal number of photons was simulated in each run.

For all sources used the differences in the results obtained in the measurements on the water phantom and PMMA phantom are within the uncertainties (Figure 3).

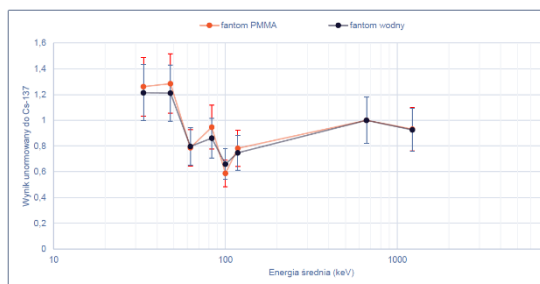


Fig. 5. Measurement results normalised to the result for ^{137}Cs

In the computer simulations, a discrepancy in results was observed between the water phantom and PMMA phantom for energies ranging from 20.3 keV (N-25) to 100 keV (N-120). The maximum discrepancy in results occurred at an energy of 83.3 keV (N-100) and was 8% (Figure 4).

The simulation results for each phantom were compared with the results obtained for the phantom made of the tissue-equivalent material (ICRU). The results on the water phantom are similar to those on the ICRU phantom over the entire range of energies tested. For the PMMA phantom, a discrepancy was observed for energies ranging from 20.3 keV (N-25) to 100 keV (N-120).

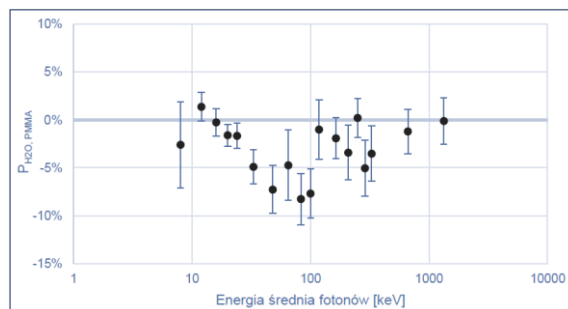


Fig. 6. Percentage difference in results between water and PMMA phantoms - simulations.

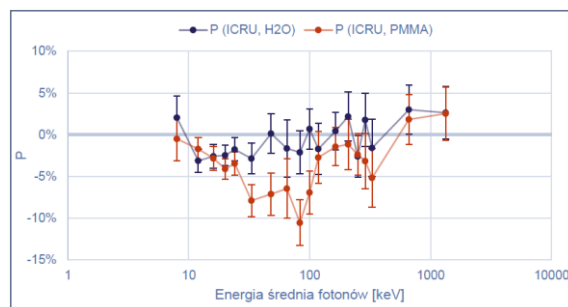


Fig. 7. Percentage difference of results on water and PMMA phantoms versus a phantom made of tissue-equivalent material (ICRU)

Analysis of the simulation results indicates that there may be a discrepancy in indications between the water-filled phantom and the phantom composed of PMMA plates for energies in the X-ray range. At the same time, the water-filled phantom was shown to be a better substitute for tissue-equivalent material. These findings confirm the validity of the recommendations of ISO 4037 as to the type of phantom used depending on the energy of the source.

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 2023, 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 isotope ^{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 ^{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.

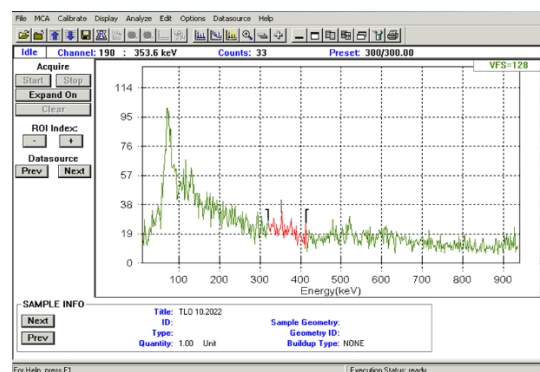


Fig. 1. The background spectrum in laboratory measured with mobile set

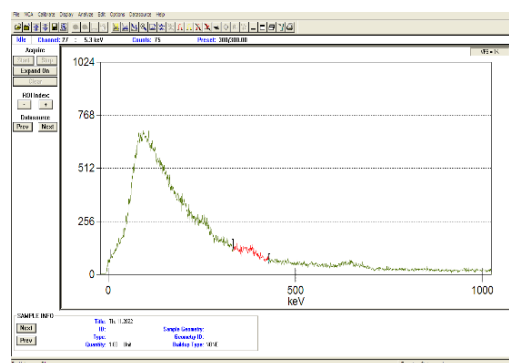


Fig. 2. The background spectrum in laboratory measured with stationary set

In 2023, measurements were made of the content of radioactive iodine ^{131}I in the thyroid glands of people working at the Department of Nuclear Medicine and Oncological Endocrinology of the Provincial M. Skłodowska-Curie Specialist Hospital in Zgierz.

The Department performs, among others: treatment with radioactive iodine of hyperthyroidism, large goiter, thyroid cancer (on an outpatient basis and during hospitalization), and therapeutic tests are carried out (including iodine therapy for thyroid diseases in the ward system) and scintigraphy of the thyroid (and other organs) using a radioisotope ^{131}I .

The Department of Nuclear Medicine in Zgierz is one of the oldest centers for diagnostics and therapy

based on the use of isotopes in Poland. He is authorized to conduct specializations in endocrinology and partial internships in the field of nuclear medicine. The Department also carries out research programs in the field of radiation protection and endocrinology. The branch has 30 beds, including 6 for hot therapy. The structure of the Department includes: Endocrinology/Nuclear Medicine Department (hospitalization part), Class II and III Isotope Laboratory, Radioimmunity Laboratory for hormone determination, Ultrasound Laboratory, Endocrinology and Nuclear Medicine clinic.

The plant is equipped with, among others: in: a hybrid SPECT/CT Anyscan gamma camera, a rotating X-Ring gamma camera, a planar A-P gamma camera, a scintillation probe and a measurement set for iodine uptake measurements, and others.

In 2023, the content of radioactive iodine 131I was measured in the thyroid glands of people working at the Department of Nuclear Medicine and Oncological Endocrinology of the Provincial M. Skłodowska-Curie Specialist Hospital. in Zgierz.

The Department performs, among others: treatment with radioactive iodine of hyperthyroidism, large goiter, thyroid cancer (on an outpatient basis and during hospitalization), and therapeutic tests are carried out (including iodine therapy for thyroid diseases in the ward system) and scintigraphy of the thyroid (and other organs) using a radioisotope 131I.

The Department of Nuclear Medicine in Zgierz is one of the oldest centers for diagnostics and therapy based on the use of isotopes in Poland. He is authorized to conduct specializations in endocrinology and partial internships in the field of nuclear medicine. The Department also carries out research programs in the field of radiation protection and endocrinology. The ward has 30 beds, including 6 for hot therapy. The structure of the Department includes: Endocrinology/Nuclear Medicine Department (hospitalization part), Class II and III Isotope Laboratory, Radioimmunity Laboratory for hormone determination, Ultrasound Laboratory, Endocrinology and Nuclear Medicine clinic.

The plant is equipped with, among others: in: a hybrid SPECT/CT Anyscan gamma camera, a rotating

X-Ring gamma camera, a planar A-P gamma camera, a scintillation probe and a measurement set for iodine uptake measurements, and others.

The results of measurements of iodine-131 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.

Table 1. The results of measurements of the activity levels of radioactive iodine in employees of the Department of Nuclear Medicine and Oncological Endocrinology of the Provincial M. Skłodowska-Curie Specialist Hospital in Zgierz (only measurements with a value greater than the minimum measurable activity were presented, 68 [Bq])

No. (Employee)	Measure d 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)
1. (A.W.)	250	0.75	3.8
2. (A.S.)	260	0.79	3.9
3. (B.L.)	250	0.75	3.8
4. (A.G.)	250	0.75	3.8
5. (B.M.)	1500	4.5	22.5
6. (A.R.)	500	1.5	7.5
7. ÷	<68*)	<0.38	<1.90

*) minimum measurable activity

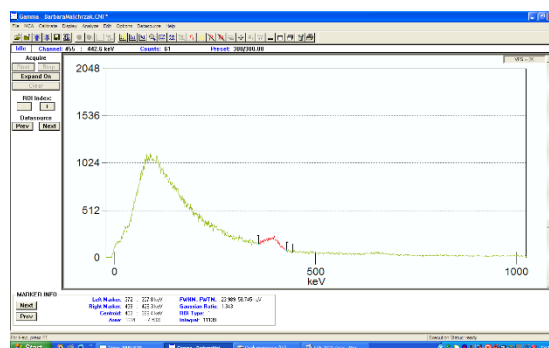


Fig. 3. The spectrum of radiation measured in the employee A.R.

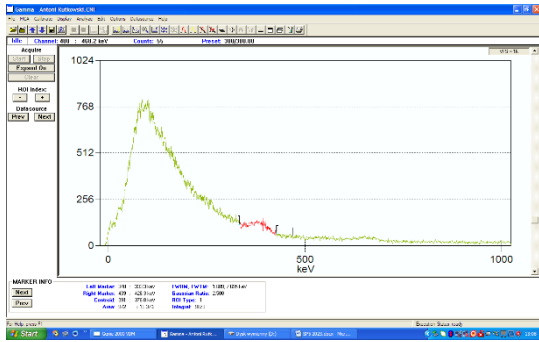


Fig. 4. The spectrum of radiation measured in the employee B.M.

The levels of iodine ^{131}I 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 ab. 4,5 mSv, not exceeding 22,5 % of the annual occupational exposure limit.

The work was funded by the National Atomic Energy Agency under the Contract No. 25/2021/CEZAR/52

Project EURADION European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification

K. Wołoszczuk, P. Lipiński, A. Jakubowska, P. Krajewski, M. Norenberg

The EU-RADION project provided an innovative solution to address selected shortcomings in CBRNe protection indicated in the ENCIRCLE Catalogue. The project delivered an operational radiological threat detection and identification system comprising several technological components. These components included radiological threat dispersion modeling and analysis tools, test sensor platforms including a swarm of mini UGVs, a tactical command tool, a network controller, and a sensor integration unit.

The sensor integration unit (SIU) was a novel detector, which included several radiological threat sensing devices supported by a hydrogen sensor and positioning module. The SIU was adaptable to various platforms (including stationary, handheld, and UGV-mounted units) and capable of operating in both indoor and outdoor environments. Furthermore, the system featured a computational tool that allowed for estimating the dispersion of RN material and its potential source. Moreover, the Tactical Command tool (TC) was the highest layer of the system responsible for providing a user interface to the system and integrating data acquired from measurement and computational components. This component directly cooperated with the network controller (NC) to acquire data from radiological sensors. EU-RADION also assumed the implementation of the UGV swarm concept for radiological threat detection and the evaluation of its performance in the CBRNe domain.

EU-RADION was based on a system-of-systems approach. All of the developed components were designed as fully operational and independent modules. This enhanced the system's interoperability and facilitated potential integration with other existing systems. The final system was demonstrated in a realistic environment (training tunnel).



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 883204.



CHIMERA Comprehensive Hazard Identification, and Monitoring System for Urban Areas

CBRN threats in Europe have come under the spotlight following Russian aggression against Ukraine. The risk of the use of CBRN weapons and potential incidents at nuclear power plants has increased. However, the threat of CBRN attacks in Europe has existed for much longer, due to the continuing threat posed by terrorist groups. These threats require European legislators to develop policy frameworks that make European citizens and infrastructure more resilient to potential hazards. This direction is reflected in the Counter-Terrorism Agenda and the EU Security Union Strategy. Strengthening European resilience, CBRN security and response certainly requires the introduction of new technologies on the European market and their adaptation by sectoral first responders. The European Counter-Terrorism Agenda emphasises the importance of keeping Europe at the forefront of new capabilities, investing in multidisciplinary cooperation and information sharing, and improving security solutions in European cities. However, to achieve these goals, improvements are currently needed in many areas, in particular to enhance the capabilities of first responders.

The existing gaps in the tools and equipment available to first responders are also reflected in a study prepared and published by the International Forum to Advance First Responder Innovation (IFAFRI). The study points to serious capability gaps that hinder the efficiency and effectiveness of first responder operations.

The CHIMERA project will provide technological improvements in the CBRN field in line with European legislation, including relevant EU Directives, and will enhance the capabilities of end users (i.e. emergency services, dispatchers and crisis management centres) with innovative detection, identification and monitoring capabilities.

The main objective of the project is to implement a modern, multifunctional CBRN system consisting of innovative software and hardware products. The system will be equipped with a heterogeneous CBRN data collection layer, improved data processing and enhanced situational awareness for emergency services, enabling more effective management of the

effects of CBRN incidents through rapid decision making and thus earlier implementation of protective measures.

The CHIMERA project has three main business objectives to achieve:

Main Objective 1 - Improve technological capabilities and situational awareness of end-users operating in CBRN conditions;

Main Objective 2 - Minimize the response time of end-users to CBRN threats in an urban environment;

Main Objective 3 - Improve the resilience of European cities to CBRN threats.

The work in the CHIMERA project is divided into 11 work packages, with CLOR leading one of them and participating in eight others.

A total of 50 person-months have been planned to complete the tasks. Below is a list of the tasks planned to be carried out by CLOR in the CHIMERA project, divided by performer/leader:

1. Performers:

Administrative and financial management.

Define the technical requirements of the system.

Design of workflow and human machine interface (HMI).

Adaptation of ionising radiation detectors (spectrometer + Geiger counter).

Data fusion at decision level.

Laboratory testing of ionising radiation detectors.

Design and development of database software for CBRN factors.

Integration, testing and validation of the operating system resulting from the integration of the components developed in the project.

Training of end users.

Preparation of the final demonstration.

Activities related to communication and dissemination of the knowledge gained during the project.

2. Leader:

Coordination of package 2, i.e. end-user requirements:

State of the art of the latest generation CBRN systems.

Search for synergies with other CBRN projects.

Define the operational context and inter-organisational integration.

Search for and verify end-user requirements.

Generate a set of scenarios.



More details about the project can be found on the website:<https://project-chimera.eu/>

This project has received funding from the European Union's Horizon Europe research and innovation programme under grant agreement No 101121342.

traceRadon Radon metrology for use in climate change observation and radiation protection at the environmental level

K. Wołoszczuk

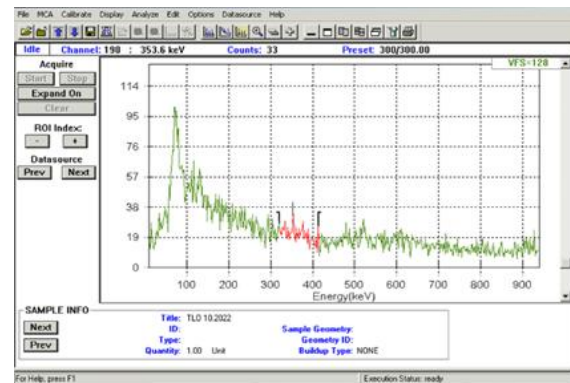
The traceRadon project was carried out in 2020-2023. Project had received funding from the EMPIR programme co-financed by the Participating States and from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme. The consortium consisted of 18 partners and was led by Annette Rottger (PTB).

The objective of this project was to enhance metrological capabilities by developing reference instruments, portable reference standards, and measurement procedures for the precise determination of low levels of radon concentrations in the environment. These tools will be employed in the implementation of strategies to reduce greenhouse gas emissions and enhance radiation protection of the population.

The specific objectives of the project traceRadon was:

1. To develop traceable methods for the measurement of outdoor low-level radon activity concentration in the range of 1 Bq m⁻³ to 100 Bq m⁻³, with uncertainties of 10 % for k=1, to be used in climate monitoring and radiation protection networks. These methods include two new traceable Rn-222 emanation sources below 100 Bq m⁻³, a transfer instrument calibrated with these new sources to assure the traceability of the transfer instrument and a calibration procedure suitable to enable a traceable calibration of environmental atmospheric radon measurement systems in the field

2. To develop the capability for traceable radon flux measurements in the field, based on the development of a radon exhalation reference system "exhalation bed" and a transfer standard (TS). To use this capability to harmonise existing radon flux instruments/methods by intercomparison campaigns. To develop a first standard protocol for the application of the radon tracer method (RTM) to enable retrieval of greenhouse gas fluxes at atmospheric climate gas monitoring stations and to



use radon flux data for the identification of Radon Priority Areas (RPA).

3. To validate current radon flux models and inventories by the new traceable measurements of radon activity concentration and radon flux. To support the validation with dosimetric and spectrometric data from the radiological early warning networks in Europe. To improve process-based radon flux maps that will be available for use in the RTM, atmospheric dispersion modelling, and radiation protection.

4. To provide easy to use dynamic radon and radon flux maps for climate change research and radiation protection in line with Council Directive 2013/59/EURATOM, including their use to identify RPA and radon wash-out peaks.

5. To facilitate the take up of the technology and measurement infrastructure developed in the project by the measurement supply chain (NMIs, calibration laboratories), standards developing organisations (e.g. IEC, ISO) and end users in greenhouse gas monitoring and European radiological early warning networks.

The project ended in May 2023. During the three years of the project, all objectives were achieved. In addition :

- 16 scientific publication were published,
- project has been presented 71 times at conferences and events,

- the project has set-up a Stakeholder Committee which currently has 20 members and includes high

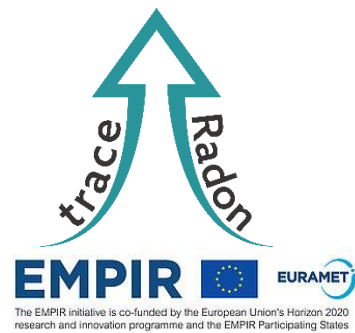
impact, multi-national stakeholders such as: the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), the World Meteorological Organisation (WMO), the International Commission on Radiological Protection (ICRP), the International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM), the European Radon Association (ERA), the European Radiation Dosimetry Group (EURADOS) and EURAMET's Technical Committee for Ionising Radiation (TC-IR),

The project facilitated collaboration between currently independent groups, including the Climate-related Atmospheric Monitoring Network (AMNS) stations (e.g. ICOS) and the European

Radiological Data Exchange Platform (EURDEP) and EANR. This interdisciplinary collaboration yielded new insights and understanding of the links between geology, atmosphere and anthropogenic activities and their cumulative impact.

Organized 8 workshops, 4 training courses, 3 internal trainings for members and collaborators.

Further information can be found in the following sources: <https://www.euramet.org> and <http://traceradon-empir.eu/>.



Analysis of the effectiveness of available measures to reduce radon levels and identification of specific measures to protect workers

K. Wołoszczuk, Z. Pawłowska

The implementation of the recommendations of the Council Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 into national regulations has significantly changed the approach to the protecting of the public and workers from exposure to radon and its decay products. The introduction of new regulations has increased the demand for technical solutions to reduce radon concentrations in workplaces and the use of appropriate personal protective equipment. The subject of radiological protection in relation to the radon hazard, which is mainly described in the scientific literature, is little known to employers and the general public. Therefore, there was a need to popularize solutions to ensure safety against the harmful effects of radon and its daughters. The aim of the project is to identify, test, and evaluate the effectiveness of available technical methods to reduce radon concentrations in workplaces and to develop a guide with recommendations on the use of effective techniques to reduce radon concentrations in buildings and the use appropriately selected personal protective equipment for workers. It is expected that the dissemination of the results of the project will contribute significantly to increasing the level of knowledge on radon protection methods and awareness of its effects on the human body.

Despite the relatively short duration of the new regulations requiring employers to measure radon levels in the workplace, awareness of the risks associated with radon exposure is beginning to grow. As a natural consequence of training, publications and information materials, employers will seek technical means to reduce radon levels in workplaces.

The main objective of the project is to identify, investigate and evaluate the effectiveness of available technical measures to reduce radon levels in workplaces, to investigate radon exposure in selected buildings and to develop a guide with recommendations for the application of effective

solutions to reduce radon levels in buildings and the correct selection of protective measures for workers.

On 12 February 2002, the Ministry of Health published a notice on the publication of the National Action Plan on long-term risks from radon exposure in buildings intended for human habitation and workplaces. The plan contains very general information on topics such as radon, measurement methods and ways to reduce radon concentrations in buildings. The guide developed in the project "Analysis of Available Measures for Reducing Radon Concentrations, with Special Attention to Technical Means and Worker Protection Measures" will serve as a much needed supplement and detailed elaboration of the information contained in the National Action Plan. It will be based on a literature review and well-documented objective quantitative data, characterised by planned laboratory and field studies, demonstrating the effectiveness of the solutions discussed.

The expected results of the work planned within the project include :

A compilation of available radon mitigation measures worldwide and in the country, together with their effectiveness;

Results of laboratory tests on the effectiveness of selected commercially available technical solutions for radon mitigation;

Results of measurements of radon concentration in the air inside buildings where workers may work, in areas where the annual average radon concentration in indoor air in a significant number of buildings may exceed the reference level (see the relevant Decree of the Minister of Health of 18 June 2020);

Developing the content of a guide entitled "Analysis of available technical solutions for reducing radon concentrations and measures for the protection of workers".

The programme was developed on the basis of the findings of the multi-annual study "Government

Program for the Improvement of Safety and Working Conditions - 6th stage, implementation period: 2023-2025". It was financed in the field of scientific research and development work from the funds of The National Centre for Research and Development. The

programme was coordinated by the Central Institute for Labour Protection - National Research Institute.

TRAINING AND INFORMATION DEPARTMENT



Summary of the Activities of Training and Information Department in 2023

P. Lipiński, Z. Samborska-Zajkowska

The Training and Information Department of the Central Laboratory for Radiological Protection conducts the following activities:

- Preparation and organization of training courses for participants applying for IOR-1 (IOR-1R, IOR-1Z) or IOR-3 type radiation protection officers, conducted both on-site and off-site, including but not limited to preparation of training curricula, preparation and distribution of training materials, preparation and storage of relevant documents, maintaining correspondence with course participants, lecturers, and examination bodies.
- Preparation and organization of knowledge update training for IOR-1 and IOR-3 radiation protection officers.
- Preparation and organization of training courses for future operators of accelerators and radiological equipment conducted both on-site and off-site by the CLOR.
- Preparation, organization and conduct of training courses other than those listed above conducted both on-site and off-site by the CLOR.
- Maintaining permanent contact with the National Atomic Energy Agency (PAA), Main Sanitary Inspectorate (GIS) and Training Services Registry (RIS) in matters related to training.
- Supervision of library.
- Supervision of archive.
- Preparation and edition of CLOR's reports.
- Preparation, organization and handling of educational and training visits in CLOR (including CLOR's seminars).
- running the secretariat of 246 KT for Radiation Protection,
- coordination of CLOR activities in the area of developing and giving opinions on national and international standards and regulations

In 2023 – organizing 25 trainings were held, with 556 participants:

Training for applicants for radiation protection officer credentials, total: 88 persons, of which:

IOR-1: 69 persons;
IOR-1R: 5 persons;
IOR-1Z: 2 persons;
IOR-3: 12 persons.

Training for applicants for renewal of radiation protection officer credentials, total: 96 persons, of which:

IOR-1: 54 persons;
IOR-1Z: 3 persons;
IOR-1Z: 3 persons;
IOR-3: 36 persons.

Training for operators of accelerators and radiological equipment A-A, S-A and S-Z, total: 267 persons (for 326 licenses),

of which:
A-A: 90 persons;
S-A: 118 persons;
S-Z: 59 persons;
S-A, S-Z: 59 persons.

Two training for radiological protection
Total: 40 persons.

One training for dosimetry emergency team
Total: 6 persons.

In 2023, thanks to the kindness of CLOR employees, 2 meetings for young people and students had been organized which enabled them to familiarize with the work carried out by CLOR and broadly understood topic of ionizing radiation.

CLOR is currently implementing standardization work of the Polish Committee for Standardization in two Technical Committees:

266 - for nuclear equipment, where CLOR is a member with voting rights.

246 - for radiation protection, the Chairman of the Committee, Mr Paweł Krajewski (PhD) is also the Director of CLOR, the secretariat of this TC also operates in CLOR.

CLOR standardisation activities are focused mainly in the field of giving opinions on draft standards, active voting on them and reviews of the old standards.