



Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej



RAPORT DWUROCZNY 2018 - 2019
BI - ANNUAL REPORT 2018 - 2019

Redaktor naukowy/Scientific editor
Dr Paweł Krajewski
Recenzent/Reviewer
Dr. hab. inż., Prof. CLOR Sławomir Jednoróg
Redakcja techniczna/Technical editors
Mgr inż. Iwona Słonecka
Mgr Zuzanna Samborska- Zajkowska
Mgr Dorota Wieczorek

Copyright by Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2021
All rights reserved

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

RAPORT CLOR NR 160/161
ISBN 978-83-947765-4-1

Warszawa 2021

RAPORT DWUROCZNY CLOR

2018 - 2019



Warszawa, 2021

PRZEDMOWA.....	5
ROK 2018	11
ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ	13
ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ W 2018 ROKU.....	15
MONITORING SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH WÓD POWIERZCHNIOWYCH I OSADÓW DENNYCH W LATACH 2016-2019	17
PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH W ZAKRESIE OZNACZANIA IZOTOPÓW ¹³⁷ Cs I ⁹⁰ Sr PRZEZ PLACÓWKI PODSTAWOWE PROWADZĄCE POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W RAMACH MONITORINGU RADIACYJNEGO KRAJU.....	18
OZNACZENIE STĘŻENIA PROMIENIOTWÓRCZEGO ¹³⁷ Cs I ⁹⁰ Sr W PRÓBKACH POŻYWIENIA.....	20
ADAPTACJA METODY OZNACZANIA CAŁKOWITEJ PROMIENIOTWÓRCZOŚCI ALFA I BETA W WODACH NIEZASOLONYCH – METODĄ CIEKŁEJ SCYNTYLACJI	21
ADAPTACJA METODY OZNACZANIA ²²⁶ Ra W WODZIE ZA POMOCĄ SPEKTROMETRII CIEKŁOSCINTYLACYJNEJ.....	22
OZNACZANIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI WODY DO PICIA W AGLOMERACJACH MIEJSKICH I OCENA DAWEK OD JEJ SPOŻYCIA	23
ADAPTACJA METODY OZNACZANIA ⁸⁹ Sr I ⁹⁰ Sr W PRÓBKACH ŻYWNOŚCIOWYCH I WODZIE METODĄ CIEKŁEJ SCYNTYLACJI.....	25
OZNACZANIE STĘŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH ²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U ORAZ ²¹⁰ Po I ²¹⁰ Pb W BUTELKOWANYCH WODACH MINERALNYCH I ŹRÓDLANYCH	27
POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W PRÓBKACH WODY, OSADÓW DENNYCH I RYB, W RAMACH PROWADZONEGO MONITORINGU SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH MORZA BAŁTYCKIEGO	28
WYKONYWANIE POMIARÓW SŁUŻĄCYCH OCENIE DAWEK OD NARAŻENIA WEWNĘTRZNEGO PRZEZ AKREDYTOWANE LABORATORIUM ANALIZ RADIOCHEMICZNYCH I SPEKTROMETRYCZNYCH -UTRZYMANIE AKREDYTACJI W LABORATORIUM	30
ZAKŁAD DOZYMETRII	33
ZAKŁAD DOZYMETRII W 2018 ROKU	35
OCENA DAWKI SKUTECZNEJ DLA MIESZKAŃCÓW POLSKI OD WCHŁONIĘCIA AEROSOLI ATMOSFERYCZNYCH DROGĄ ODDECHOWĄ – SIĘĆ STACJI ASS-500 (ROK 2018).	38
MONITORING PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO REALIZOWANY W RAMACH PAŃSTWOWEGO MONITORINGU ŚRODOWISKA. ZADANIE 3: MONITORING STĘŻENIA ¹³⁷ Cs W GLEBIE	42
ANALIZA I OCENA ZMIAN RADIOAKTYWNOŚCI SUROWCÓW I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH STOSOWANYCH POLSCE W LATACH 1980-2018.....	44
OCENA SYTUACJI RADIACYJNEJ W OTOCZENIU KRAJOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (KSOP) W RÓŻANIE ORAZ WOKÓŁ NARODOWEGO CENTRUM BADAŃ JĄDROWYCH (NCBJ) W ŚWIERKU	47
OCENA SYTUACJI RADIACYJNEJ NA TERENIE KAMPINOSKIEGO PARKU NARODOWEGO NA PODSTAWIE BADANIA PRÓBEK FLORY	49
OCENA SYTUACJI RADIACYJNEJ NA TERENIE POLESKIEGO PARKU NARODOWEGO NA PODSTAWIE BADANIA PRÓBEK GLEBY.	51
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.....	53
UNOWOCZEŚNIENIE SIECI WCZESNEGO OSTRZEGANIA O SKAŻENIACH POWIETRZA W POLSCE – WYKONANIE TRZECH NOWYCH STACJI ASS-500 ZASILANYCH NAPIĘCIEM JEDNOFAZOWYM. ZAINSTALOWANIE I URUCHOMIENIE NOWYCH STACJI W TRZECH LOKALIZACJACH W POLSCE (SANOK, BIAŁYSTOK, SZCZECIN).	55
ZORGANIZOWANIE I PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH ZAWARTOŚCI NATURALNYCH IZOTOPÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W SUROWCACH I MATERIAŁACH BUDOWLANYCH DLA JEDNOSTEK ORGANIZACYJNYCH PROWADZĄCYCH TAKIE POMIARY.....	57
ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA.....	61
ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA W 2018 ROKU	63
ROZWÓJ METOD I MODELI DO OCENY RYZYKA RADIOEKOLOGICZNEGO W RAMACH MIĘDZYNARODOWEGO PROGRAMU MAEA MODARIA II (2016-2020).....	65
UTRZYMANIE GOTOWOŚCI LABORATORIUM MONITORINGU JODU CLOR DO WYKONYWANIA POMIARÓW ZAWARTOŚCI JODU PROMIENIOTWÓRCZEGO W TARCZYCY CZŁOWIEKA.	69
ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W LABORATORIUM WZORCOWANIA PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH I RADONOWYCH – CZĘŚĆ TECHNICZNA.....	73
SPRAWOZDANIE Z SEMINARIUM PRACOWNI DAWEK INDYWIDUALNYCH I ŚRODOWISKOWYCH.....	75
SPRAWOZDANIE Z SEMINARIUM LABORATORIUM WZORCOWANIA PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH I RADONOWYCH.....	77

OCENA ZALEŻNOŚCI ROZKŁADU ŚREDNIC AERAZOLI PROMIENIOTWÓRCZYCH POWSTAŁYCH Z ROZPADU RADONU-222 OD AERAZOLI ŚRODOWISKOWYCH	79
PROJEKT METRORADON METROLOGY FOR RADON MONITORING	80
BADANIA ZAWARTOŚCI RADONU W PRÓBACH WODY Z WARSZAWSKICH STUDNI OLIGOCEŃSKICH	81
ANALIZA KORELACJI STĘŻENIA RADONU W BUDYNKACH I BUDOWY GEOLOGICZNEJ PODŁOŻA W WYBRANYCH LOKALIZACJACH W POLSCE	83
SPRAWOZDANIE Z SEMINARIUM „WDROŻENIE WYMAGAŃ NORMY PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 PRZY OPCJI „A” – ZAGADNIENIA WYBRANE	84
WZORCOWANIE PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ W 2018 R.	86
OPRACOWANIE PROJEKTU SONDY ŚRODOWISKOWEJ DO POMIARU NATURALNEGO TŁA PROMIENIOWANIA OPARTEJ O DETEKTOR SCYNTYLACYJNY LABR	88
DZIAŁALNOŚĆ SŁUŻBY DOZYMETRYCZNEJ CLOR W RAMACH UMOWY ZAWARTEJ Z CENTRUM DO SPRAW ZDARZEŃ RADIOAKTYWNYCH PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI	89
DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI.....	91
ROCZNA DAWKA EFEKTYWNA (2018)	93
REALIZACJA PRAC DZIAŁU SZKOLENIA I INFORMACJI CLOR W 2018 R.	95
ROK 2019	97
ZAKŁAD HIGIENY RADIOAKTYWNEJ	99
ZAKŁAD HIGIENY RADIOAKTYWNEJ W 2019 ROKU	101
OZNACZANIE PROMIENIOTWÓRCZOŚCI WODY DO PICIA W AGLOMERACJACH MIEJSKICH I OCENA DAWEK OD JEJ SPOŻYCIA	104
MONITORING SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH WÓD POWIERZCHNIOWYCH I OSADÓW DENNYCH W LATACH 2018-2020	106
ADAPTACJA METODY OZNACZANIA ⁹⁰ Sr I ⁸⁹ Sr W PRÓBKACH ŻYWNOŚCIOWYCH I WODZIE METODĄ CIEKŁEJ SCYNTYLACJI	108
PRZEPROWADZENIE POMIARÓW PORÓWNAWCZYCH W ZAKRESIE OZNACZANIA IZOTOPÓW ¹³⁷ Cs I ⁹⁰ Sr PRZEZ PLACÓWKI	
PODSTAWOWE PROWADZĄCE POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W RAMACH MONITORINGU RADIOAKTYWNEGO KRAJU	109
OZNACZENIE STĘŻENIA PROMIENIOTWÓRCZEGO ¹³⁷ Cs I ⁹⁰ Sr W PRÓBKACH POŻYWIENIA	110
OZNACZANIE STĘŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH ²³⁴ U, ²³⁵ U, ²³⁸ U ORAZ ²¹⁰ Po I ²¹⁰ Pb W BUTELKOWANYCH WODACH MINERALNYCH I ŹRÓDLANYCH	111
POMIARY SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH W PRÓBKACH WODY, OSADÓW DENNYCH I RYB, W RAMACH PROWADZONEGO MONITORINGU SKAŻEŃ PROMIENIOTWÓRCZYCH MORZA BAŁTYCKIEGO	113
ADAPTACJA METODY OZNACZANIA Ra-226 W WODZIE ZA POMOCĄ SPEKTROMETRII CIEKŁOSCYNTYLACYJNEJ	115
UTRZYMANIE AKREDYTACJI W LABORATORIUM ANALIZ RADIOCHEMICZNYCH I SPEKTROMETRYCZNYCH WYKONUJĄCYM POMIARY SŁUŻĄCE OCENIE DAWEK OD NARAŻENIA WEWNĘTRZNEGO	117
ZAKŁAD DOZYMETRII	121
ZAKŁAD DOZYMETRII W 2019 ROKU	123
OCENA DAWKI SKUTECZNEJ DLA MIESZKAŃCÓW POLSKI OD WCHŁONIĘCIA AERAZOLI ATMOSFERYCZNYCH DROGĄ ODDECHOWĄ – SIEĆ STACJI ASS-500 (ROK 2019)	126
MONITORING PROMIENIOWANIA JONIZUJĄCEGO REALIZOWANY W RAMACH PAŃSTWOWEGO MONITORINGU ŚRODOWISKA W LATACH 2018-2020. ZADANIE 3: MONITORING STĘŻENIA ¹³⁷ Cs W GLEBIE	130
UNOWOCZEŚNIENIE SIECI WCZESNEGO OSTRZEGANIA O SKAŻENIACH POWIETRZA W POLSCE – WYKONANIE TRZECH NOWYCH STACJI ASS-500 ZASILANYCH NAPIĘCIEM JEDNOFAZOWYM. ZAINSTALOWANIE I URUCHOMIENIE NOWYCH STACJI W TRZECH LOKALIZACJACH W POLSCE (ZIELONA GÓRA, KRAKÓW, WROCŁAW).	132
ANALIZA I OCENA ZMIAN RADIOAKTYWNOŚCI SUROWCÓW I MATERIAŁÓW BUDOWLANYCH STOSOWANYCH W POLSCE W LATACH 1980-2019	134
OCENA SYTUACJI RADIOAKTYWNEJ W OTOCZENIU KRAJOWEGO SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH (KSOP) W RÓŻANIE ORAZ WOKÓŁ NARODOWEGO CENTRUM BADAŃ JĄDROWYCH (NCBJ) W ŚWIERKU	137
OCENA SYTUACJI RADIOAKTYWNEJ NA TERENIE ŚWIĘTOKRZYSKIEGO PARKU NARODOWEGO NA PODSTAWIE BADANIA PRÓBEK GLEBY.	139
OCENA SYTUACJI RADIOAKTYWNEJ NA TERENIE POLESKIEGO PARKU NARODOWEGO NA PODSTAWIE BADANIA PRÓBEK FLORY	141
MONITORING GAZÓW SZLACHETNYCH W WARSZAWIE I ŚWIERKU W LATACH 2015-2019	143

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.....	145
ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA	149
ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA W 2019 ROKU	151
PROJEKT „PREPAREDNESS” – METROLOGY FOR MOBILE DETECTION OF IONIZING RADIATION FOLLOWING A NUCLEAR OR RADIOLOGICAL INCIDENT	153
TERMOLUMINESCENCYJNE DOZYMETRY ŚRODOWISKOWE: PROJEKT NOWEGO TYPU OBUDOWY ORAZ BADANIA NAD DOSTĘPNYMI OBUDOWAMI.	154
BADANIE WPŁYWU ANILACJI NA ZACHOWANIE CZUŁOŚCI DETEKTORÓW TERMOLUMINESCENCYJNYCH I SPRAWDZANIE RÓŻNYCH MOŻLIWOŚCI WYGRZEWANIA POEKSPOZYCYJNEGO W CELU WYELIMINOWANIA PIKU NISKOTEMPERATUROWEGO.	155
UTRZYMANIE GOTOWOŚCI LABORATORIUM MONITORINGU JODU CLOR DO WYKONYWANIA POMIARÓW ZAWARTOŚCI JODU PROMIENIOTWÓRCZEGO W TARCZYCY CZŁOWIEKA	156
OCENA WPŁYWU STĘŻENIA RADONU NA POMIARY MOCY DAWKI.....	163
DZIAŁALNOŚĆ SŁUŻBY DOZYMETRYCZNEJ CLOR W RAMACH UMOWY ZAWARTEJ Z CENTRUM DO SPRAW ZDARZEŃ RADIACYJNYCH PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI	165
WZORCOWANIE PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ W 2019 R.....	166
ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W LABORATORIUM WZORCOWANIA PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH I RADONOWYCH – CZĘŚĆ TECHNICZNA.....	168
ZAPEWNIENIE I UTRZYMANIE SYSTEMU ZAPEWNIENIA JAKOŚCI W PRACOWNI DAWEK INDYWIDUALNYCH I ŚRODOWISKOWYCH (PDIŚ) DLA POTRZEB OCHRONY RADIOLOGICZNEJ CZĘŚĆ TECHNICZNA	170
SPRAWOZDANIE Z SEMINARIUM „WYBRANE ZAGADNIENIA NORMY PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 Z ELEMENTAMI AUDITU WEWNĘTRZNEGO”	171
SPRAWOZDANIE Z SEMINARIUM PRACOWNI DAWEK INDYWIDUALNYCH I ŚRODOWISKOWYCH.....	173
SPRAWOZDANIE Z SEMINARIUM LABORATORIUM WZORCOWANIA PRZYRZĄDÓW DOZYMETRYCZNYCH I RADONOWYCH	175
DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI.....	177
REALIZACJA PRAC DZIAŁU SZKOLENIA I INFORMACJI CLOR W 2019 R.	179
SPIS PUBLIKACJI CLOR W 2018 R.	181
SPIS PUBLIKACJI CLOR W 2019 R.	183

Przedmowa

Niniejszy raport stanowi zwięzły opis działalności Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej w latach 2018 – 2019. Szczegółowy opis działalności można znaleźć w ekspertyzach i wydawnictwach wydawanych przez CLOR w ramach jego zadań statutowych, również dostępnych na stronie internetowej CLOR¹. Wyjątkowo, raport obejmuje okres dwuletni, ponieważ wiele zadań CLOR rozpoczętych w 2018 roku miało swoją kontynuację w roku 2019, (całodobowa Służba Awaryjna CLOR przy Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR), czy też monitoring gleb na rzecz Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska). Przy tym był to okres, kiedy organem nadzorującym CLOR by Minister Energii, a w szczególności Departament Energii Jądrowej ME, co stworzyło dogodne przesłanki dla rozwoju naszego instytutu, zwłaszcza zapoczątkowało okres kilkuletniej dotacji na modernizację sieci stacji wczesnego ostrzegania ASS-500.

Warto przypomnieć, że CLOR powstał w 1957 roku, na rok przed rozpoczęciem działalności pierwszego badawczego reaktora w Polsce (EWA Świerk), jako odrębny specjalistyczny instytut badawczy, z misją prowadzenie prac operacyjnych i badawczo-rozwojowych związanych z bezpieczeństwem radiacyjnym kraju, a w szczególności wokół wspomnianego obiektu jądrowego. Była to wtedy jedna z pierwszych tego typu placówek w Europie.

Od momentu powstania CLOR prowadzi krajowy monitoring skażeń promieniotwórczych środowiska: powietrza, gleby, wód powierzchniowych oraz osadów dennych rzek i jezior, fauny i flory, a na podstawie uzyskanych danych, wykonuje specjalistyczne ekspertyzy z zakresu oceny narażenia radiacyjnego środowiska i ludności. Jednocześnie monitoruje środowisko pracy pracowników narażonych na ekspozycje od źródeł promieniowania jonizującego występujących w medycynie i przemyśle i dokonuje oceny narażenia w warunkach nagłych uwolnień substancji promieniotwórczych, czy też będących skutkami ataków terrorystycznych, jak i rozciągniętych w czasie uwolnień technologicznych z obiektów jądrowych.

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

człowieka, CLOR znakomicie się sprawdza w roli krajowego zaplecza eksperckiego (TSO ang: Technical Support Organization) o wysokich kompetencjach i wiarygodności, co powinno skutkować pozytywnym wpływem na społeczną akceptację rozwoju energetyki jądrowej w Polsce planowaną na najbliższe lata.

Monitoring krajowy²

W ramach umów zleczanych przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, CLOR prowadził regularny krajowy monitoring skażeń powietrza, żywności i wody pitnej oraz przeprowadzał ocenę sytuacji radiacyjnej w otoczeniu obiektów jądrowych. Działalność ta obejmowała m.in.:

Pomiary skażeń powietrza przez sieć stacji ASS-500

CLOR dysponuje siecią stacji ciągłego pomiaru skażeń powietrza ASS-500 funkcjonującą dla potrzeb Państwowej Agencji Atomistyki. Stacje ASS-500, jako jedyne w kraju, charakteryzują się wysoką czułością pomiarową, adekwatną do stężeń aerozoli promieniotwórczych powietrza, jakie mogą się pojawić w przypadku niekontrolowanych uwolnień substancji promieniotwórczych z obiektów jądrowych zlokalizowanych w kraju np. reaktor Maria w Świerku lub poza granicami Polski. Sieć jest własnością CLOR (instytut posiada patent na konstrukcję tych stacji) i od momentu powstania (1992 r.) jest przez CLOR nadzorowana.

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

CLOR prowadzi kompleksową ocenę sytuacji radiacyjnej wokół ww. obiektów jądrowych, która obejmuje badania skażeń wody źródlanej i wody gruntowej, trawy, gleby i aerozoli powietrza oraz pomiarów mocy dawki. Dodatkowo przy ocenie sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku w 2018 roku badania obejmują również próbki wody z rzeki Świder, wody studziennej, wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku, jodu promieniotwórczego w postaci gazowej oraz gazów szlachetnych.

¹ <http://www.clor.waw.pl/clor/clor.htm>

² Szczegółowy zakres prac jakie CLOR ma świadczyć na rzecz Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki ustala Umowa Ramowa z Prezesem (PAA) z dn. 3 kwietnia 2012 r.. Powyższa Umowa

Ramowa zapoczątkowała proces autoryzowania CLOR przez Prezesa PAA jako organizacji eksperckiej w myśl art. 66 ust 1 i 6, art. 66a ust 1-8 ustawy Prawo Atomowe.

Oznaczanie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i ocenę dawek od jej spożycia

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód wodociągowych jest zlecany przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki i wynika z zobowiązań Polski w ramach Traktatu EURATOM oraz Dyrektywy Komisji Europejskiej 2013/59/EURATOM z dnia 5 grudnia 2013 r.

Monitoring dotyczy badań uzdatnionej wody wodociągowej z głównych ujęć miast wojewódzkich. Monitoring odbywa się cyklicznie obejmując w każdym roku inne wybrane trzy miasta. Prowadzona jest również ocena narażenia ludności w skutek spożywania tej wody.

Monitoring komponentów środowiskowych Morza Bałtyckiego

CLOR prowadzi wieloletnie badania zawartości pierwiastków promieniotwórczych w osadach dennych i biocie w Morzu Bałtyckim (współpraca wszystkich krajów nadbałtyckich) w ramach Komisji Helsińskiej (Helsinki Commission, Baltic Marine Environmental Protection Commission, Helcom Mors).

Monitoring radiologiczny polskich rzek i jezior

CLOR prowadzi wieloletni monitoring radiologiczny gleb oraz rzek i jezior na potrzeby Głównego Inspektora Ochrony Środowiska (zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska). Badanie skażeń gleby w Polsce przeprowadzane jest w cyklu dwuletnim na podstawie próbek gleby pobranych z 264 lokalizacji. Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych obejmuje próbki wody i osadów dennych pobrane 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).

Działalność operacyjna

Działalność operacyjna CLOR obejmowała w latach 2018-2019:

Całodobową Służbę Awaryjną

W 2018 roku rozpoczęła działalność całodobowa Służba Awaryjna CLOR przy Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR) Państwowej Agencji Atomistyki. W 2019 roku umowę przedłużono do 30 czerwca 2020 r. Ww. działalność ma charakter operacyjny, wspomagający zespół CEZAR-a, jak również służby mundurowe kontroli granicznej i celnej, a jej zadaniem jest ocena oraz ograniczenie ryzyka radiologicznego w trakcie przechwytywania; niebezpiecznych materiałów promieniotwórczych na terenie kraju, w szczególności na jego granicach.

Laboratorium Monitoringu Jodu

Na zlecenie Prezesa PAA prowadzona jest zadanie pt. Utrzymanie gotowości Laboratorium Monitoringu Jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy. Laboratorium powstało w 1997 r. w ramach inicjatywy Prezesa PAA, jako element systemu oceny sytuacji radiacyjnej kraju w przypadku wystąpienia wielkoskalowej awarii obiektu jądrowego lub lokalnych zdarzeń radiacyjnych w pracowniach endokrynologii stosujących otwarte źródła promieniotwórczego jodu I-131 lub technetu Tc-99m. Do zadań Laboratorium należy utrzymanie w gotowości aparatury do podjęcia natychmiastowych pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy oraz prowadzenie systematycznej oceny narażenia zawodowego w zakładach medycyny nuklearnej.

Monitoring wewnątrz obiektów jądrowych

W 2019 roku podpisano umowę z Zakładem Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP) z siedzibą w Świerku na wykonanie oceny bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej wewnątrz obiektów ZUOP w Otwocku - Świerku oraz ochrony radiologicznej wewnątrz Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie.

Działalność badawczo-wdrożeniowa

Dotacja statutowa MNiSzW

W ramach dotacji statutowej MNiSzW, CLOR prowadził w latach 2018 -2019 roku około dziesięciu prac o charakterze naukowym poświęconych głównie specjalistycznym badaniom środowiskowym. Prace te dotyczyły m.in. „Oceny sytuacji radiacyjnej na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego i Poleskiego Parku Narodowego”, „Oznaczania stężeń promieniotwórczych ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb , w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych”) jak również badań mających na celu wdrożenie nowych metodyk pomiarowych. Prace wdrożeniowe, skupiały się głównie na adaptacji krajowego systemu ochrony radiologicznej do zadań ujętych w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ), dobrze się wpisując w zadanie szczegółowe Celu 6 Programu PPEJ „Wzmocnienie krajowego systemu reagowania na zdarzenia radiacyjne pod kątem funkcjonowania energetyki jądrowej, w tym wzmocnienie krajowego systemu monitoringu radiacyjnego”. Modernizacja oraz rozszerzenie metodyki pomiarowej i własnych procedur systemowych wynika też z nowych zaleceń i dyrektyw UE, które zostały lub

w najbliższym czasie będą transponowane do prawa krajowego^{3,4}.

Przykładowo, w okresie: 2018-2019 roku kontynuowano prace związane z wdrożeniem i rozszerzeniem metodyki pomiarowej oraz zwiększeniem wydajności akredytowanego Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (AB 1215) w oparciu o unikalny nisko-tłowy licznik scyntylacyjny Quantulus GCT (zakupiony w 2017 roku). Wdrożono m.in.:

- metodę oznaczania całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w wodach niezasolonych,
- metodę oznaczania radu ²²⁶Ra w wodzie pitnej,
- metodę oznaczania promieniotwórczego strontu ⁸⁹Sr i ⁹⁰Sr w próbkach żywnościowych i wody.

W 2019 r. uzyskano finansowanie z Ministerstwa Energii (ME) na zakup specjalistycznej aparatury do przygotowania próbek biologicznych, co pozwala na uruchomienie w przyszłości metody oznaczania w próbkach środowiskowych stężeń aktywności węgla ¹⁴C oraz trytu organicznego OBT (ang. Organically Bound Tritium).

Wdrażana metodyka będzie unikalna na skalę krajową i znacznie poszerzy możliwości pomiarowe akredytowanego Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (AB1215).

W tym samym okresie w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania prowadzono prace związane z adaptacją i zwiększeniem wydajności metodyki pomiarowej stężenia radonu ²²²Rn, w oparciu o tzw. metodę pasywną z zastosowaniem folii CR-39. Pozwoliło to na wdrożenie tej metody i rozszerzenie zakresu akredytacji Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (AB 450). Prowadzono również badania nad analizą korelacji stężenia radonu w budynkach i budowy geologicznej podłoża w wybranych lokalizacjach w Polsce. Opracowano również projekt sondy środowiskowej do pomiaru naturalnego tła promieniowania opartej o detektor scyntylacyjny LaBr₃(Ce).

Dotacja Ministerstwa Energii - Unowocześnienie sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach powietrza w Polsce

W okresie 2018 -2019 roku w Zakładzie Dozymetrii, dzięki uzyskanej dotacji z ME, prowadzono inwestycję pod nazwą „Unowocześnienie sieci wczesnego ostrzegania o

skażeniach powietrza w Polsce”. Ta inwestycja pozwoliła odnowić i unowocześnić sieć stacji ASS-500 w sześciu lokalizacjach (w 2018 roku w Sanoku, Białymstoku i Szczecinie w oraz w 2019 roku we Wrocławiu, Krakowie i Zielonej Górze). Inwestycja będzie kontynuowana w 2020 r.

Stacje ASS-500, nadzorowane przez CLOR, stanowią główny trzon sieci radiacyjnego monitoringu Polski. Ta inwestycja pozwoli kontynuować prace nad odnowa i unowocześnieniem bardzo ważnej z dla ochrony radiologicznej sieć stacji pracujących w systemie wczesnego ostrzegania o skażeniach powietrza w Polsce

Usługi statutowe

Usługi statutowe CLOR obejmują szeroki wachlarz ekspertyz o charakterze komercyjnym i powiązane są z działalnością akredytowanych laboratoriów Instytutu, tzn.:

- Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (AB 1215)
- Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (AP 057)
- Pracownię Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (AB 450)
- Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (AB 1108).

W omawianym okresie, w związku z nowymi regulacjami prawnymi⁵, nastąpiło znaczne zwiększenie ilości analiz radiologicznych. Od 2016 roku CLOR posiada licencję Państwowego Powiatowego Inspektora Sanitarnego na prowadzenie specjalistycznych analiz zawartości pierwiastków promieniotwórczych w wodzie (radonu ²²²Rn, trytu HTO oraz radu ²²⁶Ra i ²²⁸Ra). Ww. licencja została odnowiona w 2018 r. w tym też roku CLOR przeprowadził analizy ok. 1000 próbek wody. Wyniki analiz próbek wody będą przekazane do bazy danych Głównej Inspekcji Sanitarnej, która przygotowuje raport dla Komisji UE.

Działalność ekspercka

Jak wspomniano we wstępie, CLOR pełni funkcję organizacji wsparcia eksperckiego TSO dla centralnych organów administracji rządowej, a eksperci CLOR m.in.:

- Braли udział w pracach grup roboczych Komitetu Ochrony Radiologicznej i Zdrowia Publicznego „” (CRPPH ang.: Committee on Radiation Protection

³ Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, zobowiązuje przedsiębiorstwa zarządzające ujęciami wody pitnej (kilkanaście tysięcy ujęć w Polsce) do zamówienia specjalistycznej analizy zawartości pierwiastków promieniotwórczych w wodzie (radonu ²²²Rn, trytu HTO, radu ²²⁶Ra, ²²⁸Ra).

⁴ Nowelizacja Ustawy Prawo Atomowe i rozporządzenia wdrażających Dyrektywę Rady UE 2013/59/EURATOM

wprowadzające m.in. wymóg przeprowadzenia pomiarów radonu ²²²Rn w pomieszczeniach i stanowiskach pracy.

⁵ Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, zobowiązuje przedsiębiorstwa zarządzające ujęciami wody pitnej (kilkanaście tysięcy ujęć w Polsce) do zamówienia specjalistycznej analizy zawartości pierwiastków promieniotwórczych w wodzie (radonu ²²²Rn, trytu HTO oraz radu ²²⁶Ra i ²²⁸Ra).

and Public Health) Miało to miejsce 76 razy w- 2018 roku i w 77 razy w 2019 roku.

- Uczestniczyli w charakterze konsultantów na rzecz Wydziału ds. Transgranicznych i Strategicznych Ocen Oddziaływania na Środowisko Generalnej Dyrekcji Ochrony Środowiska, biorąc udział np. w negocjacjach transgranicznych ze Słowacją w związku z rozbudową Elektrowni Jądrowej (EJ) w Bohunicach, czy opracowując opinię odnośnie dokumentu przekazanego przez stronę czeską dotyczącego toczącego się postępowania w sprawie transgranicznego oddziaływania na środowisko przedsięwzięcia pod nazwą „Nowe źródło energii jądrowej w miejscowości Dukovany”,
- na bieżąco opiniowali dokumenty dla Departamentu Energii Jądrowej (DEJ) ME.

Przedstawiciel CLOR dr. Paweł Krajewski jest nominowany na czteroletnią kadencję jako ekspert Grupy Ekspertów paragrafu 31 traktatu EURATOM (ang.: The Group of Experts referred to in Article 31 of the Euratom Treaty),

Realizacja projektów strategicznych i międzynarodowych

W omawianym okresie, przy intensywnej współpracy ośrodków międzynarodowych była prowadzona działalność idąca w kierunku unowocześnienia krajowego systemu ochrony radiologicznej. Eksperti CLOR m.in. uczestniczyli w:

- trzyletnim grantie pt. EURAMET METRORADON Reference nr. 16ENV10 pod nazwą Metrologia monitoringu radonu (projekt jest finansowany przez UE od 01.06.2017 r.). Projekt ten dotyczy walidacji metod pomiarów radonu w krajach UE pod kątem wymagań Dyrektywy Rady UE 2013/59/EURATOM z wykorzystaniem radonowej komory wzorczącej CLOR.
- trzyletnim projekcie EURAMET PREPAREDNESS Reference nr. 16ENV04 pod nazwą. Metrologia mobilnych metod detekcji promieniowania jonizującego w następstwie wypadku jądrowego lub zdarzenia radiacyjnego(projekt jest finansowany przez UE od 01.08.2017 r.).

W 2019 roku zgłoszono i uzyskano finansowanie w następujących konkursach zagranicznych w ramach UE EMPIR EURAMET:

- projekt pod nazwą Implementacja metrologii radonu do analizy budżetu gazów cieplarnianych (GHG ang.: Geern House Gases) I ochrony radiologicznej w środowisku (IRMAG), ang.: Implementation of radon metrology for the analysis for the atmospheric budget of greenhouse gases and radiation protection in the environment. Projekt ten poprzednio nosił nazwę traceRADON (i w), ()

- projekt EU-RADION ang.: European System for Improved Radiological Hazard Detection and Identification, Horizon 2020, Call: H2020-SU-SEC-2018-2019-2020, (Security),
- 8 lipca 2015 r. podpisano długoletnią umowę o współpracy z Niemieckim Biurem Federalnym Ochrony przed Promieniowaniem (BfS ger.: Bundesamt für Strahlenschutz) odnośnie pomiarów gazów szlachetnych ⁸⁵Kr i ¹³³Xe wokół kompleksu Świerk składającego się z reaktora „Maria” oraz Zakładu Produkcji Izotopów POLATOM. w okresie 2018 -2019, pomiary były kontynuowane w cyklu 10-dniowym.
- W ramach systemu zarządzania jakością zgodnie z normą PN-EN ISO/IEC 17025:2005 akredytowane Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (AB 1215), rutynowo bierze udział w międzynarodowych porównaniach laboratoryjnych organizowanych przez znajdującą się w Wiedniu Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (MAEA), dotyczących oznaczanie ²³⁸U, ²³⁴U, ²²⁶Ra, ²¹⁰Po i ²⁴¹Am w różnych komponentach środowiska i produktach żywnościowych.
- Prowadzono również prace w ramach Grupy Roboczej zajmującej się testowaniem i walidacją modeli komputerowych służących do przewidywania dawek i skażeń środowiska przy uwolnieniach substancji promieniotwórczych z instalacji jądrowych, w ramach programu MAEA MODARIA II (ang.: Environmental Modeling for Radiation Safety) (2016-2019).

Udział w programie edukacji i informacji społecznej

Poza szkoleniami profesjonalnymi Inspektorów Ochrony Radiologicznej (IOR) oraz operatorów aparatury wytwarzającej promieniowanie jonizujące typu A-A, S-A, S-Z., w omawianym okresie Instytut prowadził specjalistyczne szkolenia dla Straży Granicznej, Obrony Cywilnej oraz studentów Głównej Szkoły Służby Pożarniczej. w ramach programu szkolenia kadr na potrzeby energetyki jądrowej CLOR kontynuował współpracę 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). w ramach prac standaryzacyjnych CLOR prowadzi sekretariat i przewodniczy w Komitecie Technicznym KTNr246 „Ochrona - radiologiczna” w Polskim Komitecie Normalizacji.

W podsumowaniu, należy podkreślić, że osiągnięcie wysokiego stopnia kompetencji oraz dobrych wyników merytorycznych i finansowych w 2018 r i 2019 r. są

zasługą całej załogi CLOR, której w tym miejscu należy się podziękowanie Dyrekcji za jej wysiłek i wierność trzem podstawowym zasadom instytucji wsparcia naukowo-

technicznego: wysoki poziom kompetencji, niezależna i obiektywna opinia oraz otwartość i zaangażowanie w kontaktach z nieprofesjonalistami.

Dyrektor
Centralnego Laboratorium
Ochrony Radiologicznej

Dr Paweł Krajewski



Rok 2018

Zakład Higieny Radiacyjnej

Zakład Higieny Radiacyjnej w 2018 roku.

Zakład Higieny Radiacyjnej pod tą nazwą funkcjonuje od 1971 r. w 2018 roku w Zakładzie zatrudnionych było 9 osób:

Kierownik Zakładu - dr Małgorzata Kardaś

Pracownicy: mgr Agnieszka Fulara, mgr Wojciech Muszyński, dr Krzysztof Pachocki, mgr inż. Barbara Rubel, dr Ewa Starościak, dr Maria Suplińska, Katarzyna Trzpił, mgr inż. Monika Wasilewska, Adam Adamczyk.



Pracownicy Zakładu Higieny Radiacyjnej

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 środowiska lądowego i morskiego oraz żywności, pod kątem zawartości radionuklidów pochodzenia naturalnego oraz sztucznych, 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 zarówno naturalnych jak i sztucznych.

W ramach prac monitoringowych w roku 2018 w Zakładzie Higieny Radiacyjnej realizowano prace o następującej tematyce:

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

- Oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach pożywienia. Prowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów ^{137}CS i ^{90}Sr przez placówki podstawowe

wykonujące pomiary skażeń promieniotwórczych; w ramach monitoringu radiacyjnego kraju;

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

- Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół ośrodka w Świerku.

- Oznaczanie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i ocena dawek od jej spożycia

- Wykonanie pomiarów służących ocenie dawek od narażenia wewnętrznego przez akredytowane Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych.

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

- „*Polysiphonia fucooides* jako naturalny sorbent izotopów plutonu.”;

- Adaptacja do warunków polskich modelu PCXMC szacowania dawek promieniowania otrzymywanych przez pacjentów w rentgenodiagnostyce.

- Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych;

- Adaptacja metody oznaczania stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr i ^{89}Sr w próbkach żywnościowych i wodzie metodą ciekłej scyntylicacji;

- Adaptacja metody pomiaru całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w wodach niezasolonych – metodą ciekłej scyntylicacji;

- Adaptacja metody oznaczania Ra-226 w wodzie za pomocą spektrometrii ciekło-scyntylicacyjnej.”

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

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

- stężeń promieniotwórczych trytu, ^{90}Sr , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w próbkach wody metodą radiochemiczną,

- stężenia promieniotwórczych trytu, ^{239}Pu , ^{240}Pu i ^{238}Pu , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U w próbkach moczu metodą radiochemiczną,

- stężenia promieniotwórczych ^{239}Pu , ^{240}Pu oraz ^{238}Pu i ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U w próbkach żywności metodą radiochemiczną,

- stężenia promieniotwórczych ^{90}Sr w próbkach żywności i pasz metodą radiochemiczną,

- stężenia promieniotwórczych ^{239}Pu , ^{240}Pu i ^{238}Pu w próbkach gleby i osadów dennych metodą radiochemiczną.

W ramach prac akredytowanego laboratorium wykonaliśmy ponad 2600 analiz spektrometrycznych i ponad 2000 analiz radiochemicznych. Badania były wykonane na zlecenie zarówno klientów krajowych jak i zagranicznych.

W 2018 roku Zakład Higieny Radiacyjnej Swoje kompetencje w zakresie oznaczania pierwiastków promieniotwórczych w próbkach o różnej matrycy, potwierdził poprzez wielokrotny udział z pozytywnym wynikiem w krajowych i międzynarodowych międzylaboratoryjnych porównaniach oraz badaniach biegłości:

1. Państwowa Agencja Atomistyki/Instytut Chemii i Techniki Jądrowej Pomiary porównawcze w zakresie oznaczania izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr przez placówki specjalistyczne prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju, Warszawa, 2018;

2. PROCORAD Intercomparison 2018: Association for the Promotion of Quality Control in Radiotoxicological Analysis LBM CEA Fontenay-aux-roses Cedex, France.

W ramach działań Zakładu Higieny Radiacyjnej prowadzone są również prace naukowo-badawcze, które stwarzają podstawy rozwoju naukowego pracowników.

Wyniki prac w 2018 roku przedstawione były w postaci publikacji i doniesień konferencyjnych w formie plakatów i komunikatów ustnych. Szczegóły załączone są w Aneksie do niniejszego raportu.

Zakład dysponuje następującym sprzętem pomiarowym:

- dwoma niskotłłowymi zestawami pomiarowymi opartymi 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]

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

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

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

- niskotłłowym licznikiem ciekło-scyntylacyjnym WALLAC 1410

- spektrometrem ciekłoscyntylacyjny Quantulus GCT-6220.

W 2018 roku Zakład wzbogacił się o nowy detektor półprzewodnikowy HPGe o wydajności względnej 50% do oznaczenia ilościowego i jakościowego pierwiastków gamma – promieniotwórczych z wykorzystaniem oprogramowania GENIE-2000.

Posiadana aparatura pozwala na rozszerzenie zakresu prac badawczych, w których Zakład uczestniczy. Jednocześnie zwiększa konkurencyjność CLOR na rynku zapotrzebowania na oznaczanie pierwiastków promieniotwórczych.

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w latach 2016-2019

M. Kardaś, A. Fulara, B. Rubel, M. Suplińska, E. Starościk, K. Pachocki, M. Wasilewska

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2018 roku obejmował próbki wody i osadów dennych pobrane 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 6 jeziorach (Wigry, Wardąg, Drawsko, Wielkie Partęczyny, Niestysz, Rogoźno).



Rysunek 1. Usytuowanie punktów poboru.

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.

Ogólną ocenę sytuacji radiologicznej powierzchniowych wód w Polsce przeprowadzono na podstawie średnich stężeń pierwiastków w badanych komponentach środowiska wodnego. Porównanie poszczególnych wyników oznaczeń radionuklidów wiosną i jesienią przysparza trudności, wynikające przede wszystkim z różnych warunków atmosferycznych, w jakich dokonywany jest pobór prób. w przypadku osadów dennych różnice te wynikają dodatkowo z różnic w składzie osadów nanoszonych w miejscach poboru próbek (od typowo

piaszczystych do ilasto gliniastych), w poszczególnych okresach badań.

Średnie roczne stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w wodach dorzecza Wisły, Odry i wodach jezior wynosiły odpowiednio: 3,21 mBq/l, 3,98 mBq/l, 2,29 mBq/l. Średnie roczne stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr było na wyrównanym poziomie i zawierało się w granicach 2,71 mBq/l dla dorzecza Wisły – 3,50 mBq/l dla jezior.

W osadach dennych rzek i jezior obserwuje się duże różnice w stężeniach promieniotwórczych ^{137}Cs i oraz ^{239}Pu a także i ^{240}Pu . Największe zróżnicowanie obserwowano dla jezior. Najmniejsze różnice w stężeniach tych radionuklidów obserwowano w osadach dennych dorzecza Odry.

Średnie roczne stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs w osadach dennych były także zróżnicowane: najniższe w dorzeczu Odry 1,90 Bq/kg, a najwyższe dla jezior 5,07 Bq/kg.

W przypadku ^{239}Pu i ^{240}Pu wartości średnich rocznych stężeń promieniotwórczych były zbliżone dla osadów dorzecza Wisły i jezior, a zdecydowanie niższe dla dorzecza Odry i wynosiły odpowiednio: dla dorzecza Wisły – 21,07 mBq/kg, dla dorzecza Odry – 12,04 mBq/kg i dla jezior – 21,22 mBq/kg

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

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych pozwala na stwierdzenie, że skażenie wód powierzchniowych takimi nuklidami jak ^{137}Cs i ^{90}Sr jest niewielkie. Podobnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i oraz ^{239}Pu i ^{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 wykonano na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska.

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

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

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

Materiałem kontrolnym była woda pitna domieszkowana: ^{137}Cs i ^{90}Sr .

Wymagane stężenie promieniotwórcze dla cezu wynosiło: $0,1 \pm 5 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ a dla strontu: $0,06 \pm 5 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Sprawdzono wzorcowanie spektrometrów gamma (spektrometr Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000) za pomocą źródeł zawierających wiele radionuklidów (mix gamma). Do sprawdzenia kalibracji układu pomiarowego stosowanego do oznaczeń stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr (Niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM, produkcji duńskiej) wykorzystano roztwór wzorcowy ^{90}Sr . Poprawność wzorcowania była potwierdzona w porównaniach krajowych organizowanych przez Instytut Techniki i Chemii Jądrowej i Państwową Agencję Atomistyki.

Do sporządzenia próbek referencyjnych, w celu oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr , pobrano 180 litrów wody z ujęcia w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Oznaczono stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodzie pitnej. Następnie próbki były domieszkowane radionuklidami ^{137}Cs i ^{90}Sr .

Wykonano pomiary sprawdzające, które wykazały, że próbki przygotowano zgodnie z wymaganiami dotyczącymi homogenności i stężeń. Oznaczone w próbkach wody pitnej stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs wynosiło $4,25 \pm 0,37 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$, a stężenie ^{90}Sr wody wynosiło odpowiednio $2,24 \pm 0,20 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Próbki o objętości 5 litrów domieszkowanych ^{137}Cs przygotowano dla 28 placówek, a ^{90}Sr dla 4 placówek, które zgłosiły udział w pomiarach porównawczych. Do każdej próbki dołączono formularze do wpisania danych dotyczących laboratorium i osób

wykonujących pomiary, informacji o metodach oznaczeń oraz danych dotyczących aparatury.

Wyniki oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs otrzymano z 28 placówek. Placówki wykonały łącznie 36 oznaczeń stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs metodą spektrometryczną i radiochemiczną i 4 oznaczenia ^{90}Sr . Wyniki dla obu metod oznaczania ^{137}Cs analizowano oddzielnie. Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej wynoszą w metodzie spektrometrycznej od $-4,2\%$ do $+64,7\%$ oraz od $-74,8\%$ do $-3,1\%$ w metodzie radiochemicznej. Liczba wyników w przedziale $\pm 25\%$ wartości referencyjnej stanowi 89% nadesłanych wyników. Odrzucono cztery wyniki. Pozostałe parametry oszacowano dla 32 wyników w zakresie od $3,22 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ do $4,46 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. Określano parametr Z i oceniano poprawność oraz precyzję nadesłanych przez placówki wyników oznaczeń stężenia promieniotwórczego w próbkach kontrolnych. Wyznaczony parametr Z pozwala ocenić dokładność wyniku pomiaru na tle wyników pomiarów wszystkich placówek biorących udział w pomiarach porównawczych. Wartość bezwzględna wyznaczonego parametru Z jest ≤ 2 dla 28 wyników, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różni się od wartości referencyjnej. Ponadto jeden wynik (metoda spektrometryczna) był w zakresie $2 \leq Z \leq 3$ co oznacza wynik wątpliwy (nie można jednak stwierdzić, czy wynik istotnie różni się od wartości referencyjnej i 3 wyniki były wątpliwe, $Z > 3$. Dotyczyły one metody spektrometrycznej.

Oceniono również poprawność i precyzję. Wynik pomiaru był akceptowany, jeżeli spełniał obydwa kryteria. z oceny wynika, że 30 wyników spełniło oba kryteria.

Placówki wykonały 4 oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr . Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej były w zakresie od 0 do $+32,1\%$. Ze względu na małą ilość oznaczeń nie wyznaczano parametru Z . Oceniono jedynie poprawność i precyzję. Trzy wyniki spełniły kryterium akceptacji.

Praca finansowana na podstawie umowy
z Państwową Agencją Atomistyki nr 21/OR/2018/104
z dnia 18 maja 2018 r.

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

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

Celem pracy było oznaczenie zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach całodziennego pożywienia mieszkańców Warszawy oraz oszacowanie dawki obciążającej od tych radionuklidów wchłanianych z pożywieniem.

Materiał do badań stanowiły próbki całodziennego pożywienia pobrane w stołówce wydającej co najmniej trzy posiłki dziennie. Pobierano po dwa zestawy całodziennego pożywienia przez 5 dni. Całodzienne posiłki pobierano zgodnie z wcześniej opracowaną instrukcją.

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs oznaczano spektrometrycznie (spektrometr Canberra z detektorem HPGe, i oprogramowaniem Genie 2000). Do kalibracji energetycznej i wydajnościowej stosowano źródło wzorcowe zawierające mieszaninę wielu radionuklidów emitujących fotony w zakresie energii od 60 keV do 1836 keV. Stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr oznaczano poprzez pomiar ^{90}Y . z roztworu analizowanej próbki oddzielano ^{90}Sr i po ustaleniu się równowagi ^{90}Sr - ^{90}Y , wydzielano ^{90}Y w postaci szczawianów itru.

Przygotowany preparat pomiarowy z wydzielonym izotopem strontu poddawano pomiarom aktywności beta. Do pomiarów zastosowano niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM (Riso, GM-25-5) [1].

Posiłki analizowano z każdego dnia osobno. Dwie porcje całodziennego pożywienia łączono w celu zwiększenia masy próbki do analizy. Posiłki suszono i mineralizowano w piecu laboratoryjnym do uzyskania jednolitego szarego popiołu. Tak przygotowany materiał stanowił próbkę do oznaczeń stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr .

Zakres zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach wynosił $0.06 \div 0.26 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ dla ^{137}Cs i $0.04 \div 0.08 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ dla ^{90}Sr .

Rozrzut zmierzonych zawartości ^{137}Cs w poszczególnych dobowych próbkach zależy od doboru produktów do przygotowania posiłków jak również masy posiłków. Najwyższa oznaczona wartość $0,26 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ może wynikać z podania na obiad pulpetów rybnych. Średnia zawartości ^{90}Sr w posiłkach była na zbliżonym poziomie. Rozrzut zawartości ^{90}Sr w

poszczególnych dniach był związany z doбором produktów i masą posiłków.

Określona w powyższej pracy zawartość ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach nie różni się w sposób zasadniczy od zawartości tych radionuklidów w diecie innych krajów europejskich. w 2017 roku zawartość ^{137}Cs w diecie mieszkańców Finlandii wynosiła od $0,07 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ do $0,58 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ w zależności od regionu a zawartość ^{90}Sr od $0,04 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ do $0,08 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ [2].

Na podstawie oznaczonych zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach oszacowano roczne wchłonięcia analizowanych radionuklidów z żywnością i oszacowano dawkę skuteczną. Dawki te wynosiły odpowiednio $0,6$ i $0,4 \mu\text{Sv}$.

Dawki otrzymywane przez mieszkańców Warszawy w 2018 są na niższym poziomie niż te otrzymywane w latach 2006-2012. Jest to głównie związane z masą spożywanych posiłków, doбором produktów do ich przygotowania a także powolnym spadkiem stężenia radionuklidów sztucznych w żywności. W 2014 roku dawka od ^{137}Cs w diecie mieszkańców Irlandii wynosiła $2,7 \mu\text{Sv}$ [3].

Średnia dawka skuteczna otrzymana przez mieszkańców Warszawy jak również innych miast Polski (wcześniejsze badania) w wyniku skażeń wewnętrznych stanowi ułamek procenta rocznej dopuszczalnej dawki granicznej wynoszącej 1 mSv .

Praca finansowana przez Państwową Agencją Atomistyki w ramach umowy nr 27/OR/2018/102 z dnia 28.06.2018 r.

Literatura

[1] Metodyki stosowane w pracach związanych z monitoringiem środowiska i żywności CLOR, Warszawa, listopad 2015.

[2] Vesterbaccka P et al, Surveillance of Environmental Radiation in Finland. Annual Report 2017. Radiation and Nuclear Safety Authority, STUK-B-226

[3] C.O'Connor et al. Radiation Doses Received by the Irish Population, 2014. Radiological protection Institute of Ireland, RP II/02, June 2014.

Adaptacja metody oznaczania całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w wodach niezasolonych – metodą ciekłej scyntytacji

A.Fulara

Spożywanie wody jest jednym ze sposobów przedostawania się substancji promieniotwórczych do organizmu ludzkiego. Dyrektywa Rady 2013/51/EUROATOM z dnia 22 października 2013r. określa wymogi dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Wskazuje również wartości parametryczne oraz częstotliwość i metody monitorowania substancji promieniotwórczych. Państwa członkowskie mogą stosować strategie kontroli aktywności całkowitej alfa i aktywności całkowitej beta w celu monitorowania wskaźnikowej wartości parametrycznej w odniesieniu do dawki orientacyjnej. W tym celu niezbędne jest ustalenie poziomów kontroli aktywności całkowitej alfa i aktywności całkowitej beta. Zalecany poziom kontroli dla aktywności całkowitej alfa to 0,1 Bq/l. Zalecany poziom kontroli dla aktywności całkowitej beta to 1,0 Bq/l. Oznaczanie całkowitej promieniotwórczości alfa i beta jest ważną metodą monitorowania jakości wody. Zastępuje pełną analizę radionuklidów i pozwala na łatwe i szybkie zdiagnozowanie poziomu zanieczyszczeń pierwiastkami promieniotwórczymi. Funkcjonuje kilka metod pomiarów całkowitej promieniotwórczości alfa i beta. Często stosowaną metodą pomiaru jest technika ciekłej scyntytacji. Celem pracy jest wdrożenie metody pomiaru całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w wodach niezasolonych metodą ciekłej scyntytacji. W ramach pracy został wykonany przegląd dostępnej literatury. Przeanalizowano dostępne procedury oznaczania całkowitej promieniotwórczości alfa i

beta. Zebrany materiał posłużył do przyjęcia założeń do wprowadzenia metody oznaczania całkowitej promieniotwórczości alfa i beta metodą ciekłej scyntytacji.

W ramach kolejnych etapów pracy:

1. Dokonano analizy rynku pod względem urządzeń wspomagających prace przy wykonaniu analizy.
2. Zakupiono odczynniki niezbędne do wykonania pracy.
3. Przygotowano roztwory wzorcowe, do kalibracji licznika ciekło scyntyłacyjnego.
4. Wyniki pracy zostały zaprezentowane podczas Seminarium Sprawozdawczego, które odbyło się 11 marca 2019r.
5. Kolejnym etapem pracy będzie walidacja metody.

Analiza zebranego materiału pozwoliła na wybór najkorzystniejszej metody oznaczania całkowitej promieniotwórczości alfa i beta metodą ciekłej scyntytacji. Zdecydowano, że w Laboratorium zostanie wprowadzona norma PN-EN ISO 11704 - Jakość wody. Pomiar całkowitej aktywności alfa i beta w wodach niezasolonych. Metoda ciekłego licznika scyntyłacyjnego.

Wdrożenie metody pomiaru całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w wodach niezasolonych metodą ciekłej scyntytacji poszerzy ofertę pomiarową Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. W porównaniu do metod, które w tej chwili funkcjonują w Laboratorium zostanie skrócony czas oczekiwania na wyniki pomiarów.

Praca wykonana na zlecenie Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

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

M. Wasilewska

^{226}Ra jest naturalnym pierwiastkiem promieniotwórczym o czasie połowicznego rozpadu 1600 lat. ^{226}Ra występuje w skorupie ziemskiej i jest obecny w wodzie, powietrzu atmosferycznym, glebie oraz wszystkich organizmach żywych. Szczególnie zagrożenie dla człowieka stanowi przyjęty drogą pokarmową.

Aby kontrolować spożycie ^{226}Ra zawartego w wodzie z dniem 27 listopada w Polsce zaczęło obowiązywać rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, w którym określona jest dopuszczalna zawartość ^{226}Ra .

Metoda oznaczania ^{226}Ra stosowana dotychczas w laboratorium jest czasochłonna przez co ogranicza możliwość wykonania większej ilości oznaczeń ^{226}Ra w próbkach.

Celem pracy, było opracowanie metody oznaczania ^{226}Ra w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej, która znacznie skróci czas pomiaru.

Pierwszą częścią realizowanego tematu był przegląd literatury, który stanowił podstawę prowadzenia dalszych działań. Na podstawie doniesień dotyczących oznaczania ^{226}Ra wybrano 3 metody, które będą najkorzystniejsze do wykorzystania ich w laboratorium.

Pierwszą z nich była metoda, którą zaleca Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej. Przewyższa ona dwie pozostałe, ponieważ dzięki niej można oznaczyć nie tylko ^{226}Ra , ale również ^{228}Ra za pomocą tego samego pomiaru.

Drugą metodą była metoda z wykorzystaniem wskaźników chemicznych, które ułatwiają preparatykę próbki.

Ostatnią metodą jest metoda opracowana przez Główny Instytut Górnictwa. Każda ze stosowanych metod opiera się na wytrąceniu, wyizolowaniu a następnie oczyszczeniu osadu $\text{Ba}(\text{Ra})\text{SO}_4$. Różnią się one między sobą głównie ilością stosowanych odczynników i rodzajem scyntylatora.

Podczas przygotowywania próbek do pomiaru, napotkano szereg problemów związanych z chemiczną obróbką próbki.

W pierwszej metodzie pojawił się problem podczas rozpuszczania osadu. Podejrzewano, że jest to kwestia odczynników bądź błędu ludzkiego, jednak po użyciu nowej serii odczynników oraz wykonania oznaczenia przez inną osobę problem nadal występował.

Druga metoda nie sprawdziła się ze względu na za dużą ilość odczynników używanych do analizy.

Trzecia metoda okazała się najodpowiedniejszą. Przygotowanie próbki nie sprawiło problemów. Czas preparatyki został skrócony. w niewielkim stopniu zmieniono ilości poszczególnych odczynników.

Etap końcowy przygotowania próbki do pomiaru, w każdej metodzie wyglądał podobnie. Po uzyskaniu pożądanego osadu mieszało się go w odpowiedniej ilości z wodą oraz ze scyntylatorem, a następnie odstawiało na 30 dni w celu ustalenia się równowagi promieniotwórczej. Trudnością okazało się odpowiednie zawieszenie osadu w scyntylatorze oraz utrzymanie tego zawieszenia przez okres ustalania się równowagi. Po przeprowadzeniu serii badań z wykorzystaniem różnych scyntylatorów oraz różną ilością scyntylatora w stosunku do objętości osadu, stwierdzono, że najlepiej sprawdza się scyntylator Instagel Plus dodawany w ilości 14 ml.

Podczas wykonywania badań zauważono, że bardzo ważnym czynnikiem jest temperatura przechowywania próbek. Przechowywanie próbek w temperaturze pokojowej, powoduje opadanie osadu, przez co powstaje klarowny roztwór wody ze scyntylatorem oraz kilkumilimetrowa warstwa osadu na dnie naczynka scyntylacyjnego. Taka próbka nie jest jednorodna, przez co jej pomiar zostaje zaburzony. Koniecznością jest przechowywanie próbek w niskich temperaturach.

Praca sfinansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Oznaczanie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i ocena dawek od jej spożycia

M. Wasilewska, A. Fulara

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód wodociągowych w 2018 roku obejmował próbki wody pochodzącej z głównych ujęć wody w Warszawie, Lublinie oraz Poznaniu. Wodę uzdatnioną, tłoczoną do sieci pobierano do pojemników polietylenowych o objętości 10 dm³. z każdego punktu pobrano 20 dm³ wody. Woda dostarczona do laboratorium została rozdzielona do badań w następujący sposób:

- 15 dm³ wody przeznaczono do badań zawartości ¹³⁷Cs i ⁹⁰Sr. Próbkę została wstępnie odparowana do ok. 0, dm³. w pierwszej kolejności oznaczano zawartość ¹³⁷Cs, następnie ⁹⁰Sr.
- 4 dm³ wody przeznaczono do badań całkowitej promieniotwórczości alfa i beta.
- pozostały 1 dm³ wody przeznaczono do badań na zawartość trytu.

Łącznie pobrano i wykonano analizy w wodach pobranych z 11 stacji uzdatniania wody. Stężenie promieniotwórcze ¹³⁷Cs zawierało się w granicach od wartości 1,75±0,25 mBq·l⁻¹ dla wody pochodzącej z Zakładu Centralnego (SUW Praga) w Warszawie do 3,26±0,61 mBq·l⁻¹ dla wody pobranej ze Stacji Uzdatniania Wody Gruszczyń w Poznaniu. Średnie stężenie ¹³⁷Cs obliczone dla badanych próbek wody wyniosło 2,69±0,49 mBq·l⁻¹.

W przypadku ⁹⁰Sr zakres stężeń wynosił od wartości 2,02±0,28 mBq·l⁻¹ dla wody pochodzącej z Zakładu Centralnego Stacji Uzdatniania Wody (SUW) Filtry w Warszawie do 5,81±0,82 mBq·l⁻¹ dla wody pobranej ze SUW Poznań. Średnie stężenie promieniotwórcze ⁹⁰Sr w badanych wodach do picia wyniosło 4,17±1,08 mBq·l⁻¹. Wydajności chemiczne wydzielenia strontu były wysokie i wahały się w granicach 96% - 100%.

Stężenie promieniotwórcze trytu przekroczyło granicę detekcji (0,5 Bq·l⁻¹) jedynie w przypadku trzech z jedenastu badanych próbek wody (w Warszawie w wodzie pochodzącej z Zakładu Północnego (Stacja Strefowa Białoleśka) oraz wód pochodzących z Poznania SUW Mosina oraz SUW Mosina nitka zachodnia).

Całkowita promieniotwórczość β badanych wód była niska i zawierała się w zakresie od 0,10±0,02 Bq·l⁻¹ do 0,27±0,03 Bq·l⁻¹.

Średnie stężenie całkowitej promieniotwórczości beta obliczone dla wszystkich analizowanych wód wyniosło 0,16±0,05 Bq·l⁻¹.

Całkowita promieniotwórczość alfa przekroczyła granicę detekcji (0,015 Bq·l⁻¹) jedynie w przypadku trzech z jedenastu badanych próbek wody (w wodzie pochodzącej z Lublina).

Zgodnie z Umową w przypadku przekroczenia wartości 0,1 Bq·l⁻¹ całkowitej promieniotwórczości alfa należało wykonać oznaczenie stężenia ²²⁶Ra, izotopów uranu (²³⁸U, ²³⁴U, ²³⁵U), natomiast w przypadku przekroczenia całkowitej promieniotwórczości beta wartości 1 Bq·l⁻¹, należało określić stężenie ⁴⁰K i ²²⁸Ra.

W żadnej z badanych wód całkowita promieniotwórczość alfa i beta nie przekroczyła powyższych wartości. z tego względu nie prowadzono oznaczeń ²²⁶Ra-, izotopów uranu (²³⁸U, ²³⁴U, ²³⁵U), ⁴⁰K i ²²⁸Ra.

Na podstawie oznaczonych stężeń ¹³⁷Cs i ⁹⁰Sr obliczono roczne wchłonięcia tych radionuklidów z wodą w grupach wiekowych: do 1-go roku życia (spożycie wody 250 l·rok⁻¹), 1 –10 lat (spożycie 350 l·rok⁻¹), 11 do 17 lat (spożycie l·rok⁻¹) i osób dorosłych (spożycie 730 l·rok⁻¹). Na podstawie tych danych obliczono średnie roczne wchłonięcia. Wchłonięcia te wyniosły odpowiednio 0,67±0,12 Bq·rok⁻¹; 0,94±0,17 Bq·rok⁻¹; 1,46±0,27 Bq·rok⁻¹ i 1,97±0,36 Bq·rok⁻¹ dla ¹³⁷Cs. Wchłonięcia ⁹⁰Sr w odpowiednich grupach wiekowych były następujące: 1,04 ± 0,27 Bq·rok⁻¹; 1,46±0,38 Bq·rok⁻¹; 2,25±0,58 Bq·rok⁻¹ i 3,05±0,79 Bq·rok⁻¹.

W oparciu o roczne wchłonięcia i odpowiednie współczynniki przeliczeniowe wyrażone w Sv·Bq⁻¹, podane w Tabeli 4 (Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168) obliczono obciążające dawki skuteczne.

Dawki od wchłonięć ¹³⁷Cs mieszczą się w zakresach od 0,010 do 0,026 μSv·rok⁻¹ co stanowi niewielki procent (0,0010-0,0026%) rocznej dawki granicznej dla osób z ogółu ludności określonej w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168 (1mSv·rok⁻¹).

Od wchłonięć ^{90}Sr dawki mieszczą się w zakresie od 0,085 do 0,240 $\mu\text{Sv}\cdot\text{rok}^{-1}$ co stanowi 0,0085% - 0,0240% dawki granicznej.

Otrzymane wyniki wskazują, że obciążające dawki skuteczne są zaniedbywalnie małe a wody wodociągowe we wszystkich badanych miastach spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r.

Pracę wykonano zgodnie z Umową nr 26/OR/2018/99 zawartą w dniu 25.06.2018r. pomiędzy Skarbem Państwa – Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki a Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Adaptacja metody oznaczania ^{89}Sr i ^{90}Sr w próbkach żywnościowych i wodzie metodą ciekłej scyntytacji

B. Rubel, M. Kardaś

Radionuklidy strontu pojawiły się w środowisku w wyniku działalności człowieka. Próbne wybuchy jądrowe, awarie elektrowni jądrowych (m.in. w Czarnobylu i Fukushima), a także uwolnienia z pracujących elektrowni jądrowych i zakładów przeróbki paliwa jądrowego to główne źródła tych radionuklidów w środowisku. Najbardziej toksycznym, promieniotwórczym izotopem strontu uwalnianym do środowiska wskutek zdarzeń radiacyjnych jest ^{90}Sr o długim okresie połowicznego zaniku zarówno fizycznym ($T_{1/2}$ -28 lat) jak i biologicznym (12-18 lat). Drugim istotnym izotopem strontu jest ^{89}Sr o znacznie krótszym okresie połowicznego zaniku (50,57 dni). Pozostałe dwa izotopy ^{91}Sr i ^{92}Sr mimo krótkich okresów połowicznego zaniku mogą mieć również znaczący wkład w skażenia środowiska bezpośrednio po incydencie radiacyjnym ze względu na ich uwolnienia w większych ilościach od pozostałych izotopów strontu. z powyższych względów celowe jest opracowanie różnych metod pozwalających na oznaczenie izotopów strontu w różnorodnych próbkach środowiskowych. Metody powinny należeć zarówno do tak zwanych metod szybkich do zastosowania w krótkim czasie po awarii jądrowej, jak i tych stosowanych w planowym monitoringu środowiska i żywności.

Do oznaczeń ^{90}Sr i ^{89}Sr można zastosować wiele technik pomiarowych opartych na pomiarze promieniowania beta: liczniki proporcjonalne, liczniki GM, liczniki do ciekłej scyntytacji, licznik Czerenkowa. Radionuklidy ^{90}Sr i ^{89}Sr oraz produkty rozpadu ^{90}Y i ^{89}Y są emiterami promieniowania beta i ich pomiar większością stosowanych liczników beta oraz spektrometrów beta nie jest selektywny w obecności innych izotopów beta promieniotwórczych. Dlatego też istnieje konieczność wydzielenia tych radionuklidów od pozostałych i dopiero wtedy prowadzenie pomiarów. Jednym z głównych zadań jest tu separacja izotopów strontu od ^{137}Cs , ^{131}I , ^{133}Ba , ^{140}La , ^{226}Ra , ^{241}Pu , La, oraz Sc. Wykorzystuje się w tym celu metody polegające na współstrącaniu czy tworzeniu związków kompleksowych. Zastosowanie kolumn chromatograficznych ze złożem selektywnym jest jedną z lepszych metod oddzielenia strontu od innych pierwiastków mogących zakłócać późniejsze pomiary. Stosowane złoża np. firmy Triskem wykazują wysoką selektywność dla strontu nawet w obecności dużej zawartości wapnia. Jak wiadomo zawartość

wapnia w produktach żywnościowych jest znacznie wyższa niż strontu.

W Zakładzie Higieny Radiacyjnej do oznaczania ^{90}Sr stosuje się metodę polegającą na separacji ^{90}Sr z roztworu analizowanej próbki i –po ustaleniu się równowagi ^{90}Sr z ^{90}Y oraz pomiarze stężenia promieniotwórczego ^{90}Y . Następnie promieniowanie beta ^{90}Y w preparacie mierzone jest niskotłowym licznikiem przepływowym G-M. Metoda charakteryzuje się niskim progiem czułości 0,01 Bq/próbę, ale ze względu na okres potrzebny do osiągnięcia równowagi ^{90}Sr ^{90}Y wymaga czasu. Po zakupie nowego licznika scyntyłacyjnego QUANTULUS pojawiła się możliwość wdrożenia nowej metody oznaczania ^{90}Sr a także ^{89}Sr w próbkach środowiskowych i żywności. Celem pracy było nie tylko wytypowanie metody ale również oszacowanie kosztów związanych z jej wprowadzeniem. Koszt analizy z zastosowaniem metody ciekłej scyntytacji będzie wyższy, od dotychczas stosowanej, ze względu na koszt scyntyłatora i złóż stosowanych do separacji strontu. Natomiast czas potrzebny do wykonania oznaczenia ulegnie skróceniu o co najmniej tydzień. Analizowano również, czy dotychczasowo stosowana wstępna preparatyka próbek i oddzielanie strontu od innych radionuklidów będzie mogła mieć zastosowanie w nowej metodzie.

Zapoznawszy się z literaturą poświęconą oznaczeniom izotopów strontu metodą ciekłej scyntytacji a przedstawioną poniżej i wybrano do prac doświadczalnych metody opracowane przez IAEA: szybka metoda oznaczania ^{90}Sr w mleku, metodę oznaczania izotopów ^{90}Sr i ^{89}Sr w wodzie wg normy PN-EN ISO 13160 oraz metody opisane w pracach I.Lopes et al. i pracy A.Heckel, K.Vogl.

Praca wykonana w ramach badań statutowych na rok 2018. Finansowanie ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Literatura

- N.Vajda, Chang-Kyu Kim., Applied Radiation and Isotopes, 68, (2010), 2306-2326
N.Guerin, Journal of Environmental Radioactivity 175-175 (2017) qq5-119
S.Holmgren et al., Applied Radiation and Isotopes, 110 (2016) 150-154,

S.Holmgren Rondalh, H. Rameback, Applied Radiation and Isotopes, 140 (2018) 87-95,
S.C.Eliane et al. 2013 International Nuclear Atlantic Conference –INAC-2013
J-J.Wang. Applied Radiation and Isotopes, 81 (3013) 169-174,
Z.Grahek et al. Journal of Environmental Radioactivity 181 (2018) 18-31

.Herranz et al., Journal of Environmental Radioactivity 177 (2017) 48-57
PN-EN ISO 13160
I.Lopes et al., Applied Radiation and Isotopes, 93 (2014) 29-32
I.Lopes et al., J.Radioanal. Nucl. Chem (2010) 286, 333-340
A.Heckel, K.Vogl, Applied Radiation and Isotopes 67 (2009) 794-796.

Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych

E. Starościak

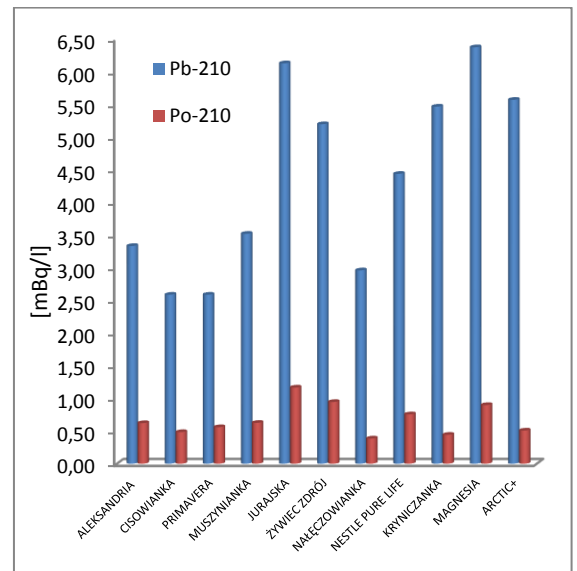
Spożywanie wody jest jednym ze sposobów przedostawania się substancji promieniotwórczych do organizmu człowieka. Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 2013/51/EURATOM z dn. 22.10.2013r. „Określająca wymagania dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi” oraz Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi” (Dz. U. 2017r. poz. 2294), określają poziomy naturalnych i sztucznych pierwiastków promieniotwórczych dopuszczalne w wodach pitnych. Szczegółowe wymagania, jakie powinny spełniać wody mineralne i źródlane reguluje także rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 31.03.2011r „W sprawie naturalnych wód mineralnych, wód źródłanych i wód stołowych”

Celem pracy było radiochemiczne oznaczenie stężeń promieniotwórczych naturalnych izotopów: uranu-234, uranu-235, uranu-238 oraz polonu-210 i ołowiu-210 w próbkach mineralnych i źródłanych wód butelkowanych pochodzących z ujęć z różnych rejonów Polski dostępnych w sklepach na terenie Warszawy.

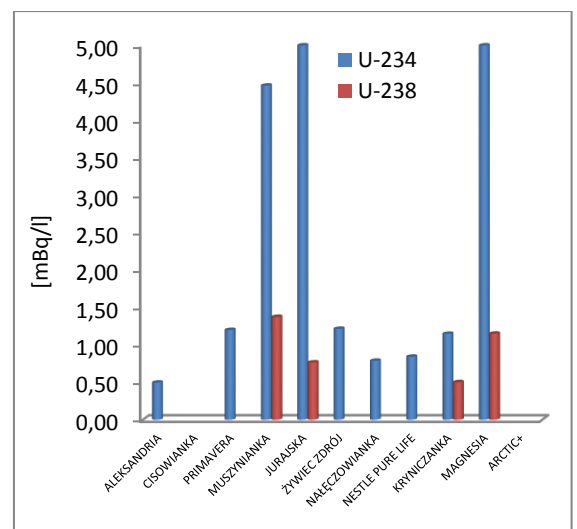
Oznaczone zostały stężenia promieniotwórcze: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w 11 zakupionych próbkach wody: Aleksandria, Cisowianka, Primavera, Muszynianka, Jurajska, Żywiec Zdrój, Nałęczowianka, Nestle Pure Life, Kryniczanka, Magnesia, Arctic+.

Stężenia promieniotwórcze ^{210}Po wahały się w granicach od $0,39 \pm 0,04 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Nałęczowianka, do $1,17 \pm 0,06 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Jurajska. W przypadku ^{210}Pb zakres stężeń wynosił od $2,60 \pm 0,18 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Cisowianka i Primavera, do $6,37 \pm 0,23 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Magnesia. (Wykres 1)

W 9 próbkach wody stężenia promieniotwórcze ^{234}U były powyżej granicy oznaczalności ($0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$) i wynosiły od $0,50 \pm 0,26 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Aleksandria, do $6,24 \pm 0,73 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Jurajska. Stężenia promieniotwórcze ^{238}U w 4 próbkach były powyżej granicy oznaczalności ($0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$) i wynosiły od $0,50 \pm 0,17 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Kryniczanka, do $1,38 \pm 0,35 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Muszynianka. Dla wszystkich badanych próbek wody stężenia promieniotwórcze ^{235}U wynosiły poniżej $0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$. (Wykres 2)



Wykres 1. Stężenia promieniotwórcze ^{210}Po i ^{210}Pb .



Wykres 2. Stężenia promieniotwórcze ^{234}U i ^{238}U .

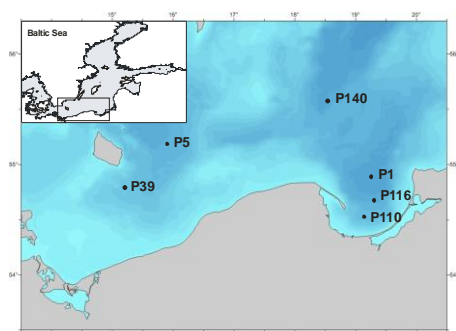
Przeprowadzone badania poszerzyły wiedzę o poziomach narażenia ludności Polski od wchłonięć badanych radionuklidów. Potwierdziły również hipotezę, że badane wody mineralne i źródlane spełniają wymagania zapisane w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dn. 7 grudnia 2017r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi”.

Temat był finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

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

M. Suplińska A. Fulara

Badania obejmują oznaczenie substancji promieniotwórczych, w środowisku morskim: w wodzie, osadach dennych i organizmach żywych (ryby) pochodzących z południowego rejonu Morza Bałtyckiego. Prace te są częścią monitoringu prowadzonego przez wszystkie kraje nadbałtyckie, koordynowanego przez Komisję Helsińską. Dane o skażeniach Morza Bałtyckiego przekazywane są każdego roku do Banku Danych Komisji Helsińskiej.



Rysunek.1. Miejsca poboru próbek wody i osadów dennych

Coroczne badania dotyczą oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra w dorszu, śledziu, szprocie i storni oraz dodatkowo w okoniu. Próbkę ryb, pochodziły z Zatoki Gdańskiej, Basenu Gdańskiego i Basenu Bornholmskiego. Następnie pobrano próbki wody i próbki rdzeniowe osadów dennych w sześciu ustalonych miejscach w rejonie południowego Bałtyku (Rysunek 1). W próbkach wody, z warstwy powierzchniowej i przydennej, przeprowadzono oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra i ^3H . W stratyfikowanych próbkach rdzeniowych osadów dennych wykonano oznaczenia ^{137}Cs i ^{40}K (w sześciu lokalizacjach) oraz oznaczenia ^{238}Pu , ^{239}Pu i ^{240}Pu w dwu wybranych lokalizacjach (w sześciu stacjach w okresie 3 lat). ^{90}Sr oznaczono w próbkach rdzeniowych z sześciu lokalizacji bez podziału na warstwy.

Do oznaczeń ^{137}Cs , ^{40}K stosowano spektrometrię gamma, izotopy plutonu oznaczano metodą radiochemiczną zakończoną pomiarem alfa - spektrometrycznym, ^{226}Ra – metodą emanacyjną, a oznaczenia ^{90}Sr metodą radiochemiczną poprzez pomiar stężenia promieniotwórczego ^{90}Y po ustaleniu równowagi promieniotwórczej ^{90}Sr - ^{90}Y . Do oznaczeń

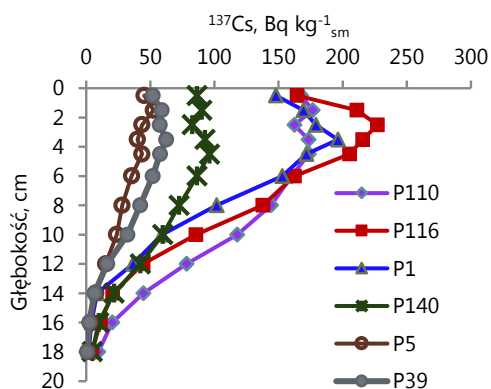
^3H stosowano metodę polegającą na elektrolitycznym, ilościowym wzbogaceniu trytu w próbkach, destylacji koncentratów i pomiarze ich radioaktywności za pomocą spektrometru ciekło-scyntylicyjnego.

Oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra prowadzono w filetach ryb, z wyjątkiem próbek szprota, gdzie analizowano całe tuszki. W corocznie monitorowanych czterech gatunkach ryb najwyższe średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs określono dla dorsza – $3,77 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$, a najniższe dla śledzia – $2,85 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$. Stężenie to w każdym z gatunków ryb maleje w kolejnych latach, chociaż znaczące zmiany widoczne są w dłuższych okresach.[1] Średnie stężenia ^{137}Cs wyliczone dla czterech gatunków ryb w roku 2018 wynosiło $3,10 \pm 0,46 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ i było prawie pięć razy niższe od maksymalnego, odnotowanego w 1989 roku [2]. W okoniu, stężenie ^{137}Cs ($5,59 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$) było prawie dwukrotne wyższe niż w pozostałych gatunkach ryb. Ten gatunek ryb analizowano w bieżącym roku po raz pierwszy.

Stężenie ^{226}Ra było różnicowane w zależności od gatunku ryb, najwyższe określono w dorszu - $88 \text{ mBq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$, a najniższe w okoniu - $13 \text{ mBq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$. Stężenie ^{40}K w rybach było w zakresie $93,1 \div 122 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ i tak samo jak w przypadku ^{226}Ra nie zmieniło się w czasie w ciągu wieloletnich badań.

Stężenia ^{137}Cs w wodzie bałtyckiej były w zakresie $18,0 \div 31,6 \text{ Bq m}^{-3}$. Niższe wartości charakteryzowały wodę przydenną ze stacji P 5 (Głębia Bornholmska) – wpływ wlewnów wód z Morza Północnego oraz wodę ze stacji P 110 (Zatoka Gdańska), gdzie obserwuje się rozcieńczający wpływ wód rzecznych. Stężenie ^{40}K w wodach powierzchniowych zmieniło się w zakresie $2267 \div 3059 \text{ Bq m}^{-3}$. W wodach przydennych stężenia ^{40}K wzrastały wraz z zasoleniem, obejmując zakres $3060 \div 6766 \text{ Bq m}^{-3}$. Stężenia ^{226}Ra w wodzie powierzchniowej mieściły się w zakresie $2,74 \div 3,15 \text{ Bq m}^{-3}$, a w przydennej były wyższe i ich zakres wynosił $4,00 \div 6,99 \text{ Bq m}^{-3}$. Oznaczenia trytu wykonano w zbiorczych próbkach wody powierzchniowej oraz wody przydennej południowego Bałtyku. Stężenia promieniotwórcze ^3H wynosiły odpowiednio: $3,1 \pm 0,5 \text{ kBq m}^{-3}$ oraz $2,4 \pm 0,3 \text{ kBq m}^{-3}$ i mieściły się w zakresie stężeń charakterystycznych dla całego obszaru Bałtyku[3].

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[4]. Najwyższe stężenia ^{137}Cs obserwowano w Basenie Gdańskim (P 110, P 116, P 1), obejmowały zakres $176 \div 227 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$, natomiast najniższe stężenia obserwowane w rejonie Basenu Bornholmskiego (P 5 i P 39) wynosiły $52,5 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m}}$ i $62,3 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$. We wszystkich lokalizacjach stężenia ^{137}Cs zmniejszają się w głąb profili osadowych, najczęściej do pojedynczych Bq (Rysunek 2).



Rysunek.2. Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w osadach dennych

Oznaczenia izotopów plutonu w osadach dennych w 2018 roku przeprowadzono w próbkach z Basenu Gotlandzkiego (P 140) i z Głębi Bornholmskiej (P 5). W P 140 najwyższe stężenie ^{239}Pu i ^{240}Pu wynoszące $2,11 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m}}$ określono w warstwie 5-7 cm, po czym następował jego sukcesywny spadek do wartości $0,17 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m}}$ w najniższej warstwie. W P 5 obserwowano niższe stężenia $^{239,240}\text{Pu}$, a maksymalne - $1,28 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m}}$ oznaczono w warstwach 4-5 cm. Stężenia ^{238}Pu w P 140 i P 5 były w zakresie $0,002 \div 0,107 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m}}$,

a stosunek stężenia ^{238}Pu do ^{239}Pu i ^{240}Pu w zakresie $0,02 \div 0,05$, był typowy dla opadu promieniotwórczego po testach nuklearnych.

Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr w osadach dennych (oznaczane w warstwie 0-19 cm) były wyrównane w całym rejonie będąc w zakresie $3,21 \div 4,66 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m}}$. Wyliczone stężenia ^{137}Cs i ^{239}Pu i ^{240}Pu dla powyższej warstwy z sześciu lokalizacji były odpowiednio w zakresach $20,5 \div 82,1 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m}}$ oraz $0,6 \div 2,6 \text{ Bq kg}^{-1}_{\text{s.m}}$ (Rysunek 2). Obecnie stężenia ^{90}Sr w osadach dennych Morza Bałtyckiego są 10-20 razy niższe od stężeń ^{137}Cs . Stężenia promieniotwórcze ^{40}K w warstwie 0-19 cm były w zakresie $712 \div 1000 \text{ Bq g}^{-1}_{\text{s.m}}$ i zależały głównie od ilości substancji organicznych oraz składu granulometrycznego osadu.

Literatura

- [1] Aust M-O, Suplińska M, Zalewska T.(2018) Radionuclides in biota. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
- [2] Grzybowska D. Concentration of ^{123}Cs in marine fish from Southern Baltic Sea in 1990-1995, Nukleonika, 42 (3), pp. 665-674.
- [3] Schmied S., Zalewska T, Jakobson E. Radionuclides in seawater. In: Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015, BSEP 151. HELCOM 2018
- [4] Zalewska T., Suplińska M. (2013), Antropogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in southern Baltic Sea ecosystem., Oceanologia, 55 (3) pp.1-33

Praca realizowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki nr 20/OR/2018/101 z dnia 27 kwietnia 2018 r.

Wykonywanie pomiarów służących ocenie dawek od narażenia wewnętrznego przez akredytowane Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych -utrzymanie akredytacji w Laboratorium

E. Starościak, B. Rubel, A. Fulara, M. Kardaś, M. Suplińska, K. Pachocki, K. Trzpił, A. Adamczyk

Praca pt. „Wykonywanie pomiarów służących ocenie dawek od narażenia wewnętrznego przez akredytowane Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych - utrzymanie akredytacji w Laboratorium” była realizowana w 2018 roku w Zakładzie Higieny Radiacyjnej Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. W ramach tematu zrealizowane zostały następujące zadania:

1. Sprawowanie nadzoru przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) nad akredytowanym Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (przeprowadzenie audytu w nadzorze przez ekspertów PCA) – przedłużenie akredytacji na kolejne 4 lata.

W dniu 5 marca 2018 r. w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych odbył się audyt zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów PCA. Podczas oceny auditorzy stwierdzili, że Laboratorium utrzymuje kompetencje do wykonywania badań wszystkimi metodami badawczymi objętymi zakresem akredytacji. Auditorzy nie stwierdzili żadnych niezgodności. W Raporcie z oceny zapisane zostało jedno spostrzeżenie. Uwagi auditorów zostały wnikliwie przeanalizowane, zaplanowano i zrealizowano działania zapobiegawcze do spisanego spostrzeżenia.

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

W związku z doskonaleniem Systemu Zarządzania Laboratorium, uwagami auditorów PCA oraz własnymi spostrzeżeniami z przeglądu dokumentów w 2018 r. wprowadzono aktualizacje dokumentacji oraz opracowano nowe formularze.

W 2018 r. w Laboratorium odbyło się 10 szkoleń wewnętrznych zgodnie z „Planem szkoleń w roku 2018” oraz wynikających ze zmian wprowadzonych w dokumentacji systemu zarządzania i realizacji działań zapobiegawczych. Pracownicy Laboratorium wzięli także udział w 7 szkoleniach zewnętrznych oraz 2 spotkaniach międzynarodowych, 1 konferencji i 2 seminariach krajowych.

W 2018r. Laboratorium wzięło udział w międzynarodowym badaniu biegłości i dwóch krajowych porównaniach międzylaboratoryjnych:

-PROCORAD 2018, Francja; wg procedury badawczej QPB5 „Oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{234}U – ^{234}U , ^{235}U i ^{238}U ” – w próbkach moczu.

-Państwowa Agencja Atomistyki/Instytut Chemii i Techniki Jądrowej; ^{137}Cs w próbkach wody i gleby wg procedury QPB1 „Badanie sztucznej i naturalnej promieniotwórczości w próbkach żywności i środowiska metodą spektrometrii gamma” oraz ^{90}Sr w próbkach wody wg procedur: QPB2 „Oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr ” i QPB8 „Oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr w wodzie”.

- GIG/CLOR; wg procedury QPB 3 „Oznaczenie stężenia promieniotwórczego trytu” oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta zgodnie z normami: ISO 9696:2007(E) i PN-ISO 9697:2001. – w próbkach wody.

Zgodnie z Planem zapewnienia jakości wyników badań na rok 2018 wykonano także:

- potwierdzenie powtarzalności metod wg procedur: QPB1, QPB2, QPB3;

- potwierdzenie odtwarzalności metod wg procedur: QPB1, QPB4, QPB5, QPB8 oraz norm: PN- SO 9697:2001 i ISO 9696:2007(E);

- sprawdzenie poprawności obliczeń zgodnie z procedurą QPB3;

- sprawdzanie aparatury zgodnie ze wszystkimi stosowanymi w Laboratorium procedurami i normami;

- dodatek wzorca wewnętrznego zgodnie z procedurami : QPB2, QPB4, QPB5, QPB8.

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

Realizując Program audytów wewnętrznych na rok 2018 w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych przeprowadzone zostały dwa audyty wewnętrzne. W dniach 15 - 16 października 2018 r. odbył się audyt wewnętrzny nr 1/2018 dotyczący wymagań ogólnych systemu zarządzania. w dniach 13 – 14 listopada 2018 r. odbył się audyt wewnętrzny nr 2/2018 dotyczący obszaru technicznego

systemu zarządzania. Audyty wewnętrzne przeprowadzone zostały bardzo wnikliwie. Podczas audytów audytor 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 wag analitycznych. Wykonane zostało także okresowe sprawdzanie aparatury oraz wyposażenia pomocniczego Laboratorium.

Praca była finansowana przez Ministerstwo Energii na podstawie umowy nr 32/II/D/15004/2830/18/DEJ z dnia 16.04.2018r.



Zakład Dozymetrii



Zakład Dozymetrii w 2018 roku

Zakład Dozymetrii (Z-II) jest częścią Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej, ale mieści się w oddzielnym budynku – tzw. bunkrze. Ze względu na charakter prowadzonej działalności, czyli konieczność odcięcia się od promieniowania kosmicznego podczas pomiarów stężeń radionuklidów w różnego rodzaju próbkach, część pomieszczeń Zakładu, stanowiąca Niskotłowe Laboratorium Pomiarów Spektrometrycznych, znajduje się poniżej poziomu gruntu.

Kierownikiem Zakładu jest mgr inż. Krzysztof Isajenko.

Pozostali pracownicy zatrudnieni w Zakładzie w 2018 r. to: mgr Izabela Kwiatkowska, mgr Barbara Piotrowska, mgr Olga Stawarz, mgr inż. Karol Wojtkowski oraz Anita Kiełbasińska. W Zakładzie prowadzone są prace naukowe i badawczo-rozwojowe w zakresie metod radiometrii i dozymetrii promieniowania jonizującego oraz zastosowań tych metod do badań promieniotwórczości środowiska i oceny narażenia człowieka. Zakład Dozymetrii zajmuje się przede wszystkim monitoringiem najróżniejszych komponentów środowiska. Prowadzone są w nim między innymi następujące prace:

- monitoring przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego,
- monitoring gleb w Polsce,
- monitoring surowców i materiałów budowlanych,
- monitoring otoczenia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różaniu i Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

W ramach radiologicznego monitoringu przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego Zakład Dozymetrii nadzoruje pracę sieci stacji ASS-500, pracujących w systemie wczesnego ostrzegania o skażeniach promieniotwórczych (w 2018 roku było to początkowo 12 stacji potem po awarii jednej z nich w styczniu dalszą część roku czynnie działało 11 z nich). CLOR jest właścicielem stacji pracujących w tej sieci (stacja posiada patent nr 184966 od dn. 14.11.1997 r., wydany dn. 17.06.2003 r.). Stacje przez 24 godziny na dobę i 7 dni w tygodniu pobierają z powietrza zanieczyszczenia na filtry, które następnie mierzone są w laboratorium z wykorzystaniem wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma. Filtr w sytuacji normalnej

wymieniany jest raz w tygodniu. Zastosowane metody pozwalają rejestrować zanieczyszczenia powietrza pierwiastkami gamma promieniotwórczymi (naturalnymi i pochodzenia sztucznego) na poziomie ułamków $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Na podstawie zmierzonych poziomów zawartości pierwiastków promieniotwórczych w powietrzu obliczane są dawki, jakie otrzymują mieszkańcy Polski od wchłoneń tych pierwiastków układem oddechowym. Monitoring przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego jest pracą ciągłą finansowaną co roku przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.

Monitoring gleb w Polsce jest finansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie Umowy zawieranej co dwa lata (od roku 1988) z Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska. W ramach pracy w 254 punktach na terenie naszego kraju pobierana jest gleba z powierzchniowej warstwy 0-10cm oraz dodatkowo w 10 punktach z warstwy głębszej 0 - 25 cm. Po wstępnym przygotowaniu próbki są mierzone metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma. W pomiarach określa się stężenia radionuklidów naturalnych (^{226}Ra , ^{228}Ac i ^{40}K) i sztucznego ^{137}Cs oraz oblicza się depozycję (stężenie powierzchniowe) cezu ^{137}Cs . Wyniki prac przedstawiane są w postaci tabel, wykresów, histogramów oraz map radiologicznych, obrazujących przestrzenne rozkłady stężeń i depozycji pierwiastków promieniotwórczych w glebach w Polsce. W 2018 roku zakończono opracowywanie wyników pomiarów stężeń sztucznych i naturalnych radionuklidów w próbkach gleby pobranych jesienią 2016 r. w drugiej połowie 2018 r. powinien rozpocząć się kolejny pobór prób gleby, ale z przyczyn niezależnych został on przeniesiony na rok 2019.

W ramach Zakładu Dozymetrii funkcjonuje akredytowane Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (Certyfikat akredytacji nr AB 1108). Posiada ono akredytację na pomiary promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych oraz odpadów przemysłowych wykorzystywanych w budownictwie. W związku z tym pracownicy Laboratorium muszą przestrzegać norm związanych z działalnością laboratoriów akredytowanych oraz zapisów zawartych w dokumentacji systemu zarządzania.

Ponadto przechodzą systematyczne szkolenia z tematyki związanej z jakością wykonywanych badań, obsługą klienta, obiegiem próbki, obsługą aparatury, czy zmianami wprowadzanymi w systemie zarządzania. W ramach działalności LPPN pracownicy wykonują także dla innych laboratoriów wzorce ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Th , służące do kalibracji aparatury mierzącej radioaktywność naturalną surowców i materiałów budowlanych.

Ponadto pracownicy Zakładu sprawują nadzór merytoryczny nad siecią laboratoriów wykonujących pomiary radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych i przeprowadzają szkolenia dla ich pracowników w zakresie wykonywania badań za pomocą analizatora typu MAZAR.

W 2018 r. dla laboratoriów wykonujących pomiary promieniotwórczości naturalnej w surowcach i materiałach budowlanych przeprowadzono międzylaboratoryjne badania porównawcze. W pomiarach interkalibracyjnych brało udział 28 laboratoriów z całego kraju. Materiałem porównawczym był popiół z Elektrociepłowni Kawęczyn w Warszawie. Laboratoria wykonywały badania dla dwóch różnych czasów pomiaru. Wyniki badań promieniotwórczości naturalnej otrzymane ze wszystkich laboratoriów poddano testom Z i E_n , a także oceniano je pod kątem dokładności i precyzji. Wyniki wszystkich testów otrzymane przez LPPN były pozytywne.

Od wielu lat Zakład Dozymetrii zajmuje się także monitoringiem radiologicznym środowiska w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku i Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie. Większość poborów próbek środowiskowych i pomiarów odbywa się dwa razy w roku (w maju - czerwcu oraz we wrześniu).

Pracownicy Zakładu pobierają próbki gleby, trawy i wody, aby zmierzyć stężenie radionuklidów sztucznych i naturalnych metodą gamma spektrometryczną. Próbki wody poddawane są także analizie radiochemicznej w Zakładzie Higieny Radiacyjnej CLOR. Oprócz tego za pomocą specjalistycznej aparatury -przewoźnej stacji do poboru aerozoli, stężenia gazów szlachetnych i jodu gazowego w powietrzu dokonuje się pomiarów stężenia sztucznych i naturalnych radionuklidów w aerozolah powietrza i w oraz pomiary mocy dawki promieniowania gamma za pomocą komory jonizacyjnej, w tych samych punktach, z których pobierana jest gleba i trawa. Pobór za pomocą przewoźnej stacji jodowej produkcji CLOR, wykonuje się jedynie w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych

w Świerku). Zakład Dozymetrii jedynie pobiera gazy szlachetne w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku, natomiast pomiary wykonywane są w Instytucie Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) we Freiburgu (Niemcy). Stacja do poboru gazów szlachetnych została udostępniona CLOR przez BfS na podstawie dwustronnego porozumienia. W ramach tego porozumienia Zakład Dozymetrii dokonuje poborów gazów szlachetnych, a BfS wykonuje pomiary stężeń pobranych próbek i przekazuje nam wyniki tych badań.

Dodatkowo Zakład Dozymetrii prowadzi inne prace, które nie należą do typowych ciągłych prac monitoringowych. W roku 2018 były to następujące prace:

- prowadzenie bazy danych z wynikami pomiarów radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych prowadzonych przez sieć (ponad 30 laboratoriów w całej Polsce); obecnie baza ta liczy prawie 50 tys. wpisów,

- pomiary stężeń pierwiastków promieniotwórczych ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Ac i ^{137}Cs w próbkach flory pobranych z terenu Kampinoskiego Parku Narodowego,

- pomiary stężeń promieniotwórczych ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Ac i ^{137}Cs w próbkach gleby pobranych z terenu Poleskiego Parku Narodowego.

Ponadto pracownicy Zakładu Dozymetrii dokonują, na podstawie pomiarów specjalistycznymi przyrządami oceny narażenia ludności spowodowanego promieniowaniem jonizującym, którego źródłami są urządzenia techniczne oraz promieniotwórczość środowiska. Przykładowe zadania wykonywane w terenie to pomiary mocy dawki w domach i miejscach pracy za pomocą komory jonizacyjnej i dawkomierzy z licznikiem proporcjonalnym oraz pomiary mocy dawki od promieniowania rentgenowskiego i gamma (dawkomierze o odpowiednim zakresie energetycznym) w pobliżu urządzeń wytwarzających promieniowanie X (tomografy, pantomografy, urządzenia do prześwietlania bagażu, orientometry, dyfraktometry).

Pracownicy Zakładu dokonują także wielu innych pomiarów i ekspertyz radiologicznych – w laboratorium lub w terenie – na zlecenie firm lub osób prywatnych. Są to pomiary spektrometryczne próbek środowiskowych, materiałów budowlanych, tablic ewakuacyjnych, a także pomiary u klienta – np. samochody sprowadzane z Japonii po awarii EJ w Fukushima, domy lub miejsca pracy, w których była wcześniej wykonywana działalność z wykorzystaniem źródeł promieniowania itp.

Pracownicy Zakładu Dozymetrii, współpracują z wieloma instytucjami, między innymi: Instytutem Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie, Szkołą Główną Służby Pożarniczej w Warszawie, Wydziałem Fizyki Politechniki Warszawskiej, Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska - Departamentem Monitoringu i Informacji o Środowisku, Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych - Państwowej Agencji Atomistyki, Akademią Sztuki Wojennej w Warszawie, Wojskową Akademią Techniczną w Warszawie, Instytutem Fizyki Jądrowej PAN im. H. Niewodniczańskiego w Krakowie, POLON IZOT w Warszawie, Instytutem Techniki Budowlanej w Warszawie, Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku i z instytucjami, w których pracują stacje ASS-500. Ponadto CLOR jest członkiem europejskiej grupy Ro5.

W Zakładzie Dozymetrii studenci odbywają praktyki oraz piszą prace magisterskie bądź inżynierskie o tematyce związanej z działalnością Zakładu. Zapewniono możliwość zwiedzania laboratoriów przez uczniów szkół średnich i studentów kierunków ścisłych. Pracownicy Zakładu biorą udział w konferencjach, także jako organizatorzy, wspólnie ze Szkołą Główną Służby Pożarniczej – zorganizowano Pierwszą Ogólnopolską Konferencję Naukową *Praktyczne działania, w przypadku zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i nuklearnych (CBRN)*. Pracownicy Zakładu brali udział w Piknikach Naukowych. Ponadto publikują w różnych czasopismach, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, artykuły dotyczące między innymi metod i wyników badań przeprowadzonych w Zakładzie.

Pracownicy Zakładu Dozymetrii opracowali przenośną stację do poboru aerozoli z przyziemnej warstwy powietrza MASS – 1000 (patent nr 216990 od dn. 26.03.2009 r., wydany dn. 28.07.2014 r.) i utrzymują ją w gotowości do realizacji stosownych zadań. Przeznaczeniem stacji jest pobór na filtry dużych próbek aerozoli powietrza z jednoczesną analizą gamma spektrometryczną. Stacja może być

wykorzystana do badania aerozolowych zanieczyszczeń powietrza wokół obiektów jądrowych i przemysłowych. Mobilność urządzenia pozwala na szybki pobór próbek z dużej objętości powietrza w dowolnym miejscu i kontrolę uwalnianych do atmosfery radionuklidów. Ciągły pobór aerozoli z warstwy przyziemnej powietrza atmosferycznego trwa od 6 do 12 godzin. Pomiar filtru aerozolowego wykonany jest metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma z wykorzystaniem detektorów HPGe i rozpoczynany jest najpóźniej 1 dzień po wykonaniu poboru. Po pomiarze wykonuje się analizę jakościową i ilościową stężeń izotopów emitujących promieniowanie gamma (naturalnych oraz pochodzenia sztucznego).

W Zakładzie Dozymetrii została również opracowana stacja służąca do poboru jodu w postaci gazowej. Urządzenie to jest pomocne w kontroli promieniotwórczych zanieczyszczeń powietrza wokół obiektów jądrowych, zarówno w sytuacji ich normalnej pracy, jak i w przypadku awarii takiego obiektu. Podczas poboru filtr wstępny z tkaniny Petrianowa jest rozpinany na powierzchni walca w celu ochrony węgla aktywowanego poprzez wyeliminowanie aerozoli promieniotwórczych znajdujących się w powietrzu, z którego pobierana jest próbka. Do absorpcji, gazowego jodu stosuje się węgiel aktywny impregnowany TEDA z jodkiem potasu KI. Celem takiego filtru jest wychwyt i związanie gazowej postaci jodu, który może pojawić się w powietrzu atmosferycznym na skutek awarii czy uwolnienia. Filtr węglowy ma tak dobraną objętość, aby cały węgiel mógł być mierzony na detektorze germanowym w geometrii pojemnika Marinelli.

W 2018 roku w Zakładzie Dozymetrii dodatkowo wykonywane były prace związane z poborem gazów szlachetnych zarówno w Warszawie (CLOR), jak i w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500 (rok 2018).

K. Isajenko, I. Kwiatkowska, B. Piotrowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski,
A. Kiełbasińska, 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 radionuklidów wchłanianych układem oddechowym,

D_i – jest dawką skuteczną od pojedynczego (i -ego) radionuklidu. W niniejszej pracy bierzemy pod uwagę tylko dawki otrzymane od następujących radionuklidów pochodzenia naturalnego: ${}^7\text{Be}$, ${}^{40}\text{K}$, ${}^{210}\text{Pb}$, ${}^{226}\text{Ra}$ i ${}^{228}\text{Ac}$ oraz od wszystkich radionuklidów pochodzenia sztucznego, których stężenia zostały określone na poziomach przekraczających limity detekcji (przy czym ${}^{137}\text{Cs}$ oraz ${}^{131}\text{I}$ uwzględniamy zawsze).

UWAGA – jeśli stężenie jakiegoś radionuklidu nie przekraczało wartości limitu detekcji (LLD, ang.: Lowest Limit of Detection), 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 radionuklidu,

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

$e(g)_i$ – jest wartością obciążającej dawki skutecznej dla i -tego radionuklidu 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).

Działania na jednostkach:

$$D_i : \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] \cdot \left[\frac{\text{Sv}}{\text{Bq}} \right] \cdot \left[\frac{\text{m}^3}{\text{doba}} \right] \cdot [\text{doba}] = [\text{Sv}]$$

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.

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

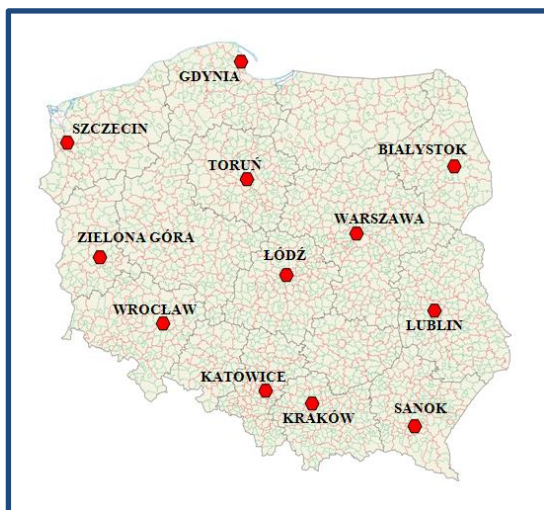
Tabela 1. Prędkości oddychania dzieci w różnym wieku oraz osób dorosłych. [2]

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.

Izotop	Okres połowicznego rozpadu	Wartości e(g) w [Sv·Bq ⁻¹] dla grupy wiekowej g:					
		≤ 1 roku	1÷2 lat	2÷7 lat	7÷12 lat	12÷17 lat	> 17 lat
¹³⁷ Cs	30,0 lat	8,8·10 ⁻⁹	5,4·10 ⁻⁹	3,6·10 ⁻⁹	3,7·10 ⁻⁹	4,4·10 ⁻⁹	4,6·10 ⁻⁹
¹³¹ I	8,04 dnia	7,2·10 ⁻⁸	7,2·10 ⁻⁸	3,7·10 ⁻⁸	1,9·10 ⁻⁸	1,1·10 ⁻⁸	7,4·10 ⁻⁹
⁷ Be	53,3 dnia	2,5·10 ⁻¹⁰	2,1·10 ⁻¹⁰	1,2·10 ⁻¹⁰	8,3·10 ⁻¹¹	6,2·10 ⁻¹¹	5,0·10 ⁻¹¹
⁴⁰ K	1,28·10 ⁹ lat	2,4·10 ⁻⁸	1,7·10 ⁻⁸	7,5·10 ⁻⁹	4,5·10 ⁻⁹	2,5·10 ⁻⁹	2,1·10 ⁻⁹
²¹⁰ Pb	22,3 lat	4,7·10 ⁻⁶	2,9·10 ⁻⁶	1,5·10 ⁻⁶	1,4·10 ⁻⁶	1,3·10 ⁻⁶	9,0·10 ⁻⁷
²²⁶ Ra	1,60·10 ³ lat	1,5·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻⁵	7,0·10 ⁻⁶	4,9·10 ⁻⁶	4,5·10 ⁻⁶	3,5·10 ⁻⁶
²²⁸ Ac	6,13 godz.	1,8·10 ⁻⁷	1,6·10 ⁻⁷	9,7·10 ⁻⁸	5,7·10 ⁻⁸	2,9·10 ⁻⁸	2,5·10 ⁻⁸

Tabela 2. Wartości obciążającej dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów układem oddechowym dla wybranych radionuklidów (dla różnych grup wiekowych). [1]

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



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

Stacje ASS-500 zlokalizowane są w następujących instytucjach:

Warszawa – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Zakład Dozymetrii

Białystok – Uniwersytet Medyczny, Zakład Biofizyki

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

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

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.

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.

Radionuklid	Stężenie w powietrzu, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	Zakres	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
^{137}Cs	$0,74 \pm 0,03$	($<0,09 \div 7,05$)	Warszawa, 7.05 – 14.05
^{131}I	$0,68 \pm 0,04$	($< 0,05 \div 22,77$)	Katowice, 12.02 – 19.02
^7Be	3951 ± 84	($827 \div 14680$)	Toruń, 9.0 – 16.07
^{40}K	$17,0 \pm 0,4$	($1,8 \div 71,6$)	Lublin, 26.02 – 5.03
^{210}Pb	559 ± 16	($101 \div 5717$)	Toruń, 5.11 – 13.11
^{226}Ra	$6,4 \pm 0,2$	($1,0 \div <24,5$)	Toruń, 9.07 – 16.07
^{228}Ra	$1,2 \pm 0,0$	($<0,2 \div 5,2$)	Lublin, 12.02 – 19.02

Tabela 3. Średnie roczne (dla całej Polski) stężenia radionuklidów w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego w 2018 roku

Na podstawie stężeń radionuklidów zmierzonych w sieci stacji ASS-500 w Polsce określono dawki efektywne, jakie otrzymali mieszkańcy naszego kraju, oddychając powietrzem zawierającym radionuklidy o zmierzonych stężeniach. Tabela 4 zawiera wyliczone wartości dawek otrzymanych przez mieszkańców (w różnym wieku) w miastach, w których znajdują się stacje ASS-500.

wartości 7,109 mSv dla młodzieży w wieku 12-17 lat. Maksymalna dawka skuteczna, została obliczona dla mieszkańców Torunia.

Dawki skuteczne (efektywne), otrzymane drogą inhalacyjną wahały się od wartości 3,003 mSv rocznie dla dzieci w wieku 2-7 lat mieszkających w Gdyni do

Lokalizacja stacji ASS-500	Grupy wiekowe					
	≤ 1 rok	1÷2 lat	2÷7 lat	7 ÷ 12 lat	12 ÷ 17 lat	>17 lat
Warszawa	4,638	3,596	3,515	4,581	5,290	3,813
Białystok	5,166	4,001	3,907	5,100	5,890	4,242
Gdynia	3,943	3,063	3,003	3,898	4,501	3,249
Katowice	5,455	4,256	4,199	5,406	6,239	4,517
Kraków	4,337	3,356	3,273	4,280	4,943	3,558
Lublin	5,972	4,629	4,526	5,899	6,812	4,909
Łódź	5,130	3,997	3,936	5,080	5,865	4,242
Sanok	5,855	4,534	4,426	5,780	6,676	4,4808
Szczecin	4,377	3,399	3,331	4,327	4,996	3,605
Toruń	6,230	4,834	4,732	6,156	7,109	5,127
Wrocław	5,504	4,301	4,253	5,459	6,300	4,566
Zielona Góra	5,320	4,126	4,037	5,256	6,070	4,376

Tabela 4. Wartości rocznej dawki skutecznej otrzymanej w roku 2018 przez osoby z różnych grup wiekowych od radionuklidów wchłoniętych drogą inhalacyjną w miejscach lokalizacji stacji ASS-500.

Obliczone dawki pochodzące od radionuklidów znajdujących się w powietrzu atmosferycznym, otrzymywane przez mieszkańców naszego kraju są niskie. Wyniki otrzymane w powyższej pracy

pokazały, że dawki te są na poziomie ułamkowych części dawek granicznych.

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki na podstawie umowy nr 15/OR/2018/1 z dnia 29 grudnia 2017.

Literatura

[1] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych

promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/2005, poz. 168).

[2] Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994

Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. ZADANIE 3: Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie

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

Badania skażeń promieniotwórczych gleby prowadzone są w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w Polsce od roku 1988. Próbkę gleby do pomiarów pobiera się w cyklu dwuletnim w sieci stacji i posterunków meteorologicznych należących do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Miejsca poboru pokazane są na Rys. 1. Punkty poboru próbek gleby (254 punkty) są rozmieszczone na terenie całej Polski i zlokalizowane w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Łącznie pobiera się 264 próbki: 254 z warstwy gleby o grubości 10 cm oraz 10 próbek z warstwy o grubości 25 cm.



Rysunek 1. Punkty poboru gleby w Polsce (jesień 2017 rok)

Próbki gleby pobierane są w miejscach, gdzie mikrośrodko nie jest zniekształcane lub zmieniane np. przez oranie lub nawożenie, co umożliwia ocenę nawet niewielkich zmian poziomu skażeń. Taka lokalizacja punktów poboru posiada szereg zalet, a mianowicie: stałość punktów poboru (możliwość powtarzania badań dla tych samych miejsc, co pozwoli na uchwycenie nawet niewielkich zmian poziomu skażeń); w miarę równomierne rozmieszczenie punktów poboru na terenie całego

kraju; stała obsługa co w przypadku awarii czy wypadku radiacyjnego umożliwia szybkie i sprawne pobranie próbek do badań; pobieranie próbek z terenu, gdzie gleba nie była i nie będzie w przyszłości przemieszana (np. orana lub przekopywana) i nawożona, co umożliwia dostarczenie reprezentatywnego materiału do określania stężeń pierwiastków promieniotwórczych w powierzchniowej warstwie gleby; w razie potrzeby możliwość uzyskiwania danych meteorologicznych pozwalających na prowadzenie analiz rozkładów przestrzennych skażeń na danym terenie.

W trzecim etapie pracy (zakończonym 16 marca 2018 roku) wykonano następujące prace:

Opracowanie i przedstawienie do akceptacji GIOŚ-u konspektu raportu – do dnia 29 stycznia 2018 roku,

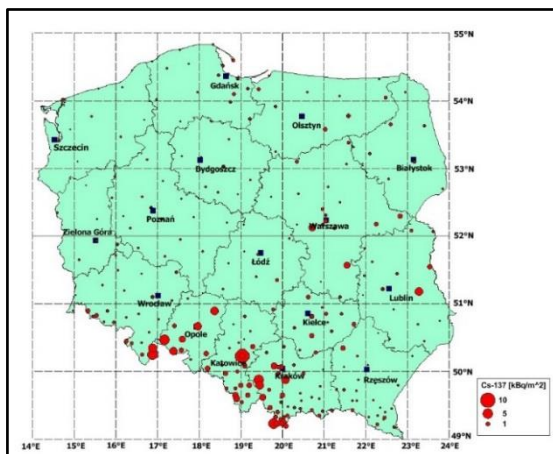
Opracowanie raportu rocznego obrazującego depozycję ^{137}Cs -w powierzchniowej warstwie gleby oraz stężenia radionuklidów naturalnych na podstawie pełnej serii pomiarów próbek pobranych w 2016 r. – raport powinien zawierać tabele, wykresy i mapy dotyczące otrzymanych wyników,

Uzupełnienie danych pomiarowych za lata 1988-2014 o wyniki otrzymane z pomiarów próbek pobranych w roku 2016,

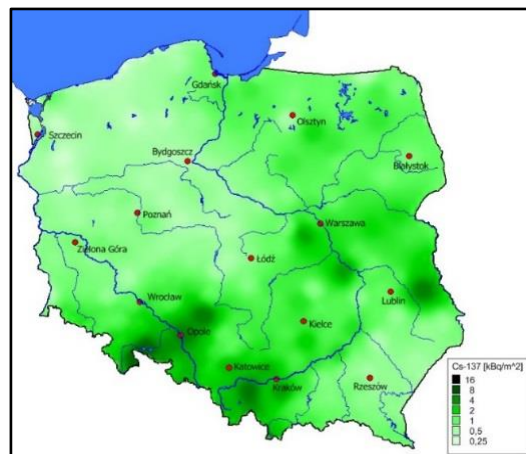
Przygotowanie wyników pomiarów w formatach *.xls, *.xlsx, w postaci danych przestrzennych (*.shp) oraz metadanych dla zbiorów danych przestrzennych (*.xml).

Na Rys. 2 została przedstawiona w formie kartodiagramu kołowego depozycja (stężenie powierzchniowe) ^{137}Cs w próbkach gleby pobranych z warstwy 0-10 cm jesienią 2016 roku.

Rys. 3 przedstawia w postaci mapy rastrowej depozycję (stężenie powierzchniowe) ^{137}Cs



Rysunek. 2. Depozycja (stężenie powierzchniowe) ^{137}Cs w Polsce w próbkach gleby pobranych z warstwy 0-10 cm jesienią 2016 roku.



Rysunek. 3. Depozycja (stężenie powierzchniowe) ^{137}Cs w Polsce (próbki pobrane jesienią 2016 roku) przedstawiona w postaci mapy rastrowej.

Temat finansowany był ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr 8/2016/F z dnia 2 maja 2016 zawartej pomiędzy Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej a Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska.

Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2018

B. Piotrowska, K. Isajenko, O. Stawarz, I. Kwiatkowska, K. Wojtkowski,
A. Kiełbasińska

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

wskaźnika aktywności f_1 , który określa zawartość naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w badanym materiale i jest wskaźnikiem narażenia całego ciała na promieniowanie gamma.

wskaźnik aktywności f_2 , który określa zawartość ^{226}Ra w badanym materiale i jest wskaźnikiem narażenia nabłonka płuc na promieniowanie alfa emitowane przez produkty rozpadu radonu pobrane wraz z powietrzem przez układ oddechowy człowieka.

W 2018 roku Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonało badania i opracowało opinie dotyczące zastosowania materiałów i surowców budowlanych dla 58 próbek nadesłanych z różnych regionów kraju. Były to m.in. mieszaniny popiołowo-żużłowe (31 próbek), żużel (3 próbki), odpady paleniskowe (9 próbek), pozostałe 15 próbek - różne.

Od 1980 roku do końca 2018 roku do ogólnopolskiej bazy danych surowców i materiałów budowlanych zostało wprowadzone dane dla 49013 próbek. W samym 2018 roku wprowadzono do bazy wyniki dla 1100 próbek, w tym:

- wyniki surowców budowlanych pochodzenia naturalnego: 79

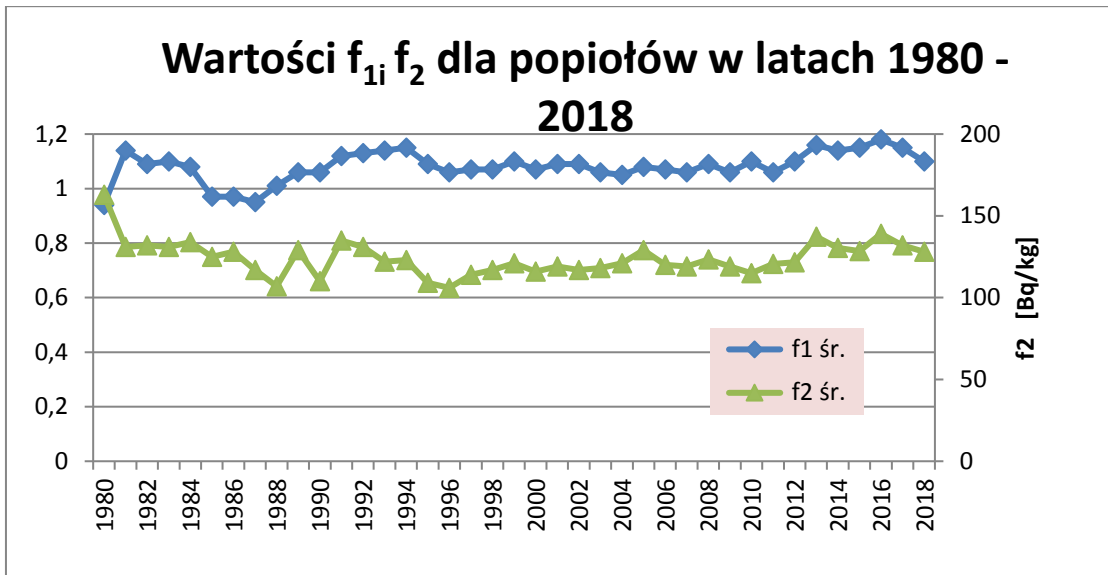
- wyniki surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego: 791
- wyniki materiałów budowlanych: 230

W 2018 roku zarejestrowano mniejszą liczbę przekroczeń wartości granicznych wyznaczanych wskaźników aktywności $f_1 = 1,2$ lub $f_2 = 240 \text{ Bq/kg}$ określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w porównaniu do roku ubiegłego. Przekroczenia odnotowano dla 19,3% partii popiołów lotnych, 9,2% dla żużla oraz 4,2% partii mieszaniny popiołowo-żużłowej.

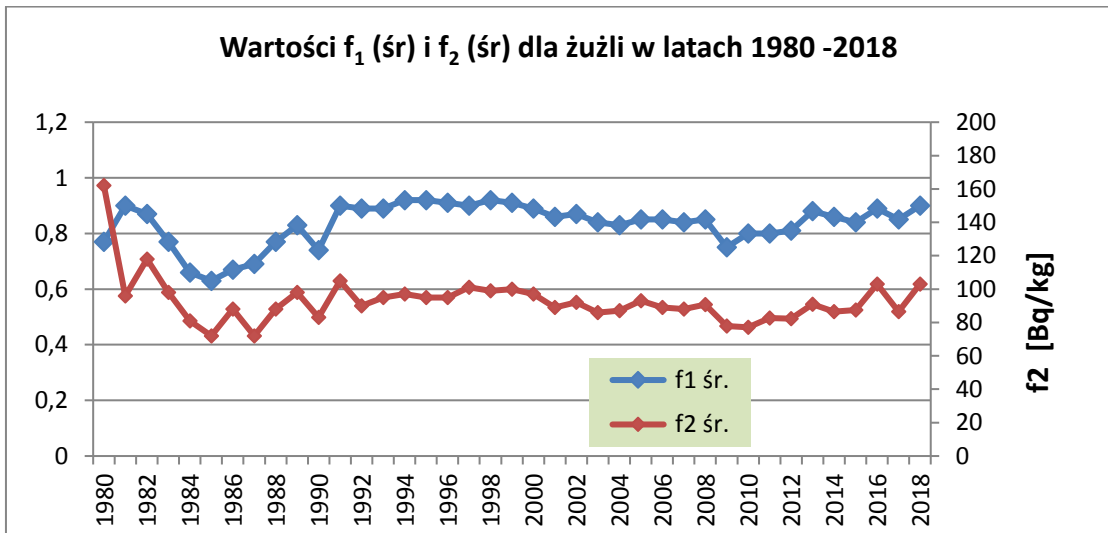
Na rysunkach 1- 4 przedstawiono zmiany średniej wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla kilku wybranych surowców i materiałów budowlanych (Rys. 1 - popioły, Rys. 2 - żużle, Rys. 3 - cementy, Rys. 4 - ceramika budowlana) w latach 1980 – 2018.

Analizując średnie wartości wskaźników aktywności f_1 oraz f_2 z całej bazy określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w latach 1980-2018 należy stwierdzić, że:

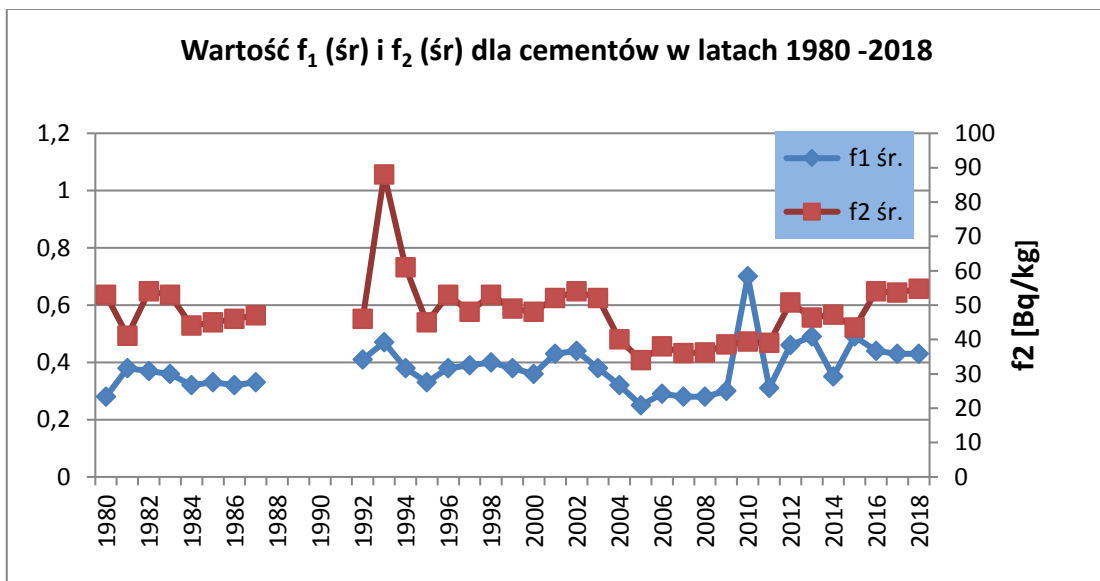
- w 2018 r. odnotowano nieco niższą wartość wskaźnika aktywności f_1 dla popiołu lotnego w porównaniu do 2017 r. i nieco wyższą wartość wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla ceramiki budowlanej w odniesieniu do 2017 r.
- w 2018 roku 100 % surowców pochodzenia naturalnego mogło mieć zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym (podobnie jak w latach poprzednich).
- w przypadku surowców pochodzenia przemysłowego w 2018 roku słabymi wskaźnikami aktywności pod względem dopuszczalności ich do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym charakteryzowały się popioły lotne.
- z gotowych materiałów budowlanych wyprodukowanych w 2018 roku 100% materiałów zostało dopuszczonych do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym.



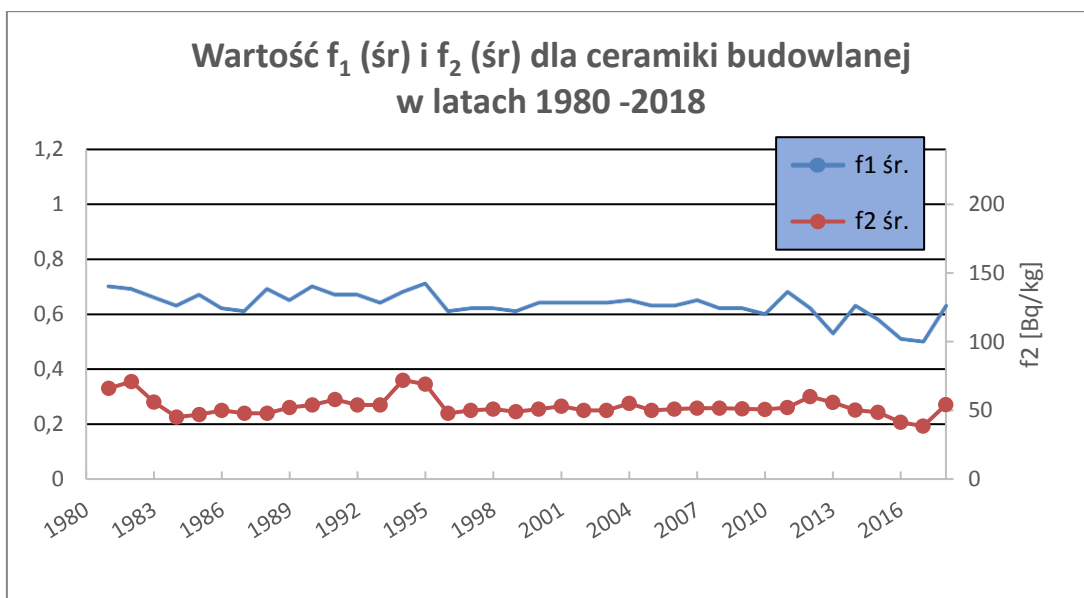
Rysunek. 1. Wartości średnie f_1 i f_2 dla popiołów w latach 1980 -2018



Rysunek. 2. Wartości średnie f_1 i f_2 dla żużli w latach 1980 -2018



Rysunek. 3. Wartości średnie f_1 i f_2 dla cementów w latach 1980 -2018



Rysunek. 4. Wartości średnie f_1 i f_2 dla ceramiki budowlanej w latach 1980 -2018

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, M. Wasilewska, I. Kwiatkowska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska.

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie w 2018 roku skupiła się na badaniach próbek wody źródlanej, wody gruntowej, trawy, gleby i aerozoli powietrza oraz wykonaniu pomiarów mocy dawki. Natomiast ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku w 2018 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 stwierdzono:

W pomiarach wstępnych promieniowania gamma wody źródlanej zarejestrowano jedynie w jednej próbce Z-2 śladową ilość potasu ^{40}K o zawartości powyżej $0,1 \text{ Bq/dm}^3$.

We wszystkich trzech próbkach zawartość trytu zarejestrowano nieco powyżej dolnej granicy wykrywalności; najwięcej trytu zarejestrowano w próbce Z-1, dla której stężenie wynosiło $1,1 \pm 0,2 \text{ Bq/dm}^3$.

Największą zawartość sumy cezów ^{134}Cs i ^{137}Cs , wynoszącą $3,27 \pm 0,38 \text{ mBq/dm}^3$, zarejestrowano w próbce wody źródlanej oznaczonej jako Z-3.

Stężenie aktywności ^{90}Sr w próbce zbiorczej (otrzymanej z połączenia próbek Z-1, Z-2 oraz Z-3 w jedną próbkę) wynosiło $1,57 \pm 0,34 \text{ mBq/dm}^3$.

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: $92,3 \pm 6,5 \text{ Bq/dm}^3$;
- największą całkowitą radioaktywność beta w próbce oznaczonej jako P – 7: dla której wartość ta wynosiła: $0, \pm 0,02 \text{ Bq/dm}^3$.

Badania spektrometryczne promieniowania gamma próbek gleby z otoczenia KSOP w Różanie wykazały ze sztucznych radionuklidów jedynie obecność ^{137}Cs . Wartość średnia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs zawierała się w granicach od $0,87 \pm 0,05 \text{ Bq/kg}$ w punkcie D - 3 do $44,7 \pm 0,9 \text{ Bq/kg}$ w punkcie D - 1.

W analizie widm promieniowania gamma próbek trawy pobranych z otoczenia KSOP w Różanie zarejestrowano z pierwiastków promieniotwórczych pochodzenia sztucznego tylko ^{137}Cs . Jego stężenia zawierały się w granicach od wartości $0,16 \pm 0,09 \text{ Bq/kg s.m.}$ (dla próbki pobranej punkcie D-3) do $5,13 \pm 0,22 \text{ Bq/kg s.m.}$ (dla próbki pobranej w czerwcu w punkcie D-2).

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 radionuklidy pochodzenia naturalnego. Wartości stężeń aktywności radionuklidów zidentyfikowanych w obydwu próbkach tj.: ^7Be i ^{210}Pb zawierają się w zakresach wartości stężeń tych radionuklidów 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 $48,8 \pm 4,9 \text{ nGy/h}$ w punkcie D- 5 (w pomiarach przeprowadzonych w październiku) do wartości $86,33 \pm 8,63 \text{ nGy/h}$ w punkcie D-1 (w pomiarach przeprowadzonych w lipcu).

W otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku stwierdzono:

Po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach wody z otoczenia Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku, (2 próbki wody z rzeki Świder i 2 próbki wody studziennej) nie stwierdzono obecności radionuklidów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o stężeniu aktywności powyżej $0,1 \text{ Bq/dm}^3$.

W wodzie pobranej latem i jesienią z oczyszczalni ścieków w Otwocku stwierdzono obecność radionuklidu gamma promieniotwórczego pochodzenia sztucznego tj. ^{131}I o stężeniu aktywności powyżej $0,1 \text{ Bq/dm}^3$. Średnia wartość aktywności tego radionuklidu wynosiła $0,145 \pm 0,005 \text{ Bq/dm}^3$.

Badania zawartości trytu w próbkach wody studziennej i wody z rzeki Świder metodą polegającą na wzbogaceniu trytu metodą elektrolityczną i pomiarze aktywności beta w spektrometrze

ciekłoscyntylnym wykazały obecność trytu na niskim poziomie. Maksymalne stężenie trytu w wodzie pobranej z okolic NCBJ w Świerku zarejestrowano w próbce wody z oczyszczalni ścieków w Otwocku. Wartość ta wynosiła $3,0 \pm 0,5$ Bq/dm³.

Badanie zawartości ¹³⁴Cs i ¹³⁷Cs, w próbkach wody metodą polegającą na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosfomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności beta preparatu wykazało, że we wszystkich próbkach poziom aktywności cezu jest na niskim poziomie. Największą średnią zawartość ¹³⁴Cs i ¹³⁷Cs zarejestrowano w próbce wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku. Wartość średnia stężenia izotopów cezów w tej próbce wynosiła $8,01 \pm 0,89$ mBq/dm³. W próbkach gleby pobranych z otoczenia NCBJ w Świerku stwierdzono:

- z radionuklidów pochodzenia naturalnego – obecność pierwiastków należących do naturalnych szeregów promieniotwórczych tj. ²²⁶Ra i ²²⁸Ac oraz naturalnie występujący ⁴⁰K, o zawartościach powyżej 2,5 Bq/kg.

Wartości stężeń promieniotwórczych radionuklidów pochodzenia naturalnego zawierały się w granicach:

- ⁴⁰K: od 135 ± 5 Bq/kg (punkt MD-05) do 242 ± 14 Bq/kg (punkt MD-02);

- ²²⁶Ra: od $6,25 \pm 0,44$ Bq/kg (punkt MD-05) do $20,5 \pm 1,7$ Bq/kg (punkt MD-02);

- ²²⁸Ac: od $3,74 \pm 0,16$ Bq/kg (punkt MD-05) do $18,5 \pm 0,5$ Bq/kg (punkt MD-02).

- z radionuklidów sztucznych - obecność ¹³⁷Cs we wszystkich próbkach, z czego w czterech próbkach stężenie promieniotwórcze było powyżej 0,7 Bq/kg;
- maksymalną zawartość ¹³⁷Cs o stężeniu $8,90 \pm 0,20$ Bq/kg zawierała próbka MD-05;
- najmniejszą zawartość ¹³⁷Cs o stężeniu $0,56 \pm 0,04$ Bq/kg zawierała próbka MD-04.

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

1. z radionuklidów sztucznych - obecność ¹³⁷Cs w dwóch próbkach;

2. maksymalną zawartość ¹³⁷Cs: $2,85 \pm 0,21$ Bq/kg w próbce MD-03;

3. z radionuklidów pochodzenia naturalnego – zawartość ⁴⁰K powyżej 20 Bq/kg we wszystkich próbkach;

4. stężenie promieniotwórcze ⁴⁰K w trawie (s. m.) zawierało się w granicach od 275 ± 12 Bq/kg s.m. w próbce pobranej w punkcie MD-02 do 556 ± 22 Bq/kg s.m. w próbce pochodzącej z punktu MD-05.

Moc przestrzennego równoważnika dawki zmierzona w otoczeniu Ośrodka w Świerku zawierała się w przedziale $47,4 \pm 4,7$ nGy/h w punkcie MD - 05 do $64,3 \pm 6,4$ nGy/h w punkcie MD - 01.

Na filtryz aerologii powietrza pobranego z otoczenia NCBJ w Świerku zarejestrowano jedynie radionuklidy pochodzenia naturalnego o aktywności powyżej dolnej granicy wykrywalności.

Wartości aktywności radionuklidów zidentyfikowanych w próbkach aerologii tj.: ⁷Be i ²¹⁰Pb zawierają się w zakresach wartości stężeń tych radionuklidów rejestrowanych w próbkach aerologii ze stacji ASS-500 rozmieszczonych na terenie całego kraju.

W analizie widma promieniowania gamma absorbentu jodu postaci gazowej zarejestrowano jeden izotop jodu ¹³¹I o wartości powyżej dolnej granicy wykrywalności, a dokładnie $2,87 \pm 0,29$ mBq/m³.

W pomiarze gazów szlachetnych, pobranych z okolicy NCBJ w Świerku zidentyfikowane zostały dwa radionuklidy o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności tj.: ⁸⁵Kr i ^{131m}Xe.

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

Praca wykonana na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki

Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego na podstawie badania próbek flory

O. Stawarz, K. Isajenko, K. Wojtkowski, B. Piotrowska, I. Kwiatkowska,
A. Kiełbasińska

Celem pracy finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego była ocena sytuacji radiacyjnej Kampinoskiego Parku Narodowego (KPN) na podstawie badań radiologicznych próbek flory pobranej z terenu KPN. W próbkach flory oznaczono spektrometrycznie stężenia radionuklidów naturalnych (^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac) oraz stężenie radionuklidu pochodzenia sztucznego – ^{137}Cs , będącego pozostałością po awarii EJ w Czarnobylu w 1986 r. Ocena sytuacji radiacyjnej KPN polegała na oszacowaniu na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych rocznej dawki efektywnej, czyli narażenia na promieniowanie jonizujące pracowników KPN, okolicznych mieszkańców oraz turystów. Ponadto porównano wyniki stężeń radionuklidów w próbkach roślin z wynikami otrzymanymi dla próbek gleby pobranych w tych samych punktach w poprzednim roku.

W ramach realizowanego tematu pobrano 32 próbki flory z terenu KPN, zgodnie z ustaleniami zawartymi w „Porozumieniu w sprawie udostępnienia terenu KPN w celu prowadzenia działalności naukowej”, podpisanym między Dyrekcją KPN a CLOR.

Próbki pobrano w miarę możliwości w punktach poboru gleby w 2017 r., w okolicy następujących lokalizacji: Wilcze Śladowskie, Nadleśnictwo Kromnów, Krzywa Góra, Nowe Polesie, Piaszczyne Góry, Helenowskie Góry, Bór Kazuński, Palmiry - Łomna Las, Kaptury, Famułki Łazowskie, Obszar Ochrony Ścisłej Wilków, Brzozówka, Kolonia Janówek, Dziekanów Leśny, Famułki Brochowskie, Rzepowa Góra (kanał Łasica), Górki, OOS Żurawiove, Kiścinnie, Modlińska Góra – Wiersze, Truskaw – Korcówka, Posada Sieraków, OOS Przyćmień, Granica, Józefów, Grabina – Korfowe, Julinek, Zaborówek Debły, Mariewskie Łąki, Lipków, Izabelin oraz Opaleń. Próbki pobrano za pomocą nożyc do trawy do worków o objętości 60 l. Starano się nie mieszać gatunków roślin w danym punkcie. Zebrano trawę, inne rośliny zielone, wrzos, tatarak i rośliny posiadające kwiaty. Następnie próbki opisano i przewieziono do Zakładu Dozymetrii CLOR w celu przygotowania do badań i przeprowadzenia pomiarów spektrometrycznych.



Rysunek 1. Pobór próbki flory na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego.

Przygotowanie próbek flory do pomiaru w laboratorium odbywało się w następujących etapach: rozłożenie i suszenie próbek w temperaturze pokojowej, mielenie, wyznaczenie masy całkowitej, przesypanie do pojemników pomiarowych ($V=0,25\text{ dm}^3$), wyznaczenie masy suchej, dolewanie wody destylowanej w celu osiągnięcia odpowiedniej gęstości (bliższej gęstości wody, aby móc skorzystać z odpowiedniej geometrii podczas pomiarów spektrometrycznych), szczelne zamknięcie oraz opisanie pojemnika z próbką.

Przygotowane w powyższy sposób próbki flory zmierzono metodą spektrometrii promieniowania gamma. Pomiary wykonano na torze spektrometrycznym z wykorzystaniem germanowego detektora półprzewodnikowego HPGe typu XTRa, o wydajności 40% rozdzielczości 1,8 keV dla ^{60}Co ($E=1,33\text{ MeV}$). Czas pomiaru pojedynczej próbki wynosił 80 000 s.

Po zakończeniu pomiarów przeanalizowano otrzymane raporty z wynikami. Następnie opracowano wyniki pomiarów stężenia radionuklidów naturalnych - ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac i pochodzenia sztucznego – ^{137}Cs w próbkach roślin oraz oszacowano roczną dawkę efektywną dla osób przebywających na terenie KPN.

Wartości stężenia ^{137}Cs w próbkach flory mieszczą się w zakresie od $< 0,53\text{ Bqkg}^{-1}$ (Kaptury) do $22,27\text{ Bqkg}^{-1}$ (Kolonia Janówek). Wartość średnia stężenia ^{137}Cs w roślinach pochodzących z obszaru KPN wynosi $4,63 \pm 0,91\text{ Bqkg}^{-1}$.

Wartość średnia stężenia ^{226}Ra w próbkach flory to $5,7 \pm 0,2\text{ Bqkg}^{-1}$ (zakres: $< 4,1 - 8,0\text{ Bqkg}^{-1}$). Dla ^{228}Ac wartość średnia stężenia to $2,4 \pm 0,2\text{ Bqkg}^{-1}$ (zakres: $< 1,3 - 7,3\text{ Bqkg}^{-1}$). Natomiast wartość

średnia stężenia ^{40}K w próbkach roślin wynosi $353 \pm 16 \text{ Bqkg}^{-1}$ (zakres: 188 - 535 Bqkg^{-1}).

Opracowane wyniki badań posłużyły do oceny sytuacji radiacyjnej w KPN, który nigdy nie był badany pod tym kątem. Ponadto otrzymane wyniki porównano z wynikami pomiarów stężeń radionuklidów w trawie pobranej z otoczenia KSOP w Różanie i NCBJ w Świerku (temat wykonywany przez Z-II, finansowany przez PAA). Wartości średnie stężeń radu, aktynu i potasu oraz ^{137}Cs w próbkach flory z Kampinoskiego Parku Narodowego są na podobnym poziomie [1]. Wartość średnia stężenia ^{226}Ra , ^{228}Ac i ^{137}Cs jest wyższa dla gleby niż dla flory. Natomiast w przypadku ^{40}K jest odwrotnie. Porównując pojedyncze wyniki pomiarów stężeń radionuklidów dla flory i gleby z tych samych punktów poboru można wysnuć wniosek, że ^{40}K jest więcej w roślinach niż w glebie w 30 z 32 próbek, natomiast dla ^{137}Cs , ^{226}Ra i ^{228}Ac większość próbek flory zawiera niższe stężenia tych radionuklidów niż próbki gleby.

Na badanym obszarze KPN nie da się określić rejonów o większym lub mniejszym wpływie sztucznych i naturalnych radionuklidów, ponieważ ich stężenia są na zbliżonym do siebie i dość niskim

poziomie. Dla radu i aktynu większość wartości stężeń była poniżej dolnej granicy detekcji.

Maksymalna roczna dawka efektywna oszacowana na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych w próbkach flory z terenu KPN wynosi 0,24 mSv/rok (OOS Przyćmień), co stanowi 10% dawki od tła naturalnego dla statystycznego mieszkańca Polski. Dodając do tego dawkę oszacowaną dla próbek gleby pobranych w poprzednim roku (0,23 mSv/rok) otrzymujemy ok. 20% dawki od tła naturalnego. Reasumując, przebywanie ludzi w Kampinoskim Parku Narodowym nie stwarza dla nich zagrożenia pod względem radiologicznym.

Literatura

[1]. „Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku – etap II, sprawozdanie końcowe”, B. Piotrowska, K. Isajenko, A. Fulara, I. Kwiatkowska, O. Stawarz, M. Wasilewska, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, CLOR, Warszawa, listopad 2018

Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Poleskiego Parku Narodowego na podstawie badania próbek gleby.

*K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, A. Kiełbasińska,
I. Kwiatkowska, S. Kolasa*

Praca była finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jej celem była ocena sytuacji radiacyjnej Poleskiego Parku Narodowego (PPN) na podstawie badań radiologicznych próbek gleby pobranej z terenu PPN. W próbkach gleby mierzono stężenia radionuklidów naturalnych i sztucznych. z pośród radionuklidów pochodzenia naturalnego badano: stężenie ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac . Radionuklidem pochodzenia sztucznego, którego stężenie podlegało ocenie był ^{137}Cs . Jego obecność w środowisku jest pozostałością po awarii EJ w Czarnobylu w 1986 r. w przypadku cezu obliczono również depozycję ^{137}Cs (stężenie powierzchniowe).

Ocena sytuacji radiacyjnej PPN polegała na oszacowaniu narażenia na promieniowanie jonizujące (oszacowanie rocznej dawki efektywnej) na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów obecnych w glebie dla osób przebywających na terenie PPN oraz okolicznej ludności.

W ramach realizowanego tematu pobrano 21 próbek gleby z terenu PPN. Obszar Parku obejmuje powierzchnię 9759,9027 ha i otulinę o powierzchni 13702,77 ha wg Rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie Poleskiego Parku Narodowego z dnia 23 listopada 2017 r. (Dz. U. z 2017 r. poz. 2373). Starano się dobrać równomierne rozmieszczenie punktów poboru próbek. Większość punktów znajdowała się w miejscach dostępnych, blisko charakterystycznych miejsc lub szlaków turystycznych.

Miejsca poboru próbek gleby to: Zeremińska, Blizionki, Astrościeżka, Ciek Zienkowski, Czahary, Czeremnik, Dąb Dominik, Las Tafle, Karczunek, Lipnik, Łąka Pokrzywnik, Mietułka, Ostoja Poleska, Piwonica, Puszczyk Mszarny, Ścieżka Spławy, Uroczyisko Laski, Urszulin Prehod, Wielki Łan, Wola Wereszczyńska, Wólka Wytycka.

Pobór próbek odbywał się zgodnie z metodyką stosowaną przez CLOR dla potrzeb monitoringu radiologicznego gleby w Polsce. Próbkę pobrano z powierzchniowej warstwy gleby (0-10 [cm]). W tym celu wykorzystywano metalowe wykrojniki w kształcie cylindra o średnicy $d \approx 7$ [cm]. W każdym punkcie pobrano 7 porcji gleby: 1 ze środka i 6 z obwodu koła o średnicy 2 [m] równo oddalonych od siebie (tworzących sześciokąt foremny). Następnie porcje były zsypany do jednego worka dla każdego

punktu poboru. Worki były opisywane i przewożone do Zakładu Dozymetrii CLOR.

Próbki gleby do pomiaru w laboratorium przygotowano etapowo. Pierwszym etapem było wysypanie gleby na blachy oraz usunięcie fragmentów roślin i korzeni. Następnie glebę rozdrabniano i opisywano. Kolejnym etapem było suszenie w suszarce w temperaturze około 105 [°C]. Wysuszoną próbkę studzono, określano masę całkowitą i rozdrobnioną glebę przesypano do pojemników Marinelli ($V=0,5 \text{ dm}^3$). Ostatni etap polegał na określeniu masy próbki w pojemniku, szczelnym jego zamknięciu oraz opisaniu pojemnika z glebą.

Dla próbek gleby przygotowanych w powyższy sposób przeprowadzono pomiary metodą spektrometrii promieniowania gamma. Pomiarów dokonano z wykorzystaniem toru spektrometrycznego współpracującego z germanowym detektorem półprzewodnikowym (HPGe) o wydajności 25%, rozdzielczości 1,8 [keV] dla II linii ^{60}Co ($E=1332$ [keV]) i $U_p=4000$ V. Czas pomiaru pojedynczej próbki wynosił 80 000 [s]. Po zakończeniu serii pomiarów dokonano analizy raportów z badań z wynikami. Następnie dokonano analizy statystycznej i opracowania wyników stężenia radionuklidów naturalnych ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac i pochodzenia sztucznego – ^{137}Cs w glebie a także obliczono depozycję cezu i roczną dawkę efektywną dla osób przebywających na terenie PPN.

Wartości depozycji ^{137}Cs w glebie (obliczonej na podstawie wyników pomiarów stężeń) mieszczą się w zakresie od 0,16 $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (Blizionki) do 5,45 $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (Puszczyk Mszarny). Wartość średnia depozycji ^{137}Cs w glebie PPN wynosi $1,58 \pm 0,05 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. Dla porównania wartość średnia depozycji ^{137}Cs w glebie wynosi dla Polski $1,52 \pm 0,11 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (zakres: 0,24 - 10,76 $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ i dla woj. lubelskiego $1,29 \pm 0,41 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (zakres: 0,33 - 6,25 $\text{kBq}\cdot\text{m}^{-2}$). Wartość średnia stężenia ^{226}Ra w glebie to $7,80 \pm 0,57 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres: 4,33 - 14,12 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Dla porównania wartość średnia stężenia ^{226}Ra w glebie wynosi dla Polski $27,50 \pm 0,90 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, dla woj. lubelskiego $21,10 \pm 2,30 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a dla miejscowości położonych nad Morzem Bałtyckim $9,2 \pm 2,0 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Dla ^{228}Ac wartość średnia stężenia w glebie PPN to $6,27 \pm 0,22 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres: 3,35 - 11,5 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$). Dla

porównania wartość średnia stężenia ^{228}Ac w glebie wynosi dla Polski $23,50 \pm 0,80 \text{ Bqkg}^{-1}$, dla woj. lubelskiego $18,20 \pm 2,30 \text{ Bqkg}^{-1}$, a dla miejscowości nadmorskich $6,9 \pm 1,1 \text{ Bqkg}^{-1}$.

Natomiast wartość średnia stężenia ^{40}K w glebie PPN wynosi $146 \pm 6 \text{ Bqkg}^{-1}$ (zakres: 59 - 258 Bqkg^{-1}). Dla porównania wartość średnia stężenia ^{40}K w glebie wynosi dla Polski $425 \pm 10 \text{ Bqkg}^{-1}$, dla woj. lubelskiego $350 \pm 33 \text{ Bqkg}^{-1}$, a dla miejscowości położonych nad Morzem Bałtyckim $224 \pm 23 \text{ Bqkg}^{-1}$.

Analiza wyników badań posłużyła do oceny sytuacji radiacyjnej PPN, w którym gleba uprzednio nie była badana pod tym kątem obecności radionuklidów.

Otrzymane wyniki porównano z wynikami pomiarów stężeń radionuklidów w glebie uzyskanymi w ramach prac Zakładu Dozymetrii CLOR finansowanych przez GIOŚ.

Wartości średnie stężeń radu, aktynu i potasu oraz depozycji ^{137}Cs dla PPN są porównywalne z wartościami średnich dla Polski i woj. lubelskiego.

Na badanym obszarze PPN nie da się określić rejonów o większym lub mniejszym wpływie sztucznych czy naturalnych radionuklidów, ponieważ ich stężenia są na zbliżonym do siebie i dość niskim poziomie.

Maksymalna roczna dawka efektywna oszacowana na podstawie wyników pomiarów stężeń

radionuklidów naturalnych w glebie PPN wynosi 0,22 mSv (Blizionki), co stanowi 9,2% dawki od tła naturalnego dla statystycznego mieszkańca Polski.

Licząc na dalszą owocną współpracę z Dyrekcją Poleskiego Parku Narodowego autorzy chcieliby w okresie letnim 2019 roku pobrać próbki flory w PPN (w punktach terytorialnie zbliżonych do punktów poboru gleby). Następnie w zostałyby wykonane pomiary stężeń radionuklidów naturalnych i pochodzenia sztucznego metodą spektrometrii gamma w celu dalszej oceny sytuacji radiacyjnej w Poleskim Parku Narodowym.

Literatura

Monitoring Promieniowania Jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, Zadanie 3: *Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie*, Raport roczny z trzeciego etapu pracy, K. Isajenko, M. Kardaś, B. Piotrowska, I. Kwiatkowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, CLOR, Warszawa, luty-marzec 2018

Ochrona radiologiczna. Wielkości, jednostki i obliczenia. B. Gostkowska, CLOR, Warszawa 2018

Fizyczne podstawy ochrony radiologicznej. B. Gostkowska, CLOR, Warszawa 1992

Dozymetria i ochrona przed promieniowaniem. R.G. Jaeger. PWN, Warszawa 1962

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

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

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN) posiada akredytację PCA w zakresie określania stężeń promieniotwórczych ^{226}Ra , ^{228}Th i ^{40}K w surowcach i materiałach budowlanych oraz odpadach służących do produkcji materiałów budowlanych od 19 listopada 2009 r. (numer certyfikatu AB 1108). W 2018 roku Laboratorium wykonało pomiary następujących próbek: mieszanina popiołowo-żuźlowa, żużel, odpady paleniskowe, piasek, destrukta asfaltowy, popiół, spoiwo, zaczyn bentonitowy, środek jonowymienny do stabilizacji gruntu i zawieszka twardniejąca.

W ramach rozwoju systemu zapewnienia jakości w LPPN w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu, toru i potasu wykonano następujące zadania: nadzór techniczny nad wyposażeniem i kalibrację, doskonalenie systemu zarządzania, audyty wewnętrzne, sprawowanie nadzoru przez PCA oraz podnoszenie kwalifikacji pracowników poprzez szkolenia zewnętrzne.

Nadzór techniczny nad wyposażeniem obejmował działania zgodne z planem kontroli aparatury na rok 2018. W ramach okresowych sprawdzeń wykonano następujące czynności: codzienna kontrola temperatury i wilgotności względnej w pomieszczeniu pomiarowym, sprawdzanie analizatora MAZAR-95 za pomocą objętościowych wzorców kalibracyjnych, w ustalonej kolejności – raz na tydzień pomiar jednej z próbek wzorcowych (K-056, Ra-056, Th-056, CLOR W3 P5, popiół wzorcowy *Koszyce*) oraz pomiar tła dla analizatora z użyciem walca aluminiowego o masie 1600 g. Dwukrotnie wykonano kalibrację analizatora MAZAR-95. Przeprowadzono kilka prób kalibracji nowego analizatora PI-MAZAR-01, niestety bez pozytywnych rezultatów. W związku z tym oddano aparaturę do producenta w celu naprawy. Przeprowadzono także sprawdzenie prawidłowości działania analizatora MAZAR-95 poprzez powtarzalność i odtwarzalność – dla wybranych próbek i osób z personelu LPPN. Ponadto sprawdzono szczelność wzorca *Koszyce*. Zewnętrzne laboratorium

akredytowane wykonało także wzorcowanie dwóch wag elektronicznych.

W ramach doskonalenia pracownicy Laboratorium wzięli udział w szkoleniach wewnętrznych (nowelizacja normy ISO/IEC 17025, audyty wewnętrzne, współpraca z klientem, obsługa analizatora PI-MAZAR-01, kalibracja analizatora, zmiany w dokumentach zewnętrznych i w systemie zarządzania), zaktualizowano dokumenty i formularze, przeanalizowano działania zapobiegawcze związane z poprzednim audytem w nadzorze PCA i audytami wewnętrznymi, prowadzono praktyki studenckie. Zakupiono analizator PI-MAZAR-01, sito z atestem (średnica oczek 2mm) do przesiewania próbek, sondę do sprawdzania temperatury w suszarce oraz UPS do analizatorów MAZAR. Ponadto zorganizowano, przeprowadzono i wzięto udział w pomiarach porównawczych zawartości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych. Wynik tych porównań był dla LPPN pozytywny.

W kwietniu 2018 roku odbył się audyt wewnętrzny systemowy, podczas którego nie odnotowano spostrzeżeń ani niezgodności. W maju 2018 roku miał miejsce audyt wewnętrzny techniczny, podczas którego odnotowano dwa spostrzeżenia i kilka zaleceń. Laboratorium przeanalizowało wszystkie zalecenia i część z nich została wdrożona.

11 czerwca 2018 r. Polskie Centrum Akredytacji przeprowadziło ocenę w nadzorze po pierwszym roku trzeciego cyklu akredytacji. Na audycie odnotowano 1 niezgodność i 2 spostrzeżenia. Przeprowadzono korektę i działania korygujące w stosunku do niezgodności. Po pozytywnej ocenie dowodów działań przez PCA Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej utrzymało akredytację.

W ramach podnoszenia kwalifikacji personel LPPN brał także udział w następujących szkoleniach zewnętrznych:

Nowelizacja normy ISO/IEC 17025. Kierunki zmian wymagań, Nowe podejście do systemu

zarządzania laboratorium według wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018 oraz obsługa analizatora PI-MAZAR-01.

Priorytetem jest obecnie wprowadzenie zmian w dokumentacji systemu zarządzania LPPN w związku z nowelizacją normy PN-EN ISO/IEC

17025:2018-02 oraz wdrożenie analizatora PI-MAZAR-01 do badań próbek w laboratorium.

Temat dotyczący rozwoju systemu zapewnienia jakości w LPPN w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu, toru i potasu jest finansowany przez Ministerstwo Energii.

Unowocześnienie sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach powietrza w Polsce – wykonanie trzech nowych stacji ASS-500 zasilanych napięciem jednofazowym. Zainstalowanie i uruchomienie nowych stacji w trzech lokalizacjach w Polsce (Sanok, Białystok, Szczecin).

K. Isajenko, Zakład Dozymetrii

Sieć stacji ASS-500 w Polsce działa od roku 1992 (wcześniej działała tylko stacja w CLOR). Obecnie sieć ta składa się z 12 stacji pracujących w systemie wczesnego ostrzegania o skażeniach promieniotwórczych powietrza w Polsce.

Stacje te są już dosyć stare (często kilkunastoletnie) i coraz częściej się psują. W roku 2011 dzięki dotacji otrzymanej z Państwowej Agencji Atomistyki udało nam się wykonać dwie stacje nowego typu, zgodne z najnowocześniejszymi trendami w tej dziedzinie na świecie. Zamieniliśmy dwie spośród działających w Polsce stacji (w Warszawie oraz w Lublinie). Niestety na tych dwóch stacjach unowocześnienie sieci się zakończyło.

Dotacja otrzymana z Ministerstwa Energii w roku 2018 umożliwiła wykonanie i wymianę trzech kolejnych stacji (w Sanoku, Białymstoku i w Szczecinie).

W ramach inwestycji planowane było wykonane następujących prac:

1. Wykonanie dwóch egzemplarzy stacji – do 31 sierpnia 2018
2. Wykonanie trzeciego egzemplarza stacji – do 30 września 2018
3. Testowanie nowo wykonanych stacji – do 31 października 2018
4. Zainstalowanie i uruchomienie nowych stacji w Sanoku, Białymstoku i Szczecinie

Inwestycja rozpoczęła się w marcu 2018, a miała zakończyć się w listopadzie 2018. Jednak w związku z pewnymi opóźnieniami nie do końca zależnymi od CLOR, został podpisany z Ministerstwem Energii aneks do zawartej Umowy dotacyjnej – w aneksie zostały zmienione terminy realizacji poszczególnych zadań. Cała praca miała zakończyć się w grudniu 2018 r.

W ramach realizacji inwestycji zakupiono oraz wykonano następujące elementy stacji ASS-500:

- Obudowa stacji typu ASS-500 (widoczna na Rys. 1),
- Wentylator typu HRD 16T FU-105/2,2 z łącznikiem i wibroizolatorami,
- Falownik typu VFS15S.2022PL-W,
- Regulator wilgotności i temperatury typu AR247/3/S1/P/P/WU/P,
- Promienniki podczerwieni typu TEGI- 0026 FSR 250W 230V 24108,
- Zestaw do pomiaru przepływu zawierający:
 - Przetwornik różnicy ciśnień i przepływu gazów model PHM33-201-MD1,
 - Panel pomiarowy model GTA-DA6-A-BRTNVY (Rys. 2),
 - Zasilacz model DRC-24V30W1A,
 - Rurka uśredniająca przepływu dla gazów model AFMT-042-100.



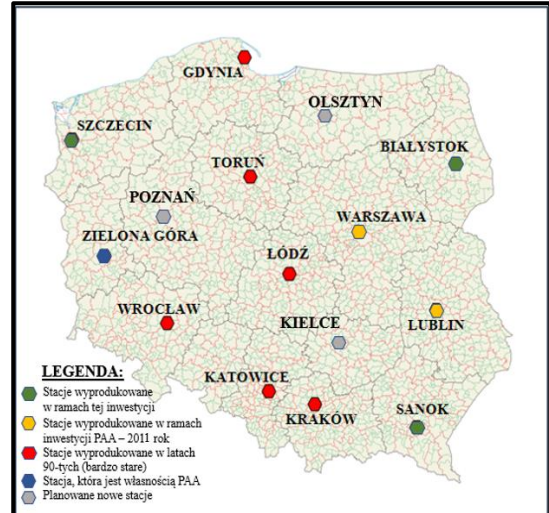
Rysunek 1. Obudowa nowej stacji ASS-500



Rysunek 2. Panel pomiarowy (rejestrator i sumator) przepływomierza stosowanego w nowych stacjach ASS-500

Po wykonaniu tej inwestycji, pięć stacji ASS- 500 spośród dwunastu pracujących w sieci wczesnego ostrzegania oskażeniach powietrza w Polsce, jest

stacjami nowego typu, w pełni nowoczesnymi, zapewniającymi najwyższe standardy w monitoringu powietrza w naszym kraju. Rys. 3 przedstawia sieć stacji ASS-500 w Polsce.



Rysunek 3. Sieć stacji ASS-500 w Polsce

W następnych latach planowane jest unowocześnianie następnych egzemplarzy stacji oraz rozbudowa sieci (zainstalowanie trzech nowych stacji – w Olsztynie, Poznaniu i Kielcach).

Finansowanie

Inwestycja była finansowana przez Ministerstwo Energii na podstawie umowy nr 26/II/D/15004/6230/18/DEJ z dnia 30 marca 2018.

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

*K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, I. Kwiatkowska,
A. Kiełbasińska*

Pomiary porównawcze zawartości naturalnych radionuklidów promieniotwórczych w surowcach i materiałach budowlanych zostały przeprowadzone na zlecenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) na podstawie umowy nr 24/OR/2018/106 z dnia 11.06.2018 roku, zawartej pomiędzy CLOR i PAA. Podstawą zorganizowania pomiarów porównawczych jest Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 2 stycznia 2007 roku § 5 pkt 4.

Przeprowadzenie pomiarów porównawczych wykonano w dwóch etapach: I etap zrealizowano do 4 września 2018 r., natomiast II etap zrealizowano do 20 listopada 2018 r.

Zakres pracy i etapu obejmował:

- Przyjęcie zgłoszeń i utworzenie listy laboratoriów biorących udział w pomiarach porównawczych.
- Pozyskanie materiału na próbki do pomiarów porównawczych.
- Przygotowanie próbek do pomiarów porównawczych, w tym pomiary kontrolne jednorodności materiału próbek, oraz ich dystrybucja do laboratoriów wg ustalonej listy (wykonanie pomiarów kontrolnych przynajmniej dwóch próbek).
- Opracowanie i przedstawienie Prezesowi PAA sprawozdania z wykonania prac, o których mowa w punktach powyżej wraz ze stosowanymi przez laboratoria metodami pomiarowymi i wynikami pomiarów kontrolnych.

Zakres pracy II etapu:

- Zebranie wyników pomiarów od wszystkich uczestników pomiarów porównawczych i nadanie numeru kodowego uczestniczącym laboratoriom;
- Sporządzenie zestawienia, dokonanie analizy i oceny nadesłanych wyników pomiarów;
- opracowanie i przedstawienie Prezesowi PAA sprawozdania końcowego obejmującego w szczególności:
- opis technik przygotowania materiałów wyjściowych, próbek referencyjnych

i kontrolnych oraz wyniki pomiarów tych materiałów i próbek;

- zestawienie wyników pomiarowych uzyskanych z laboratoriów;
- analizę statystyczną wyników;
- ocenę dokładności i precyzji pomiarów;
- wykaz placówek uczestniczących w pomiarach.

Do badań interkalibracyjnych zgłosiło się 29 laboratoriów. Jako materiał porównawczy wybrano popiół paleniskowy pochodzący z elektrofiltrów Elektrociepłowni Kawęczyn.

Do badań zużyto około 150 kg popiołu paleniskowego. Uzyskano różnicę niejednorodności gotowych próbek na poziomie 6%. Na podstawie dołączonej ankiety stwierdzono, że spośród uczestników, którzy nadesłali wyniki, laboratoria wykonują badania:

1. przy użyciu analizatorów typu MAZAR z sondą NaJ(Tl) 2x2”;
2. z wykorzystaniem spektrometru z detektorem HPGe;
3. stosując kasetowy spektrometr promieniowania gamma z sondą scyntylacyjną NaJ(Tl).
4. Do realizacji II etapu pracy:
5. wyniki z pomiarów rutynowych otrzymano z 28 laboratoriów (pomiar w czasie standardowym);
6. wyniki z pomiarów o wydłużonym czasie otrzymano z 28 laboratoriów;
7. ocenie poddawane zostały wyniki z obydwu serii idotyczyły stężeń radionuklidów ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Th , oraz wskaźników aktywności f_1 i f_2 .

Za wartości odniesienia przyjęto wartości średnie wyznaczone z wyników nadesłanych przez laboratoria. W celu eliminacji błędu grubego posłużono się testem Q-Dixona. I tak: dla standardowego czasu pomiaru:

- stężenie potasu: $455,04 \pm 32,47$ Bq/kg
- stężenie radu: $217,36 \pm 15,77$ Bq/kg;
- stężenie toru: $84,46 \pm 6,00$ Bq/kg;
- wartość wskaźnika aktywności f_1 : $1,31 \pm 0,09$;

- wartość wskaźnika aktywności f_2 : $217,36 \pm 15,77$ Bq/kg;

dla wydłużonego czasu pomiaru:

1. stężenie potasu: $459,66,01 \pm 31,52$ Bq/kg;
2. stężenie radu: $218,20 \pm 12,34$ Bq/kg;
3. stężenie toru: $94,05 \pm 1,00$ Bq/kg;
4. wartość wskaźnika aktywności f_1 : $1,28 \pm 0,06$;
5. wartość wskaźnika aktywności f_2 : $218,20 \pm 12,34$ Bq/kg;

dla czasu standardowego:

Wartości stężeń potasu wyznaczone przez laboratoria zawierały się w granicach od 395 Bq/kg do 641,95 Bq/kg. Zdecydowana większość laboratoriów dobrze określiła wartość stężenia potasu oraz całkowitą niepewność pomiaru z wyjątkiem laboratorium nr K7, gdzie wyraźnie nie doceniono wartości całkowitej niepewności pomiaru. Do obliczenia wartości średniej odrzucono wyniki pomiarów laboratoriów K7 (w oparciu o test Dixona).

Wartości stężeń radu zawierały się w granicach od 190,11 do 468,79 Bq/kg. Do obliczenia wartości średniej odrzucono wyniki pomiarów laboratoriów K25 i K26 (w oparciu o test Dixona). Dla laboratoriów K25 i K26 różnica między wartością zmierzoną a wartością średnią przekracza wartość niepewności pomiaru.

Zmierzone wartości stężeń toru zawierały się w granicach od 69,24 do 146,10 Bq/kg. Dla 10 laboratoriów różnica między wartością zmierzoną a wartością średnią przekraczała wartość niepewności pomiaru. Dla laboratoriów o nr K1, K7, K11, K12, K15, K20, K21, K25 i K26 przekroczenie to jest nieznaczne, natomiast dla laboratorium nr K28 różnica ta jest wyraźna. Może to być spowodowane niestabilnością współczynników kalibracyjnych aparatury lub innymi czynnikami, które będą dokładniej analizowane w dalszej części opracowania. Można zauważyć, że systematyczne pomiary wzorca torowego są bardzo dobrym wskaźnikiem stałości parametrów aparatury. Do obliczenia wartości średniej odrzucono wyniki pomiarów laboratoriów K28 (w oparciu o test Dixona).

Głównym celem pomiarów porównawczych była ocena dokładności określenia wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 jak również ocena biegłości laboratoriów w zakresie określenia wartości wskaźników f_1 i f_2 oraz oceny niepewności ich wartości.

Określone przez laboratoria wartości f_1 zawierały się w granicach od 1,16 do 2,20. Wartości niepewności określenia wartości f_1 zawierały się w granicach od 0,04 (K7 i K12) do 0,57 (K28). Dużymi

wartościami niepewności charakteryzowały się laboratoria nr K1, K4, K25 i K28. Większość laboratoriów poprawnie określiła wartość współczynnika f_1 w granicach niepewności pomiarowej.

Wartości wskaźnika aktywności f_2 , liczbowo równych wartości SR_a zostały przedstawione prezentując wyniki pomiarów stężenia radu.

Dla czasu wydłużonego:

Tą serię pomiarów wykonano w celu maksymalnego zmniejszenia zawartej w niepewności pomiarów części zależnej od rozrzutów statystycznych biegu własnego aparatury i rozrzutów liczby zliczeń uzyskiwanych w przyjętych zakresach pomiarowych. Pozwala to najlepiej ocenić wpływ dodatkowych czynników, często niedocenianych przez osoby wykonujące pomiary próbek, na wartość całkowitej niepewności pomiaru. Jako miarę tych czynników przyjęto różnicę między wartością średnią mierzonej wartości a wartością zmierzoną z odpowiednim uwzględnieniem niepewności pomiaru. Jeżeli wartość średnia mieści się w zakresie: wartość zmierzona \pm całkowita niepewność pomiaru oznacza to, że niepewność pomiaru została oceniona prawidłowo. Jeżeli pojawia się rozstęp pomiędzy wartością średnią a zakresem wartość zmierzona \pm całkowita niepewność pomiaru oznacza to, że albo całkowita niepewność pomiaru została niedoszacowana albo wystąpiły inne czynniki, które miały wpływ na rezultat pomiaru.

Jako miarę różnicy między wartością zmierzoną a wartością średnią nazywaną dalej „różnica niepewności” przyjęto:

-dla przypadków gdy wartość zmierzona pomniejszona o całkowitą niepewność pomiaru jest większa od wartości średniej, różnicę niepewności obliczać z zależności: wartość zmierzona minus wartość niepewności minus wartość średnia;

-dla przypadków gdy wartość zmierzona zwiększona o wartość niepewności jest mniejsza od wartości średniej różnicę niepewności obliczać z zależności: wartość średnia minus niepewność minus wartość zmierzona. Różnicę niepewności wyrażono w procentach wartości średniej.

Z rezultatów analizy dla wyznaczanych wartości stężenia ^{40}K wynika, że zawierają się w granicach od 399 do 523,84 Bq/kg, przy wartości średniej 459,66 Bq/kg. Wartości niepewności wyników zawierają się w granicach od 1,2 Bq/kg, czyli 0,24% do 95,31 Bq/kg, czyli 22,92 %. Do obliczenia wartości średniej z pomiarów zastosowano test Dixona, w którym wszystkie laboratoria spełniły postawione kryteria. Dla laboratoriów K7, K11, K12, K15, K26, K27 oraz K28

różnica między wartością zmierzoną a wartością średnią przekracza wartość niepewności pomiaru.

Wartości stężeń ^{226}Ra (wskaźnika aktywności f_2) zawierają się w granicach od 196,46 Bq/kg do 462,87 Bq/kg, przy wartości średniej 218,20 Bq/kg. Wartości niepewności wyników zawierają się w granicach od 1,60 Bq/kg (0,75%) do 49 Bq/kg (15,09%). Do obliczenia wartości średniej wykorzystano test Dixona, który odrzucił laboratoria: K25 i K26. Dla 9 laboratoriów różnica między wartością zmierzoną a wartością średnią przekracza wartość niepewności pomiaru (K8, K12, K14, K22, K23, K24, K25, K26 oraz K28). Wartości względne stężenia ^{226}Ra (wskaźnika aktywności f_2) obrazują, że wartości dla laboratoriów K12, K14, K22, K23, K24, K25, K26 i K28 odbiegają od wartości średniej. Do obliczenia wartości średniej wartości stężenia ^{228}Th wraz z podanymi przez laboratoria niepewnościami pomiarów, nie odrzucono żadnego pomiaru (w oparciu o test Dixona). Wartości stężeń ^{228}Th zawierają się w granicach 70,7 Bq/kg do 97,4 Bq/kg, przy wartości średniej 84,46 Bq/kg. Ocenione przez laboratoria wartości niepewności pomiarów dla ^{228}Th zawierają się w granicach od 1,75 % do 32,53 %, dla 22 laboratoriów wartość niepewności pomiaru nie przekracza 10%. Można zauważyć, że zdecydowana większość wyznaczonych stężeń zawiera się w granicach ± 15 % wartości średniej. Wyjątek stanowią laboratoria o nr K12, K15 i K28.

Określone przez laboratoria wartości wskaźnika aktywności f_1 zawierają się w granicach od 1,18 do 2,18 przy wartości średniej 1,28 (po odrzuceniu wyników K12, K25 i K26). Niepewności określenia wartości wskaźnika aktywności f_1 zawierają się w granicach od 2,27 % (K11) do 25,81 % (K1). Dużymi wartościami niepewności charakteryzują się laboratoria nr K1 i K25. Dla laboratoriów o nr K25 i K26 różnica między wartością f_1 a wartością średnią jest największa.

Kryteria oceny biegłości laboratoriów opierają się w zasadzie na analizie odchyień wyników z laboratorium w przeliczeniu na przyjęte odchylenie standardowe od wartości referencyjnej (tutaj wartości średniej). Wyniki poddano analizie statystycznej stosując test Z, jak również procedury zalecane przez MAEA.

Parametr z obliczono ze wzoru:

$$Z = \frac{(\text{wynik lab.} - \text{wartość ref.})}{\delta}$$

gdzie: δ – wartość odchylenia standardowego (po odrzuceniu wyników wątpliwych).

Znajomość parametru Z pozwala ocenić dokładność wyników na tle całej ich populacji, przy czym dla oceny biegłości laboratorium przyjęto jak następuje:

$|Z| < 2$ - wynik zadowolający,

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

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

Ocena wyników laboratoriów wykonana za pomocą testów zalecanych przez MAEA pozwala na określenie oceny dokładności i precyzji wyników. Przyjęto poniższe kryteria:

Dokładność wyniku jest zadowolająca jeśli:

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

Precyzja wyniku jest zadowolająca jeśli wartość:

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

jest mniejsza lub równa 16% w przypadku f_1 oraz 25% w przypadku f_2 . U oznacza niepewność pomiaru.

Dla czasu standardowego

W przypadku wskaźnika aktywności f_1 laboratoria K25 i K26 podało wynik, który nie jest zadowolający (test Z), natomiast laboratorium K28 podało wynik, który jest wątpliwy ale do przyjęcia. Dokładność wyników wszystkich laboratoriów jest zadowolająca z wyjątkiem laboratorium K26, natomiast wyniki uzyskane w laboratoriach K1, K4, K25 oraz K28 nie są precyzyjne.

W przypadku wskaźnika aktywności f_2 wszystkie laboratoria podały wynik zadowolający (parametr $|Z| < 2$) z wyjątkiem laboratorium K25 i K26, laboratorium K7 podało wynik, który jest wątpliwy, ale do przyjęcia. Wszystkie laboratoria podały wartość wskaźnika aktywności f_2 z zadowolającą dokładnością z wyjątkiem laboratoriów K25 i K26. Kryterium precyzji wyników nie zostało spełnione w przypadku jednego laboratorium (K28).

Dla czasu wydłużonego

Prawie wszystkie laboratoria osiągnęły zadowolające wyniki w teście Z, za wyjątkiem laboratoriów K12, K25 i K26. Status dokładności dla wszystkich laboratoriów, za wyjątkiem K12, K25 i K26 jest zadowolający. Precyzja wszystkich wyników

wskaźnika aktywności f_1 , za wyjątkiem wyniku uzyskanego przez laboratorium K1 jest na zadowalającym poziomie.

Przy określaniu wskaźnika aktywności f_2 wszystkie laboratoria osiągnęły wynik zadowalający za wyjątkiem laboratoriów K25 i K26. Laboratoria K12 i K14 osiągnęły wynik wątpliwy, ale do przyjęcia. Jeśli chodzi o dokładność wyników wskaźnika aktywności f_2 , to laboratoria K12, K25, K26 i K28 nie spełniły podanego powyżej kryterium, czyli podały wynik, który nie może być traktowany jako zadowalający. Kryterium precyzji spełniły wszystkie laboratoria.

Dla laboratoriów posiadających akredytację istotną jest analiza rezultatów wymagana przez Polskie Centrum Akredytacji. Analiza została opisana w pracy Ryszarda Malesy, pt. „Porównania międzylaboratoryjne w akredytowanych laboratoriach wzorcujących – wymagania Polskiego Centrum Akredytacji” (Materiały konferencji naukowo-technicznej PPM'05).

Wzór dla wyliczenia wartości E_n dla laboratorium:

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

gdzie:

x_{lab} - wynik uzyskany w laboratorium,

x_{ref} - wynik uzyskany w laboratorium

odniesienia (w przypadku niniejszej interkalibracji jako wartość odniesienia przyjęto wartość średnią mierzonej wielkości

U_{lab} - niepewność wyniku pomiaru w laboratorium

U_{ref} - niepewność wyniku pomiaru w laboratorium odniesienia (niepewność wartości średniej).

Jeżeli $|E_n| > 1$ dla jakiegokolwiek wyniku, ogólna ocena wyniku porównania jest negatywna.

Dla czasu standardowego

Na podstawie testu E_n dla współczynnika f_1 , negatywną ocenę wyników przeprowadzonego porównania międzylaboratoryjnego otrzymały laboratoria K7, K12, K15, K25 i K26. Dla współczynnika f_2 , negatywną ocenę testu E_n otrzymały laboratoria K7, K11, K12, K24, K25 i K26.

Dla czasu wydłużonego

Na podstawie testu E_n dla współczynnika f_1 , negatywną ocenę wyników przeprowadzonego porównania międzylaboratoryjnego otrzymały laboratoria K12, K13, K15, K24, K25 i K26. Dla

współczynnika f_2 , negatywną ocenę testu E_n otrzymały laboratoria K12, K14, K24, K25 i K26.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania



Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania w 2018 roku

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania (ZKDiW) tworzą dwie pracownie: Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) oraz Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR), w których łącznie zatrudnionych jest 11 osób. Zadania realizowane w ZKDiW stanowią podstawę działalności CLOR od początku jego istnienia, obecnie podstawowymi zadaniami ZKDiW jest prowadzenie prac badawczo rozwojowych oraz świadczenie usług z zakresu:

- dozymetrii indywidualnej,
- wzorcowania przyrządów dozymetrycznych,
- wzorcowania przyrządów radonowych,
- eksponowania detektorów pasywnych wzorcowymi wartościami dawki,
- eksponowania pasywnych detektorów radonowych we wzorcowych stężeniach aktywności radonu w powietrzu,
- pomiarami jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka,
- pomiaru radonu w wodzie metodą emanometrii i ciekłej scyntytacji,
- pomiarami stężenia aktywności radonu w powietrzu w miejscach pracy i budynkach mieszkalnych.

Należy zaznaczyć, iż w ramach rozwoju naukowego pracownicy ZKDiW z powodzeniem realizują badania na poziomie prac doktorskich oraz studiów podyplomowych. Dzięki stałej współpracy ZKDiW z ośrodkami akademickimi w jednostce prowadzone są zajęcia laboratoryjne dla studentów w zakresie dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego. Rezultatem tej współpracy są prace dyplomowe, inżynierskie i magisterskie, realizowane w pełni w infrastrukturze ZKDiW. Średnio personel ZKDiW promuje w ciągu roku cztery prace inżynierskie oraz dwie prace magisterskie.

Wszystkie prace badawcze prowadzone w ZKDiW publikowane są na bieżąco w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym lub krajowym. Artykuły naukowe publikowane przez pracowników ZKDiW 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.

ZKDiW nieustannie poszerza swoje możliwości badawcze zarówno poprzez rozwój infrastruktury badawczej, jak i nawiązywanie współpracy na poziomie krajowym oraz międzynarodowym. Na przełomie lat zrealizowano kilka kluczowych inwestycji, które umożliwiły stworzenie jednostki naukowej o najwyższym standardzie.

Równoległe z rozwojem zaplecza badawczego ZKDiW, prowadzone są, z powodzeniem, działania mające na celu nawiązywanie współpracy zarówno na gruncie krajowym, jak i międzynarodowym. Na gruncie krajowym, poza wspomnianą już współpracą z ośrodkami akademickimi, pracownicy ZKDiW czynnie uczestniczą w działalności stowarzyszeń oraz platform naukowych. Do najważniejszej działalności w tym zakresie zaliczyć należy przede wszystkim współpracę w ramach Centrum Radonowego. Kolejnym stowarzyszeniem w którym czynny udział biorą pracownicy ZKDiW jest Women in Nuclear Polska (WiN) oraz PTBR. W ramach współpracy międzynarodowej organizacją, w której udzielają się pracownicy ZKDiW jest przede wszystkim grupa EURADOS (ang.: European Radiation Dosimetry Group) ukierunkowana na działania naukowe oraz wymianę doświadczeń w zakresie dozymetrii promieniowania jonizującego, spektrometrii gamma oraz problemów badawczych w zakresie narażenia różnych grup zawodowych na promieniowanie jonizujące. Kolejną organizacją, w której działalności uczestniczą pracownicy ZKDiW jest OECD (ang.: The Organisation for Economic Co-operation and Development) a dokładnie działania w ramach jednej z agencji tejże organizacji – Nuclear Energy Agency. w ramach badawczej współpracy międzynarodowej w ZKDiW realizowane są prace w ramach projektów EURAMET- Preparedness (www.preparedness-empir.eu) oraz MetroRadon (www.metroradon.eu).

Organizacyjnie w ramach Zakładu wyodrębnione zostały dwie pracownie. Pierwsza - Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR), posiadająca status laboratorium wzorcującego w kontekście wymagań akredytacyjnych PCA oraz druga, funkcjonująca jako laboratorium badawcze - Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ).

Wszystkie procedury wzorcowania wykorzystywane w LWPDiR posiadają akredytację Polskiego Centrum Akredytacji i są zgodne z wymaganiami normy międzynarodowej PN:EN

ISO/IEC 17025. Infrastruktura badawcza LWPDiR podzielona została na sześć stanowisk pomiarowych: Stanowisko Gamma, Stanowisko RTG, Stanowisko Neutronowe, Stanowisko Radonowe, Stanowisko Beta (Beta Secondary Standard 2) oraz Stanowisko Skażeń Promieniotwórczych. Aparatura badawcza umożliwia wykonywanie ekspozycji z precyzją wartości wzorcowych na poziomie 3 %. W LWPDiR rocznie realizowanych jest około 800 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 LWPDiR są prace z wykorzystaniem radonowej komory klimatycznej. Dodatkowo na szczególną uwagę zasługuje wyposażenie komory radonowej, na które składa się między innymi układ RPPSS (ang.: Radon Progeny Particle Size Spectrometr) – jedyna tego typu aparatura w Europie oraz jedna z dwóch na świecie, umożliwiająca badanie rozkładu średnic pochodnych radonu. Poza komorą radonową, bez wątpienia unikatową infrastrukturę LWPDiR stanowi generator neutronów typu D-T. Urządzenie jest obecnie jedynym tego typu w Polsce wykorzystywanym do prac w zakresie metrologii promieniowania neutronowego.

W ramach Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych funkcjonują obecnie trzy stanowiska badawcze: Stanowisko TLD, Stanowisko Pomiaru Jodu w Tarczycy, oraz Stanowisko Pomiarów Stężenia Radonu w Wodzie. 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 pierwiastków promieniotwórczych (narażenie wewnętrzne). Podobnie jak uprzednio, wszystkie procedury badawcze opracowane i wdrożone w PDIiŚ posiadają akredytację PCA. LWPDiR poza pracami badawczymi oraz rutynową kontrolą ludności pełni również zadanie polegające na utrzymywaniu w pełnej gotowości stanowisk badawczych niezbędnych do oceny narażenia populacji w wyniku zdarzeń radiacyjnych lub awarii jądrowych mających wpływ na stan radiologiczny kraju.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania CLOR prowadzi szeroką działalność związaną z zadaniami statutowymi CLOR. Badania prowadzone w ZKDiW 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 ZKDiW, 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

Rozwój metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego w ramach międzynarodowego programu MAEA MODARIA II (2016-2020)

P. Krajewski, G. Krajewska

Projekt MODelling and DATA for Radiological Impact Assessments o kryptonimie MODARIA II (2016-2020), jest siódmym kolejnym programem Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA), poświęconym problematyce dokładności i wiarygodności wielkości dawek prognozowanych za pomocą komputerowych modeli środowiska. Program MODARIA II (2016-2019), jest kontynuacją programu MODARIA I (2012-2015) [1] i zachowując cele i zakres prac prekursora w większym stopniu odnosi się do nowych rekomendacji ochrony radiologicznej MAEA. Szczególny nacisk położono na wytyczne zawarte w zaleceniach BSS [2] oraz Dyrektywie EURATOM [3], a w szczególności na zalecenie aby objąć ochroną przed promieniowaniem nie tylko człowieka lecz również całe środowisko. Warto w tym miejscu wyjaśnić, że zakres pojęcia środowiska w odniesieniu do badań fizyki i chemii pierwiastków promieniotwórczych, obejmuje zarówno środowisko naturalne, jak też środowisko częściowo będące wytworem działalności człowieka. Elementami, tego pojęcia są: człowiek, fauna, flora, gleba, woda, powietrze, zasoby naturalne, a także zasoby wodne (w szczególności zwierzęta i rośliny hodowlane oraz odpady). w odniesieniu do oceny zmian w środowisku, w wyniku wprowadzenia przez człowieka substancji promieniotwórczych, termin „środowisko” dotyczył uprzednio przede wszystkim siedzib ludzkich, a dopiero od niedawna pojęcie to zostało rozszerzone na dziko żyjące gatunki fauny i flory [4], [5]. Dawne stanowisko (zwane paradygmatem) Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej ICRP (1997) mówiące, że „ochrona radiologiczna człowieka, zapewnia z dużym prawdopodobieństwem ochronę innych żywych gatunków”, uległo znacznej rewizji na rzecz stanowiska, że ochrona radiologiczna środowiska wymaga „oceny różnych sytuacji (scenariuszy) narażenia fauny i flory niezależnie od obecności człowieka” oraz „przeprowadzenia bezpośredniego dowodu, że środowisko w rozumieniu fauny i flory jest chronione” [7].

Tak pojmowany system ochrony wszystkich żywych gatunków przed promieniowaniem jonizującym, rozwijał się stopniowo w latach 90-tych pod patronatem uznanych organizacji międzynarodowych UNSCEAR, ICRP i IAEA. Również UE uruchomiła kilkanaście lat temu, wiele projektów badawczych np.: FASSET, ERICA,

PROTECT, FUTURAE, STAR, COMET, nakierowanych na stworzenie takiego systemu. System ten już został wprowadzony w kilku krajach m.in. w USA i Kanadzie [7]. w ramach programu MODARIA II, CLOR uczestniczy w pracach Grupy WG3 o nazwie „Ocena i kontrola narażenia ludności i bioty przy planowanych sytuacjach narażenia” (ang.: *Assessments and Control of Exposures to the Public and Biota for Planned Releases to the Environment*), której celem jest przeprowadzenie kompleksowej oceny narażenia dla mieszkańców oraz fauny i flory na podstawie wybranych scenariuszy uwolnień radionuklidów z obiektów jądrowych lub instalacji wykorzystującej materiały promieniotwórcze, podczas ich normalnej pracy. w latach 2017-2018 przygotowano 5 scenariuszy referencyjnych (w nawiasach podano kraj oraz organizacje autorskie), jak następuje: uwolnienia do atmosfery i rzeki z EJ w Chinon (Francja, EDF&IRSN); uwolnienia do środowiska morskiego z EJ (USA, U.S.NRC&DOE); uwolnienia z Płytkiego Składowiska Odpadów Radioaktywnych w L’Aube (Francja, ANDRA); uwolnienia z Laboratorium Badawczego w Cadarache (Francja, CEA) oraz uwolnienia z Argentynskiej EJ w ATUCHA (ARN).

Do przeprowadzenia oceny narażenia dla tzw. referencyjnej grupy ludności oraz referencyjnych przedstawicieli fauny i flory zgłosiło się 8 uczestników dysponujących własnymi kodami obliczeniowymi m.in.: model francuski IRSN SYMBIOSE, model słowacki ESTE słowackiej f-my ABMerit, model hiszpański CROM rozwijany w CIEMAT, model polski CLRP rozwijany w CLOR, model angielski PC-CREAM rozwijany w PHE oraz uczestnik z Argentyny (ARN) używający modelu PC-CREAM do oceny dawek dla referencyjnej grupy ludności i modelu CROM do oceny dawek dla fauny i flory.

W 2018 roku opracowano wyniki prognoz dawek dla referencyjnej grupy ludności (mieszkańcy miejscowości Avoin w odległości 3000 m od komina EJ CHINON) oraz mocy dawek dla referencyjnych gatunków fauny i flory dla Scenariusza Chinon w wyniku uwolnień do atmosfery (Rysunek 2) oraz do rzeki (Rysunek 3). Dla porównania na Rysunku 1 przedstawiono wyniki całkowitych dawek (od uwolnień do atmosfery oraz do rzeki) dla referencyjnej grupy ludności w/w scenariusza. Po odrzuceniu skrajnych

prognoz: najniższej- uczestnika P5 ($1.5 \cdot 10^{-4}$ mSv-rok⁻¹) i najwyższej uczestnika P8 ($1.1 \cdot 10^{-1}$ mSv-rok⁻¹), prognozy pozostałych uczestników mieszczą się w granicach $3 \cdot 10^{-4} \div 3 \cdot 10^{-3}$ mSv-rok⁻¹, czyli w jednym rzędzie wielkości.

Warto podkreślić, że 95% udziału w całkowitej dawce miała dawka od uwolnień do rzeki Loary, a w tym udziale 91.5% stanowiły ekspozycje wewnętrzne: 60% od węgla ¹⁴C oraz 38% od trytu HTO. Oba te radionuklidy dostawały się do wnętrza ciała człowieka w skutek spożywania ryb 30% i picia wody 30%. Nasuwa się zatem wniosek, że główną przyczyną rozrzutu wartości dawek przewidywanych przez poszczególne kody były różnice w modelach przechodzenia węgla ¹⁴C oraz trytu HTO do ryb oraz różne założenia, przy ocenie (reprezentatywnego dla ryb) średniego stężenia w/w radionuklidów w wodzie rzeki. Niektórzy uczestnicy zakładali (zgodnie ze scenariuszem), że skoro połów ryb miał miejsce 500 m od wylotu zrzutu radionuklidów z EJ CHINON, to wskazane jest (zachowawcze) przyjęcie jako punkt wyjścia do dalszych obliczeń wartość stężenia radionuklidów w wodzie w tym punkcie, inni próbowali uśredniać to stężenie zakładając migrację ryb wzdłuż nurtu całej rzeki. Ale nawet, jeżeli przyjąć najwyższą prognozowaną dawkę przez uczestnika P8 równą $1.1 \cdot 10^{-1}$ mSv-rok⁻¹, to i tak, stanowiła ona tylko jedną dziesiątą dawki granicznej dla ludności równą 1 mSv-rok⁻¹.

Podobne problemy wystąpiły przy ocenie dawek dla referencyjnych przedstawicieli flory i fauny. Wyniki prognoz mocy dawek dla flory i fauny lądowej (dla uwolnień do atmosfery) mieściły się w zakresie dwóch rzędów wielkości ($10^{-8} \div 10^{-6}$) mGy-d⁻¹ (Rysunek 4), natomiast w przypadku środowiska wodnego różnice przewidywań kodów dla fauny i flory wodnej były nawet większe ($1.5 \cdot 10^{-5} \div 3 \cdot 10^{-3}$) mGy-d⁻¹ (Rysunek 5). Powodem tych rozbieżności między przewidywaniami modeli, było przede wszystkim, zastosowanie różnych algorytmów uśredniania stężeń radionuklidów w powietrzu i w rzece, które to średnie powinny być optymalne dla warunków biocenozy środowiska lądowego i rzeczno. w raporcie MAEA [9] zaleca się, aby, przy uwolnieniach do atmosfery, uśredniać stężenie w powietrzu względem różny wiatrów, dla obszaru między 100 a 400 km², biorąc przy tym pod uwagę tylko lokalnie występujące gatunki. -Kierując się zaleceniami MAEA, część uczestników przyjmowała jako wartość graniczną długość rzeki równą 5000 m (promień koła o powierzchni 100 km²), inni uczestnicy przyjmowali dystans 11000 m (promień koła o powierzchni 400 km²), a pozostali przyjmowali jako reprezentatywną stałą graniczną wartość stężenia radionuklidów w rzece w warunkach równowagi

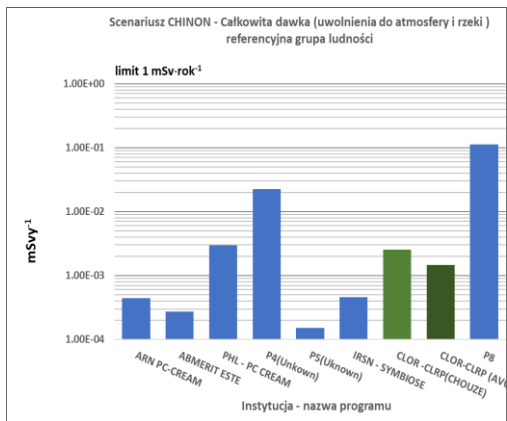
dynamicznej. w wyniku różnych założeń, poszczególne kody otrzymywały znacząco różne stężenia radionuklidów w wodzie i osadach dennych rzeki, które następnie przyjmowano do dalszych obliczeń mocy dawek. Pojawiły również różnice metodyczne między uczestniczącymi kodami, wynikające z rozbieżnego podejścia do zagadnienia narażenia flory i fauny między ICRP a ERICA TOOL. Otóż, Publikacja 108 ICRP wyróżnia tylko 12 gatunków referencyjnych, w tym sześć gatunków żyjących na lądzie: duży ssak (*jeleń*), mały ssak (*szczur*), owad (*pszczoła*), pierścienica (*dżdżownica*), duża roślina (*sosna*), mała roślina (*dzika trawa*); trzy gatunki żyjące w wodach śródlądowych: ptak wodny (*kaczka*), płaz (*żaba*), ryba (*prąg*); oraz trzy gatunki morskie: rybę (*flądra*), skorupiak (*krab*) i wodorost (*brunatnica*). Natomiast ERICA TOOL wyróżnia aż 39 typów taksonomicznych, tzn.: po 13 typów dla każdej biocenozy: środowiska lądowego, wód śródlądowych oraz wód morskich i oceanicznych (Tabela 1). Powodowało to istotne trudności przy porównywaniu prognoz kodów. Przykładowo, Kody SYMBIOSE (IRSN) i CLRP (CLOR) stosowały parametry i współczynniki przeliczeniowe z europejskiego programu ERICATOOL, natomiast trzy modele PC-CREAM (PHE), CROM (ARN) oraz ESTE (ABMERIT) stosowały metodykę ICRP. Ale pomimo znaczących różnic liczbowych między prognozowanymi wartościami mocy dawek, wszystkie modele wskazywały na ekspozycje wewnętrzne jako czynnik dominujący w budżecie całkowitej mocy dawki tzn. (ekspozycje wewnętrzne ok. 90%, ekspozycje zewnętrzne ok. 10%) oraz ¹⁴C i tryt HTO jako radionuklidy mające główny wkład do dawek wewnętrznych (¹⁴C ok. 50%, HTO ok. 40%).

Warto przy tym podkreślić, że przyjmując nawet najwyższe wartości prognozowanych mocy dawek dla fauny i flory dla Scenariusza EJ CHINON, to te wartości rzędu 10^{-6} mGy-d⁻¹ dla uwolnień do atmosfery oraz rzędu 10^{-3} mGy-d⁻¹ dla uwolnień do rzeki, są o parę rzędów znaczących mniejsze od wartości referencyjnych mocy dawek przyjmowanych dla przedstawicieli gatunków uważanych za bardziej wrażliwe na promieniowanie jak ssaki i ptak, równych 1 mGy-d⁻¹ (Tabela 1)

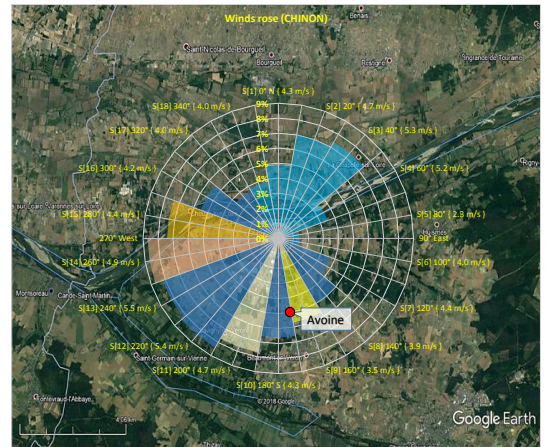
Program jest częściowo sponsorowany przez MAEA oraz finansowany ze środków własnych CLOR.

EKOSTEM	ERICA TOOL	Poziom odniesienia mocy dawki	ICRP	Poziom odniesienia mocy dawki	
	Typ rośliny lub zwierzęcia	mGy d ⁻¹	Typ rośliny lub zwierzęcia (gatunek referencyjny)	mGy d ⁻¹	
Lądowy	duży ssak	~ 1	duży ssak (jeleni)	0.1 - 1	
	mały ssak		mały ssak (szczur)		
	podziemny ptak				
	gad				
	plaz				
	owady latające		owad (pszczola)		10 - 100
	stawonóg				
	ślimak				
	pierścienica		pierścienica (dżdżownica)		10 - 100
	drzewo		duża roślina (sosna)		0.1 - 1
Środziadkowy (rzeki, jeziora, deltę rzek, bagna)	mech i porost	~10	mała roślina (trawa)	1 - 10	
	trawy i ziola				
	krzak				
	ssak wodny		ptak wodny (kaczka)		0.1 - 1
	ptak				
	gad				
	plaz		plaz (żaba)		1 - 10
	ryba oceaniczna		ryba (pstrąg)		1 - 10
	ryba przydenna				
	ślimak wodny				
Morski	małż	~ 10		1-10	
	skorupiak				
	larwa owada				
	zooplankton				
	fitoplankton				
	roślina wodna				
	ssak morski				
	ptak				
	gad				
	ryba oceaniczna		ślądra		1-10
ryba przydenna					
małż					
skorupiak	krab	10-100			
wieloszczet					
ukwiały morskie i korale					
zooplankton					
fitoplankton					
wielka alga	wodorost (brunatnica)	1-10			
roślina morska					

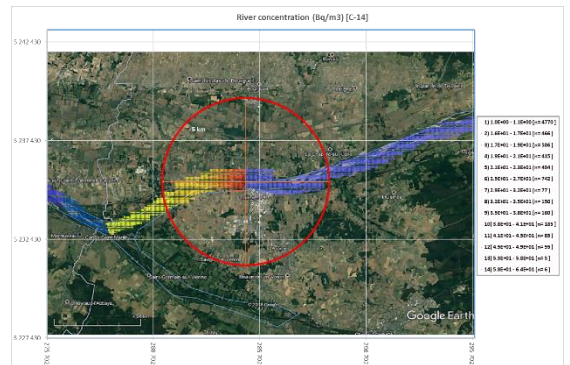
Tabela 1. Porównanie referencyjnych organizmów flory i fauny w podejściu ERICA TOOL i ICRP.



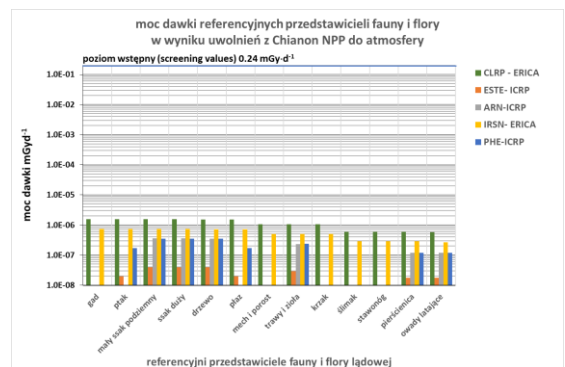
Rysunek 1. Wykres przedstawiający przewidywane dawki całkowite dla referencyjnej grupy ludności od uwolnień do atmosfery oraz rzeki z NPPP Chianon.



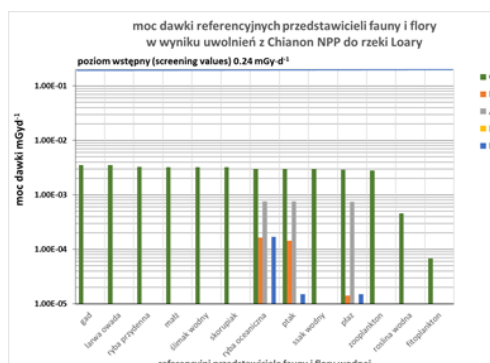
Rysunek 2. Wykres przedstawiający różę wiatrów dla NPP CHINON. Kolorem czerwonym i żółtym zaznaczono kierunki z których wiejące wiatry generują największe stężenia w powietrzu.



Rysunek 3. Wykres przedstawiający rozkład stężeń ¹⁴C wzdłuż nurtu rzeki Loara.



Rysunek 4. Wykres przedstawiający przewidywane moce dawek przez kody obliczeniowe dla referencyjnych przedstawicieli fauny i flory od uwolnień do atmosfery z NPPP Chianon.



Rysunek 5. Wykres przedstawiający przewidywane moce dawek przez kody obliczeniowe dla referencyjnych przedstawicieli fauny i flory od uwolnień do rzeki Loary z NPPP Chianon.

Literatura

- [1] Krajewski, P., Krajewska, G., Rozwój metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego w ramach międzynarodowego programu MAEA MODARIA II (2016-2019), CLOR, 2018, RAPORT CLOR Nr 159, ISBN 978-83-947765-3-4
- [2] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, General Safety Requirements, No. GSR Part 3, Vienna, 2014, <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2014.59077>.
- [3] DYREKTYWA RADY 2013/59/EURATOM, z dnia 5 grudnia 2013 r., ustanawiająca podstawowe normy

bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego Dz. U. L. 13 z 17.1.2014, s. 73.

[4] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Ann. ICRP 37(2-4), Elsevier (2007).

[5] Environmental Protection, the Concept and Use of Reference Animals and Plants, ICRP Publication 108, Ann. ICRP 38(4-6), Elsevier (2008)

[6] Protection of the Environment under Different Exposure Situations, ICRP Publication 124. Ann. ICRP 43(1), Elsevier (2014).

[7] de S. Pereira, W. and Kelecom, A. International Recommendations on Calculation of Absorbed Dose in Biota: a Comprehensive Revue, Journal of Environmental Protection, 2014, 5, 751-759,

[8] ERICA Assessment Tool Help Documentation, ERICA 1.2, <http://erica/tool.com/news/newsarticles/2016/erica-assessment-tool-1.2-updated/>

[8] Working Group 3 Assessments and Control of Exposures to Public and Biota for Planned Releases to the Environment, M i N U T E S of the fifth WG3 Meeting held at IAEA Headquarters, Vienna 22 – 25 October 2018 (during the Third MODARIA II Technical Meeting).

[9] Prospective Radiological Environmental Impact Assessment for Facilities and Activities, General Safety Guide No. GSG-10, IAEA, VIENNA, 2018

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:

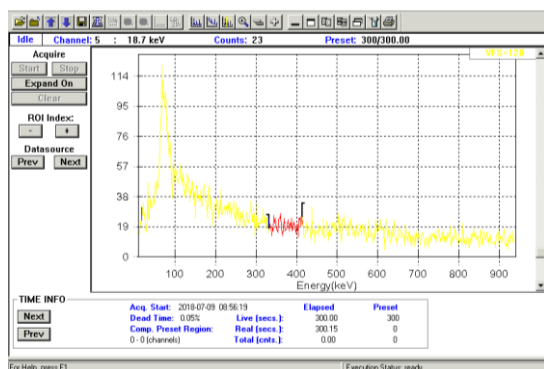
- stacjonarnego i przenośnego. Aparatura umożliwia pomiary jodu w tarczycy w miejscu wystąpienia awarii lub lokalnego skażenia jodem

- na stanowiskach pracy z tymi izotopami jodu, a także u ludności na obszarach skażenia promieniotwórczego w przypadku awarii wielkoskalowej np. elektrowni jądrowej. Została wyprodukowana przez firmę Canberra-Packard - detektor stanowi kryształ NaI(Tl) 3 x 3 cale, o rozdzielczości 7.5% dla energii 661.6 keV.

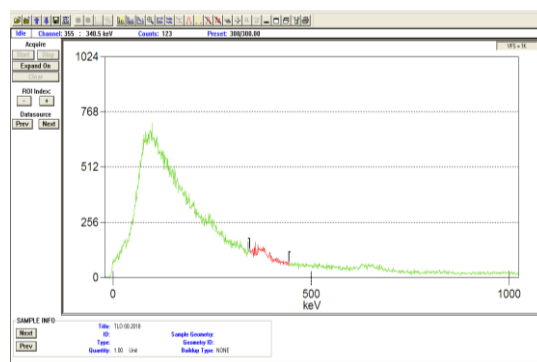
Działania Laboratorium w 2018 r. polegały między innymi, na utrzymaniu w gotowości aparatury do podjęcia natychmiastowych pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy (wykonywano systematyczne pomiary tła promieniowania w piku

radionuklidów ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ i ^{131}I oraz testowano prawidłowość działania modułów elektronicznych zestawów pomiarowych) oraz wykonywaniu pomiarów zawartości radionuklidów ^{131}I i $^{99\text{m}}\text{Tc}$ w tarczycy u pracowników zakładów medycyny nuklearnej w Polsce, prowadzących badania diagnostyczne i terapeutyczne związane z chorobami gruczołu tarczowego.

Tło w pomieszczeniu Laboratorium Monitoringu Jodu, mierzone systematycznie dwukrotnie w ciągu miesiąca, wynosiło 3, 4, 3 cps w piku radionuklidów ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ oraz ^{131}I , odpowiednio i wahało się w granicach 20% średniego zmierzonego tła rocznego w latach poprzednich, utrzymując się na stałym poziomie oraz determinując niski limit detekcji pomiarów. Na Rysunkach 1 i 2 przedstawiono widmo promieniowania tła zmierzone zestawem stacjonarnym i przenośnym.



Rysunek 1. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium



Rysunek 2. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium zmierzone zestawem stacjonarnym zmierzone zestawem przenośnym

W roku 2018 wykonano pomiary zawartości jodu promieniotwórczego ^{131}I oraz technetu $^{99\text{m}}\text{Tc}$ w tarczycach osób stanowiących personel medyczny Zakładu Medycyny Nuklearnej oraz w Klinice Endokrynologii, Diabetologii i Chorób Wewnętrznych Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku.

w powyższych placówkach, z użyciem jodu promieniotwórczego, prowadzone są badania diagnostyczne - scyntygraficzne tarczycy, wychwyt tarczycowy, oznaczanie poziomu hormonów

tarczycowych oraz badania terapeutyczne - leczenie schorzeń tarczycy, w tym nowotworów w systemie oddziaływym. Ponadto prowadzone są badania diagnostyczne innych narządów z użyciem technetu.

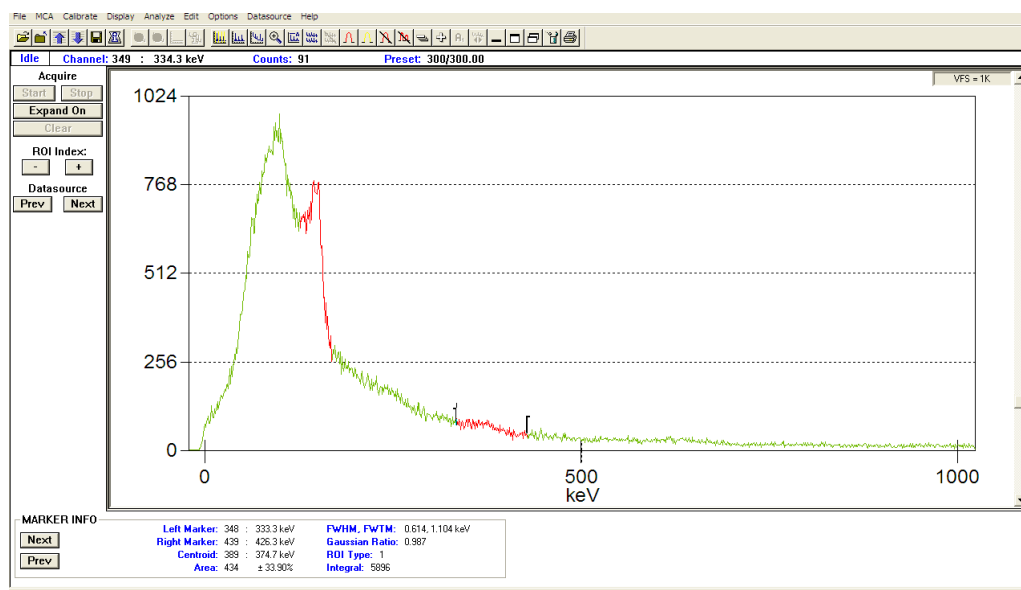
Wyniki pomiarów aktywności ^{131}I i $^{99\text{m}}\text{Tc}$ w tarczycy oraz oszacowanych dawek od wchłonięć ^{131}I u pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej i Kliniki Endokrynologii Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku przedstawiono w Tabeli 1 oraz na Rysunku 3 i 4.

Pracownik	Zmierzona w tarczycy aktywność jodu-131 [Bq]	Oszacowana dawka skuteczna od rocznych wchłonięć jodu-131 [mSv]	Procent maksymalnej dawki skutecznej dla narażonych zawodowo (20 mSv)	Zmierzona w tarczycy aktywność Tc-99m [Bq]
H.Ł.	<68	<0.38	<1.90	1400
E.S.	<68	<0.38	<1.90	-
M.P.	<68	<0.38	<1.90	1700
M.M.	<68	<0.38	<1.90	-
A.K.S.	<68	<0.38	<1.90	130
P.S.	<68	<0.38	<1.90	-
S.A.R	<68	<0.38	<1.90	-
M.H.	<68	<0.38	<1.90	130
B.K.	<68	<0.38	<1.90	-
Ł.Ż.	<68	<0.38	<1.90	400
A.Ż.	<68	<0.38	<1.90	-
M.S.	<68	<0.38	<1.90	-
A.A.	250	0,75	3,5	450
E.W.	340	1,02	4,8	380
M.K.	<68	<0.38	<1.90	1120
I.G.	<68	<0.38	<1.90	-
D.I.	<68	<0.38	<1.90	-
J.M.	<68	<0.38	<1.90	-
P.K.	<68	<0.38	<1.90	1570
P.J.	<68	<0.38	<1.90	1930
M.St.	<68	<0.38	<1.90	-
P.T.B.	<68	<0.38	<1.90	-
K.D.	<68	<0.38	<1.90	-
B.P.	<68	<0.38	<1.90	-
W.G.	<68	<0.38	<1.90	-
H.Li.	<68	<0.38	<1.90	-
D.O.	<68	<0.38	<1.90	-
E.P.	<68	<0.38	<1.90	-
M.C.	<68	<0.38	<1.90	-
D.S.	<68	<0.38	<1.90	-
M.Cz.	<68	<0.38	<1.90	-
M.Mo.	<68	<0.38	<1.90	-
E.A.	<68	<0.38	<1.90	-
J.F.	<68	<0.38	<1.90	-
J.G.M.	<68	<0.38	<1.90	-

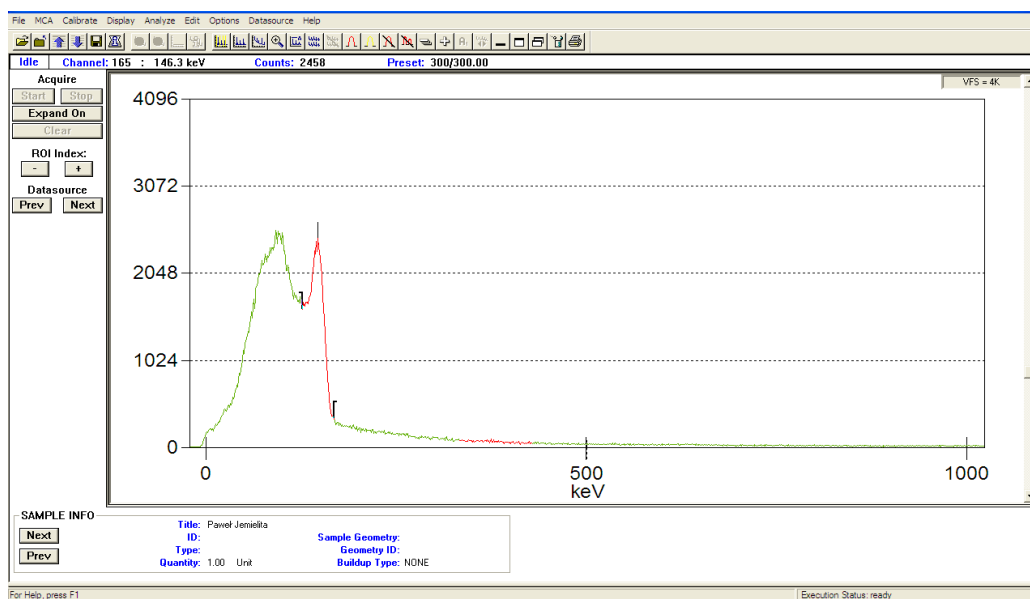
W.B.	<68	<0.38	<1.90	-
H.Sa.	<68	<0.38	<1.90	-
B.H.	<68	<0.38	<1.90	-
A.R.	<68	<0.38	<1.90	-
A.O.S.	<68	<0.38	<1.90	-
H.K.	<68	<0.38	<1.90	-
R.P.	<68	<0.38	<1.90	-
K.S.	<68	<0.38	<1.90	-
A.K.	<68	<0.38	<1.90	-
E.A.	<68	<0.38	<1.90	-
M.W.	<68	<0.38	<1.90	-
J.B.	<68	<0.38	<1.90	-
M.Sz.	<68	<0.38	<1.90	-
G.K.	<68	<0.38	<1.90	-
I.M.	<68	<0.38	<1.90	-

*) Najmniejsza mierzalna aktywność

Tabela 1. Wyniki pomiarów poziomów aktywności jodu promieniotwórczego u pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej oraz Klinice Endokrynologii, Diabetologii i Chorób Wewnętrznych Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku



Rysunek 3. Widmo promieniowania zmierzone u pracownika A.A. (widoczny pik ^{131}I oraz $^{99\text{m}}\text{Tc}$)



Rysunek 4. Widmo promieniowania zmierzone u pracownika P.J. (widoczny pik ^{99m}Tc)

Poziomy aktywności ^{131}I w tarczycy u pracowników Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku, w którym przeprowadzono pomiary, były niskie (Tab.1). Maksymalna dawka wyniosła ok. 1mSv nie przekraczając 5 % rocznego limitu dla narażonych zawodowo (u pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej). Prawdopodobnie w związku z gruntowną reorganizacją Zakładu warunki wentylacyjne w pomieszczeniach uległy poprawie i w stosunku do poprzednich pomiarów (2014r.) nastąpił spadek narażenia od ^{131}I . Jednocześnie, z uwagi na znaczące zużycie ^{99m}Tc , zarejestrowano ten radionuklid u kilku pracowników Zakładu,

rejestrując go także w promieniowaniu tła. z przeprowadzanego podczas badań wywiadu z pracownikami, dotyczącego charakteru pracy z radionuklidami, stwierdzono, że grupą najbardziej narażoną na działanie substancji promieniotwórczej są osoby przeprowadzające badania scyntygraficzne.

Finansowanie

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki w ramach Umowy Nr 19/OR/2018/2.

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

Ł. Modzelewski

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) będące częścią Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej uzyskało Akredytację Laboratorium Wzorcującego wydaną przez Polskie Centrum Akredytacji w 2003 roku. Od tego czasu wzorcowania w LWPDiR wykonywane są zgodnie z zakresem akredytacji nr AP 057 oraz wymaganiami normy PN- EN ISO/IEC 17025:2005.

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 alfa krótkożyciowych pochodnych radonu oraz ekspozycje detektorów wzorcowymi stężeniami radonu.

- QPP B Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania beta.

- QPP N Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania neutronowego.

Według wytycznych normy ISO 17025 ważnym aspektem jest zachowanie spójności pomiarowej. Spójność pomiarowa zachowana jest dzięki wzorcowaniu wzorców odniesienia (przedstawionych na Rysunku 1) w europejskich akredytowanych laboratoriach wzorcujących, takich jak PTB, PTW, STUK, SUJCHBO. Zachowanie spójności pomiarowej jest warunkiem jednoznaczności wyników pomiarów, umożliwiającym ich wzajemne porównanie.



Rysunek 1. Wzorce odniesienia w LWPDiR

Spójność pomiarowa uzyskiwana jest również poprzez udział w porównaniach międzylaboratoryjnych. W 2018 roku LWPDiR brało udział w porównaniach z dziedziny powierzchniowej emisji promieniowania, gdzie odnotowano wynik pozytywny.

Kolejnym ważnym wymaganiem normy 17025 jest monitorowanie zapewnienia jakości wykonywanych wzorcowań, które w LWPDiR i polega na:

6. 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 2018 obejmowała 30. 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 wyznaczenie współczynnika kalibracji. Każde z wykonywanych

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

W ramach procesu nadzoru Polskiego Centrum Akredytacji nad laboratorium, 13 czerwca 2018 roku został przeprowadzony w LWPDiR audyt w nadzorze wykonany przez audytorów

zewnętrznych polegający na przeglądzie dokumentacji technicznej przez audytora wiodącego i eksperta technicznego. w czasie oceny PCA nie odnotowało żadnych niezgodności. Zostały zapisane dwa spostrzeżenia co do których skuteczność podjętych działań będzie przedmiotem kolejnej oceny.

Sprawozdanie z seminarium Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych

A. Kudynowska

W dniu 05.03.2019 r. odbyło się seminarium pt. "Zapewnienie i utrzymanie systemu jakości w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) dla potrzeb ochrony radiologicznej" – część systemowa.

Temat referowała Alicja Kudynowska, która na wstępie zaprezentowała strukturę organizacyjną zaznaczając, że w strukturze organizacyjnej Laboratorium wyodrębnia się następujące funkcje: KL, KLJ, KLT, Opiekun stanowiska - w odniesieniu do 3 stanowisk: st. nr 1 - stanowisko kontroli dawek metodą TLD, st. nr 2 – stanowisko monitoringu jodu oraz nr 4 - stanowisko do pomiaru stężenia radonu w wodzie.

Odnosząc się do personelu PDIŚ stwierdzono, w 2018 r. nastąpiły niewielkie zmiany. Funkcję Kierownika PDIŚ w dalszym ciągu pełniła Grażyna Krajewska a funkcję zastępcy (od 02.01.18) powierzono Zuzannie Baranowskiej, która również od tego czasu jest KLT oraz opiekunem st. nr 1. w sierpniu 2018 r. odeszła na urlop macierzyński i Iwona Słonecka – opiekunka st. nr 2 (działalność zawieszona). Funkcję Kierownika ds. jakości pełniła Alicja Kudynowska.

Personel wykonujący badania to: Grażyna Krajewska, Hanna Will (do 30 czerwca), Michał Bąkowski (lipiec – wrzesień), Hanna Fede, Agata Wyszowska, Zuzanna Podgórska.

W odniesieniu do zakresu akredytacji przekazano, iż dotychczasowy zakres akredytacji AB 450 nie uległ zmianie. Kod identyfikacyjny działalności to 0/3;0/9, obejmujący badania radiochemiczne i promieniowania – obiekty i materiały biologiczne przeznaczone do badań, próbki środowiskowe.

Badane obiekty i metody badawcze to:

Dawkomierz w polu promieniowania jonizującego – Metoda TLD.

Tarczycza człowieka - Metoda spektrometrii gamma.

Stężenie izotopu radonu ²²²Rn- w wodzie – metoda spektrometrii promieniowania alfa.

Dokumentacja PDIŚ jest na bieżąco nadzorowana i doskonała. Laboratorium utrzymuje 19 procedur ogólnych, 5 procedur badawczych, 19 instrukcji badawczych.

Przegląd zarządzania został przeprowadzony przez Dyrektora CLOR, dr. Pawła Krajewskiego w dniu

25.05.2018 r. Tematyką obejmował wszystkie elementy systemu zarządzania podane w wymaganiach normy, m. in. „Cele i zadania na okres 2017/2018”, tj. 4 wyznaczone cele, spośród których 1-go nie udało się zrealizować (opracowanie procedury oceny dawki na soczewkę oka) a drugi zrealizowano częściowo (dot. Modernizacji obsługi systemu bazy TLD). Dyrektor prosił o wyjaśnienie przyczyny niezrealizowanych celów, a w wyniku analizy i dyskusji wydłużono dla nich czas realizacji.

Przypomniano również, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2018/2019), co zaprezentowano na slajdach.

Zaprezentowano również i omówiono wyniki audytów wewnętrznych i zewnętrznych, a mianowicie:

Audyt wewnętrzny Nr 1/2018 (z części systemowej) odbył się dnia 21.05.2019. Auditorem była Katarzyna Wołoszczuk - nie odnotowała spostrzeżeń ani niezgodności.

Również podczas audytu wewnętrznego Nr 2/2018 z dnia 23.05.2019 r. i audytor K. Wołoszczuk nie odnotowała spostrzeżeń ani niezgodności.

Audyt w nadzorze (A - 1336-2018) przeprowadzono dnia 24.07.2018. Oceniający to Kamila Skrzypczak – Zbiciak - AW i Janusz Skubalski - AT.

Auditor techniczny odnotował niezgodność o treści „Laboratorium powołuje się w sprawozdaniach na nieaktualne wydanie własnej procedury badawczej; sprawozdania z badań: nr 2017/IV/01.02.60.01TL oraz 2017/IV/16.11.15.02.TL z dnia 15.01.2018”. w odniesieniu do tejże niezgodności, laboratorium dokonało działań uregulowanych i wymaganych przez system.

Następnie omawianym zagadnieniem były informacje zwrotne od klientów. w okresie lipiec 2017 – czerwiec 2018 Laboratorium uzyskało od klientów 23 ankiety, z których wynika, że najwyższą notę (100%) laboratorium otrzymało za dotrzymanie terminów realizacji umów, 74% za fachowość i kompetencje pracowników PDIŚ, 60% stanowiła jakość sprawozdań z badań, 53% to jakość usług i kontakt z laboratorium w trakcie realizacji usług.

Z ankiet wynika, że 60% to wieloletni klienci, 10% nowych klientów PDIŚ zyskało dzięki dobrej

rekomendacja stałych klientów a 30 % dzięki informacjom na stronie internetowej. Zestawienie uzyskanych wyników zaprezentowano na wykresie.

Nie wniesiono skarg i reklamacji.

Odbyło się 8 zaplanowanych szkoleń spośród których 2 to szkolenia zewnętrzne. Przeprowadzono również 2 szkolenia pozaplanowe, wewnętrzne i zewnętrzne.

Na koniec i części seminarium zapoznano uczestników z oceną Laboratorium przez PCA.

Zaprezentowano najistotniejsze informacje, które umieściło PCA w swoim raporcie, tj.: zawieszenie akredytacji nr AB 450 w części zakresu akredytacji na wniosek akredytowanego podmiotu nie ma negatywnego wpływu na kompetencje Laboratorium w pozostałej części zakresu akredytacji. Zespół oceniający pozyskał zaufanie do kompetencji podmiotu w ocenianym obszarze. w strukturze

Instytutu i Laboratorium nie nastąpiły zmiany, które mogłyby mieć wpływ na wykazaną i potwierdzoną bezstronność i niezależność działalności badawczej. Metody badawcze oferowane klientom i stosowane przez laboratorium są właściwe i pozwalają na osiągnięcie zamierzonego celu badania, a wyniki badań są przydatne do zamierzonego zastosowania przez klientów i inne strony. Laboratorium planuje i realizuje przedsięwzięcia (wewnętrzne i zewnętrzne), których celem jest zapewnienie jakości wyników przeprowadzanych badań. Laboratorium od poprzedniej oceny nie uzyskało wyników niezadawalających czy wątpliwych. Laboratorium spełnia wymagania akredytacyjne. Pozyskano dowody z oceny uzasadniające dostateczne zaufanie do kompetencji Laboratorium AB-450 w zakresie posiadanej akredytacji.

Sprawozdanie z seminarium Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych

A. Kudynowska

W dniu 05.03.2019 r. odbyło się seminarium sprawozdawcze pt. "Zapewnienie i utrzymanie systemu jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) dla potrzeb ochrony radiologicznej" – część systemowa.

Temat został zreferowany przez Alicję Kudynowską. w pierwszej kolejności zaprezentowano strukturę LWPDiR informując, że w Laboratorium wyodrębnia się następujące funkcje: KL, KLJ, KLT, oraz Opiekun stanowiska - w odniesieniu do sześciu stanowisk (Gamma, Beta, Skażeń, RTG, Radonu i Neutronów).

W 2018 r. nastąpiły zmiany wśród personelu kierowniczego jak i technicznego. Funkcję Kierownika LWPDiR od dnia 01.02.2018 pełnił Łukasz Modzelewski w miejsce i K. Wołoszczuk, a jego zastępcą pozostała nadal Zuzanna Podgórska. Łukasz Modzelewski sprawował również funkcję KLT a jego zastępcą była i Katarzyna Wołoszczuk. Funkcję Kierownika ds. jakości pełniła Pani Alicja Kudynowska. Nastąpiły zmiany w personelu wzorcującym: z dniem 02.07.2018 r. zatrudniono Bartłomija Klisia w wymiarze ½ etatu a z dniem 01.10.2018 r. Łukasza Mazura również w wymiarze ½ etatu.

W ramach 3 zagadnienia poinformowano, że dotychczasowy zakres akredytacji LWPDiR (AP 057) pozostał w wersji niezmienionej. Nadal obowiązuje wydanie nr 15 z dnia 22 sierpnia 2016r. Dziedziny akredytacji: promieniowanie jonizujące i radioaktywność (18.01, 18.02, 18.03).

Dokumentacja LWPDiR jest na bieżąco nadzorowana i doskonała. Dokonano szeregu zmian w procedurach ogólnych, procedurach i instrukcjach technicznych oraz formularzach. Wydano 3 nowe instrukcje z zakresu technicznego. w 2018 r. było utrzymywanych 18 procedur ogólnych, 5 procedur wzorcowania oraz 11 instrukcji technicznych.

Przegląd zarządzania został przeprowadzony przez dyrektora CLOR dr. Pawła Krajewskiego, w dniu 25.05.2018 r., omówiono na nim szczegółowo „Cele i zadania na okres 2017/2018” - zrealizowane jak i te, właściwą weryfikację i powiązanie danych źródłowych z danymi wyjściowymi - wynikami przedstawianymi na świadectwie wzorcowania.

2. w odniesieniu do sprawdzeń okresowych wzorcowych źródeł powierzchniowych, Laboratorium

których nie udało się zrealizować w ustalonym terminie.

Przypomniano, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2018/2019) co zaprezentowano na slajdach.

Zgodnie z kolejnym punktem omówiono informacje zwrotne od klientów. Laboratorium uzyskało 28 ankiet od klientów i przeprowadziło ich analizę. W zakresie poziomu obsługi Klienta, najwyższą notę LWPDiR otrzymało na za profesjonalizm i kompetencje, terminowość wykonywania usług oraz łatwość kontaktu i dostępność (po 93 %). w procesie realizacji usług najlepszą notę otrzymały: jakość wykonywanych usług i wywiązywanie się z warunków umowy (po 100%) a następnie sposób i terminowość załatwiania spraw (93%). Najgorzej wypadła polityka cenowa laboratorium: atrakcyjność cen na poziomie 51%, stosunek ceny do jakości (71%) a warunki i sposób płatności - 82%.

Nie było skarg i reklamacji.

Zaplanowano i zrealizowano 9 szkoleń, w tym 2 szkolenia zewnętrzne. Odbyły się również 2 szkolenia pozaplanowe, kompleksowe, dla nowoprzyjętych pracowników.

Następnie omówiono wyniki audytów wewnętrznych i zewnętrznych. Audyt wewnętrzny Nr 1/2018 odbył się dnia 21.05.2018 r. Audytorem była i Grażyna Krajewska, która nie stwierdziła niezgodności i nie odnotowała spostrzeżeń. Również audyt wewnętrzny Nr 2/2018 z dnia 22.05.2018 r. przeprowadziła Grażyna Krajewska, nie odnotowując niezgodności ani spostrzeżeń.

Ocena w procesie nadzoru (A-881-2018) została przeprowadzona przez PCA, w dniu 13 czerwca 2018 r. Audytorem wiodącym była Katarzyna Wiśniewska, która nie odnotowała niezgodności jak i spostrzeżeń, natomiast auditor techniczny - Ryszard Broda, odnotował 2 spostrzeżenia:

1. Algorytm postępowania Laboratorium związany z przenoszeniem danych oraz ich sprawdzaniem nie w każdym przypadku zapewnia

nie w każdym przypadku zachowuje zapisy źródłowe, co może utrudnić ustalenie tropów audytowych i świadczyć o niedostatecznej skuteczności realizowanych sprawdzeń okresowych.

W odniesieniu do spostrzeżeń podjęto działania zapobiegawcze, które już zrealizowano.

Na koniec spotkania zapoznano uczestników z oceną Laboratorium przez organizacje zewnętrzne – PCA.

Odnotowano iż LWPDiR spełnia wymagania akredytacyjne określone w normie PNEN17025:2005+AP1:2007 oraz, że pozyskano

dowody z oceny uzasadniające dostateczne zaufanie do kompetencji laboratorium AP 057 w obszarze posiadanej akredytacji. Nie pozostawiono spraw nierozstrzygniętych oraz, że nie ma potrzeby szczególnego zwrócenia uwagi na określone elementy systemu zarządzania.

Do referowanego tematu nie wniesiono żadnych pytań .

Ocena zależności rozkładu średnic aerozoli promieniotwórczych powstałych z rozpadu radonu-222 od aerozoli środowiskowych

K. Wołoszczuk

Rozkład ziarnowy średnic aerozoli promieniotwórczych pozwala na dokładniejsze wyznaczenie współczynników konwersji dawki (DCF), określających relację pomiędzy ekspozycją na pochodne radonu i odpowiadającą jej dawkę efektywną. Istnieją dwa podejścia wyznaczania współczynników DCF- metoda epidemiologiczna i metoda dozymetryczna. Pierwsza z nich wykorzystuje wyniki badań epidemiologicznych wykonanych na grupach górników pracujących w podziemnych kopalniach, natomiast podejście dozymetryczne rekomendowane w Publikacji 66 ICRP z 1994 r., pt. "Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection", oparte jest na zastosowaniu modeli dozymetrycznych. Modele te uwzględniają zależność dawki od miejsca depozycji w układzie oddechowym, co z kolei jest silnie związane ze średnicami aerozoli zawierającymi krótkożyciowe produkty rozpadu radonu. w praktyce stosuje się zwykle metodę epidemiologiczną szacowania dawki, ponieważ pomiar widma średnic pochodnych radonu wymaga specjalistycznej i kosztownej aparatury i dlatego nie jest powszechnie stosowany.

Ocena dawki efektywnej osób narażonych na radon i jego pochodne najczęściej odbywa się na podstawie pomiarów stężenia radonu lub pomiaru stężenia energii potencjalnej alfa. Są to metody powszechnie stosowane ze względu na stosunkowo łatwy pomiar. Jednak skutek i biologiczny wchłaniania radonu do układu oddechowego człowieka jest skomplikowany i w dużej mierze zależy od ilości i rodzaju aerozoli środowiskowych oraz warunków środowiskowych w miejscu ekspozycji. Najbardziej

szkodliwe warunki zachodzą przy dużym udziale frakcji wolnej, czyli przy cząsteczkach o średnicy mniejszej niż 10 nm. Wyznaczając rozkład średnic aerozoli promieniotwórczych pochodnych radonu można z większą precyzją wyznaczyć współczynniki konwersji energii potencjalnej alfa produktów rozpadu radonu na dawkę efektywną.

Przeprowadzono pomiary rozkładu ziarnowego średnic aerozoli środowiskowych oraz aerozoli promieniotwórczych pochodzących od krótkożyciowych produktów rozpadu ^{222}Rn . Pomiary zostały przeprowadzone w terenie w Jaskini Niedźwiedziej w Kletnie, w Zabytkowej Kopalni Uranu w Kletnie, w Kopalni Złota „Złoty Stok” oraz w Zabytkowej Kopalni Srebra w Tarnowskich Górach.

Do badań rozkładu średnic aerozoli promieniotwórczych wykorzystany został Spektrometr Średnic Pochodnych Radonu RPPSS (ang.: Radon Progeny Particle Size Spectrometer). Pomiar rozkładu średnic aerozoli środowiskowych został przeprowadzony przy współpracy z Głównym Instytutem Górnictwa, wykorzystując zestaw spektrometrów APS&SMPS.

Efektom prac było wyznaczenie zależności rozkładu średnic aerozoli promieniotwórczych od parametrów środowiskowych oraz wyznaczenie współczynników konwersji w oparciu o uzyskane rozkłady ziarnowe, w celu właściwej oceny dawek związanych z występowaniem krótkożyciowych produktów rozpadu radonu w powietrzu.

Projekt MetroRADON Metrology for Radon Monitoring

K. Wołoszczuk

Projekt MetroRADON rozpoczął się 1 czerwca 2017 roku. w skład konsorcjum wchodzi 17 instytucji z Europy. Jest to projekt finansowany przez H2020 oraz projekt EMPIR Participating States organizowany w ramach EURATOM.



Ogólnym celem tego projektu jest zapewnienie spójności pomiarów radonu (^{222}Rn) przy jego niskich stężeniach, w szczególności wzorcowanie przyrządów radonowych i mapowanie radonu przy niskich stężeniach nie przekraczających $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Cele te obejmują również badanie wpływu toronu (^{220}Rn), harmonizację pomiarów radonu w budynkach mieszkalnych, ekshalację z gleby oraz opracowanie nowych metod identyfikacji i charakteryzowania obszarów, na których możliwe jest występowanie wyższych stężeń radonu w Europie. Celem projektu jest również stworzenie znormalizowanej infrastruktury metrologicznej do monitorowania radonu w Europie.

Prace w projekcie podzielono na pięć głównych zadań (WP ang.: Working Programme):

WP1 opracowanie nowych procedur wzorcowania przyrządów pomiarowych radonu (^{222}Rn) w niskich stężeniach ($100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ do $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) przy względnych niepewnościach $\leq 5\%$ ($k = 1$). w tym zadaniu planuje się opracować nowe radowe źródła referencyjne o stabilnych i znanych szybkościach emisji radonu;

WP2 zbadanie i ograniczenie wpływu toronu (^{220}Rn) i jego pochodnych na wzorcowanie i pomiary radonu przez użytkownika końcowego;

WP3 porównanie i ujednoczenie istniejących w krajach europejskich procedur pomiaru radonu, poprzez zebranie ankiet dotyczących sposobu przeprowadzenia badań wewnątrz budynków, pomiary uwzględniające czynniki geogeniczne i antropogeniczne;

WP4 analiza i rozwój metodologii identyfikacji obszarów o wysokim stężeniu radonu w glebie, zgodnie z definicją w EU-BSS i zbadanie zależności między ekshalacją radonu z gruntu a stężeniem radonu w budynkach;

WP5 zbadanie spójności pomiarowej laboratoriów wzorcujących w Europie oraz opracowanie i publikacja wytycznych i zaleceń dotyczących wzorcowania i pomiarów.

Zadania badawcze CLOR w ramach projektu MetroRADON realizowane są w całości w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania, zarówno w zakresie personelu jak i wykorzystywanej infrastruktury badawczej. Uczestnictwo w pakiecie roboczym – WP5 „Validation of traceability of European radon calibration facilities”. w ramach prac badawczych CLOR występuje jako wykonawca w ośmiu aktywnościach. Główne zadania badawcze CLOR polegają na organizacji i uczestnictwie w porównaniach międzylaboratoryjnych pomiaru stężenia radonu w powietrzu, pierwsze w zakresie pomiarowym $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ do $10.000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, drugie $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ do $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Dodatkowymi zadaniami CLOR w projekcie będzie współpraca przy organizacji seminarium dot. metod wzorcowania oraz opracowanie przewodnika dotyczącego wzorcowania instrumentów radonowych

Całościowy opis na stronie projektu www.metroradon.eu

Badania zawartości radonu w próbach wody z Warszawskich studni oligoceńskich

Z. Podgórska, K. Rozicki, D. Aksamit

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów stężenia radonu ^{222}Rn w próbach wody pobranych z Warszawskich studni oligoceńskich. Jest to zagadnienie bardzo istotne z punktu widzenia ochrony radiologicznej i wpływu radonu i jego pochodnych na zdrowie, ponieważ radon, jako gazowy pierwiastek promieniotwórczy generowany w skorupie ziemskiej i stosunkowo dobrze rozpuszczający się w wodzie stanowi jeden ze składników wody pitnej, w związku z czym trafia drogą pokarmową do organizmu.

Warszawa jest w znacznej mierze zaopatrywana przez miejskie wodociągi w wodę pitną pochodzącą z Wisły i z Zalewu Zegrzyńskiego. Dodatkowe źródło wody pitnej stanowi około 70 funkcjonujących na terenie Warszawy studni Oligoceńskich.



Rysunek. 1 Jedna ze studni oligoceńskich przy ul. Wójtowskiej w Warszawie, źródło: własne K. Rozickiego

W ramach realizowanych prac przebadano wodę z 61 punktów poboru usytuowanych w 15 różnych dzielnicach Warszawy. Studnie oligoceńskie są jednym z rodzajów wód artezyjskich występujących pod ciśnieniem hydrostatycznym. Swoją zwiększoną czystość zawdzięczają temu, że woda znajduje się pod warstwą nieprzepuszczalnych skał na głębokości około 200m. Tak ukształtowana struktura geologiczna nazywana niecką występuje na Mazowszu w obszarze Kotliny Warszawskiej.

Z uwagi na spodziewane niskie wyniki stężenia radonu w wodzie zdecydowano się na wykorzystanie metody ciepłej scyntytacji i analizatora ciekłoscyntylacyjnego TriCARB stanowiącego

wyposażenie Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych Zakładu III CLOR.

Próbki pobierane były w sposób powtarzalny zgodnie z opracowaną procedurą. Woda z ujęcia studni była odkręcana na około 1 minutę, po tym czasie napełniano pojemnik (butelka plastikowa o pojemności 500 ml i wąskim otworze) wodą zapewniając przepływ laminarny; powoli po ścianie naczynia. Następnie po przelaniu zakręcano natychmiast butelkę a korek dodatkowo szczelnie owijano taśmą izolacyjną aby zminimalizować ryzyko ucieczki gazowego radonu z naczynia podczas transportu i przechowywania. Próba po pobraniu była dostarczana do Laboratorium, gdzie po maksymalnie 24 godzinach przygotowywano próbki do analizy. w tym celu do 3 szklanych fiolek nalewano strzykawką po 10 ml ciepłego scyntylatora, a następnie powoli pobierano wodę z butelki i dodawano pod warstwę scyntylatora po 10 ml wody przeznaczonej do analizy. Następnie fiolkę zakręcano, i energicznie potrząsano w celu wymieszania fazy organicznej scyntylatora i badanej próbki. Tak przygotowane próbki odstawiane były do czasu ustalenia się wewnątrz równowagi. Jednorazowo w wykorzystywanym analizatorze badano do 12 próbek, czyli próby z 4 różnych miejsc. Każdorazowo uzyskane wyniki stężenia radonu w wodzie były przeliczane z uwzględnieniem czasu, jaki minął od momentu pobrania do jego analizy oraz czasu półrozpadu radonu, zgodnie ze wzorem

$$C_{Rn0} = C_{Rnt} \cdot e^{\frac{0,69 \cdot t}{T}}$$

Gdzie:

C_{Rn0} – stężenie radonu w wodzie w momencie pobrania,

C_{Rnt} - stężenie radonu w wodzie w momencie pomiaru, po czasie t ,

t – czas, jaki minął od pobrania do pomiaru [h],

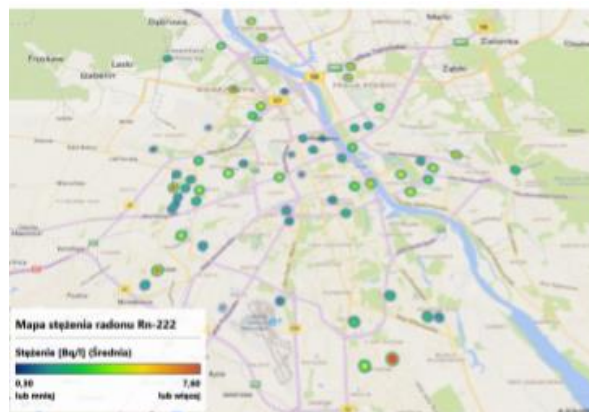
T – czas półrozpadu radonu 91,2 h.

Uzyskane wyniki stężenia radonu w badanej wodzie pitnej zinterpretowano w kontekście zaleceń zawartych w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi), które zostało wprowadzone w ramach implementacji zaleceń dyrektywy EURATOM (Dyrektywa Rady 2013/51/EURATOM z dn.

22 października 2013 r. określającej wymogi dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi). Zgodnie z obowiązującymi przepisami, za poziom bezpieczny stężenia radonu w wodzie pitnej uznaje się poziom $10 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. Spośród przebadanych prób, tylko jedna, pobrana na terenie Ursynowa zawierała nieznacznie powyżej $10 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Na podstawie uzyskanych wyników stężenia radonu ^{222}Rn oszacowano też dawki efektywne otrzymywane przez osobę spożywającą regularnie wodę ze studni oligoceńskiej. Przyjęto założenia opisane w modelu biokinetycznym Crawforda–Browna, który pozwala określić koncentrację radonu w organizmie pochłoniętego drogą pokarmową. Model ten uwzględnia rodzaj promieniowania i wrażliwość na promieniowanie jonizujące poszczególnych narządów w obrębie układu pokarmowego. Przyjmuje się też założenie, że dorosły konsument spożywa każdego dnia 0,3 l wody z badanego ujęcia. Obliczona roczna dawka efektywna wynikająca ze spożycia radonu zawartego w wodzie ze studni oligoceńskich dla większości przebadanych ujęć w Warszawie wynosiła mniej niż $20 \mu\text{Sv}$. Maksymalna

oszacowana dawka od wody pochodzącej z jednego z ujęć wyniosła ok. $40 \mu\text{Sv}$ na rok, a średnia dawka roczna – $19,5 \mu\text{Sv}$.



Rysunek. 2 Widzializacja danych pomiarowych, K. Rozicki

Badania prowadzone były we współpracy CLOR z Wydziałem Fizyki Politechniki Warszawskiej w ramach realizacji pracy dyplomowej inżynierskiej inż. Kamila Rozickiego.

Analiza korelacji stężenia radonu w budynkach i budowy geologicznej podłoża w wybranych lokalizacjach w Polsce

Z. Podgórska

W związku z wprowadzeniem w krajach Unii Europejskiej Dyrektywy (Dyrektywa Rady 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego), państwa członkowskie są zobowiązane do dostosowania obowiązujących przepisów prawa do zapisów dyrektywy. Jednym z jej założeń jest opracowanie Krajowego Planu Działania w odniesieniu do zagrożenia związanego z promieniowaniem jonizującym pochodzącym od radonu (Radon Action Plan).

Jednym z punktów planu jest wyznaczenie obszarów, na których stężenia radonu w budynkach, a co za tym idzie ryzyko dla zdrowia, jest podwyższone. Nie jest możliwe wykonanie kompleksowych pomiarów na terenie całego kraju, aby na tej podstawie wyselekcjonować budynki o podwyższonym ryzyku.

Istnieje kilka metod pozwalających na pośrednią ocenę ryzyka, bazujących m.in. na pomiarach zawartości uranu i radu w glebie, pomiarach stężenia radonu w powietrzu glebowym w połączeniu z pomiarami przepuszczalności gleby. Jednak i te metody nie są wystarczające z uwagi na ilość punktów pomiarowych.

Kolejną metodą jest szacowanie ryzyka na podstawie znajomości struktur geologicznych podłoża. Takie badania prowadzone były z powodzeniem w Hiszpanii i w Austrii, gdzie dodatkowo weryfikowano tę metodę dysponując bardzo obszerną bazą danych pomiarowych.

Przeprowadzona analiza obejmowała obszar Sudetów i części Śląska, które charakteryzują się zróżnicowaną strukturą geologiczną i obfitują w naturalne pierwiastki promieniotwórcze. Te cechy zostały zaobserwowane już w połowie ubiegłego stulecia i wiele badań było prowadzonych w tych

regionach, dlatego baza danych pomiarowych jest stosunkowo duża.

Analizę przeprowadzono zgodnie z najnowszymi procedurami przyjętymi dla celów opracowania Europejskiej Mapy Radonowej w ramach „The European Radon Mapping Project”. Analiza jest przeprowadzana dla poszczególnych komórek w zdefiniowanej dla danego obszaru siatce. Założono, że ustandaryzowana siatka składa się z kwadratów o boku długości 10 km.

Bazowano na udostępnionych przez Państwowy Instytut Geologiczny szczegółowych mapach geologicznych oraz wynikach pomiarów stężenia radonu w powietrzu prowadzonych przez CLOR.

Wyniki porównano ze znanym wcześniej modelem do wyznaczania potencjału radonowego opartego na założeniu o rozkładzie logarytmicznie normalnym danych stężenia radonu w budynkach (ang.: lognormal modeling of house radon data).

Jak wynika z przeprowadzonej analizy istnieje wyraźna zależność pomiędzy strukturą geologiczną podłoża a stężeniem promieniotwórczego gazu radonu w budynkach, jednak przewidywanie ryzyka radonowego nie może w pełni zastąpić wykonania pomiarów średniorocznego stężenia radonu w powietrzu w danym miejscu. Metoda ta nie może stanowić też podstawy do stwierdzenia, że ryzyko nie występuje, zwłaszcza, jeśli analiza w danym obszarze bazuje na niewielkiej ilości danych pomiarowych. Może jednak z powodzeniem pomóc w wyselekcjonowaniu miejsc, w których występuje wyraźnie wyższe prawdopodobieństwo wystąpienia podwyższonego stężenia radonu.

Praca sfinansowana ze środków MNIŚZW na 2018 rok.

Sprawozdanie z seminarium „Wdrożenie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 przy opcji „A” – zagadnienia wybrane

A.Kudynowska

W dniu 04.03.2019 r. odbyło się seminarium pt. "Wdrożenie wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 przy opcji „A”- zagadnienia wybrane które zostało przygotowane w oparciu o normy z serii ISO.

Temat został zreferowany przez Alicję Kudynowską, wg następujących zagadnień:

dostosowanie systemu zarządzania do wymagań ISO/IEC 17025:2018-02,

- o spis treści normy 17025:2018-02n,
- o zakres normy,
- o wymagania,
- o wymagania dotyczące struktury (5.1 - 5.7),
- o dokumentowanie systemu zarządzania,
- o wymagania dotyczące zarządzania p.8 (minimum),
- o działania korygujące – opcja A,
- o audyty wewnętrzne - p. 8.8,
- o działania dotyczące ryzyka i możliwości,
- o działania odnoszące się do ryzyk i szans.

Referująca przekazała iż treść znowelizowanej normy zawiera: wymagania, zalecenia, dopuszczenia i możliwości. w treści wykorzystano dotychczasowe wymagania dostosowując ich zakres oraz podział do nowej struktury normy. Struktura normy jest zgodna ze strukturą norm serii ISO 17000 (dot. oceny zgodności). Wymagania zostały uzupełnione, poszerzone i zaktualizowane. Dodano wymagania w odniesieniu do nowych elementów działalności laboratoryjnej. Większość uwag obecnej normy stanowi wymagania nowej normy. Wymagania dot. laboratoriów kompetentnych w swoich działaniach, które są w stanie uzyskać zwalidowane wyniki (ang.: valid results), zapewnienie wymaganej przydatności do zastosowania działalności laboratoryjnej (ang.: validity of laboratories activities), jest prowadzona działalność z uwzględnieniem ryzyka, podejście procesowe (zidentyfikowanie elementów procesu i ich wzajemnych powiązań, zarządzanie i doskonalenie skuteczności). Uszczegółowiono i rozszerzono wymagania dotyczące bezstronności, poufności i skarg. Zmieniono i uszczegółowiono wymagania dotyczące struktury, zasobów i procesów. Nowe wymagania odnoszą się do działań dotyczących ryzyka i możliwości, przedstawiania stwierdzeń zgodności, opinii i interpretacji oraz nadzorowania danych.

Norma wymaga wskazania kierownictwa ponoszącego pełną odpowiedzialność za laboratorium, osób ponoszących odpowiedzialności za działalność

prowadzoną w stałej siedzibie, określenie i udokumentowanie zakresu działalności laboratorium w obszarze którego spełniane są wymagania normy odniesienia (z pominięciem stałego, zewnętrznego wsparcia), raportowanie przez personel do kierownictwa laboratorium nt. prowadzonej działalności i potrzeb w zakresie doskonalenia. Jest wymagane zidentyfikowanie kierownictwa ponoszącego pełną odpowiedzialność za laboratorium (kierownictwo wykonawcze). Brak wymagań dotyczących zastępstw. Zadania najwyższego kierownictwa przypisano kierownictwu laboratorium. Personel powinien posiadać uprawnienia i zasoby do zapewnienia wymaganej przydatności działalności laboratoryjnej dotyczącej wykazania zgodności z ISO 9001.

W nowej normie zmieniło się podejście do działań korygujących. w przypadku gdy wystąpi niezgodność należy na nią zareagować (w przypadku, kiedy ma to zastosowanie) czyli podjąć działania w celu jej nadzorowania i skorygowania oraz zająć się konsekwencjami. Następnie ocenić potrzebę podjęcia działania w celu eliminacji przyczyny niezgodności: przeprowadzić analizę niezgodności, zweryfikować występowanie podobnych niezgodności lub możliwości ich wystąpienia. w końcowym etapie wdrożyć potrzebne działania a następnie ocenić ich skuteczność. Jeżeli to zasadne – zaktualizować działania dotyczące ryzyka i możliwości. Wprowadzić zmiany do SZ (jeśli konieczne, ponieważ działania korygujące powinny być dostosowane do skutków stwierdzonych niezgodności). Wymagane jest utrzymywanie zapisów jako dowodów: opis rodzaju niezgodności, przyczyn i wszystkich działań związanych, wyników każdego podjętego działania korygującego.

Brak jest wskazania na audyty dodatkowe.

Audyty wewnętrzne mają się odbywać w zaplanowanych odstępach czasu, w celu dostarczenia informacji czy SZ: odpowiada wymaganiom ustanowionego SZ w tym wymaganiom dot. DL oraz wymaganiom normy, czy jest skutecznie wdrożony i utrzymywany.

Laboratorium planuje, ustanawia, wdraża i utrzymuje program auditów uwzględniający częstotliwość, metody, odpowiedzialność, wymagania dotyczące planowania i raportowania, znaczenie DL, zmiany mające wpływ na działalność laboratorium, wyniki poprzednich audytów.

Dalsze wymagania normy to: określenie kryteriów i zakresu dla każdego auditu, zapewnienie, że wyniki auditu są przedstawiane kierownictwu, niezwłoczne wdrożenie korekcji i działań korygujących oraz utrzymywanie zapisów jako dowodów wdrożenia programu auditów i działań poauditowych.

Norma przywołuje również wytyczne dla auditów wew. z ISO 19011:2012, takie jak: postępowanie etyczne (profesjonalizm, zaufanie, prawość, dyskrecja), rzetelna prezentacja (obowiązek przedstawiania spraw dokładnie i zgodnie z prawdą), należyta staranność (pracowitość i rozsądek w audytowaniu) oraz niezależność (bezzstronność i obiektywność wniosków z auditu).

Co się tyczy przeglądu zarządzania, to przegląd ma być organizowany przez Kierownictwo laboratorium. Dane wejściowe do PZ powinny być zapisywane i obejmować informacje dotyczące: zmian wewnętrznych i zewnętrznych mających związek z laboratorium, realizacji ustanowionych celów, statusu działań z poprzednich PZ, adekwatności zasobów, skuteczności podjętych działań z uwzględnieniem ryzyk i możliwości, rezultatów monitorowania jakości wyników.

Dane wyjściowe z PZ powinny dokumentować wszystkie decyzje i działania odnoszące się do: skuteczności SZ i jego procesów, doskonalenia DL w odniesieniu do spełnienia wymagań normy, potrzeb dotyczących zasobów, potrzeb zmian.

Ostatnim punktem niniejszego seminarium było zreferowanie istoty „ryzyka” z uwzględnieniem wymagań nowej normy.,,

Ryzyko to wpływ niepewności na cele. Laboratorium odpowiedzialne jest za podejmowanie decyzji jakie ryzyka i możliwości muszą być rozpatrywane. Identyfikacja zagrożeń i możliwości stanowi podstawę do: zwiększenia skuteczności SZ, osiągania lepszych wyników, zapobiegania negatywnym skutkom. Laboratorium samo decyduje o metodologii zarządzania ryzykiem. Zarządzanie ryzykiem (skoordynowane działania dotyczące kierowania i nadzorowania organizacją w odniesieniu do ryzyka) powinno być procesem ciągłym i stale udoskonalanym, który obejmuje strategię organizacji jak i procedury wdrażania tej strategii. Powinno w sposób metodyczny rozwiązywać wszystkie kwestie związane z zagrożeniem dla działalności organizacji jakie miały miejsce w przeszłości, obecnie jak i mogą wystąpić w przyszłości.

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2018 r.

Ł. Modzelewski, K. Wołoszczuk, A. Wiśniewski

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) funkcjonuje w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej od 1967 roku. w 2003 roku LWPDiR 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 17025:2005.

W 2010 roku Pracownia Wzorcowania połączyła się z Pracownią Dozymetrii Radonu (AP 101). Powstało LWPDiR, będące komórką Zakładu Kontroli Dawek i Wzorcowania.

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

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

- stanowisko kalibracyjne gamma wyposażone w trzy źródła promieniotwórcze ^{241}Am , ^{137}Cs oraz ^{60}Co , odpowiednio o energii kwantów gamma 59,5 keV, 662 keV oraz 1250 keV,
- stanowisko kalibracyjne RTG, umożliwiające wzorcowanie w zakresie widm wąskich N-40 do N-300 (energii od 33 do 250 keV),
- stanowisko kalibracyjne skażeń powierzchniowych wyposażone w trzy źródła

beta-promieniotwórcze ^{14}C , ^{90}Sr , ^{36}Cl i jedno alfa-promieniotwórcze- ^{241}Am ,

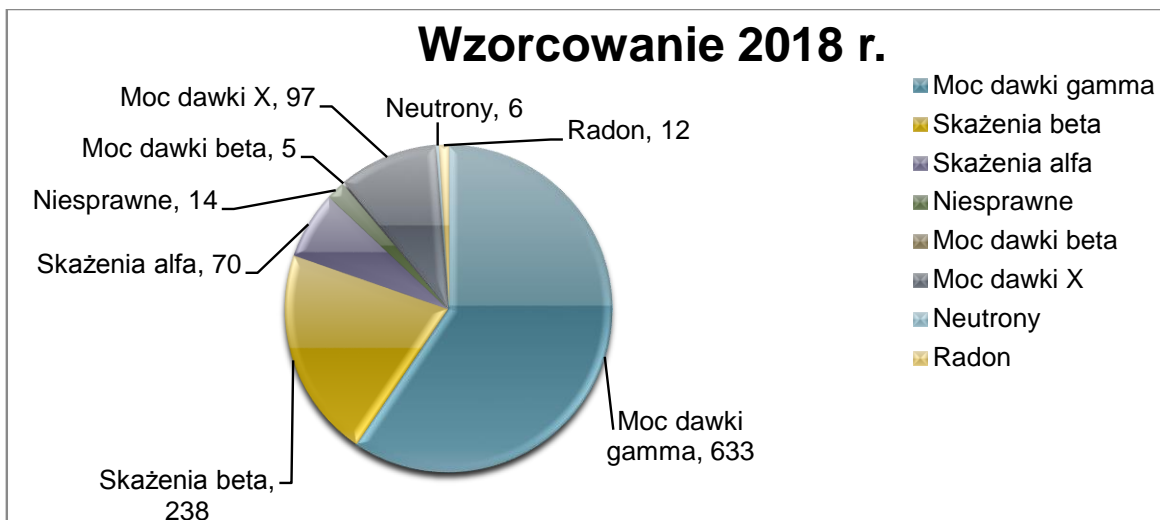
- stanowisko kalibracyjne promieniowaniem beta- jedyne w Polsce, umożliwia wzorcowanie przyrządów w wiązce promieniowania beta od źródeł ^{90}Sr lub ^{85}Kr ,
- stanowisko kalibracyjne neutronowe wyposażone w źródło Am-Be,
- stanowisko kalibracyjne radonowe- wyposażone w komorę radonową o objętości 12 m³, dwa źródła ^{226}Rd .

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

W 2018 roku do laboratorium wpłynęło 850 zleceń wzorcowania, wykonano:

- 14 protokołów niezdatności,
- 308 wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania beta i alfa,
- 633 wzorcowania przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania gamma,
- 97 wzorcowań przyrządów dozymetrycznych dla promieniowania X,
- 12 wzorcowań na stanowisku radonowym,
- 6 wzorcowań na stanowisku neutronowym,
- 5 wzorcowań na stanowisku kalibracyjnym beta.

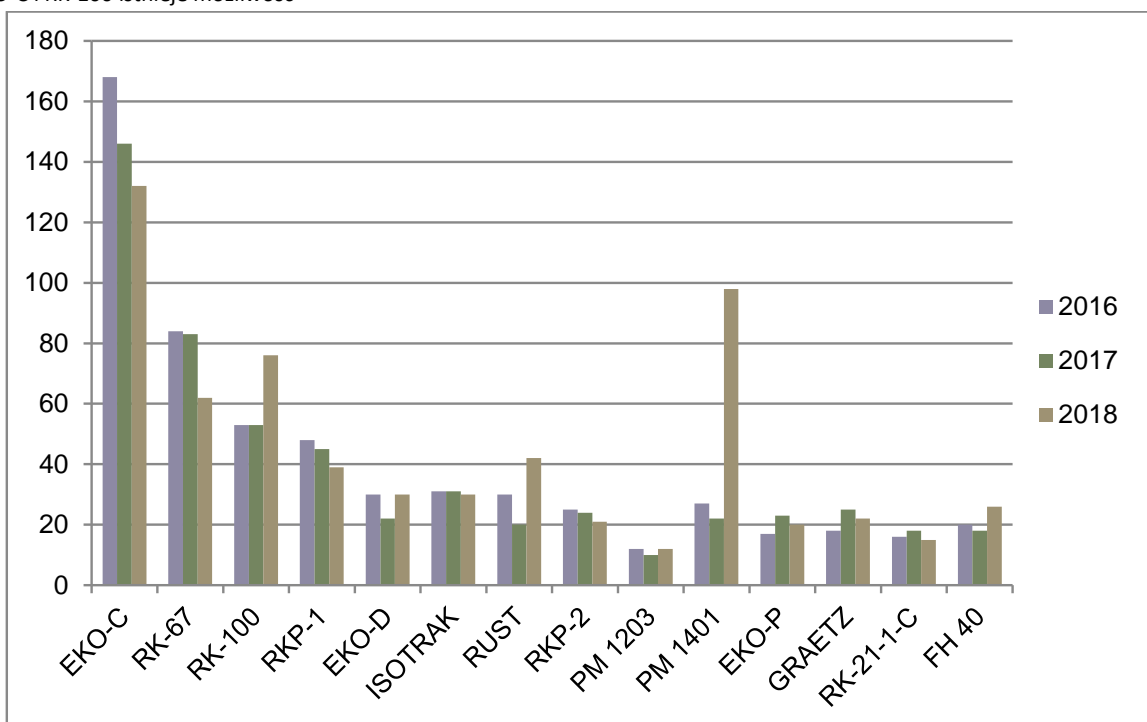
Liczbę przeprowadzonych wzorcowań na danych stanowiskach kalibracyjnych przedstawiono na Rysunku 1.



Rysunek 1. Wzorcowania wykonane w 2018 r. w LWPDiR

W 2018 roku najczęściej wzorcowanymi przyrządami były kolejno EKO-C, RK-67 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

również pomiarów skażeń promieniotwórczych emiterami alfa i beta. Zestawienie najczęściej wzorcowanych typów przyrządów na przestrzeni ostatnich trzech lat przedstawiono na Rysunku 2.

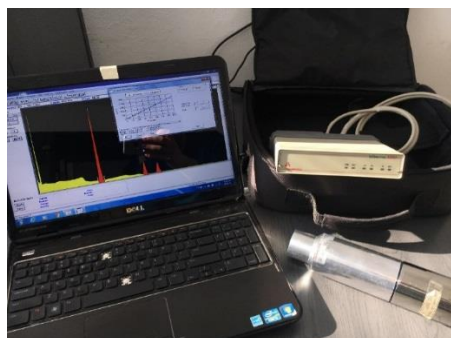


Rysunek 2. Najczęściej wzorcowane przyrządy w LWPDiR (2016 ÷ 2018 r.)

Opracowanie projektu sondy środowiskowej do pomiaru naturalnego tła promieniowania opartej o detektor scyntylacyjny LaBr

Ł. Modzelewski

W Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej prowadzono badania pod kątem zaprojektowania spektrometrycznego układu dozymetrycznego (SUD), pozwalającego na pomiary środowiskowe i ocenę poziomu naturalnego tła promieniowania gamma w wielkości operacyjnej mocy przestrzennego równoważnika dawki wraz z analizą spektrometryczną mierzonego promieniowania, adoptując jako detektor scyntylator LaBr. Widok detektora scyntylacyjnego LaBr 1,5" wraz z 2048 kanałowym cyfrowym procesorem widma oraz oprogramowaniem GENIE 2000 przedstawiono na Zdjęciu 1.



Zdjęcie 1. Widok detektora LaBr wraz z osprzętem

Prace nad opracowaniem sondy środowiskowej do pomiaru tła naturalnego (spektrometrycznego układu dozymetrycznego) prowadzono w ramach dotacji podmiotowej na utrzymanie potencjału badawczego otrzymanej z Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

W pierwszym etapie prac zaprojektowano, a następnie wykonano obudowę sondy pomiarowej opartej o scyntylator 1,5" LaBr. Przy opracowaniu detektora uwzględniono takie czynniki jak wpływ temperatury otoczenia czy rozpraszanie i pochłanianie

promieniowania przez elementy obudowy sondy oraz dobrano odpowiedni materiał dla obudowy. Na zdjęciu 2 przedstawiono wykonaną sondę (SUD) podczas pomiarów środowiskowych prowadzonych na terenie CLOR.



Zdjęcie 2. Sonda (SUD) podczas pomiarów środowiskowych na terenie CLOR

Drugi etap pracy obejmował analizę metod obróbki widm spektrometrycznych promieniowania gamma umożliwiających określanie wartości operacyjnej przestrzennego równoważnika dawki z rejestrowanych rozkładów energetycznych.

Opracowany detektor (SUD) wykorzystany zostanie w dalszej pracy naukowej i badawczej w CLOR jako podstawa do doskonalenia pilotowego modelu (SUD) opartego o sondę LaBr. Przeprowadzone pomiary terenowe (środowiskowe) pozwolą na ocenę występowania naturalnych radionuklidów na badanych terenach (np. w kopalniach oraz jaskiniach) co będzie stanowić podstawę do oceny narażenia na naturalne tło promieniowania osób odwiedzających i przebywających w takich miejscach.

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 28.05.2018 do 31.05.2019 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 promieniowania gamma,

-określenie skażeń powierzchniowych radionuklidami alfa, beta, gamma promieniotwórczymi,

- wykrycie izotopowych źródeł neutronowych

- wykrycie i wstępną identyfikację radionuklidów 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 pierwiastków promieniotwórczych w pobranych próbkach przy wykorzystaniu metod spektrometrycznych lub przy zastosowaniu metod radiochemicznych,

Zapewnienie wykonywania laboratoryjnych określeń procentowego składu atomowego 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.

W czasie trwania umowy ekipa dozymetryczna CLOR brała udział w dwóch ćwiczeniach praktycznych:

Ćwiczenia praktyczne (FTX) na przejściu granicznym w Hrebenne – Rava Ruska,

Ćwiczenia praktyczne w ramach Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania „PATROL-18”,

Ekipa dozymetryczna Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej do obecnej chwili otrzymała pięć poleceń wyjazdów i prowadzenia działań na miejscach zdarzeń radiacyjnych zlokalizowanych na terenie kraju.



Dział Szkolenia i Informacji



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

Średnia roczna dawka efektywna od źródeł naturalnych i sztucznych, oceniana zgodnie z zaleceniami UNSCEAR 2008 [1], wyniosła w 2018 roku 3,6 mSv na statystycznego mieszkańca Polski.

Największy udział w tej wartości wynoszący 68,7% (2,45 mSv) ma dawka od radionuklidów naturalnych. Wśród nich największa dawka 1,2 mSv (33,7%) pochodzi od radonu, podczas gdy od promieniowania kosmicznego wynosi tylko 0,39 mSv (10,9%).

Dawka od źródeł pochodzenia sztucznego wynosi 1,114 mSv, co stanowi około 31,3% średniej rocznej dawki efektywnej, przy czym największy udział w tej dawce powoduje promieniowanie jonizujące stosowane w diagnostyce medycznej (1,1 mSv lub 30,9%).

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

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

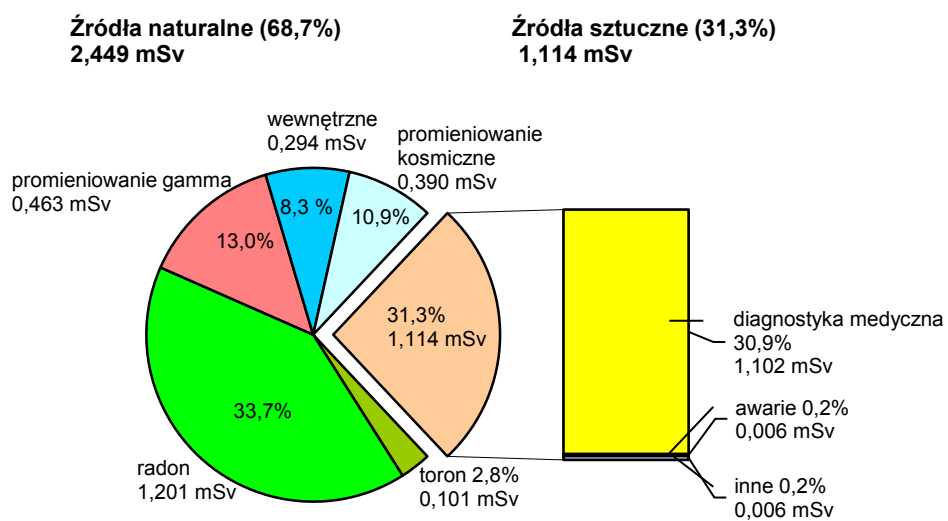
Z badań prowadzonych przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej wynika, że średnia dawka efektywna spowodowana promieniowaniem pochodzącym od źródeł pochodzenia sztucznego (bez diagnostyki medycznej) na statystycznego mieszkańca Polski wynosiła w 2018 roku 0,012 mSv. Na dawkę tę składa się dawka pochodząca od narażenia zewnętrznego oraz dawka od radionuklidów, które znalazły się w organizmie poprzez układ pokarmowy oraz oddechowy człowieka.

Porównując tę wartość (0,012 mSv) do dawki granicznej dla ludności (1 mSv) oraz do średniej dawki efektywnej (3,6 mSv) można stwierdzić, że w 2018 roku wartość ta stanowi 1,2% dawki granicznej oraz 0,3% średniej rocznej dawki efektywnej, na którą był narażony statystyczny mieszkaniec Polski.

Literatura

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

Praca wykonana na podstawie umowy
Nr 17/OR/2019/50 z dnia 13.03.2019.



Rysunek 1. Roczna dawka efektywna promieniowania jonizującego otrzymana przez ludność Polski w 2018 roku. (3,56 mSv)

Realizacja prac Działu Szkolenia i Informacji CLOR w 2018 r.

Z. Samborska-Zajkowska

Dział Szkolenia i Informacji Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej zajmuje się przede wszystkim prowadzeniem szkoleń z ochrony radiologicznej.

W roku 2018 zostało przeprowadzonych łącznie 11 szkoleń. Dwa szkolenia dla kandydatów ubiegających się o uzyskanie uprawnień Inspektora Ochrony Radiologicznej (IOR-1Z, IOR-1R, IOR-1, IOR-3); trwające 3 tygodnie oraz pięć szkoleń tygodniowych, aktualizujących wiedzę, skierowanych do osób posiadających takie uprawnienia. Zostały przeprowadzone również cztery dwudniowe szkolenia stanowiskowe dla operatorów akceleratorów oraz urządzeń do brachyterapii ze źródłami promieniotwórczymi.

Organizowane są także kursy z zakresu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Sumarycznie wydano 208 zaświadczeń dla kandydatów o ukończeniu wyżej wymienionych kursów w 2018 r. Oprócz prowadzenia szkoleń dział zajmuje się również:

- opracowywaniem programów szkoleń i przygotowaniem materiałów dydaktycznych,
- nadzorowaniem archiwum CLOR,
- nadzorowaniem działania biblioteki CLOR (coroczne sprawozdanie biblioteki K-03 do GUS),
- prowadzeniem działalności wydawniczej i upowszechnianiem dorobku naukowego pracowników CLOR (publikacja co roku raportów z działalności CLOR),
- również rejestracja dorobku pracowników w ogólnodostępnej bazie Polskiej Bibliografii Naukowej
- prowadzeniem sekretariatu 246 KT ds. Ochrony radiologicznej,

- koordynacją działań CLOR w zakresie opracowywania i opiniowania norm i przepisów krajowych i międzynarodowych,
- popularyzacją nauki (m.in. organizacja wycieczek edukacyjnych po CLOR, udział w piknikach naukowych i pokazach)

W roku 2018 dzięki uprzejmości i zaangażowaniu pracowników CLOR zorganizowane zostały 4 spotkania dla młodzieży, które umożliwiają przybliżenie prac realizowanych w CLOR i szeroko pojętej tematyki promieniowania jonizującego.

Rozpoczęły się również prace remontowe na terenie biblioteki. Planowane jest również przeprowadzenie inwentaryzacji zbiorów oraz stworzenie „izby pamięci CLOR”, która wzbogaci działalność zakładu o możliwość szerszego zaprezentowania historii i działalności naukowo-badawczej na przestrzeni wielu lat.

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

- A. 266 ds. aparatury jądrowej, którego CLOR jest członkiem z prawem głosowania.
- B. 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, głosowanie nad nimi oraz ich przeglądy ponieważ normy wydane przed rokiem 1994 są automatycznie wycofywane jeżeli nie wpłynęły wnioski o ich nowelizację.

Rok 2019



Zakład Higieny Radiacyjnej

Zakład Higieny Radiacyjnej w 2019 roku.

Zakład Higieny Radiacyjnej pod tą nazwą funkcjonuje od 1971 r. w 2019 roku w Zakładzie zatrudnionych było 11 osób:

Kierownik Zakładu – dr Małgorzata Kardaś

Pracownicy: mgr Agnieszka Fulara, mgr Agnieszka Matysiak, dr Krzysztof Pachocki, mgr inż. Barbara Rubel, dr Ewa Starościak, dr Maria Suplińska, Katarzyna Trzpil, mgr Karol Wiatr, mgr Kamil Wieprzowski, Adam Adamczyk.

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 i pierwiastkami 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 2019 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 radionuklidów ^{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 2016-2019.

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

Część IV - Monitoring i ochrona radiologiczna terenu KSOP.

6. Oznaczanie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i ocena dawek od jej spożycia.

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

1. Adaptacja metody oznaczania ^{90}Sr i ^{89}Sr w próbkach żywnościowych i wodzie metodą ciekłej scyntylacji.

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

3. Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych

W Zakładzie funkcjonuje akredytowane Laboratorium Analiz Spektrometrycznych i Radiochemicznych w zakresie oznaczania pierwiastków gamma promieniotwórczych, ^{90}Sr , ^{239}Pu , ^{240}Pu , i ^{238}Pu , oraz ^{234}U , ^{235}U , ^{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 oznaczenie:

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

- stężenia promieniotwórczych trytu, ^{90}Sr , – ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w próbkach wody metodą radiochemiczną,

- stężenia promieniotwórczych trytu, plutonu – ^{239}Pu , ^{240}Pu i ^{238}Pu , uranu – ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U w próbkach moczu metodą radiochemiczną,

- stężenia promieniotwórczych plutonu – ^{239}Pu i ^{240}Pu i ^{238}Pu i uranu – ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U w próbkach żywności metodą radiochemiczną,

- stężenia promieniotwórczych ^{90}Sr w próbkach żywności i pasz metodą radiochemiczną,

- stężenia promieniotwórczych plutonu – ^{239}Pu i ^{240}Pu i ^{238}Pu w próbkach gleby i osadów dennych metodą radiochemiczną

- stężenia promieniotwórczego ^{226}Ra – nowa procedura,

- całkowitej promieniotwórczości alfa,

- całkowitej promieniotwórczości beta.

W ramach prac akredytowanego Laboratorium wykonaliśmy ponad 2800 analiz spektrometrycznych i ok. 1100 analiz radiochemicznych. Badania były wykonane na zlecenie zarówno klientów krajowych jak i zagranicznych.

Swoje kompetencje w zakresie oznaczania pierwiastków promieniotwórczych w próbkach o różnej matrycy Zakład w 2019 roku z pozytywnym wynikiem potwierdził poprzez udział w krajowych i międzynarodowych porównaniach międzylaboratoryjnych oraz badaniach biegłości:

1. PAA/ICH TJ *Pomiary porównawcze w zakresie oznaczania radionuklidów ^{239}Pu , ^3H , ^{226}Ra przez placówki specjalistyczne prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju, Warszawa, 2019;*

2. PROCORAD *Intercomparison 2019: Association for the Promotion of Quality Control in Radiotoxicological Analysis LBM CEA Fontenay-aux-roses Cedex, France.*

W ramach Zakładu Higieny Radiacyjnej prowadzone są również prace naukowo-badawcze, które stwarzają podstawy rozwoju naukowego pracowników. Wyniki prac w 2019 roku przedstawione były w postaci:

Publikacji:

^{137}Cs and ^{40}K in gray seals *Halichoerus grypus* in the southern Baltic Sea

M. Saniewski, T. Zalewska, M. Suplińska, L. Falkowska, A. Grajewska, I., *Environmental Science and Pollution Research*, April 2019, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05145-7>

Doniesień konferencyjnych:

Determination of radiological parameters (H-3) of drinking water in Poland in 2010-2015,

A.Fulara, M. Wasilewska, A. Adamczyk

The First Tritium School, Slovenia, Ljubljana, 25-28 March 2019

Radioactive contaminations of bottom sediments and fish in the southern Baltic Sea, 2018

Maria Suplińska

Meeting of Expert Group for Monitoring of Radioactive Substances in the Baltic Sea (HELCOM MORS-EG 9-2019 3-5), Roskilde, Denmark, 21-23 May 2019

Promieniowanie Gamma, Karol Wojtkowski, Małgorzata Wojtkowska, Krzysztof Pachocki, Krzysztof Isajenko, Agnieszka Fulara, XI Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL 2019 „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju” Lublin, 23-24 marca 2019

Zawartość izotopów promieniotwórczych w wodach i osadach dennych polskich jezior w latach 2016-2018 M. Kardaś, A.Fulara M. Suplińska, B. Rubel, K.Pachocki, E.Starościak,

XVIII Zjazd PTBR, 16-19 września 2019 Kielce Plakat - nagrodzony

Ocena wchłonięć ^{137}Cs i ^{90}Sr z żywnością przez mieszkańców Warszawy w latach 2004-2018 B.Rubel, M.Kardaś, M.Suplińska

XVIII Zjazd PTBR, 16-19 września 2019 Kielce Plakat

Oznaczanie stężenia promieniotwórczego trytu w wodach przeznaczonych do spożycia przez ludzi w aglomeracjach miejskich. A.Fulara, M.Kardaś

XVIII Zjazd PTBR, 16-19 września 2019 Kielce Plakat

Pluton-239+240 w algach morskich i osadach dennych południowego Bałtyku. M. Suplińska, M. Kardaś, T. Zalewska, M. Saniewski.

XVIII Zjazd PTBR Kielce, 16-19 września 2019 Plakat

W 2019 roku w ZHR wykonana została praca inżynierska: *Charakterystyka aktywności promieniotwórczej próbek ciekłych – metody pomiarowe i monitoring*. Małgorzata Kazmierowicz
Wydział Nowych Technologii i Chemii – WAT
Promotor Pracy: prof. dr hab. inż. Sławomir Neffe
Opiekun z CLOR: mgr Agnieszka Fulara

Zakład dysponuje następującym sprzętem pomiarowym:

- dwoma niskotłłowymi zestawami pomiarowymi opartymi 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

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

- zestawami spektrometrycznymi składającymi się z wielokanałowego analizatora amplitudy impulsów

produkcji Canberra współpracującym z detektorem półprzewodnikowym HPGe o wydajności względnej 33%-50% do oznaczenia ilościowego i jakościowego poszczególnych pierwiastków 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 pierwiastków alfa – promieniotwórczych z wykorzystaniem oprogramowanie GENIE-2000.

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

- niskotłłowym licznikiem ciepło-scyntylicyjnym WALLAC 1410

W 2017 roku Zakład wzbogacił się o wysokiej klasy spektrometr ciekłoscyntylicyjny Quantulus GCT-6220. Posiadanie tego rodzaju detektora pozwoliło na rozszerzenie zakresu prac badawczych, w których Zakład uczestniczy. Jednocześnie zwiększyło konkurencyjność CLOR na rynku zapotrzebowania na oznaczanie pierwiastków promieniotwórczych.

Oznaczanie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i ocena dawek od jej spożycia

A. Fulara, A. Matysiak, B. Rubel, K. Trzpił

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód wodociągowych w 2019 roku obejmował próbki wody pochodzącej z głównych ujęć wody w Warszawie oraz Kielcach. Wodę uzdatnioną tłoczoną do sieci pobierano do pojemników polietylenowych o objętości 10 dm³. Z każdego punktu pobrano 20 dm³ wody. Woda dostarczona do laboratorium została rozdzielona do badań w następujący sposób:

- 15 dm³ wody przeznaczono do badań zawartości ¹³⁷Cs i ⁹⁰Sr. Próbkę została wstępnie odparowana do ok. 0,5 dm³. w pierwszej kolejności oznaczano zawartość ¹³⁷Cs, następnie ⁹⁰Sr.

- 4 dm³ wody przeznaczono do badań całkowitej promieniotwórczości alfa i beta.

- pozostały 1 dm³ wody przeznaczono do badań na zawartość trytu.

Łącznie pobrano i wykonano analizy w wodach pobranych z 6 stacji uzdatniania wody.

Stężenie promieniotwórcze ¹³⁷Cs zawierało się w granicach od wartości 1,74±0,23 mBq·l⁻¹ dla wody pochodzącej z SUW Białogon w Kielcach do 3,53±0,41 mBq·l⁻¹ dla wody pobranej z Zakładu Centralnego (SUW Filtry) w Warszawie. Średnie stężenie ¹³⁷Cs obliczone dla badanych próbek wody wyniosło 2,77±0,75 mBq·l⁻¹.

W przypadku ⁹⁰Sr zakres stężeń wynosił od wartości 0,79±0,16 mBq·l⁻¹ dla wody pochodzącej z SUW Białogon w Kielcach do 5,49±0,76 mBq·l⁻¹ dla wody pobranej ze z Zakładu Centralnego (SUW Filtry) w Warszawie. Średnie stężenie promieniotwórcze ⁹⁰Sr w badanych wodach do picia wyniosło 2,99±1,83 mBq·l⁻¹.

Stężenie promieniotwórcze trytu przekroczyło granicę detekcji (0,5 Bq·l⁻¹) tylko w przypadku dwóch z sześciu badanych próbek wody.

Całkowita promieniotwórczość beta badanych wód była niska i zawierała się w zakresie od 0,05±0,01 Bq·l⁻¹ do 0,22±0,03 Bq·l⁻¹. Średnie stężenie całkowitej promieniotwórczości beta obliczone dla wszystkich analizowanych wód wyniosło 0,14±0,07 Bq·l⁻¹.

Całkowita promieniotwórczość alfa przekroczyła granicę detekcji (0,015 Bq·l⁻¹) tylko w przypadku jednej z sześciu badanych próbek wody.

Zgodnie z Umową w przypadku przekroczenia wartości 0,1 Bq·l⁻¹ całkowitej promieniotwórczości alfa należało wykonać oznaczenie stężenia ²²⁶Ra, izotopów uranu (²³⁸U, ²³⁴U, ²³⁵U), natomiast w przypadku przekroczenia całkowitej promieniotwórczości beta wartości 1 Bq·l⁻¹, należało określić stężenie ⁴⁰K i ²²⁸Ra.

W żadnej z badanych wód całkowita promieniotwórczość alfa i beta nie przekroczyła powyższych wartości. z tego względu nie prowadzono oznaczeń ²²⁶Ra, izotopów uranu (²³⁸U, ²³⁴U, ²³⁵U), ⁴⁰K i ²²⁸Ra.

Na podstawie oznaczonych stężeń ¹³⁷Cs i ⁹⁰Sr obliczono roczne wchłonięcia tych radionuklidów z wodą w grupach wiekowych: do 1-go roku życia (spożycie wody 250 l·rok⁻¹), 1–10 lat (spożycie 350 l·rok⁻¹), 11 do 17 lat (spożycie l·rok⁻¹) i osób dorosłych (spożycie 730 l·rok⁻¹). Na podstawie tych danych obliczono średnie roczne wchłonięcia. Wchłonięcia te wynosiły odpowiednio 0,23 ± 0,35 Bq rok⁻¹; 0,32 ± 0,49 Bq rok⁻¹; 0,49 ± 0,75 Bq rok⁻¹ i 0,67 ± 1,02 Bq rok⁻¹ dla ¹³⁷Cs. Wchłonięcia ⁹⁰Sr w odpowiednich grupach wiekowych były następujące: : 0,25 ± 0,44 Bq rok⁻¹; 0,35 ± 0,61 Bq rok⁻¹; 0,54 ± 0,95 Bq rok⁻¹ i 0,73 ± 1,28 Bq rok⁻¹. W oparciu o roczne wchłonięcia i odpowiednie współczynniki przeliczeniowe wyrażone w Sv·Bq⁻¹, podane w Tabeli 4 (Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168) obliczono obciążające dawki skuteczne.

Dawki od wchłonięć ¹³⁷Cs mieszczą się w zakresach od 0,003 do 0,009 μSv·rok⁻¹ co stanowi niewielki procent (0,0003-0,0009%) rocznej dawki granicznej dla osób z ogółu ludności określonej w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168 (1mSv·rok⁻¹).

Od wchłoneń ^{90}Sr dawki mieszczą się w zakresie od 0,020 do 0,057 $\mu\text{Sv}\cdot\text{rok}^{-1}$ co stanowi 0,0020% - 0,0057% dawki granicznej.

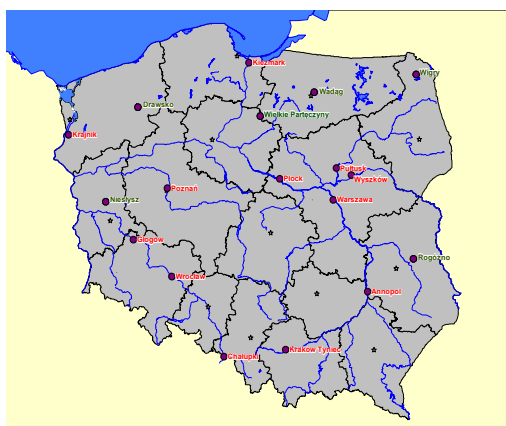
Otrzymane wyniki wskazują, że dawki te są zanedbywalnie małe a wody wodociągowe we badanych miastach spełniają wymagania określone w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r.

Pracę wykonano zgodnie z Umową nr 32/OR/2019/260 zawartą w dniu 5.11.2019r. pomiędzy Skarbem Państwa – Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki a Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w latach 2018-2020

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

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2019 roku obejmował próbki wody i osadów dennych pobrane jesienią w 18 punktach, zlokalizowanych w dorzeczu Wisły (7 punktów poboru), w dorzeczu Odry (5 punktów poboru) i w wybranych jeziorach (6 jezior).



Rysunek 1. Usytuowanie punktów poboru.

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

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

Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w wodach dorzecza Wisły, Odry i wodach jezior wynosiły odpowiednio: 3,03 mBq/l, 4,47 mBq/l, 2,35 mBq/l. Średnie roczne stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr był na wyrównanym poziomie i zawierały się w granicach 2,10 mBq/l dla dorzecza Wisły – 2,79 mBq/l dla dorzecza Odry.

Lokalizacja poboru próbek	^{137}Cs [mBq l ⁻¹] średnia	^{90}Sr [mBq l ⁻¹] średnia
Dorzecze Wisły (7) ^{a)}	3,03±0,89 ^{b)} (14)	2,10±0,58 ^{b)} (14)
Dorzecze Odry (5)	4,47±2,21 (10)	2,79±0,65 (10)
Jeziora (6)	2,35±1,57 (12)	2,79±2,32 (12)
Średnia ogólna (18)	3,20±1,58 (36)	2,50±1,37 (36)

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

^{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 oraz ^{239}Pu i ^{240}Pu . Największe zróżnicowanie obserwowano dla jezior. Najmniejsze różnice w stężeniach tych radionuklidów obserwowano w osadach dennych dorzecza Wisły.

Lokalizacja poboru próbek	^{137}Cs [Bq kg ⁻¹] średnia	$^{239,240}\text{Pu}$ [mBq kg ⁻¹] średnia
Dorzecze Wisły (7) ^{a)}	1,21±1,43 (14) ^{b)}	7,27±6,80 (14)
Dorzecze Odry (5)	4,57±8,41 (10)	24,62±41,50 (10)
Jeziora (6)	9,36±15,76 (12)	69,67±159,79 (12)
Średnia ogólna (18)	4,86±10,15 (36)	32,89±93,26 (36)

Tabela 2. Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i

^{239}Pu , ^{240}Pu w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry.

^{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 1,21 Bq/kg, a najwyższe dla jezior 9,36 Bq/kg.

Średnie stężenia promieniotwórcze $^{239,240}\text{Pu}$ w osadach dennych dorzecza Wisły, Odry i jezior wynosiły odpowiednio: 7,27 mBq/l, 24,62 mBq/l, 69,67 mBq/l.

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

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych pozwala na stwierdzenie, że skażenie wód powierzchniowych takimi nuklidami jak ^{137}Cs i ^{90}Sr jest niewielkie. Podobnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{239}Pu oraz ^{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

Adaptacja metody oznaczania ^{90}Sr i ^{89}Sr w próbkach żywnościowych i wodzie metodą ciekłej scyntytacji

M. Kardaś, B. Rubel, K. Wiatr

Celem pracy badawczej była adaptacja metody oznaczania ^{90}Sr i ^{89}Sr wykorzystującej technikę ciekłej scyntytacji (LSC) do ilościowego oznaczania tych pierwiastków promieniotwórczych.

Przed podjęciem prac laboratoryjnych dokonano przeglądu literatury w celu znalezienia najlepszej metody. Przy wyborze brano pod uwagę: całkowity czas trwania analizy, zużycie odczynników, koszt oraz trudności pojawiające się podczas wykonania. Zdecydowano się na adaptację metody zaproponowanej przez Heckela i Vogl [1]. Jednocześnie zaadaptowano metodę obliczenia stężenia promieniotwórczego niedawno zaproponowaną przez Swearingena [2], która pozwala na obliczenie wyniku bez konieczności oczekiwania na ustalenie się równowagi promieniotwórczej pomiędzy ^{90}Sr a produktem jego przemiany – ^{90}Y . Oznacza to skrócenie analizy o trzy tygodnie.

Podczas prób ze złożem chromatograficznym Sr-Resin[®] stwierdzono, że ta procedura wymaga zmian jeżeli ma być stosowana do prób żywności. Informacje od producenta oraz badania nad właściwościami złoża przeprowadzone przez Horwita [3] i Jakopič [4] pozwoliły na dostosowanie procedury do planowanego zastosowania. Do ustalenia w jakich warunkach ma być prowadzony rozdział chromatograficzny przy użyciu złoża Sr-Resin[®] zastosowano ^{85}Sr jako model zachowania się ^{90}Sr podczas przechodzenia roztworu przez kolumnę. Zmierzone odzysk ^{85}Sr za pomocą spektrometru promieniowania gamma i po kilku próbach stwierdzono, że cały stront został wymyty w ostatniej frakcji, co oznacza że wprowadzone zmiany dały zamierzony efekt.

Następnym krokiem była analiza prób przetworów mlecznych wzbogaconych ^{90}Sr , które wcześniej były analizowane w kierunku tego izotopu obecnie używaną procedurą. Materiał przed spopieleniem ważono i wagowo dodawano roztworu standardowego ^{90}Sr . Stężenie promieniotwórcze analitu było obliczane dla każdej próbki osobno na podstawie masy materiału przed spopieleniem i masy

dodanego roztworu standardowego. Do pomiarów LSC wykorzystano ultra-niskotłowy detektor Quantulus[™] GCT 6220. Podczas tej części prac zoptymalizowano sposób wyznaczania wydajności analizy i otrzymywania preparatu do pomiaru LSC, a także usunięto interferencje na widmie promieniowania beta. Aktualnie otrzymuje się odzysk analitu na poziomie $80 \div 85\%$.

Efektom wykonanych prac jest procedura bezpośredniego oznaczania ^{90}Sr , która spełnia planowane oczekiwania i jest gotowa do walidacji.

Praca była finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

- [1] A. Heckel and K. Vogl, "Rapid method for determination of the activity concentrations of ^{89}Sr and ^{90}Sr ," *Applied Radiation and Isotopes*, p. 794–796, 2009.
- [2] K. Swearingen and N. Wall, "Fast and accurate simultaneous quantification of strontium-90 and yttrium-90 using liquid scintillation counting in conjunction with the Bateman equation," *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, p. 71–78, 2019.
- [3] E. P. Horwitz, M. Dietz and D. Fisher, "Separation and Preconcentration of Strontium from Biological, Environmental, and Nuclear Waste Samples by Extraction Chromatography Using a Crown Ether," *Analytical Chemistry*, pp. 522–525, 1991.
- [4] R. Jakopič and L. Benedik, "Tracer Studies on Sr Resin and Determination of ^{90}Sr in Environmental Samples," *Acta Chimica Slovenica*, p. 297–302, 2005.

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

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

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

Materiałem kontrolnym było mleko w proszku. Wymagane stężenie promieniotwórcze dla cezu: $0,06 \div 5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ a strontu: $5 \div 15 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Sprawdzono wzorcowanie spektrometrów gamma (spektrometr Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000) za pomocą źródeł wieloizotopowych (mix gamma). Do sprawdzenia kalibracji układu pomiarowego stosowanego do oznaczeń stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr (Niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM, produkcji duńskiej) wykorzystano roztwór wzorcowy ^{90}Sr . Poprawność wzorcowania była potwierdzona w porównaniach krajowych organizowanych przez IChTJ i PAA.

Do sporządzenia próbek referencyjnych w celu oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr zakupiono 50 kg mleka w proszku w Spółdzielni Mleczarskiej z województwa podlaskiego.

Oznaczono stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr w mleku w proszku. Następnie próbki mleka przeznaczone do oznaczeń ^{90}Sr były domieszkowane izotopem ^{90}Sr . Wykonano pomiary sprawdzające, które wykazały, że próbki przygotowano zgodnie z wymaganiami dotyczącymi homogenności i stężeń. Oznaczone w próbkach stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w próbkach mleka w proszku wynosiło $3,89 \pm 0,39 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a stężenie ^{90}Sr w próbkach mleka w proszku wynosiło $9,93 \pm 0,90 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Próbki mleka w proszku do oznaczeń ^{137}Cs przygotowano dla 26 placówek, które zgłosiły udział w pomiarach porównawczych a ^{90}Sr dla 4 placówek. Do każdej próbki dołączono formularze do wpisania danych dotyczących laboratorium i osób wykonujących pomiary, informacji o metodach oznaczeń oraz danych dotyczących aparatury.

Wyniki oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs otrzymano z 24 placówek. Placówki wykonały łącznie 34 oznaczenia stężeń promieniotwórczych

^{137}Cs metodą spektrometryczną i radiochemiczną i 4 oznaczenia ^{90}Sr . Wyniki dla obu metod oznaczania ^{137}Cs analizowano oddzielnie. Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej wynoszą w metodzie spektrometrycznej od $-7,5\%$ do $+31,9\%$ oraz od $-10,0\%$ do $+17,2\%$ w metodzie radiochemicznej. Liczba wyników w przedziale $\pm 25\%$ wartości referencyjnej stanowi 95,7% (metoda spektrometryczna) i 100% (metoda radiochemiczna) nadesłanych wyników. Pozostałe parametry oszacowano dla 34 wyników w zakresie od $3,50 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $5,13 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Określano parametr Z, oceniono poprawność i precyzję nadesłanych przez placówki wyników oznaczeń stężenia promieniotwórczego w próbkach kontrolnych. Wyznaczony parametr Z, który pozwala ocenić dokładność wyniku pomiaru na tle wyników pomiarów wszystkich placówek biorących udział w pomiarach porównawczych. Wartość bezwzględna wyznaczonego parametru z jest ≤ 2 dla 32 wyników, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różni się od wartości referencyjnej. Ponadto 1 wynik (metoda radiochemiczna) był w zakresie $2 \leq z \leq 3$ co oznacza wynik wątpliwy (nie można jednak stwierdzić, czy wynik istotnie różni się od wartości referencyjnej i 1 wynik był wątpliwy, $Z > 3$ (metoda spektrometryczna).

Oceniono również poprawność i precyzję. Wynik pomiaru był akceptowany, jeżeli spełniał obydwa kryteria. Z oceny wynika, że 33 wyniki spełniają obydwa kryteria.

Placówki wykonały 4 oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr . Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej były w zakresie od $-54,9\%$ do $-28,5\%$. Ze względu na małą liczbę wyników nie wyznaczano parametru Z. Oceniono jedynie poprawność i precyzję. Trzy wyniki spełniły kryterium akceptacji.

Praca finansowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki nr 21/OR/2018/104 z dnia 18 maja 2018 r

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

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

Celem pracy było oznaczenie zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach całodziennego pożywienia mieszkańców Warszawy oraz oszacowanie dawki obciążającej od tych radionuklidów wchłanianych z pożywieniem.

Materiał do badań stanowiły próbki całodziennego pożywienia pobrane w stołówce wydającej co najmniej trzy posiłki dziennie. Pobierano po dwa zestawy całodziennego pożywienia przez 5 dni. Całodzienne posiłki pobierano zgodnie z wcześniej opracowaną instrukcją.

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs oznaczano spektrometrycznie (spektrometr Canberra z detektorem HPGe, i oprogramowaniem Genie 2000). Do kalibracji energetycznej i wydajnościowej stosowano źródło wzorcowe – mieszaninę wieloizotopową w zakresie energii od 50 keV do 1836 keV. Stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr oznaczano poprzez pomiar ^{90}Y . z roztworu analizowanej próbki oddzielano ^{90}Sr i po ustaleniu się równowagi ^{90}Sr - ^{90}Y , wydzielano ^{90}Y w postaci szczawianów itru.

Przygotowany preparat pomiarowy z wydzielonym radionuklidem poddawano pomiarom aktywności beta. Do pomiarów stosowano niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM (Riso, GM-25-5) [1].

Posiłki analizowano z każdego dnia osobno. Dwie porcje całodziennego pożywienia łączono w celu zwiększenia masy próbki do analizy. Posiłki suszono i mineralizowano w piecu laboratoryjnym do uzyskania jednolitego szarego popiołu. Przygotowany materiał stanowił próbkę do oznaczeń stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr . Zakres zawartość ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach wynosił $0.12 \div 0.37 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ dla ^{137}Cs i $0.04 \div 0.06 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ dla ^{90}Sr .

Rozrzut zmierzonych zawartości radionuklidu ^{137}Cs w poszczególnych dobowych próbkach zależy od doboru produktów do przygotowania posiłków jak również masy posiłków. Najwyższa oznaczona wartość $0,37 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ może wynikać z podania potrawy z rybą. Średnia Zawartości ^{90}Sr w posiłkach była na zbliżonym poziomie. Rozrzut zawartości ^{90}Sr

w poszczególnych dniach był związany z doбором produktów i masą posiłków.

Określona w powyższej pracy zawartość ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach nie różni się w sposób zasadniczy od zawartości tych radionuklidów w diecie innych krajów europejskich. w 2018 roku zawartość ^{137}Cs w diecie mieszkańców Finlandii wynosiła od $0,05 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ do $4,57 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ w zależności od regionu a zawartość ^{90}Sr od $0,04 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ do $0,05 \text{ Bq}\cdot\text{d}^{-1}$ [2].

Na podstawie oznaczonych zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach oszacowano roczne wchłonięcia analizowanych radionuklidów z żywnością i oszacowano dawkę. Dawki te wynosiły odpowiednio $0,9$ i $0,5 \mu\text{Sv}$,

Dawki otrzymywane przez mieszkańców Warszawy w 2019 są na niższym poziomie niż te otrzymywane w latach 2006-2012. Jest to głównie związane z masą spożywanych posiłków, doбором produktów do ich przygotowania a także powolnym spadkiem stężenia pierwiastków promieniotwórczych w żywności. w 2014 roku dawka od ^{137}Cs w diecie mieszkańców Irlandii wynosiła $2,7 \mu\text{Sv}$ [3].

Średnia dawka skuteczna otrzymana przez mieszkańców Warszawy jak również innych miast Polski (wcześniejsze badania) w wyniku skażeń wewnętrznych stanowi ułamek procenta rocznej dopuszczalnej dawki granicznej wynoszącej 1 mSv .

Praca finansowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki nr 27/OR/2018/102 z dnia 28.06.2018 r.

Literatura

- [1]. Metodyki stosowane w pracach związanych z monitoringiem środowiska i żywności CLOR, Warszawa, listopad 2015.
- [2]. Aleksu Mattila, Samu Inkinen, Environmental radiation Monitoring in Finland. Annual Report 2019. ,STUK-B-236//KESAKUU 2019
- [3]. C.O'Connor et al. Radiation Doses Received by the Irish Population, 2014. Radiological protection Institute of Ireland, RP II/02, June 2014.

Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w butelkowanych wodach mineralnych i źródłanych

E. Starościak, K. Trzpił

Spożywanie wody jest jednym ze sposobów przedostawania się substancji promieniotwórczych do organizmu człowieka. Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 2013/51/EURATOM z dn. 22.10.2013r. „Określająca wymagania dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi” oraz Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi” (Dz. U. 2017r. poz. 2294) określają poziomy naturalnych i sztucznych pierwiastków promieniotwórczych dopuszczalne w wodach pitnych. Szczegółowe wymagania jakie powinny spełniać wody mineralne i źródlane reguluje także rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 31.03.2011r „W sprawie naturalnych wód mineralnych, wód źródłanych i wód stołowych”

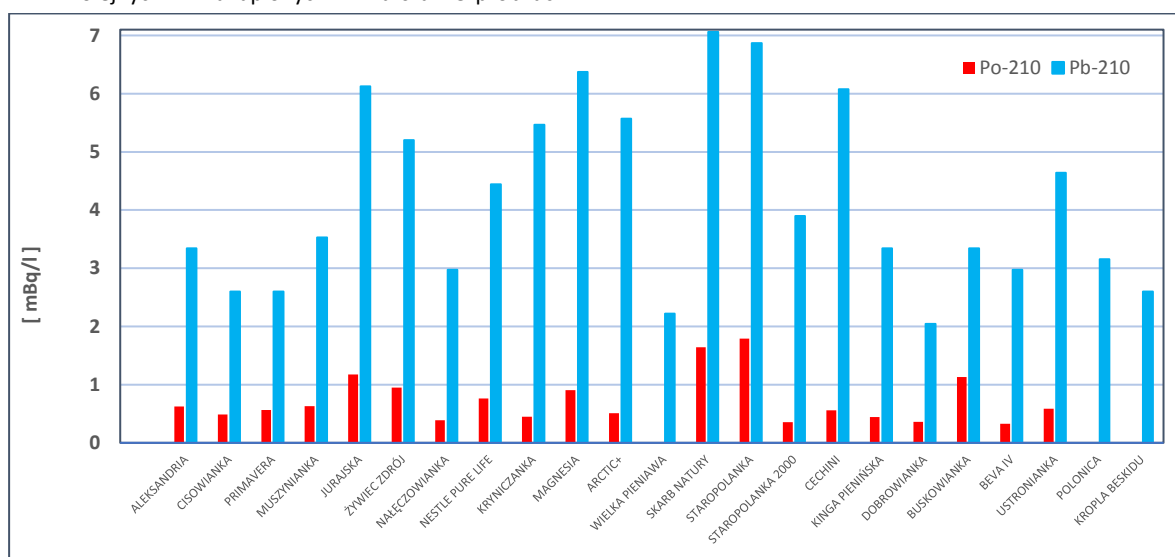
Praca jest kontynuacją tematu realizowanego w 2018 r. Celem pracy było radiochemiczne oznaczenie stężeń promieniotwórczych naturalnych izotopów: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w próbkach mineralnych i źródłanych wód butelkowanych dostępnych w sklepach na terenie Warszawy, pochodzących z ujęć z różnych rejonów Polski.

W 2019 r. oznaczone zostały stężenia promieniotwórcze: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w kolejnych 11 zakupionych w Warszawie próbkach

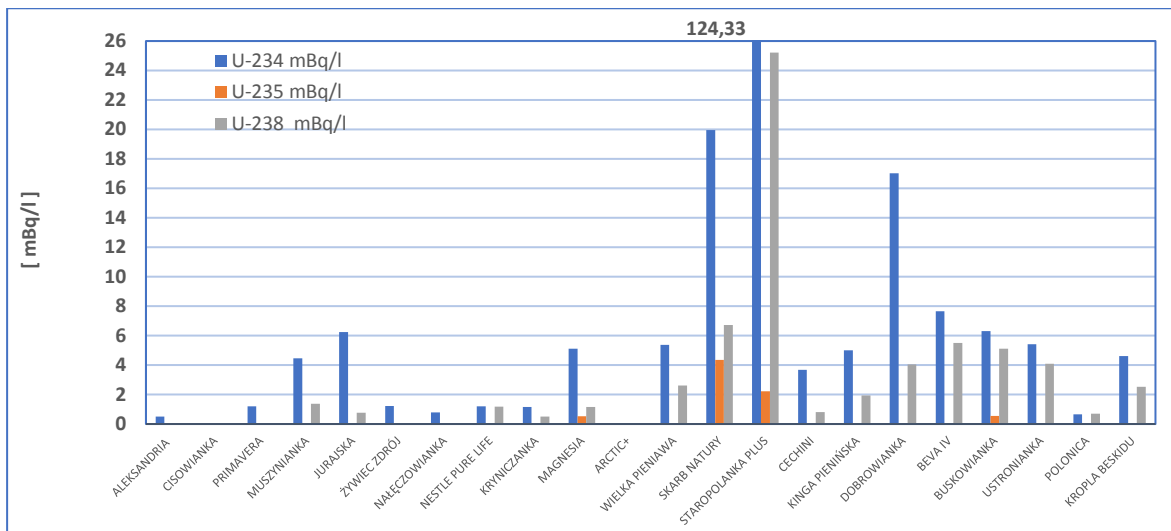
wód mineralnych i źródłanych: Wielka Pieniawa, Skarb Natury, Staropolanka, Cechini, Kinga Pienińska, Dobrowianka, Beva IV, Buskowieńka, Ustronińska, Polonica, Kropla Beskidu.

Stężenia promieniotwórcze ^{210}Po dla 3 próbek były poniżej granicy oznaczalności ($0,3 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$) w pozostałych przypadkach wahały się w granicach od $0,32 \pm 0,03 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Beva IV do $1,79 \pm 0,08 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Staropolanka. W przypadku ^{210}Pb zakres stężeń wynosił od $2,04 \pm 0,15 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Dobrowianka do $7,06 \pm 0,37 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Skarb Natury. (Wykres 1)

W 2 próbkach wody stężenia promieniotwórcze ^{234}U były poniżej granicy oznaczalności ($0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$), dla pozostałych wynosiły od $0,50 \pm 0,26 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Aleksandria do $124,33 \pm 6,45 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Staropolanka Plus. Stężenia promieniotwórcze ^{238}U w 5 próbkach były poniżej granicy oznaczalności ($0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$), dla pozostałych wynosiły od $0,50 \pm 0,17 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Krynica do $25,22 \pm 1,64 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Staropolanka Plus. Stężenia promieniotwórcze ^{235}U wynosiły powyżej $0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla 4 wód, od $0,52 \pm 0,38 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody Magnesia do $4,36 \pm 1,24 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla Skarbu Natury. (Wykres 2)



Wykres 1. Stężenia promieniotwórcze ^{210}Po i ^{210}Pb .



Wykres 2. Stężenia promieniotwórcze ^{234}U , ^{235}U i ^{238}U

Przeprowadzone badania poszerzyły wiedzę o poziomach narażenia ludności Polski od wchłonięć badanych radionuklidów, potwierdziły również hipotezę, że badane wody mineralne i źródłane spełniają wymagania zapisane w Rozporządzeniu

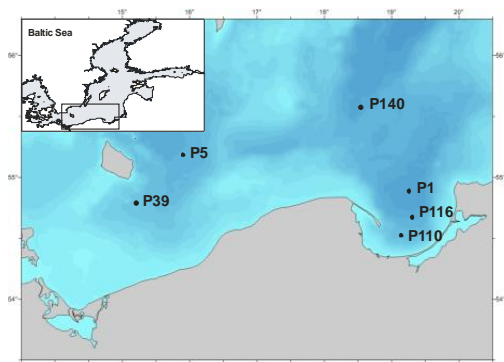
Ministra Zdrowia z dn. 7 grudnia 2017r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi”.

Temat był finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

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

M. Suplińska A. Fulara, K. Pachocki, K. Wiatr

Prace prowadzone w CLOR są częścią monitoringu koordynowanego przez Komisję Helsińską w którym uczestniczą wszystkie kraje nadbałtyckie. Dane o skażeniach Morza Bałtyckiego przekazywane są każdego roku do Banku Danych Komisji Helsińskiej. Badania obejmują oznaczania substancji promieniotwórczych, w środowisku morskim: w wodzie, osadach dennych i organizmach żywych (ryby), pochodzących z południowego rejonu Morza Bałtyckiego.



Rysunek 1. Miejsca poboru próbek wody i osadów dennych

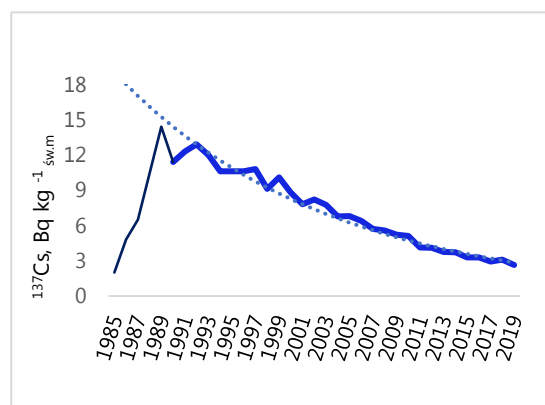
Próbki dorszy, śledzi, szprot i storni pochodziły z Zatoki Gdańskiej, Basenu Gdańskiego i Basenu Bornholmskiego. Oznaczano w nich ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra . Próbki wody i próbki rdzeniowe osadów dennych pochodziły z sześciu ustalonych miejsc w rejonie południowego Bałtyku (Rysunek 1). w próbkach wody, z warstwy powierzchniowej i przydennej, przeprowadzono oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K , ^{226}Ra i ^3H . w stratyfikowanych próbkach rdzeniowych osadów dennych wykonano oznaczenia ^{137}Cs i ^{40}K (w sześciu lokalizacjach) oraz oznaczenia ^{238}Pu i ^{239}Pu , ^{240}Pu w dwu wybranych lokalizacjach (w sześciu stacjach w okresie 3 lat). ^{90}Sr oznaczono w próbkach rdzeniowych z sześciu lokalizacji bez podziału na warstwy.

Do oznaczeń ^{137}Cs , ^{40}K - stosowano spektrometrię gamma. Izotopy plutonu oznaczano metodą radiochemiczną zakończoną pomiarem alfa - spektrometrycznym, ^{226}Ra - metodą emanacyjną, 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 cieńko-scyntylacyjnego.

Oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra prowadzono w filetach ryb, z wyjątkiem próbek szprot, gdzie analizowano całe tuszki. W corocznie monitorowanych czterech gatunkach ryb najwyższe średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs określono dla dorsza - $3,35 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{sw.m}}$, a najniższe dla śledzia - $2,24 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{sw.m}}$. Stężenie to w każdym z gatunków ryb maleje w kolejnych latach, chociaż znaczące zmiany widoczne są w dłuższych okresach.

Rysunek.2 Średnie stężenia ^{137}Cs w rybach



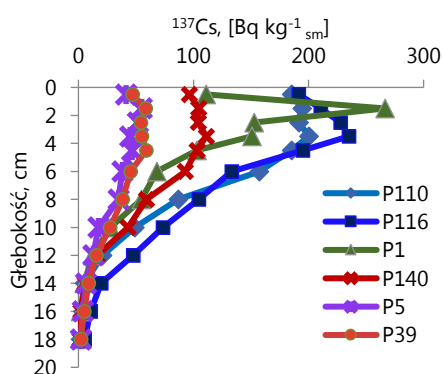
bałtyckich w atach 1985-2019

Średnie stężenia ^{137}Cs wyliczone dla czterech gatunków ryb w roku 2019 wynosiło $2,64 \pm 0,49 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{sw.m}}$. Średnie stężenia ^{137}Cs w rybach bałtyckich w latach 1985-2019 [1] przedstawiono na rysunku 2.

Stężenie ^{226}Ra było zróżnicowane w zależności od gatunku ryb, najwyższe określono w dorszu - $85 \text{ mBq} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{sw.m}}$, a najniższe w śledziu - $25 \text{ mBq} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{sw.m}}$. Stężenie promieniotwórcze ^{40}K w rybach było w zakresie $89 \div 118 \text{ Bq} \cdot \text{kg}^{-1}_{\text{sw.m}}$ i tak samo jak w przypadku ^{226}Ra nie zmieniało się znacząco w ciągu wieloletnich badań.

Stężenia ^{137}Cs w wodzie bałtyckiej z powierzchni były w zakresie $21,0 \div 26,3 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$, a w wodzie

przydennej w zakresie $15,9 \div 23,2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Najniższa wartość charakteryzowała wodę przydenną ze stacji P 5 (Głębia Bornholmska) – wpływ wlewów wód z Morza Północnego. Najwyższa wartość występowała w wodzie powierzchniowej P 1 (Głębia Gdańska). Średnie wartości dla warstw powierzchniowej i przydennej południowego Bałtyku wynosiły odpowiednio $23,4 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ i $18,8 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Stężenie ^{40}K w wodach powierzchniowych zmieniło się w zakresie $2350 \div 3570 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. W wodach przydennych stężenia ^{40}K wzrastały wraz z zasoleniem, obejmując zakres $3750 \div 6790 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Średnie stężenia promieniotwórcze ^{226}Ra w wodzie powierzchniowej i przydennej wynosiły $2,86 \pm 0,31 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz $4,16 \pm 0,15 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Stężenia promieniotwórcze ^3H wynosiły odpowiednio: $3,7 \pm 0,5 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ oraz $2,9 \pm 0,3 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$ mieszcząc się w zakresie stężeń charakterystycznych dla całego obszaru Bałtyku [2].



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

W osadach dennych wyższe stężenia ^{137}Cs obserwowano w górnych warstwach i tak jak w latach ubiegłych występowały różnice w jego stężeniach związane z lokalizacją [3]. Maksymalne stężenia ^{137}Cs obserwowane w Basenie Gdańskim (P 110, P 116, P 1), obejmowały zakres $200 \div 266 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$, natomiast te stężenia obserwowane w rejonie Basenu Bornholmskiego (P 5 i P 39) wynosiły $55 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ i $59 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$. We wszystkich lokalizacjach stężenia ^{137}Cs zmniejszają się w głąb profili osadowych, najczęściej do pojedynczych Bq. (Rysunek 3).

Oznaczenia izotopów plutonu w osadach dennych w 2019 roku przeprowadzono w próbkach z Zatoki Gdańskiej (P 116) i z Basenu Bornholmskiego (P 39). W P 116 najwyższe stężenie ^{239}Pu i ^{240}Pu wynoszące $3,75 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ określono w warstwie 4-5 cm. w dwu kolejnych warstwach stężenia te były zbliżone, po czym następował sukcesywny spadek do wartości $0,11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$. W P 39 obserwowano niższe stężenia ^{239}Pu i ^{240}Pu , gdzie maksymalne - $1,33 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ oznaczono w warstwie 5-7 cm. Stężenia ^{238}Pu w P 116 i P 39 były w zakresie $0,002 \div 0,091 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$, a stosunek stężenia ^{238}Pu do ^{239}Pu i ^{240}Pu w zakresie $0,02 \div 0,04$ był typowy dla opadu promieniotwórczego po testach nuklearnych.

Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr w osadach dennych (oznaczane w warstwie 0-19 cm) były wyrównane w całym rejonie będąc w zakresie $3,33 \div 4,31 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$. Wyliczone stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i oraz ^{239}Pu i ^{240}Pu dla powyższej warstwy były odpowiednio w zakresach $20,8 \div 71,8 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ oraz $0,5 \div 2,0 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$. Obecnie stężenia ^{90}Sr w osadach dennych Morza Bałtyckiego są 10-20 razy niższe od stężeń ^{137}Cs .

Literatura

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

Praca realizowana zgodnie z umową z Państwową Agencją Atomistyki nr 26/OR/2019/142.

Adaptacja metody oznaczania Ra-226 w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej

K. Wieprzowski, A. Matysiak

Celem pracy była adaptacja metody oznaczania radu-226 w wodzie za pomocą spektrometrii ciekłoscyntylacyjnej.

Woda jest najważniejszym filarem zdrowia. Jej zawartość w ciele dorosłego człowieka wynosi ok. 70%. Ocena jakości i dostarczenie wody o odpowiedniej jakości jest istotnym wyzwaniem społecznym, które wpływa na zdrowie i długość życia całej populacji. Jednym z elementów badań jakości wody są badania składników promieniotwórczych.

11 grudnia 2017 r. ukazało się w Polsce Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (poz. 2294). Rozporządzenie to zobowiązuje do wykonania pomiarów m.in. stężenia radionuklidów. Jednym z badanych radionuklidów w ramach badań wody do picia, jest izotop radu-²²⁶Ra.

Do oznaczania stężenia tego izotopu w Zakładzie Higieny Radiacyjnej stosowana była metoda emanacyjna. Oznaczanie stężenia ²²⁶Ra metodą emanacyjną jest jednak bardzo czasochłonne. W celu skrócenia tego procesu, przystąpiono do adaptacji metody oznaczania tego radionuklidu metodą ciekłoscyntylacyjną (LSC). Oczekiwany efektami techniki LSC są skrócone: czas preparatyki i pomiaru, w porównaniu do metody emanacyjnej. Ma to szczególne znaczenie w przygotowywaniu aparatury do kolejnego etapu badań związanych ze wstępnym monitoringiem substancji promieniotwórczych, zgodnie z poprzednio wymienionym Rozporządzeniem.

Po przeglądzie literatury wybrano metodę opracowaną w Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej: „A procedure for the Rapid Determination of ²²⁶Ra and ²²⁸Ra in Drinking Water by Liquid Scintillation Counting”. Metodyka ta została opracowana przez międzynarodowy zespół naukowców w 2014 r. Ważną przesłanką do wyboru tej konkretnej metodyki był fakt, że trwają prace nad ustanowieniem normy: „ISO 22908 Water quality – Radium 226 and Radium 228 – Test method using liquid scintillation counting”. Norma ta opiera się na wykorzystaniu wspomnianej metodyki, opracowanej w MAEA.

Metoda ta polega na radiochemicznym oddzieleniu radu od interferujących pierwiastków przez trzykrotne współstrącanie osadu siarczanu baru, ołowiu i radu. Dodatek nośnika ołowiu pozwala usunąć ²¹⁰Pb z roztworu, co powinno poprawić jakość widma. Gotowe próbki przenoszone są do naczynek scyntylacyjnych, gdzie mieszane są ze scyntylatorem.

W 2019 r. dokonano niezbędnych zakupów (scyntylicator, próbki do wirowania, naczynka pomiarowe i zlewki). Poza tym przygotowano aparaturę i stanowiska pracy do kolejnych etapów preparatyki.

Przy rozpracowywaniu metodyki pojawiły się pewne problemy. Problemami tymi były: słabe rozpuszczanie osadu oraz rozwarstwianie scyntylatora. w efekcie niemożliwe było uzyskanie stabilnych prób, które zagwarantowałyby powtarzalność wyników. Po przeprowadzeniu serii preparatyk, udało się rozwiązać kluczowe problemy. Stało się to także możliwe po dokonaniu wyboru odpowiedniego scyntylatora, który zagwarantuje zapewnienie największej stabilności.

W pierwszym etapie adaptacji metody oznaczania ²²⁶Ra w wodzie przygotowywano i stosowano tylko ślepe próbki. Działania takie miały na celu zachowanie rezerw wzorca ²²⁶Ra- oraz zapobieganie ewentualnym skażeniom promieniotwórczym stanowisk pracy czy aparatury pomiarowej. Dopiero po dopracowaniu metodyki, odbyły się testowe preparatyki z wykorzystaniem wzorca ²²⁶Ra. Do pomiarów wykorzystano licznik ciekłoscyntylacyjny Quantulus GCT-6220. Dzięki uzyskaniu obiecujących wyników możliwe jest przystąpienie do kolejnych etapów wdrażania omawianej metodyki. Ponieważ prace dotyczące rozpracowywania tej metodyki są zaawansowane, a oznaczanie radu w wodzie jest istotne ze względu na jego dużą radiotoksyczność, wskazane jest kontynuowanie prac w roku następnym.

Środki finansowe wykorzystane do realizacji niniejszego tematu pochodziły z subwencji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

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

E. Starościak, A. Fulara, B. Rubel, M. Kardaś, K. Pachocki, M. Suplińska, K. Trzpił, A. Adamczyk, K. Wieprzowski, A. Matysiak, K. Wiatr

W 2019 r. w ramach tematu zrealizowane zostały następujące zadania:

1. Sprawowanie nadzoru przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) nad akredytowanym Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (LARIŚ) (przeprowadzenie audytu w nadzorze przez ekspertów PCA).

W dniach 4-5 marca 2019 r. w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych odbył się audyt zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów PCA. Podczas oceny audytorzy stwierdzili, że LARIŚ utrzymuje kompetencje do wykonywania badań wszystkimi metodami badawczymi objętymi zakresem akredytacji. Audytorzy stwierdzili jedną niezgodność. Uwagi audytorów zostały wnikliwie przeanalizowane, zaplanowano i zrealizowano korekcje oraz działania korygujące do spisanej niezgodności. Audytor wiodący PCA uznał że dowody są wystarczające do usunięcia niezgodności.

2. Doskonalenie systemu zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych. W związku z doskonaleniem systemu zarządzania LARIŚ rozszerzyło swój zakres akredytacji o metodę QPB 9 „Oznaczanie stężenia promieniotwórczego radu-226 metodą emanacyjną w wodzie” - wydanie 2 z dnia 02.01.2019 r. i otrzymało nowe wydanie zakresu akredytacji wyd. 11 data wyd. 9 maja 2019 r.

W 2019 r. LARIŚ wzięło udział w międzynarodowym badaniu biegłości oraz w krajowym porównaniu międzylaboratoryjnym:

- PROCORAD 2019, Francja; wg procedur badawczych: QPB 1 oznaczanie ^{134}Cs , ^{137}Cs i ^{40}K w próbkach moczu i QPB 3 oznaczanie ^3H w próbkach wody.

- PAA/ICHJT; „Pomiary porównawcze w zakresie oznaczania radionuklidów ^{239}Pu , ^{241}Am , ^3H , ^{226}Ra przez placówki specjalistyczne prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju” wg procedur: QPB 1 w próbkach wody i mąki, QPB 4 w próbkach piasku, QPB 3 i QPB 9 w próbkach wody.

Zgodnie z Planem zapewnienia jakości wyników badań na rok 2019 wykonano potwierdzenie powtarzalności, odtwarzalności i liniowości metod, sprawdzenie poprawności obliczeń w arkuszu Excel, sprawdzanie aparatury, dodatek wzorca wewnętrznego.

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

Realizując Program audytów wewnętrznych na rok 2019 w Laboratorium przeprowadzone zostały dwa audyty wewnętrzne. w dniach 25 - 26 listopada 2019 r. odbył się audyt wewnętrzny nr 1/2019 dotyczący wymagań ogólnych systemu zarządzania. w dniach 28 – 29 listopada 2019 r. odbył się audyt wewnętrzny nr 2/2019 dotyczący obszaru technicznego systemu zarządzania. Audyty wewnętrzne przeprowadzone zostały bardzo wnikliwie. Podczas audytów audytorzy stwierdzili 1 niezgodności. Audyty wykazały, że system zarządzania LARIŚ jest wdrożony i ciągle doskonalony.

4. Nadzór techniczny i konserwacja wyposażenia badawczego LARIŚ.

W akredytowanych Laboratoriach Wzorcujących, zapewniających spójność pomiarową wykonano wzorcowania wagi, termometrów, termohigrometru, wzorców masy i odważników kalibracyjnych. Wykonane zostało także okresowe sprawdzanie aparatury oraz wyposażenia pomocniczego Laboratorium.

5. Podnoszenie kwalifikacji pracowników LARIŚ 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.

W 2019 r. w Laboratorium odbyło się 9 szkoleń wewnętrznych zgodnie z Planem szkoleń w roku 2019 oraz wynikających ze zmian wprowadzonych w dokumentacji systemu zarządzania i realizacji działań korygujących. Pracownicy Laboratorium wzięli także udział w 18 szkoleniach zewnętrznych w tym 2

konferencjach międzynarodowych oraz 2
konferencjach i 2 seminariach krajowych.

Praca była finansowana przez Ministerstwo
Energii na podstawie umowy nr:
18/II/D/15004/2830/19/DEJ z dnia 09.04.2019 r

ZAKŁAD DOZYMETRII

Zakład Dozymetrii w 2019 roku

Zakład Dozymetrii (Z-II) jest częścią Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej, ale mieści się w oddzielnym budynku – tzw. bunkrze. Ze względu na charakter prowadzonej działalności, czyli konieczność odcięcia się od promieniowania kosmicznego podczas pomiarów stężeń radionuklidów w różnego rodzaju próbkach, część pomieszczeń Zakładu, stanowiąca Niskotłowe Laboratorium Pomiarów Spektrometrycznych, znajduje się poniżej poziomu gruntu.

Kierownikiem Zakładu jest mgr inż. Krzysztof Isajenko. Pozostali pracownicy zatrudnieni w Zakładzie w 2019 r. to: mgr Barbara Piotrowska, mgr Olga Stawarz, mgr inż. Karol Wojtkowski, mgr Izabela Kwiatkowska (do 31 lipca) oraz Anita Kiełbasińska i Marcin Kozdój.

W Zakładzie Dozymetrii prowadzone są prace naukowe i badawczo-rozwojowe w zakresie metod radiometrii i dozymetrii promieniowania jonizującego oraz zastosowań tych metod do badań promieniotwórczości środowiska i oceny narażenia człowieka. Zakład Dozymetrii zajmuje się przede wszystkim monitoringiem najróżniejszych komponentów środowiska. Prowadzone są w nim między innymi następujące prace:

- monitoring przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego,
- monitoring gleb w Polsce,
- monitoring surowców i materiałów budowlanych,
- monitoring otoczenia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie i Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku,
- Monitoring terenu i otoczenia Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP) w Świerku i Różanie.

W ramach radiologicznego monitoringu przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego Zakład Dozymetrii nadzoruje pracę sieci stacji ASS-500, pracujących w systemie wczesnego ostrzegania o skażeniach promieniotwórczych. CLOR jest właścicielem stacji pracujących w tej sieci (stacja posiada patent nr 184966 od dn. 14.11.1997 r., wydany dn. 17.06.2003 r.). Stacje przez 24 godziny na dobę i 7 dni w tygodniu pobierają z powietrza zanieczyszczenia na filtry, które następnie mierzone są w laboratorium z wykorzystaniem

wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma. Filtr w sytuacji normalnej wymieniany jest raz w tygodniu. Zastosowane metody pozwalają rejestrować zanieczyszczenia powietrza radionuklidami gamma promieniotwórczymi (naturalnymi i pochodzenia sztucznego) na poziomie ułamków $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Na podstawie zmierzonych poziomów zawartości radionuklidów promieniotwórczych w powietrzu obliczane są dawki, jakie otrzymują mieszkańcy Polski od wchłonięć tych radionuklidów układem oddechowym. Monitoring przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego jest pracą ciągłą finansowaną co roku przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.

Monitoring gleb w Polsce jest finansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie Umowy zawieranej co dwa lata (od roku 1988) z Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska. w ramach pracy w 254 punktach na terenie naszego kraju pobierana jest gleba z powierzchniowej warstwy 0-10 cm oraz dodatkowo w 10 punktach z warstwy głębszej 0 - 25 cm. Po wstępnym przygotowaniu próbki są mierzone metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma. w pomiarach określa się stężenia radionuklidów naturalnych (^{226}Ra , ^{228}Ac i ^{40}K) i sztucznego cezu ^{137}Cs oraz oblicza się depozycję (stężenie powierzchniowe) cezu ^{137}Cs . Wyniki prac przedstawiane są w postaci tabel, wykresów, histogramów oraz map radiologicznych, obrazujących przestrzenne rozkłady stężeń i depozycji izotopów promieniotwórczych w glebach w Polsce. w 2018 roku zakończono opracowywanie wyników pomiarów stężeń sztucznych i naturalnych radionuklidów w próbkach gleby pobranych jesienią 2016 r. w połowie 2019 r. (z rocznym opóźnieniem z przyczyn niezależnych od CLOR) rozpocząć się kolejny pobór prób gleby.

W ramach Zakładu Dozymetrii funkcjonuje akredytowane Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN) (Certyfikat akredytacji nr AB 1108). Posiada ono akredytację na pomiary promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych oraz odpadów przemysłowych wykorzystywanych w budownictwie. w związku z tym pracownicy LPPN muszą przestrzegać norm związanych z działalnością laboratoriów akredytowanych oraz zapisów

zawartych w dokumentacji systemu zarządzania. Ponadto przechodzą systematyczne szkolenia z tematyki związanej z jakością wykonywanych badań, obsługą klienta, obiegiem próbek, obsługą aparatury, czy zmianami wprowadzanymi w systemie zarządzania. w ramach działalności LPPN pracownicy wykonują także dla innych laboratoriów wzorce potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i ^{228}Th , służące do kalibracji aparatury mierzącej radioaktywność naturalną surowców i materiałów budowlanych. Ponadto pracownicy Zakładu Dozymetrii sprawują nadzór merytoryczny nad siecią laboratoriów wykonujących pomiary radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych i przeprowadzają szkolenia dla ich pracowników w zakresie wykonywania badań za pomocą analizatora typu MAZAR.

Od wielu lat Zakład Dozymetrii zajmuje się także monitoringiem radiologicznym środowiska w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku i Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie. Większość poborów próbek środowiskowych i pomiarów odbywa się dwa razy w roku (w maju - czerwcu oraz we wrześniu).

Pracownicy Zakładu Dozymetrii pobierają próbki gleby, trawy i wody, aby zmierzyć stężenie radionuklidów sztucznych i naturalnych metodą spektrometryczną. Próbki wody poddawane są także analizie radiochemicznej w Zakładzie Higieny Radiacyjnej CLOR. Oprócz tego za pomocą specjalistycznej aparatury dokonuje się pomiarów stężenia sztucznych i naturalnych radionuklidów w aerozolach powietrza za pomocą przewoźnej stacji do poboru aerozoli, stężenia gazów szlachetnych i jodu gazowego w powietrzu (pobór za pomocą przewoźnej stacji jodowej produkcji CLOR, tylko w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku) oraz pomiary mocy dawki promieniowania gamma za pomocą komory jonizacyjnej, w tych samych punktach, z których pobierana jest gleba i trawa. Zakład Dozymetrii jedynie pobiera gazy szlachetne w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku, natomiast pomiary wykonywane są w Instytucie BfS we Freiburgu (Niemcy). Stacja do poboru gazów szlachetnych została udostępniona CLOR przez Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) na podstawie obustronnie podpisanego porozumienia. w ramach tego porozumienia Zakład Dozymetrii dokonuje poborów gazów szlachetnych, a BfS wykonuje pomiary stężeń pobranych próbek i przekazuje nam wyniki tych badań.

W 2019 roku CLOR wygrał przetarg na monitoring

terenu Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych. w ramach tego tematu Zakład Dozymetrii wraz z Zakładem Higieny Radiacyjnej oraz Zakładem Kontroli Dawek i Wzorcowania zajmował się monitoringiem terenu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie. w Zakładzie Dozymetrii w ramach tej pracy mierzył próbki gleby, trawy oraz aerozoli atmosferycznych pobieranych przez stację pracującą na terenie KSOP.

Dodatkowo Zakład Dozymetrii prowadzi inne prace, które nie należą do typowych ciągłych prac monitoringowych. w roku 2018 były to następujące tematy:

- prowadzenie bazy danych z wynikami pomiarów radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych prowadzonych przez sieć (ponad 30 laboratoriów w całej Polsce); obecnie baza ta liczy prawie 50 tys. wpisów,
- pomiary stężeń pierwiastków promieniotwórczych ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Ac i ^{137}Cs w próbkach flory pobranych z terenu Poleskiego Parku Narodowego,
- pomiary stężeń promieniotwórczych ^{40}K , ^{226}Ra , ^{228}Ac i ^{137}Cs w próbkach gleby pobranych z terenu Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

Ponadto pracownicy Zakładu Dozymetrii dokonują - na podstawie pomiarów specjalistycznymi przyrządami - oceny narażenia ludności spowodowanego promieniowaniem jonizującym, którego źródłami są urządzenia techniczne oraz promieniotwórczość środowiska. Przykładowe zadania wykonywane w terenie to pomiary mocy dawki w domach i miejscach pracy za pomocą komory jonizacyjnej i dawkomierzy z licznikiem proporcjonalnym oraz pomiary mocy dawki od promieniowania rentgenowskiego i gamma (dawkomierze o odpowiednim zakresie energetycznym) w pobliżu urządzeń wytwarzających promieniowanie X (tomografy, pantomografy, urządzenia do prześwietlania bagażu, orientometry, dyfraktometry).

Pracownicy Zakładu dokonują także wielu innych pomiarów i ekspertyz radiologicznych – w laboratorium lub w terenie – na zlecenie firm lub osób prywatnych. Przykładowo mogą to być pomiary spektrometryczne próbek środowiskowych, materiałów budowlanych, czy tablic ewakuacyjnych, a także pomiary u klienta – np. domy lub miejsca pracy, w których była wcześniej wykonywana działalność z wykorzystaniem źródeł promieniowania itp.

Pracownicy Zakładu Dozymetrii, współpracują z wieloma instytucjami, między innymi: Instytutem

Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie, Szkołą Główną Służby Pożarniczej w Warszawie, Wydziałem Fizyki Politechniki Warszawskiej, Głównym Inspektoratem Ochrony Środowiska - Departamentem Monitoringu Środowiska, Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych - Państwowej Agencji Atomistyki, Akademią Sztuki Wojennej w Warszawie, Wojskową Akademią Techniczną w Warszawie, Instytutem Fizyki Jądrowej PAN im. H. Niewodniczańskiego w Krakowie, POLON IZOT w Warszawie, Instytutem Techniki Budowlanej w Warszawie, Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku i z instytucjami, w których pracują stacje ASS-500. Ponadto CLOR jest członkiem europejskiej grupy Ro5.

W Zakładzie Dozymetrii studenci mogą odbywać praktyki lub pisać prace magisterskie bądź inżynierskie o tematyce związanej z działalnością Zakładu. Istnieje także możliwość zwiedzania laboratoriów przez uczniów szkół średnich i studentów kierunków ścisłych. Pracownicy Zakładu Dozymetrii chętnie biorą udział w konferencjach.

Pracownicy Zakładu Dozymetrii opracowali przewoźną stację do poboru aerozoli z przyziemnej warstwy powietrza MASS – 1000 (patent nr 216990 od dn. 26.03.2009 r., wydany dn. 28.07.2014 r.). Przeznaczeniem stacji jest pobór na filtrze dużych próbek aerozoli powietrza z jednoczesną analizą gamma spektrometryczną. Stacja może być wykorzystana do badania aerozolowych zanieczyszczeń powietrza wokół obiektów jądrowych i przemysłowych. Mobilność urządzenia pozwala na szybki pobór próbek z dużej objętości powietrza w dowolnym miejscu i kontrolę uwalnianych do atmosfery radionuklidów. Ciągły pobór aerozoli

z warstwy przyziemnej powietrza atmosferycznego trwa od 6 do 12 godzin. Pomiar filtru aerozolowego powinien zostać wykonany metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania gamma z wykorzystaniem detektorów HPGe i rozpoczęty najpóźniej 1 dzień po wykonaniu poboru. Po pomiarze wykonuje się analizę jakościową i ilościową stężeń radionuklidów emitujących promieniowanie gamma (naturalnych oraz pochodzenia sztucznego).

W Zakładzie Dozymetrii została również opracowana stacja służąca do poboru jodu w postaci gazowej. Urządzenie to jest pomocne w kontroli promieniotwórczych zanieczyszczeń powietrza wokół obiektów jądrowych, zarówno w sytuacji ich normalnej pracy, jak i w przypadku awarii takiego obiektu. Podczas poboru filtr wstępny z tkaniny (filtr Petrianowa) jest rozpinany na powierzchni walca w celu ochrony węgla aktywowanego poprzez wyeliminowanie aerozoli promieniotwórczych znajdujących się w powietrzu, z którego pobierana jest próbka. Do absorpcji gazowego jodu stosuje się węgiel aktywny impregnowany TEDA z jodkiem potasu KI. Celem takiego filtru jest wychwyt i związanie gazowej postaci jodu, który może pojawić się w powietrzu atmosferycznym na skutek awarii czy uwolnienia. Filtr węglowy ma tak dobraną objętość, aby cały węgiel mógł być mierzony na detektorze germanowym w geometrii pojemnika Marinelli.

W 2019 roku w Zakładzie Dozymetrii dodatkowo wykonywane były prace związane z poborem gazów szlachetnych zarówno w Warszawie (CLOR), jak i w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500 (rok 2019)

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

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 ang.: lowest Limit of Detection), 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).

Działania na jednostkach:

$$D_i : \left[\frac{\text{Bq}}{\text{m}^3} \right] \cdot \left[\frac{\text{Sv}}{\text{Bq}} \right] \cdot \left[\frac{\text{m}^3}{\text{doba}} \right] \cdot [\text{doba}] = [\text{Sv}]$$

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.

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

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

Izotop	Okres połowicznego rozpadu	Wartości e(g) w [Sv/Bq] dla grupy wiekowej g:					
		≤ 1 roku	1÷2 lat	2÷7 lat	7÷12 lat	12÷17 lat	> 17 lat
¹³⁷ Cs	30,0 lat	8,8·10 ⁻⁹	5,4·10 ⁻⁹	3,6·10 ⁻⁹	3,7·10 ⁻⁹	4,4·10 ⁻⁹	4,6·10 ⁻⁹
¹³¹ I	8,04 dnia	7,2·10 ⁻⁸	7,2·10 ⁻⁸	3,7·10 ⁻⁸	1,9·10 ⁻⁸	1,1·10 ⁻⁸	7,4·10 ⁻⁹
⁷ Be	53,3 dnia	2,5·10 ⁻¹⁰	2,1·10 ⁻¹⁰	1,2·10 ⁻¹⁰	8,3·10 ⁻¹¹	6,2·10 ⁻¹¹	5,0·10 ⁻¹¹
⁴⁰ K	1,28·10 ⁹ lat	2,4·10 ⁻⁸	1,7·10 ⁻⁸	7,5·10 ⁻⁹	4,5·10 ⁻⁹	2,5·10 ⁻⁹	2,1·10 ⁻⁹
²¹⁰ Pb	22,3 lat	4,7·10 ⁻⁶	2,9·10 ⁻⁶	1,5·10 ⁻⁶	1,4·10 ⁻⁶	1,3·10 ⁻⁶	9,0·10 ⁻⁷
²²⁶ Ra	1,60·10 ³ lat	1,5·10 ⁻⁵	1,1·10 ⁻⁵	7,0·10 ⁻⁶	4,9·10 ⁻⁶	4,5·10 ⁻⁶	3,5·10 ⁻⁶
²²⁸ Ac	6,13 godz.	1,8·10 ⁻⁷	1,6·10 ⁻⁷	9,7·10 ⁻⁸	5,7·10 ⁻⁸	2,9·10 ⁻⁸	2,5·10 ⁻⁸

Tabela 2. Wartości obciążającej dawki skutecznej od wchłonięcia radionuklidów układem oddechowym dla wybranych radionuklidów (dla różnych grup wiekowych). [1]

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.

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.

Stacje ASS-500 zlokalizowane są w następujących instytucjach:



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

- **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
- **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.

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

Na podstawie stężeń radionuklidów zmierzonych w sieci stacji ASS-500 w Polsce określono dawki efektywne, jakie otrzymali mieszkańcy naszego kraju, oddychając powietrzem zawierającym radionuklidy o zmierzonych stężeniach. Tabela 4 zawiera wyliczone

wartości dawek otrzymanych przez mieszkańców (w różnym wieku) w miastach, w których znajdują się stacje ASS-500.

Dawki skuteczne (efektywne) otrzymane drogą inhalacyjną wahały się od wartości 2,216 mSv rocznie dla dzieci w wieku 2-7 lat mieszkających w Szczecinie do wartości 6,274 mSv dla młodzieży w wieku 12-17 lat. Maksymalna dawka skuteczna została obliczona dla mieszkańców Torunia.

Radionuklid	Stężenie w powietrzu, $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$	Zakres	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
^{137}Cs	0,55 ± 0,02	(<0,08 ÷ 5,57)	Białystok, 1.04 - 8.04
^{131}I	0,59 ± 0,02	(<0,05 ÷ 5,24)	Warszawa, 6.05 - 13.05
^7Be	3471 ± 72	(425 ÷ 14878)	Toruń, 23.09 - 30.09
^{40}K	14,9 ± 0,5	(<1,7 ÷ 159,0)	Szczecin, 22.04 – 29.04
^{210}Pb	427 ± 12	(17 ÷ 3055)	Toruń, 23.09 - 30.09
^{226}Ra	5,9 ± 0,2	(<1,0 ÷ <25,4)	Wrocław, 28.10 – 4.11
^{228}Ra	1,1 ± 0,0	(<0,2 ÷ <5,4)	Wrocław, 28.10 – 4.11

Tabela 3. Średnie roczne (dla całej Polski) stężenia radionuklidów w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego w 2019 roku

LOKALIZACJA STACJI ASS-500	GRUPY WIEKOWE					
	≤ 1 rok	1÷2 lat	2÷7 lat	7÷12 lat	12÷17 lat	> 17 lat
WARSZAWA	3,852	2,996	2,944	3,811	4,400	3,179
BIAŁYSTOK	3,523	2,731	2,671	3,480	4,018	2,896
GDYNIA	2,936	2,280	2,236	2,903	3,351	2,419
KATOWICE	4,052	3,160	3,116	4,015	4,634	3,354
KRAKÓW	3,383	2,620	2,559	3,340	3,857	2,778
LUBLIN	5,104	3,963	3,884	5,046	5,826	4,204
ŁÓDŹ	3,362	2,620	2,580	3,330	3,844	2,780
SANOK	4,150	3,218	3,147	4,100	4,734	3,413
SZCZECIN	2,884	2,248	2,216	2,857	3,298	2,386
TORUŃ	5,503	4,262	4,161	5,433	6,274	4,519
WROCLAW	4,578	3,591	3,570	4,550	5,250	3,815
ZIELONA GÓRA	4,422	3,437	3,372	4,373	5,049	3,646

Tabela 4. Wartości rocznej dawki skutecznej otrzymanej w roku 2019 przez osoby z różnych grup wiekowych od radionuklidów wchłoniętych drogą inhalacyjną w miejscach lokalizacji stacji ASS-500.

Obliczone dawki pochodzące od radionuklidów znajdujących się w powietrzu atmosferycznym, otrzymywane przez mieszkańców naszego kraju są niskie. Wyniki otrzymane w powyższej pracy pokazały, że dawki te są na poziomie ułamkowych części dawek granicznych.

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki na podstawie umowy nr 1/OR/2019/3 z dnia 28 grudnia 2018.

Literatura

[1] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego (Dz. U. nr 20/2005, poz. 168).

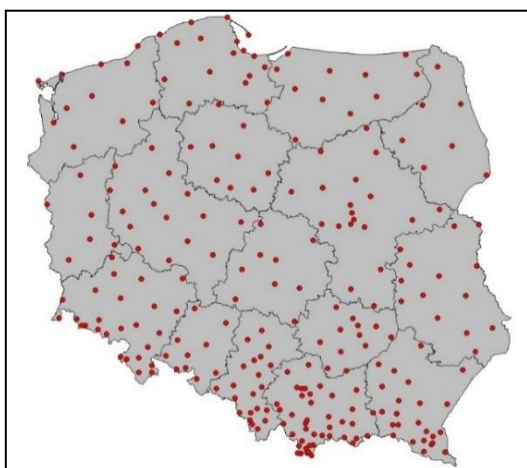
[2] Human respiratory tract model for radiological protection. ICRP Publication 66, Ann. ICRP 24 (1-3), 1994

Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska w latach 2018-2020.

ZADANIE 3: Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie.

K. Isajenko, K. Wojtkowski, B. Piotrowska, O. Stawarz, I. Kwiatkowska, A. Kiełbasińska, M. Kozdój, M. Kardaś, A. Fulara

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



Rysunek. 1. Punkty poboru gleby w Polsce (jesień 2019 roku)

Liczba punktów poboru gleby w poszczególnych województwach, w których została pobrana gleba jesienią 2019 roku, przedstawiono w Tabeli 1.

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

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

- stałość punktów poboru (możliwość powtarzania badań dla tych samych miejsc, co

Tabela 1. Liczba punktów poboru gleby w Polsce (jesień 2019 roku) w poszczególnych województwach

L.p.	Województwo	Ilość pobranych próbek
1.	Dolnośląskie	27
2.	Kujawsko-pomorskie	9
3.	Lubelskie	15
4.	Lubuskie	6
5.	Łódzkie	9
6.	Małopolskie	43
7.	Mazowieckie	20
8.	Opolskie	10
9.	Podkarpackie	24
10.	Podlaskie	8
11.	Pomorskie	19
12.	Śląskie	22
13.	Świętokrzyskie	12
14.	Warmińsko-mazurskie	12
15.	Wielkopolskie	17
16.	Zachodniopomorskie	11
RAZEM – POLSKA:		264

pozwole na uchwycenie nawet niewielkich zmian poziomu skażeń);

- w miarę równomierne rozmieszczenie punktów poboru na terenie całego kraju;
- stała obsługa co w przypadku awarii czy wypadku radiacyjnego umożliwia szybkie i sprawne pobranie próbek do badań;
- pobieranie próbek z terenu, gdzie gleba nie była i nie będzie w przyszłości przemieszana (np. orana lub przekopywana) i nawożona, co umożliwia dostarczenie reprezentatywnego materiału do określania stężeń izotopów

promieniotwórczych w powierzchniowej warstwie gleby;

- w razie potrzeby możliwość uzyskiwania danych meteorologicznych pozwalających na prowadzenie analiz rozkładów przestrzennych skażeń na danym terenie.

W roku 2019 w ramach opisywanej pracy zrealizowano następujące zadania:

- wykonano pobór 264 próbek gleby w 254 punktach (254 próbki pobrane z warstwy o grubości 10 cm oraz 10 próbek z warstwy o grubości 25 cm);
- prowadzono koordynacje poboru próbek;
- opracowano sprawozdanie zawierające opis przeprowadzenia poboru prób (metodykę poboru, terminy pobrania poszczególnych prób,

opis sposobu transportu i przechowywania prób).

W roku 2020 wszystkie pobrane próbki zostaną przygotowane do pomiaru i zmierzone z wykorzystaniem wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania jonizującego.

Temat finansowany jest ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na podstawie umowy nr 34/2019/F z dnia 17 września 2019 zawartej pomiędzy Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej a Głównym Inspektorem Ochrony Środowiska.

Literatura

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

Unowocześnienie sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach powietrza w Polsce – wykonanie trzech nowych stacji ASS-500 zasilanych napięciem jednofazowym. Zainstalowanie i uruchomienie nowych stacji w trzech lokalizacjach w Polsce (Zielona Góra, Kraków, Wrocław).

K. Isajenko, K. Wojtkowski

Sieć stacji ASS-500 w Polsce działa od roku 1992 (wcześniej działała tylko stacja w CLOR). Obecnie sieć ta składa się z 12 stacji pracujących w systemie wczesnego ostrzegania o skażeniach promieniotwórczych powietrza w Polsce.

Stacje te są już dosyć stare (często kilkunastoletnie) i coraz częściej się psują. W roku 2011 dzięki dotacji otrzymanej z Państwowej Agencji Atomistyki udało nam się wykonać dwie stacje nowego typu, zgodne z najnowocześniejszymi trendami w tej dziedzinie na świecie. Zamieniły dwie spośród działających w Polsce stacji (w Warszawie oraz w Lublinie). Niestety na tych dwóch stacjach unowocześnienie sieci się zakończyło.

Dotacja otrzymana z Ministerstwa Energii w roku 2018 umożliwiła wykonanie i wymianę trzech kolejnych stacji (w Sanoku, Białymstoku i w Szczecinie). a inwestycja w roku 2019, to kolejne trzy stacje (Zielona Góra, Kraków, Wrocław).

Opis prac wykonanych w ramach inwestycji

W ramach inwestycji planowane było wykonane następujących prac:

- Wykonanie trzech egzemplarzy stacji – do 31 sierpnia 2019
- Testowanie nowo wykonanych stacji – do 15 października 2019
- Zainstalowanie i uruchomienie nowych stacji w Zielonej Górze, Krakowie i Wrocławiu.

Inwestycja rozpoczęła się w marcu 2019, a miała zakończyć się w październiku 2019. Jednak w związku

z pewnymi opóźnieniami nie do końca zależnymi od CLOR, został podpisany z Ministerstwem Energii aneks do zawartej Umowy dotacyjnej – w aneksie zostały zmienione terminy realizacji poszczególnych zadań. Cała praca miała zakończyć się w grudniu 2019 r.

Stacja w Zielonej Górze (która miała zastąpić likwidowaną stację PAA) nie została zainstalowana w roku 2019 w związku z opóźnieniami związanymi z likwidacją przez PAA starej stacji.

W ramach realizacji inwestycji zakupiono oraz wykonano następujące elementy stacji ASS-500:

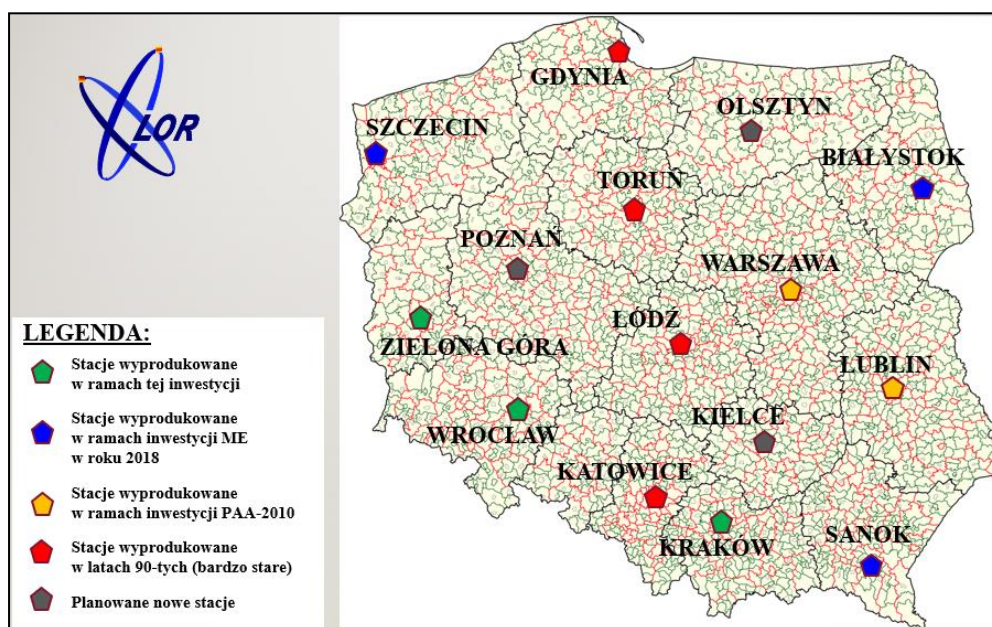
- Obudowa stacji typu ASS-500 (widoczna na Rys. 1)
- Wentylator typu HRD 16T FU-105/2,2 z łącznikiem i wibroizolatorami
- Falownik typu VFS15S.2022PL-W
- Regulator wilgotności i temperatury typu AR247/3/S1/P/P/WU/P
- Promienniki podczerwieni typu TEGI-0026 FSR 250W 230V 24108
- Zestaw do pomiaru przepływu zawierający:
 - Przetwornik różnicy ciśnień i przepływu gazów model PHM33-201-MD1
 - Panel pomiarowy model GTA-DA6-A-BRTNVY (Rys. 2)
 - Zasilacz model DRC-24V30W1A
 - Rurka uśredniająca przepływu dla gazów model AFMT-042-100



Rys. 1. Obudowa nowej stacji ASS-500



Rys. 2. Panel pomiarowy (rejestrator i sumator) przepływomierza stosowanego w nowych stacjach ASS-500



Rysunek. 3. Sieć stacji ASS-500 w Polsce

Po wykonaniu tej inwestycji, osiem stacji ASS-500 spośród dwunastu pracujących w sieci wczesnego ostrzegania o skażeniach powietrza w Polsce, jest stacjami nowego typu, w pełni nowoczesnymi, zapewniającymi najwyższe standardy w monitoringu powietrza w naszym kraju.

Rys. 3 przedstawia sieć stacji ASS-500 w Polsce. w następnych latach planowane jest

unowocześnianie następnych egzemplarzy stacji oraz rozbudowa sieci (zainstalowanie trzech nowych stacji – w Olsztynie, Poznaniu i Kielcach).

Inwestycja była finansowana przez Ministerstwo Energii na podstawie umowy nr 15/II/D/15004/6230/19/DEJ z dnia 10 kwietnia 2019

Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2019

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

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

- wskaźnika aktywności f_1 - określa zawartość naturalnych pierwiastków promieniotwórczych w badanym materiale i jest wskaźnikiem narażenia całego ciała na promieniowanie gamma.

- wskaźnik aktywności f_2 , - określa zawartość radu ^{226}Ra w badanym materiale i jest wskaźnikiem narażenia nabłonka płuc na promieniowanie alfa emitowane przez produkty rozpadu radonu pobrane wraz z powietrzem przez układ oddechowy człowieka.

W 2019 roku Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonało badania i opracowało opinie dotyczące zastosowania materiałów i surowców budowlanych dla 62 próbek nadesłanych z różnych regionów kraju. Były to m.in. mieszaniny popiołowo-żużlowe (32 próbki), żużel (2 próbki), odpady paleniskowe (10 próbek), kruszywo naturalne (8 próbek) i pozostałe 10 próbek - różne. Od 1980 roku do końca 2019 roku do ogólnopolskiej bazy danych surowców i materiałów budowlanych zostało wprowadzonych danych dla 50203 próbek. w samym 2019 roku wprowadzono do bazy wyniki dla 1187 próbek, w tym:

1. wyniki surowców budowlanych pochodzenia naturalnego: 64

2. wyniki surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego: 760

3. wyniki materiałów budowlanych: 363

W 2019 roku zarejestrowano większą ilość przekroczeń wartości granicznych wyznaczanych wskaźników aktywności $f_1 = 1,2$ lub $f_2 = 240$ Bq/kg określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w porównaniu do roku ubiegłego. Przekroczenia odnotowano dla 24,4 % partii popiołów lotnych oraz 14,3 % partii mieszaniny popiołowo-żużlowej.

Na rysunkach 1- 4 przedstawiono zmiany średniej wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla kilku wybranych surowców i materiałów budowlanych (Rys. 1 - popioły, Rys. 2 - żużle, Rys. 3 - cementy, Rys. 4 - ceramika budowlana) w latach 1980 – 2019.

Analizując średnie wartości wskaźników aktywności f_1 oraz f_2 całej bazy określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w latach 1980-2019 należy stwierdzić, że:

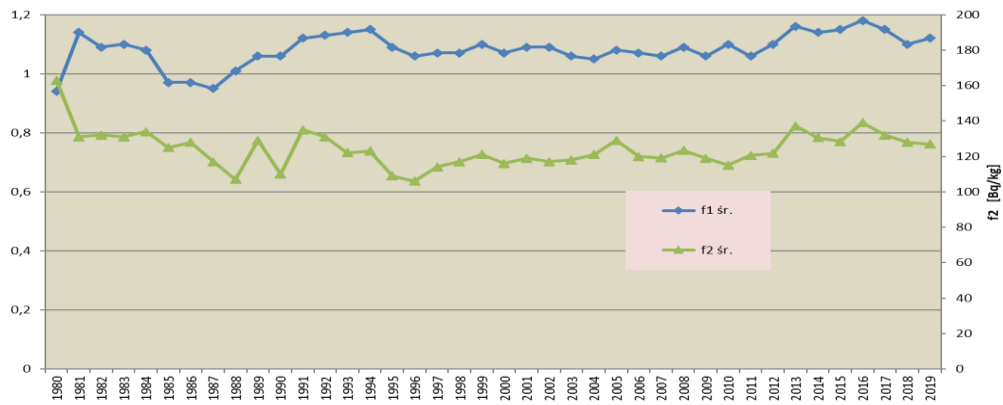
- w 2019 r. odnotowano nieco wyższą wartość wskaźnika aktywności f_1 dla popiołu lotnego w porównaniu do 2018 r. i nieco wyższą wartość wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla ceramiki budowlanej w odniesieniu do 2018 r.

- w 2019 roku 100 % surowców pochodzenia naturalnego mogło mieć zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym (podobnie jak w latach poprzednich).

- w przypadku surowców pochodzenia przemysłowego w 2019 roku słabymi wskaźnikami aktywności pod względem dopuszczalności ich do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym charakteryzowały się popioły lotne.

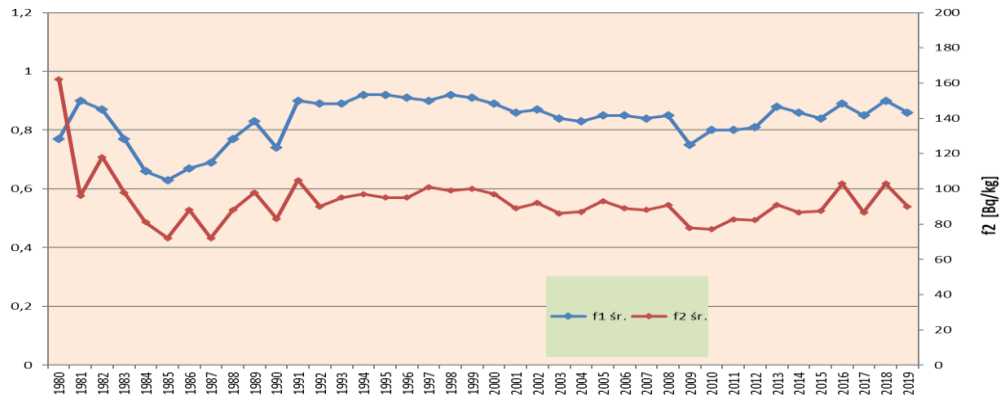
- z gotowych materiałów budowlanych wyprodukowanych w 2019 roku 100% materiałów została dopuszczona do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym.

Wartości f_1 i f_2 dla popiołów w latach 1980 - 2019



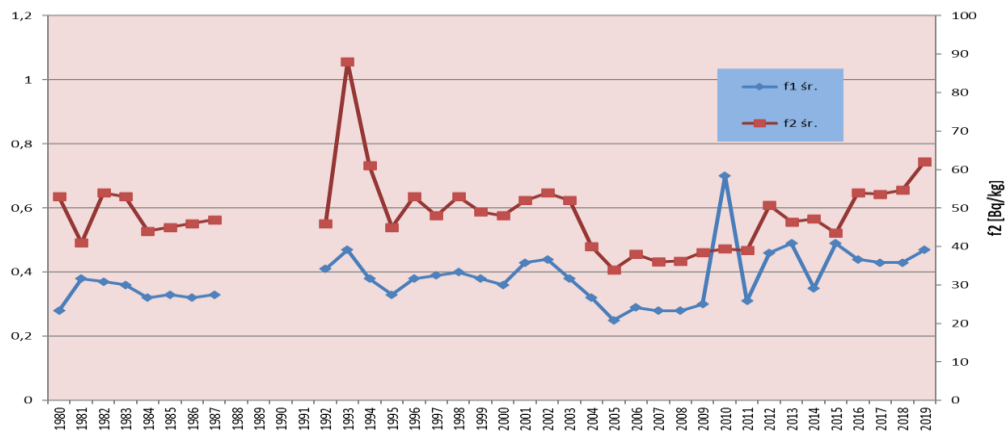
Rysunek. 1. Wartości średnie f_1 i f_2 dla popiołów w latach 1980 -2019

Wartości f_1 (śr) i f_2 (śr) dla żużli w latach 1980 -2019

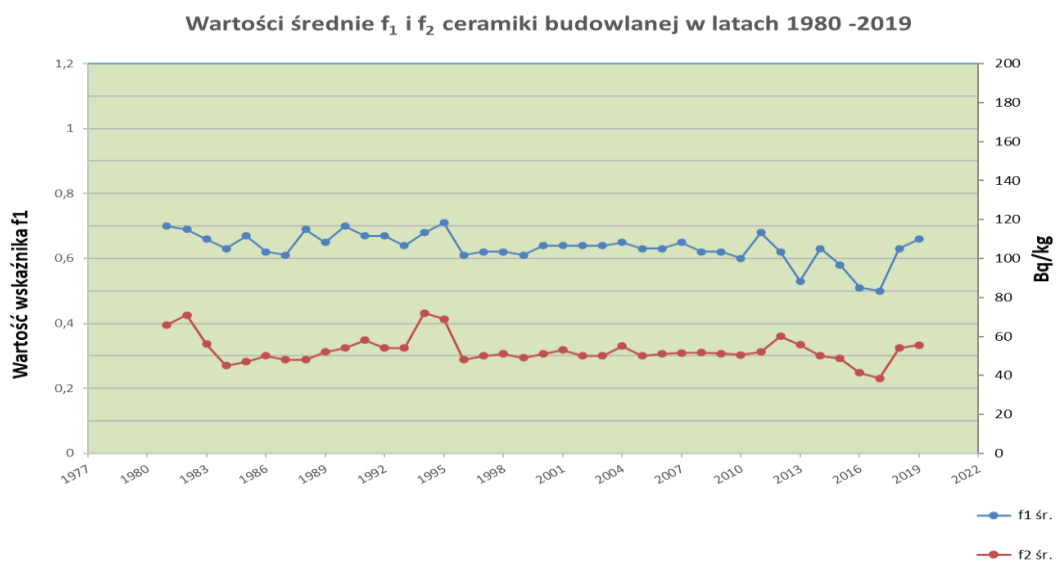


Rysunek. 2. Wartości średnie f_1 i f_2 dla żużli w latach 1980 -2019

Wartość f_1 (śr) i f_2 (śr) dla cementów w latach 1980 -2019



Rysunek. 3. Wartości średnie f_1 i f_2 dla cementów w latach 1980 -2019



Rysunek. 4. Wartości średnie f_1 i f_2 dla ceramiki budowlanej w latach 1980 -2019

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, A. Matysiak, I. Kwiatkowska, K. Wojtkowski,
M. Kozdój, A. Kiełbasińska.*

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie w 2019 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 Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku w 2019 roku skupiła się na badaniach próbek wody z rzeki Świder, wody studziennej, wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku, gleby, trawy, aerozoli powietrza, jodu w postaci gazowej, gazów szlachetnych oraz wykonaniu pomiarów mocy dawki.

W otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie

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

We wszystkich trzech próbkach zawartość trytu zarejestrowano nieco powyżej dolnej granicy wykrywalności; najwięcej trytu zarejestrowano w próbce Z-3, dla której stężenie wynosiło $1,3 \pm 0,2 \text{ Bq/dm}^3$.

Największą zawartość sumy izotopów cezów ^{134}Cs i ^{137}Cs , wynoszącą $6,40 \pm 0,68 \text{ mBq/dm}^3$, zarejestrowano w próbce wody źródłanej oznaczonej jako Z-3.

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

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

- największą zawartość trytu zmierzono w próbce oznaczonej jako P – 2: dla której wartość ta wynosiła: $106,2 \pm 4,4 \text{ Bq/dm}^3$;

- największą całkowitą radioaktywność beta w próbce oznaczonej jako P – 1: dla której wartość ta wynosiła: $0,27 \pm 0,04 \text{ Bq/dm}^3$.

Badania spektrometryczne promieniowania gamma próbek gleby z otoczenia KSOP w Różanie

wykazały ze sztucznych izotopów jedynie obecność cezu ^{137}Cs . Wartość średnia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs zawierała się w granicach od $2,45 \pm 0,9 \text{ Bq/kg}$ w punkcie D - 5 do $43,6 \pm 0,9 \text{ Bq/kg}$ w punkcie D - 1.

W analizie widm promieniowania gamma próbek trawy pobranych z otoczenia KSOP w Różanie zarejestrowano z pierwiastków promieniotwórczych pochodzenia sztucznego tylko cez ^{137}Cs . Jego stężenia zawierały się w granicach od wartości $< 0,24 \text{ Bq/kg}$ s.m. (dla próbki pobranej w punkcie D-3) do $1,71 \pm 0,16 \text{ Bq/kg}$ s.m. (dla próbki pobranej w czerwcu w punkcie D-2).

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 pierwiastki pochodzenia naturalnego. Wartości stężeń aktywności radionuklidów 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 $44,9 \pm 4,5 \text{ nGy/h}$ w punkcie D-5 do wartości $52,5 \pm 5,2 \text{ nGy/h}$ w punkcie D-1.

W otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku

Po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach wody z otoczenia Narodowego Centrum Badań Jądrowych 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 $0,1 \text{ Bq/dm}^3$.

W wodzie pobranej jesienią z oczyszczalni ścieków w Otwocku stwierdzono obecność radionuklidu

gamma promieniotwórczego pochodzenia sztucznego tj. ^{131}I o stężeniu aktywności powyżej $0,1 \text{ Bq/dm}^3$. Wartość aktywności tego radionuklidu wynosiła $0,205 \pm 0,009 \text{ Bq/dm}^3$.

Badania zawartości trytu w próbkach wody studziennej i wody z rzeki Świder metodą polegającą na wzbogaceniu trytu metodą elektrolityczną i pomiarze aktywności beta w spektrometrze ciekłoscyntylacyjnym wykazały obecność trytu na niskim poziomie. Maksymalne stężenie trytu poziomie. Największą średnią zawartość cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ zarejestrowano w próbce wody z rzeki Świder WS - 1. Wartość średnia stężenia cezów w tej próbce wynosiła $4,58 \pm 0,51 \text{ mBq/dm}^3$.

W próbkach gleby pobranych z otoczenia NCBJ w Świerku stwierdzono:

- z radionuklidów pochodzenia naturalnego – obecność radionuklidów naturalnych szeregów promieniotwórczych tj. ^{226}Ra i ^{228}Ac oraz naturalnie występujący izotop ^{40}K , o zawartościach powyżej $2,5 \text{ Bq/kg}$.

Wartości stężeń pierwiastków promieniotwórczych pochodzenia naturalnego zawierały się w granicach:

^{40}K : od $139 \pm 8 \text{ Bq/kg}$ (punkt MD-01) do $262 \pm 15 \text{ Bq/kg}$ (punkt MD-02);

^{226}Ra : od $8,97 \pm 0,79 \text{ Bq/kg}$ (punkt MD-01) do $24,0 \pm 1,9 \text{ Bq/kg}$ (punkt MD-02);

^{228}Ac : od $4,74 \pm 0,42 \text{ Bq/kg}$ (punkt MD-05) do $19,3 \pm 0,5 \text{ Bq/kg}$ (punkt MD-02).

- z radionuklidów sztucznych - obecność ^{137}Cs we wszystkich próbkach, z czego w czterech próbkach stężenie promieniotwórcze było powyżej $0,7 \text{ Bq/kg}$;

- maksymalną zawartość ^{137}Cs o stężeniu $10,0 \pm 0,4 \text{ Bq/kg}$ zawierała próbka MD-05;

- najmniejszą zawartość ^{137}Cs o stężeniu $0,48 \pm 0,04 \text{ Bq/kg}$ zawierała próbka MD-04.

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

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

- maksymalną zawartość ^{137}Cs : $5,63 \pm 0,27 \text{ Bq/kg}$ w próbce MD-01;

- z radionuklidów pochodzenia naturalnego – zawartość ^{40}K powyżej 20 Bq/kg we wszystkich próbkach;

w wodzie pobranej z okolic NCBJ w Świerku zarejestrowano w próbce wody studziennej G - 108. Wartość ta wynosiła $2,5 \pm 0,4 \text{ Bq/dm}^3$.

Badanie zawartości izotopów cezu ^{134}Cs i ^{137}Cs w próbkach wody metodą polegającą na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosfomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności β preparatu wykazało, że we wszystkich próbkach poziom aktywności cezu jest na niskim

- stężenie promieniotwórcze ^{40}K w trawie (s. m.) zawierało się w granicach od $116 \pm 67 \text{ Bq/kg s.m.}$ w próbce pobranej w punkcie MD-03 do $916 \pm 36 \text{ Bq/kg s.m.}$ w próbce pochodzącej z punktu MD-05.

Moc dawki pochłoniętej w powietrzu zmierzona w otoczeniu Ośrodka w Świerku zawierała się w przedziale $31,0 \pm 3,1 \text{ nGy/h}$ w punkcie MD - 05 do $41,0 \pm 4,1 \text{ nGy/h}$ w punkcie MD - 02.

Na filtrze aerozoli powietrza pobranego z otoczenia NCBJ w Świerku zarejestrowano jedynie radionuklidy pochodzenia naturalnego o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności.

Wartości stężeń aktywności radionuklidów zidentyfikowanych w próbkach aerozoli tj.: ^7Be i ^{210}Pb zawierają się w zakresach wartości stężeń tych radionuklidów rejestrowanych w próbkach aerozoli ze stacji ASS-500 rozmieszczonych na terenie całego kraju.

W analizie widma promieniowania gamma absorbentu jodu postaci gazowej nie zarejestrowano żadnego izotop jodu o wartości powyżej dolnej granicy wykrywalności.

W pomiarze gazów szlachetnych, pobranych z okolicy NCBJ w Świerku zidentyfikowane zostały dwa radionuklidy o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności tj.: ^{85}Kr o średnim stężeniu promieniotwórczym $1,64 \pm 0,05 \text{ Bq/m}^3$ i ^{131m}Xe o stężeniu $2,25 \pm 0,08 \text{ Bq/m}^3$.

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

Praca wykonana na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki

Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego na podstawie badania próbek gleby.

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

Celem pracy finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego była ocena sytuacji radiacyjnej Świętokrzyskiego Parku Narodowego na podstawie badań radiologicznych próbek gleby pobranej z terenu ŚPN. w próbkach gleby oznaczono spektrometrycznie stężenia radionuklidów naturalnych (^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac) oraz stężenie radionuklidu pochodzenia sztucznego ^{137}Cs , będącego pozostałością po awarii Elektrowni Jądrowej w Czarnobylu w 1986 r. Ocena sytuacji radiacyjnej Świętokrzyskiego Parku Narodowego polegała na oszacowaniu na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych rocznej dawki efektywnej, czyli narażenia na promieniowanie jonizujące pracowników ŚPN, okolicznych mieszkańców oraz turystów. Ponadto uzyskane rezultaty porównano z wartościami średnimi stężeń radionuklidów, otrzymanymi dla woj. świętokrzyskiego i dla Polski w ramach pracy wykonanej dla Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (pobór próbek - 2016),[1].

Pobór próbek

W ramach realizowanego tematu pobrano 21 próbek gleby z terenu Świętokrzyskiego Parku Narodowego (ŚPN), zgodnie z ustaleniami pomiędzy dyrekcją ŚPN i CLOR. Próbkę pobrano w okolicy następujących miejsc: Chełmowa Góra, Chełmowa Góra – Leśniczówka, Dąbrowa - Serwis, Święty Krzyż - Jałowa Łąka, Święty Krzyż – szczyt, Huta Szklana, Dalianka, Kakonin, Święta Katarzyna (szlak na Łysicę), Święta Katarzyna (szlak do Bodzentyna), Św. Katarzyna (szlak do Bodzentyna - Łąki Miłości), Miejska Góra, Czarna Woda, Hucisko, Berdyszów, Wojciechów, Psary – Kąty, Bukowa Góra, Psary (d. Centrum Usług Satelitarnych), Wilków i Wola Szczygiełkowa.

Próbki pobrano z powierzchniowej warstwy gleby (0-10 cm) za pomocą wykrojników (cylinder $d \approx 7$ cm). w każdym punkcie pobrano 7 porcji: 1 ze środka i 6 z obwodu koła o średnicy 2 m. Próbki były zbierane do worków i opisywane (miejsce i data poboru). Następnie próbki przewieziono do Zakładu Dozymetrii CLOR w celu przygotowania do pomiarów spektrometrycznych.

Przygotowanie próbek do pomiaru

Przygotowanie próbek gleby do pomiaru w laboratorium odbywało się w następujących etapach: wysypanie gleby na blachy, wstępne rozdrobienie, pozbycie się niepotrzebnych fragmentów korzeni itp., suszenie w temperaturze $105\text{ }^{\circ}\text{C}$, wystudzenie, wyznaczenie masy całkowitej, przesypianie do pojemników pomiarowych ($V=0,45\text{ dm}^3$) przez sito o średnicy oczek 2 mm, wyznaczenie masy próbki, szczelne zamknięcie oraz opisanie pojemnika z próbką.

Pomiar próbek

Przygotowane w powyższy sposób próbki gleby zostały zmierzone metodą spektrometrii promieniowania gamma. Pomiar wykonano na torze spektrometrycznym z wykorzystaniem detektora koaksjalnego HPGe o wydajności 25% i rozdzielczości 1,8 keV dla ^{60}Co ($E=1,33\text{ MeV}$). Czas pomiaru pojedynczej próbki wynosił 80 000 s.

Po zakończeniu pomiarów przeanalizowano otrzymane raporty z wynikami. Następnie opracowano wyniki pomiarów stężenia radionuklidów naturalnych - ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac i pochodzenia sztucznego - ^{137}Cs w próbkach gleby, przeliczono stężenie ^{137}C na depozycję (stężenie powierzchniowe) oraz oszacowano roczną dawkę efektywną dla osób przebywających na terenie ŚPN.

Wartości depozycji (stężenia powierzchniowego) ^{137}Cs w próbkach gleby pobranej na terenie ŚPN mieszczą się w zakresie od $0,06\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (Św. Katarzyna – szlak na Łysicę) do $2,65\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ (Wojciechów). Wartość średnia depozycji ^{137}Cs w glebie pochodzącej z obszaru ŚPN wynosi $1,02 \pm 0,15\text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$.

Wartość średnia stężenia ^{226}Ra w próbkach gleby to $12,4 \pm 1,9\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres: $4,6 - 33,6\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$). Dla ^{228}Ac wartość średnia stężenia to $10,4 \pm 1,8\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres: $3,3 - 29,6\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$). Natomiast wartość średnia stężenia ^{40}K w próbkach gleby wynosi $245 \pm 22\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (zakres: $152 - 503\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Opracowane wyniki badań posłużyły do poszerzenia bazy danych zawierających wartości depozycji ^{137}Cs oraz stężeń radionuklidów naturalnych, a także do oceny sytuacji radiacyjnej Świętokrzyskiego Parku Narodowego.

Ponadto otrzymane wyniki porównano z wartościami średnimi dla woj. świętokrzyskiego i dla

Polski (wyniki uzyskane w ramach tematu realizowanego dla GIOŚ) oraz z wynikami pomiarów próbek gleby pobranych w Kampinoskim Parku Narodowym i Poleskim Parku Narodowym. Wartość średnia depozycji ^{137}Cs w glebie ŚPN jest niższa od wartości średniej dla Polski, woj. świętokrzyskiego oraz Kampinoskiego Parku Narodowego i Poleskiego Parku Narodowego. Wartości średnie stężeń naturalnych radionuklidów w glebie ŚPN są niższe niż wartości średnie dla Polski i woj. Świętokrzyskiego, natomiast są wyższe niż dla Kampinoskiego Parku Narodowego i Poleskiego Parku Narodowego.

Na badanym obszarze można zaobserwować wyższe wartości depozycji ^{137}Cs w glebie we wschodniej i środkowej części ŚPN. W przypadku stężeń naturalnych radionuklidów wyższe wartości są widoczne w północno-wschodnim rejonie ŚPN. Większość punktów o maksymalnych stężeniach naturalnych radionuklidów pokrywa się z punktami o najwyższej depozycji ^{137}Cs .

Maksymalna roczna dawka efektywna oszacowana na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych w próbkach gleby pobranych z terenu ŚPN wynosi 0,49 mSv/rok (Chełmowa Góra), co stanowi 20% dawki efektywnej od tła naturalnego dla statystycznego mieszkańca Polski.

Podsumowując, na podstawie wykonanych badań można stwierdzić, że przebywanie ludzi na terenie Świętokrzyskiego Parku Narodowego jest bezpieczne z punktu widzenia ochrony radiologicznej.

Literatura

1. „Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska. Zadanie

3: Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie.”, K. Isajenko, M. Kardaś, B. Piotrowska, I. Kwiatkowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska (raport dla GIOŚ), CLOR, Warszawa, luty-marzec 2018

Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Poleskiego Parku Narodowego na podstawie badania próbek flory

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

Praca była finansowana przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Jej celem była ocena sytuacji radiacyjnej Poleskiego Parku Narodowego na podstawie badań radiologicznych próbek trawy pobranej z terenu PPN. w próbkach trawy mierzono stężenia radionuklidów naturalnych i sztucznych. Z pośród radionuklidów pochodzenia naturalnego badano: stężenie ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac . Radionuklidem pochodzenia sztucznego, którego stężenie podlegało ocenie był cez ^{137}Cs . Jego obecność w środowisku jest pozostałością po awarii EJ w Czarnobylu w 1986 r.

Ocena sytuacji radiacyjnej PPN polegała na oszacowaniu narażenia na promieniowanie jonizujące (oszacowanie rocznej dawki efektywnej) na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów obecnych w trawie dla osób przebywających na terenie PPN oraz okolicznej ludności

Pobór próbek

W ramach realizowanego tematu pobrano 21 próbek trawy z terenu Poleskiego Parku Narodowego. Obszar Parku obejmuje powierzchnię 9759,9027 ha i otulinę o powierzchni 13702,77 ha wg Rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie Poleskiego Parku Narodowego z dnia 23 listopada 2017 r. (Dz. U. z 2017 r. poz. 2373). Starano się dobrać równomierne rozmieszczenie punktów poboru próbek. Większość punktów znajdowała się w miejscach dostępnych, blisko charakterystycznych miejsc lub szlaków turystycznych.

Miejsca poboru próbek trawy to: Zremińska, Blizionki, Astrościeżka, Ciek Zienkowski, Czachary, Czeremnik, Dąb Dominik, Las Tafle, Karczunek, Lipnik, Łąka Pokutnik, Mietułka, Ostoja Poleska, Piwonica, Puszczyk Mszarny, Ścieżka Sławy, Uroczysko Laski, Urszulin Prehod, Wielki Łan, Wola Wereszczyńska, Wólka Wytycka.

Pobór próbek odbywał się zgodnie z metodyką stosowaną przez CLOR na potrzeby monitoringu radiologicznego w Polsce oraz prac wykonywanych na zlecenie Państwowej Agencji Atmomistyki. Trawa była ścinana blisko ziemi z wykorzystaniem nożyc. Następnie była zsypywana do jednego worka dla każdego punktu poboru. Worki były opisywane i przewiezione do Zakładu Dozymetrii CLOR.

Przygotowanie próbek do pomiaru

Próbki trawy do pomiaru w laboratorium przygotowano etapowo. Pierwszym etapem było suszenie. Następnie trawę mielono i opisywano. Wysuszoną próbkę ważono i określano masę suchą. Zmieloną trawę przesypywano do pojemników Marinelli ($V=0,5 \text{ [dm}^3\text{]}$) i zalewano wodą destylowaną, tak aby gęstość próbki w pojemniku była zbliżona do gęstości wody. Ostatni etap polegał na określeniu masy próbki w pojemniku, szczelnym jego zamknięciu oraz opisaniu pojemnika z trawą.

Pomiar próbek

Dla próbek trawy przygotowanych w powyższy sposób przeprowadzono pomiary metodą spektrometrii promieniowania gamma. Pomiarów dokonano z wykorzystaniem toru spektrometrycznego współpracującego z germanowym detektorem półprzewodnikowym (HPGe) o wydajności 25%, rozdzielczości 1,8 [keV] dla II linii ^{60}Co ($E=1332 \text{ [keV]}$) i $U_p=4000 \text{ V}$. Czas pomiaru pojedynczej próbki wynosił 80 000 [s]. Po zakończeniu serii pomiarów dokonano analizy raportów z badań z wynikami. Następnie dokonano analizy statystycznej i opracowania wyników stężenia radionuklidów naturalnych ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac i pochodzenia sztucznego – ^{137}Cs w trawie a także obliczono roczną dawkę efektywną dla osób przebywających na terenie PPN.

Wartość średnia stężenia ^{226}Ra w trawie to $1,87 \pm 0,75 \text{ [Bqkg}^{-1}\text{]}$ (zakres: 0,00 - 5,53 [Bqkg⁻¹]).

Dla ^{228}Ac wartość średnia stężenia w trawie PPN to $1,06 \pm 0,22 \text{ [Bqkg}^{-1}\text{]}$ (zakres: 0,00 - 5,87 [Bqkg⁻¹]).

Natomiast wartość średnia stężenia ^{40}K w trawie PPN wynosi $404 \pm 12 \text{ [Bqkg}^{-1}\text{]}$ (zakres: 117 - 847 [Bqkg⁻¹])

Dla ^{137}Cs wartość średnia stężenia w trawie PPN to $2,81 \pm 0,27 \text{ [Bqkg}^{-1}\text{]}$ (zakres: 0,21 - 16,00 [Bqkg⁻¹]).

Analiza wyników badań posłużyła do oceny sytuacji radiacyjnej Poleskiego Parku Narodowego, w którym trawa uprzednio nie była badana pod kątem obecności radionuklidów.

Otrzymane wyniki porównano z wynikami pomiarów stężeń radionuklidów w trawie uzyskanymi w ramach prac Zakładu Dozymetrii CLOR.

Na badanym obszarze PPN nie da się określić rejonów o większym lub mniejszym wpływie

naturalnych radionuklidów czy pochodzenia sztucznego, ponieważ ich stężenia są na zbliżonym do siebie i dość niskim poziomie.

Maksymalna roczna dawka efektywna oszacowana na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych w trawie PPN wynosi 0,32 [mSv] (Blizionki), co stanowi 13,3% dawki efektywnej od tła naturalnego dla statystycznego mieszkańca Polski.

Literatura

1. Monitoring Promieniowania Jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska, Zadanie 3: *Monitoring stężenia ¹³⁷Cs w glebie*, Raport roczny z trzeciego etapu pracy, K. Isajenko, M. Kardaś, B. Piotrowska, I. Kwiatkowska, O. Stawarz, K. Wojtkowski, A. Kiełbasińska, CLOR, Warszawa, luty-marzec 2018

2. Ochrona radiologiczna. Wielkości, jednostki i obliczenia. B. Gostkowska, CLOR, Warszawa 2018

3. Fizyczne podstawy ochrony radiologicznej. B. Gostkowska, CLOR, Warszawa 1992

4. Dozymetria i ochrona przed promieniowaniem. R.G. Jaeger. PWN, Warszawa 1962

Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku w latach 2015-2019

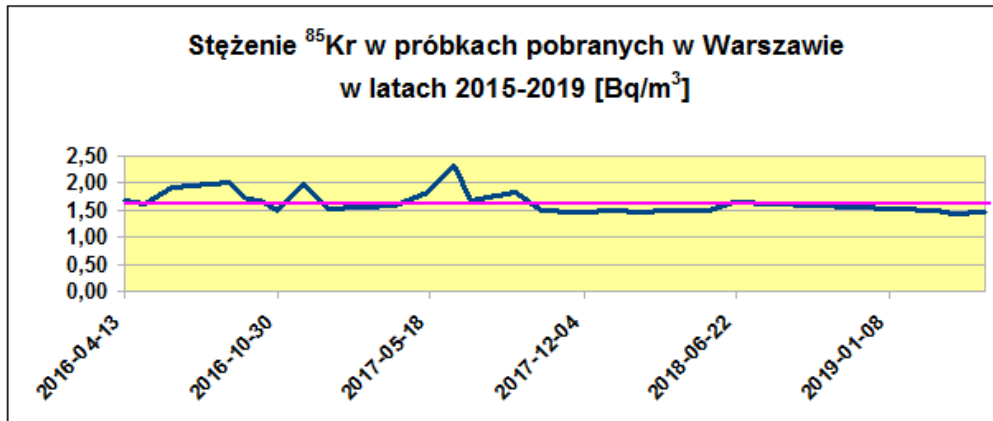
K. Wojtkowski, K. Isajenko, B. Piotrowska, O. Stawarz, A. Kiełbasińska, M. Kozdój

Stacja do poboru gazów szlachetnych z powietrza atmosferycznego jest urządzeniem przewoźnym. 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.

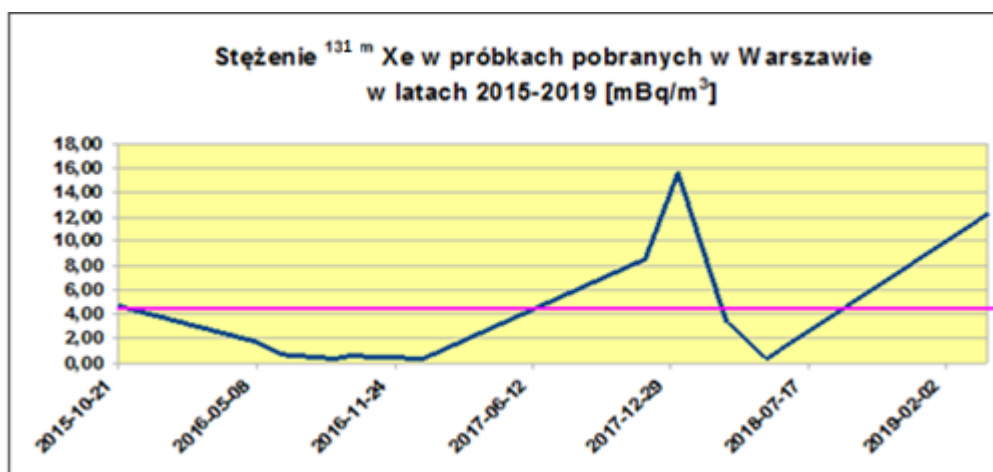
Aby dokonać transferu gazów szlachetnych należy umieścić kolumnę z adsorbentem w specjalnym piecu. Adsorbent jest wygrzewany przez około 1 godzinę w temperaturze ok. 300 °C. Poprzez wymywanie adsorbentu gazami obojętymi (azot lub hel) następuje transfer gazów szlachetnych z adsorbentu do pojemników MINICAN, które należy napełnić do ciśnienia 4 bary. Następnie wypełniony MINICAN jest wysyłany do Instytutu Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) we Freiburgu (Niemcy). Tam jest mierzona jego zawartość z wykorzystaniem chromatografu gazowego. Następnie do CLOR zostają przesłane wyniki pomiarów. w 2019 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 Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku. Stacja do poboru gazów szlachetnych została ustawiona w miejscu, w kierunku którego w początkowej fazie poboru wiał wiatr od strony komina reaktora.

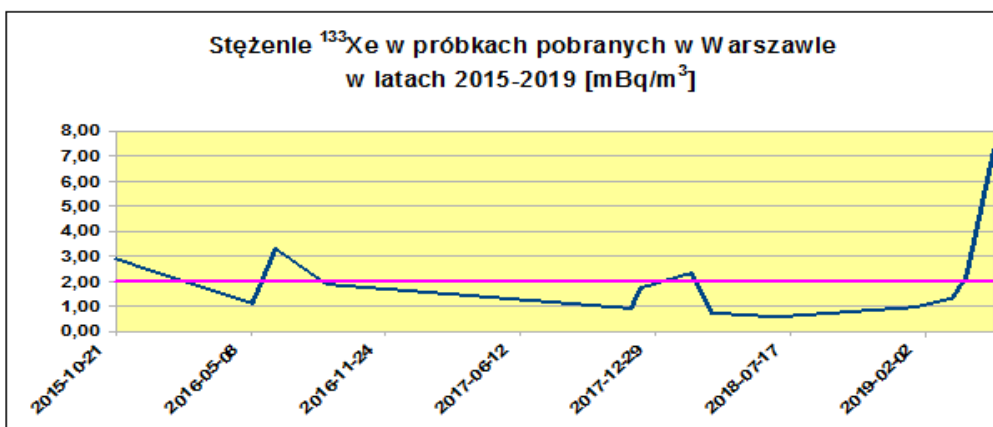
Na podstawie poborów dokonanych w lipcu i sierpniu 2019 roku podwykonawcy w BfS udało się określić stężenia kryptonu ⁸⁵Kr. Wartość średnia stężenia wynosiła 1,59 Bq/m³, przy średnim progu detekcji wynoszącym 0,012 Bq/m³. Wg informacji, jaką otrzymaliśmy od Niemców, wartość ta jest na poziomie tła panującego w Europie Środkowej wynoszącego ok. 1,5 Bq/m³. Jednak dla w pełni miarodajnego określenia stężenia 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. Pomiary gazów szlachetnych na terenie Warszawy zostały wykonane ze środków finansowych Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Poniżej w formie wykresów przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów w latach 2015-2019:



Rysunek 1. Stężenie ^{85}Kr w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2019



Rysunek 2. Stężenie $^{131\text{m}}\text{Xe}$ w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2019



Rysunek 3. Stężenie ^{133}Xe w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015-2019

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

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

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN) posiada akredytację Polskie Centrum Akredytacji (PCA) w zakresie określania stężeń promieniotwórczych radu ^{226}Ra , toru ^{228}Th i potasu ^{40}K w surowcach i materiałach budowlanych oraz odpadach służących do produkcji materiałów budowlanych od 19 listopada 2009 r. (numer certyfikatu AB 1108).

W 2019 roku Laboratorium wykonało pomiary następujących próbek: mieszanina popiołowo-żużlowa, żużel, odpady paleniskowe, kruszywo naturalne, środek jonowymienny, bentonit, mączka dolomitowa i ceramika sanitarna.

W ramach rozwoju systemu zapewnienia jakości w LPPN w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu, toru i potasu wykonano następujące zadania: nadzór techniczny nad wyposażeniem i prowadzenie okresowych kalibracji spektrometrów, doskonalenie systemu zarządzania, przeprowadzanie audytów wewnętrznych, sprawowanie nadzoru przez PCA nad LPPN oraz podnoszenie kwalifikacji pracowników poprzez szkolenia zewnętrzne.

Nadzór techniczny nad wyposażeniem obejmował działania zgodne z planem kontroli na 2019 rok. W ramach okresowych sprawdzeń wykonano następujące czynności: codzienna kontrola temperatury i wilgotności względnej w pomieszczeniu pomiarowym, sprawdzanie analizatora MAZAR-95 za pomocą objętościowych wzorców kalibracyjnych, w ustalonej kolejności – raz na tydzień pomiar jednej z próbek wzorcowych (K-056, Ra-056, Th-056, CLOR W3 P5, popiół wzorcowy *Koszyce*) oraz pomiar tła dla analizatora z użyciem walca aluminiowego o masie 1600 g. Wykonano kalibrację analizatora MAZAR-95. Porównano także wyniki pomiarów dla analizatora MAZAR-95 i spektrometru z detektorem półprzewodnikowym. Po raz kolejny podjęto próbę kalibracji analizatora PI-MAZAR-01. Przeprowadzono również sprawdzenie prawidłowości działania analizatora MAZAR-95 poprzez powtarzalność i odtwarzalność – dla

wybranych próbek i osób z personelu laboratorium. Zewnętrzne laboratorium akredytowane wykonało wzorcowanie termohigrometru.

W ramach doskonalenia zaktualizowano i dostosowano dokumentację systemu zarządzania do nowego wydania normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 i przeprowadzono stosowne szkolenia. Pracownicy LPPN wzięli udział w szkoleniach wewnętrznych (współpraca z klientem - sprawozdanie z badań - stwierdzenie zgodności, wdrażanie do użytku analizatora PI-MAZAR-01, zmiany w dokumentach zewnętrznych, działania odnoszące się do ryzyk i szans, szkolenie nowego pracownika). Przeanalizowano działania zapobiegawcze związane z poprzednim audytem w nadzorze PCA, przygotowano się do dwóch audytów wewnętrznych i przeglądu zarządzania oraz prowadzono praktyki studenckie.

W kwietniu 2019 roku odbył się audyt wewnętrzny systemowy, a w maju 2019 roku - audyt wewnętrzny techniczny. Audytorzy pozytywnie ocenili system zarządzania LPPN oparty na nowym wydaniu normy. W raportach ujawnili kilka niezgodności i zaleceń. LPPN przeprowadziło działania korygujące oraz analizę ryzyk i szans.

14 czerwca 2019 r. PCA przeprowadziło ocenę w nadzorze w LPPN. Podczas audytu odnotowano jedno spostrzeżenie, w stosunku do którego przeprowadzono analizę ryzyk i szans. LPPN utrzymało akredytację.

W ramach podnoszenia kwalifikacji personel laboratorium brał także udział w następujących szkoleniach zewnętrznych: „Zasada podejmowania decyzji oraz działania odnoszące się do ryzyk i szans – największe wyzwania dla laboratoriów w odniesieniu do wymagań znowelizowanej normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02”, „Jak postępować z działaniami korygującymi, odstępstwami oraz pracą niezgodną z wymaganiami w świetle wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02” oraz „Kompetencje i zadania kierownictwa oraz

personelu technicznego w działalności laboratorium opartej o system zarządzania zgodny z wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02”.

Najważniejszym zadaniem jest obecnie utrzymanie i doskonalenie systemu zarządzania LPPN opartego na normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02, wdrożenie analizatora PI-MAZAR-01 do badania próbek, przeszkolenie nowego

pracownika oraz dostosowanie dokumentacji do ewentualnych zmian w przepisach prawnych dotyczących pomiarów promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych.

Temat dotyczący rozwoju systemu zapewnienia jakości w LPPN w zakresie utrzymania wzorca odniesienia radu, toru i potasu został sfinansowany przez Ministerstwo Energii.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania w 2019 roku

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania (ZKDiW) tworzą dwie pracownie: Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) oraz Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR), w których łącznie zatrudnionych jest 11 osób. Zadania realizowane w Zakładzie stanowiły podstawę działalności CLOR na początku jego istnienia. Obecnie podstawowymi zadaniami ZKDiW jest prowadzenie prac badawczo rozwojowych oraz świadczenie usług z zakresu:

- dozymetrii indywidualnej,
- wzorcowania przyrządów dozymetrycznych,
- wzorcowania przyrządów radonowych,
- eksponowania detektorów pasywnych wzorcowymi wartościami dawki,
- eksponowania pasywnych detektorów radonowych we wzorcowych stężeniach aktywności radonu w powietrzu,
- pomiarami jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka,
- pomiaru radonu w wodzie metodą emanometrii i ciekłej scyntytacji,
- pomiarami stężenia aktywności radonu w powietrzu w miejscach pracy i budynkach mieszkalnych.

W ramach rozwoju naukowego pracownicy ZKDiW z powodzeniem realizują badania na poziomie prac doktorskich oraz studiów podyplomowych. Dzięki stałej współpracy ZKDiW z ośrodkami akademickimi w CLOR prowadzone są zajęcia laboratoryjne dla studentów w zakresie dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego. Rezultatem tej współpracy są prace dyplomowe, inżynierskie i magisterskie powstające na terenie CLIOR.

Wszystkie prace badawcze prowadzone w ZKDiW publikowane są w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym lub krajowym. 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 międzynarodowych.

ZKDiW nieustannie poszerza swoje możliwości badawcze zarówno poprzez rozwój infrastruktury badawczej, jak i nawiązywanie współpracy na poziomie krajowym oraz międzynarodowym. Na przełomie ostatnich lat zrealizowano kilka kluczowych inwestycji, które umożliwiły stworzenie jednostki naukowej o najwyższym standardzie.

Równoległe z rozwojem zaplecza badawczego ZKDiW, prowadzone są owocne starania mające na celu dalsze poszerzenie współpracy z krajowej i zagranicznej z podobnymi laboratoriami i ośrodkami akademickimi. Pracownicy ZKDiW czynnie uczestniczą w działalności stowarzyszeń oraz platform naukowych. Do najważniejszej działalności w tym zakresie zaliczyć należy przede wszystkim współpracę w ramach Centrum Radonowego. Kolejnym stowarzyszeniem w którym czynny udział biorą pracownicy Zakładu jest Women in Nuclear Polska (WiN) oraz PTBR. w ramach współpracy międzynarodowej organizacją, w której udzielają się pracownicy ZKDiW jest przede wszystkim grupa EURADOS (ang.: European Radiation Dosimetry Group) ukierunkowana na działania naukowe oraz wymianę doświadczeń w zakresie dozymetrii promieniowania jonizującego, spektrometrii gamma oraz problemów badawczych w zakresie narażenia różnych grup zawodowych na promieniowanie jonizujące. Kolejną organizacją, w której udzielają się pracownicy Zakładu jest OECD (ang.: The Organisation for Economic Co-operation and Development) a dokładnie działania w ramach jednej z agencji tejże organizacji – NEA (ang.: Nuclear Energy Agency). w ramach badawczej współpracy międzynarodowej w ZKDiW realizowane są prace w ramach projektów EURAMET- Preparedness (www.preparedness-empir.eu) oraz MetroRadon (www.metroradon.eu).

LWPDiR będąc częścią ZKDiW posiadającą status laboratorium wzorcującego w kontekście wymagań akredytacyjnych PCA

Wszystkie metody wzorcowania stosowane w LWPDiR posiadają akredytację PCA i są zgodne z wymaganiami normy międzynarodowej ISO/IEC

17025. Infrastruktura badawcza LWPDiR podzielona została na sześć stanowisk pomiarowych: Stanowisko Gamma, Stanowisko RTG, Stanowisko Neutronowe, Stanowisko Radonowe, Stanowisko Beta oraz Stanowisko Skażeń Promieniotwórczych. Aparatura badawcza umożliwia wykonywanie ekspozycji z precyzją wartości wzorcowych na poziomie 4 %. w LWPDiR rocznie realizowanych jest około 1 000 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 LWPDiR są prace z wykorzystaniem radonowej komory klimatycznej. Dodatkowo na szczególną uwagę zasługuje wyposażenie komory radonowej, na które składa się między innymi układ RPPSS (ang.: Radon Progeny Particle Size Spectrometer) – jedyna tego typu aparatura w Europie oraz jedna z dwóch na świecie, umożliwiająca badanie rozkładu średnic pochodnych radonu. Poza komorą radonową, bez wątplenia unikatową infrastrukturę LWPDiR stanowi generator neutronów typu D-T. Urządzenie jest obecnie jedynym tego typu w Polsce wykorzystywanym do prac w zakresie metrologii promieniowania neutronowego.

W ramach Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych funkcjonują obecnie cztery stanowiska badawcze: Stanowisko TLD, stanowisko pomiaru jodu w tarczycy, stanowisko pomiarów stężenia radonu w wodzie oraz stanowisko pomiarów stężenia radonu w powietrzu. Badania

na wszystkich stanowiskach ukierunkowane są finalnie na ocenę dawek indywidualnych ludności oraz osób narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące, wynikające narażenia zewnętrznego jak i ocenę dawki skutecznej w wyniku wchłonięć pierwiastków promieniotwórczych (narażenie wewnętrzne). Podobnie jak uprzednio, wszystkie metody badawcze wdrożone w PDIiS posiadają akredytację PCA. LWPDiR 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.

ZKDiW prowadzi szeroką działalność związaną z zadaniami statutowymi CLOR. Badania prowadzone w ZKDiW 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 ZKDiW, dzięki prowadzonym badaniom oraz współpracy krajowej i zagranicznej 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

Projekt „Preparedness” – Metrology for mobile detection of ionizing radiation following a nuclear or radiological incident

Z. Baranowska, K. Wołoszczuk, B. Kliś

„Preparedness” to międzynarodowy projekt badawczy, rozpoczęty 1 sierpnia 2017 r., którego czas trwania przewidziany jest na 36 miesięcy. Projekt jest finansowany ze środków European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR) i Unii Europejskiej w ramach HORYZONT 2020.

Cele projektu:

Stworzenie stabilnych i powtarzalnych procedur pomiaru przestrzennego równoważnika dawki za pomocą pasywnej dozymetrii w celu zharmonizowania monitorowania promieniowania w całej Europie.

Działania:

Przygotowane zostaną rekomendacje i wytyczne, które będą stanowić podstawę do opracowania międzynarodowych standardów. w przypadku incydentów nuklearnych i radiologicznych, zbadana zostanie możliwość dalszego nadzoru przy użyciu pasywnych dozymetrów. W tym celu zostaną przeprowadzone szczegółowe badania metrologiczne.

Udział CLOR:

CLOR uczestniczy w pakiecie roboczym – WP4 „Passive dosimetry”. W ramach prac badawczych Aktywności 4.2 CLOR jest instytucją odpowiedzialną za realizację trzech zadań, w kolejnych pięciu występuje jako uczestnik.

Wykonane:

A.4.2.3 Zbadanie metody ekspozycji dozymetrów pasywnych. Sprawdzenie wpływu warunków otoczenia na wyniki. Opis rekomendowanych metod ekspozycji dozymetrów-pasywnych w środowisku.

Aktywności od A.4.2.4 do A.4.2.7 dotyczą przeprowadzania badań na 12 systemach dozymetrycznych pochodzących od uczestników projekty „Preparedness”

A.4.2.4 Wysłanie dozymetrów do laboratorium ENEA - przeprowadzenie badania odpowiedzi energetycznej.

A.4.2.5 Przeprowadzenie badania odpowiedzi na promieniowanie od źródeł ^{137}Cs , ^{60}Co i ^{226}Ra . Napromienienia zrealizowano w CLOR

A.4.2.6 Wysłanie dozymetrów do laboratorium VINS - przeprowadzenie badania odpowiedzi kątowej.

A.4.2.7 Wysłanie dozymetrów do laboratorium IRB - przeprowadzenie badania liniowości.

W trakcie:

A.4.2.1 Opracowanie metody obniżenia granicy detekcji pomiarów za pomocą dozymetrów pasywnych. Analiza niepewności.

A.4.2.2 Zbadanie 5 różnych typów obudów stosowanych w dozymetrii pasywnej (Rysunek 1). Każda z obudów zostanie zbadana przy użyciu min 3 różnych kątów napromieniania i min 4 różnych źródeł (^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{226}Ra). Wykonana zostanie symulacja Monte Carlo dla każdego z 5 typów obudów zawierająca min 15 kombinacji kątów i źródeł promieniowania. Napromieniania w ramach zadania zostały wykonane. Trwają prace przy symulacjach Monte Carlo.



Rysunek 1. 5 typów obudów testowanych w ramach zadania (4 komercyjne + 1 projekt własny)

A.4.2.8 Opracowywanie wyników pod kordynacją IRB.

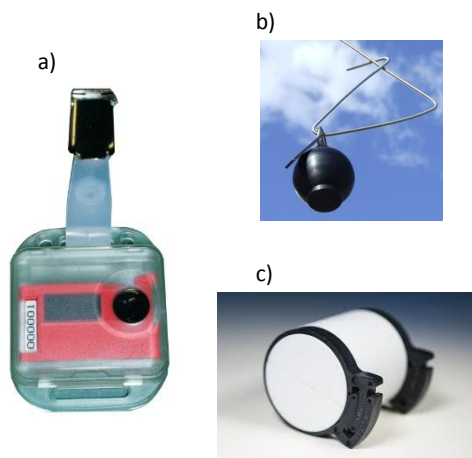
Termoluminescencyjne dozymetry środowiskowe: projekt nowego typu obudowy oraz badania nad dostępnymi obudowami.

Z. Baranowska

Celem pracy było przeprowadzenie pomiarów na detektorach termoluminescencyjnych w dostępnych komercyjnie obudowach, przeznaczonych do pomiaru przestrzennego równoważnika dawki $H^*(10)$, oraz przygotowanie nowej obudowy.

Obudowy wybrane do badań:

Wybrano obudowy kompatybilne ze stosowanymi w CLOR pastylkami MCN-P (Rysunek 1). Obudowy „Rados TLD badge” (a) i „DORIS” (c) mieszczą do 4 pastylek termoluminescencyjnych i kompatybilne są z używanym w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) czytnikiem RADOS. Obudowa Gammasphere (b) mieści jedną pastylkę termoluminescencyjną i wymaga przełożenia jej w celu odczytu.



Rysunek 1. Komercyjnie dostępne obudowy do pastylek TL. a) Rados TLD badge, b) gammasphere, c) DORIS

Projekt nowej obudowy:

Obudowa zaprojektowana w CLOR wykonana została z polimetakrylanu metanu (PMMA). Jest ona zbliżona kształtem do Gammasphery, ale mieści do 4 pastylek ułożonych w jednej płaszczyźnie.



Rysunek 2. Obudowa zaprojektowana w CLOR

Wykonane badania:

W ramach realizacji celu pracy wykonany został cykl napromieniowań dla każdej z testowanych obudów. Sprawdzona została odpowiedź kątowna dla różnych źródeł napromieniania (^{137}Cs , ^{60}Co , ^{226}Ra , ^{241}Am). Obudowy: Rados TLD badge oraz prototyp CLOR napromieniono promieniowaniem padającym pod kątem 0° , 45° , 90° , 135° i 180° . Obudowy: Doris oraz Gammasphere napromieniono pod kątem 0° , 45° , 90° .

Prace powiązane

Dodatkowo w ramach testowania nowej obudowy zrealizowana została praca inżynierska na wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej.

Temat: Modelowanie Monte Carlo termoluminescencyjnego dawkomierza środowiskowego.

Autor: Katarzyna Gwiździel

W ramach pracy wykonano:

- symulacje Monte Carlo charakterystyki kątownej (0° , 45° , 90° , 135° i 190°) dla widm N40-N300 oraz źródeł ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{226}Ra , ^{241}Am
- napromienienia do charakterystyki kątownej dla widm N40 i N60 oraz źródeł ^{137}C , ^{60}Co

Badanie wpływu anilacji na zachowanie czułości detektorów termoluminescencyjnych i sprawdzanie różnych możliwości wygrzewania poekspozycyjnego w celu wyeliminowania pików niskotemperaturowego.

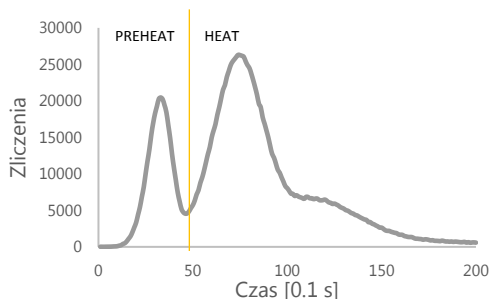
Z. Baranowska

Celem pracy było sprawdzenie wpływu wygrzewania po ekspozycyjnego na przebieg krzywej wyświecania detektorów termoluminescencyjnych.

Materiały i sprzęt:

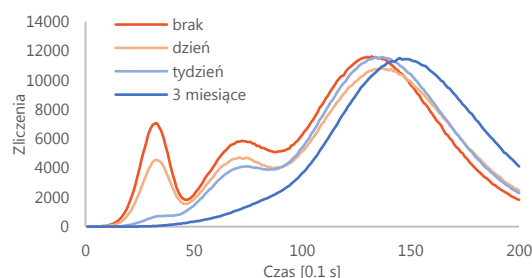
W badaniach stosowane były pastylki termoluminescencyjne o składzie LiF:Mg,Cu,P (nazwa handlowa MCP-N), wykorzystywane rutynowo w CLOR. Odczyty wykonane zostały na czytnikach RADOS RE-2000. Odczyty wykonywane były w trybie stałotemperaturowym, przez 20 sekund dla 250°C, przy czym pierwsze 5 sekund stanowi etap „preheat” i nie jest uwzględniane przy wyznaczaniu dawki.

W trakcie odczytu dozymetrów TLD w czytniku RADOS powstaje wykres przedstawiający krzywą wyświecania dla każdej z czytanych pastylek (Rysunek 1).



Rysunek 1. Przebieg krzywej wyświecania TLD dla odczytu w czytniku RADOS

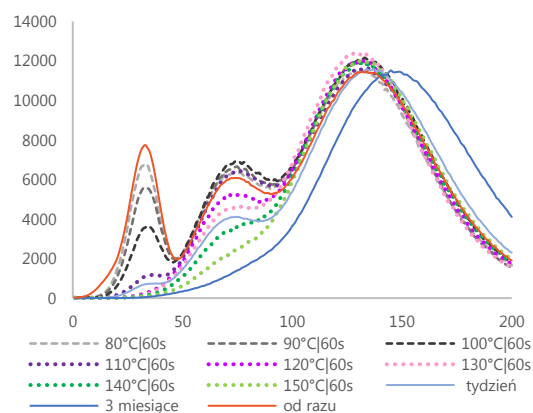
Pik „preheat” widoczny na wykresie jest to pik niskotemperaturowy. Zanika on z czasem w temperaturze pokojowej, przez co jest widoczny głównie przy odczycie wykonanym bezpośrednio po napromienieniu dozymetrów. Rysunek 1 przedstawia etapy zaniku pików preheat dla odczytów wykonywanych z opóźnieniem względem napromieniowań.



Rysunek 2. Przebieg krzywej wyświecania, w zależności od opóźnienia odczytu

Wykonane badania:

Wykonano szereg pomiarów, mający na celu sprawdzenie wpływ wygrzewania poekspozycyjnego, na przebieg krzywej wyświecania. Zbadane zostały efekty po wygrzewaniu w temperaturach: 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, 140°C i 150°C dla czasów grzania: 30 s, 40s, 50s, 60s, 70s, 90s i 100s. Dodatkowo dla temperatury 100°C wykonano również wygrzewanie przez 10 min. Poza przebiegiem krzywej wyświecania sprawdzono również wpływ wygrzewania na wyznaczaną dawkę. Rysunek 3 pokazuje wpływ poszczególnych temperatur grzania przy czasie grzania 60s.



Rysunek 3. Przebieg krzywej wyświecania TLD w zależności od temperatury wygrzewania po ekspozycji.

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

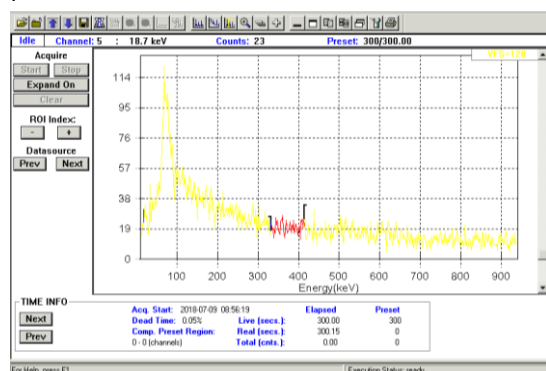
G. Krajewska

Pomiary aktywności jodu zdeponowanego w tarczycy są wykonywane w Laboratorium Monitoringu Jodu (LMJ)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 izotopami jodu, a także u ludności na obszarach skażenia promieniotwórczego w przypadku awarii wielkoskalowej np. elektrowni jądrowej. Aparatura została wyprodukowana przez firmę Canberra-Packard - detektor stanowi kryształ NaI(Tl) 3 x 3 cale, o rozdzielczości 7.5% dla energii 661.6 keV.

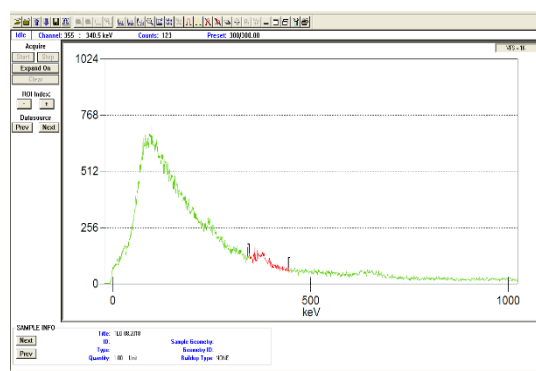
Działania Laboratorium w 2019 r. polegały między innymi, na utrzymaniu w gotowości aparatury do podjęcia natychmiastowych pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy (wykonywano systematyczne pomiary tła promieniowania w piklu radionuklidów ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ oraz ^{131}I oraz testowano

prawidłowość działania modułów elektronicznych zestawów pomiarowych) oraz wykonywaniu pomiarów zawartości radionuklidów ^{131}I - i $^{99\text{m}}\text{Tc}$ w tarczycy u pracowników zakładów medycyny nuklearnej w Polsce, prowadzących badania diagnostyczne i terapeutyczne związane z chorobami gruczołu tarczowego.

Tło w pomieszczeniu LMJ, mierzone systematycznie dwukrotnie w ciągu miesiąca, wynosiło 3, 4, 3 cps w piklu radionuklidów ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ oraz ^{131}I , odpowiednio i wahało się w granicach 20% średniego zmierzonego tła rocznego w latach poprzednich, utrzymując się na stałym poziomie oraz determinując niski limit detekcji pomiarów. Na Rysunku 1 i Rysunku 2 przedstawiono widmo promieniowania tła zmierzone zestawem stacjonarnym i przenośnym, odpowiednio



Rysunek 1. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium zmierzone zestawem stacjonarnym



Rysunek 2. Widmo tła w pomieszczeniu Laboratorium zmierzone zestawem przenośnym

W roku 2019 wykonano pomiary zawartości jodu promieniotwórczego ^{131}I oraz technetu $^{99\text{m}}\text{Tc}$ w tarczycach osób stanowiących personel medyczny Zakładu Medycyny Nuklearnej i Rezonansu Magnetycznego Mazowieckiego Szpitala Bródnowskiego w Warszawie oraz w Klinice Endokrynologii i Terapii Izotopowej i Zakładzie Medycyny Nuklearnej Wojskowego Instytutu Medycznego Centralnego Szpitala Klinicznego MON

w Warszawie. W powyższych placówkach, z użyciem jodu promieniotwórczego, prowadzone są badania diagnostyczne - scyntygraficzne tarczycy, wychwyt tarczycowy, oznaczanie poziomu hormonów tarczycowych oraz badania terapeutyczne - leczenie schorzeń tarczycy, w tym nowotworów w systemie oddziaływanym. Ponadto prowadzone są badania diagnostyczne innych narządów, w tym z użyciem technetu.

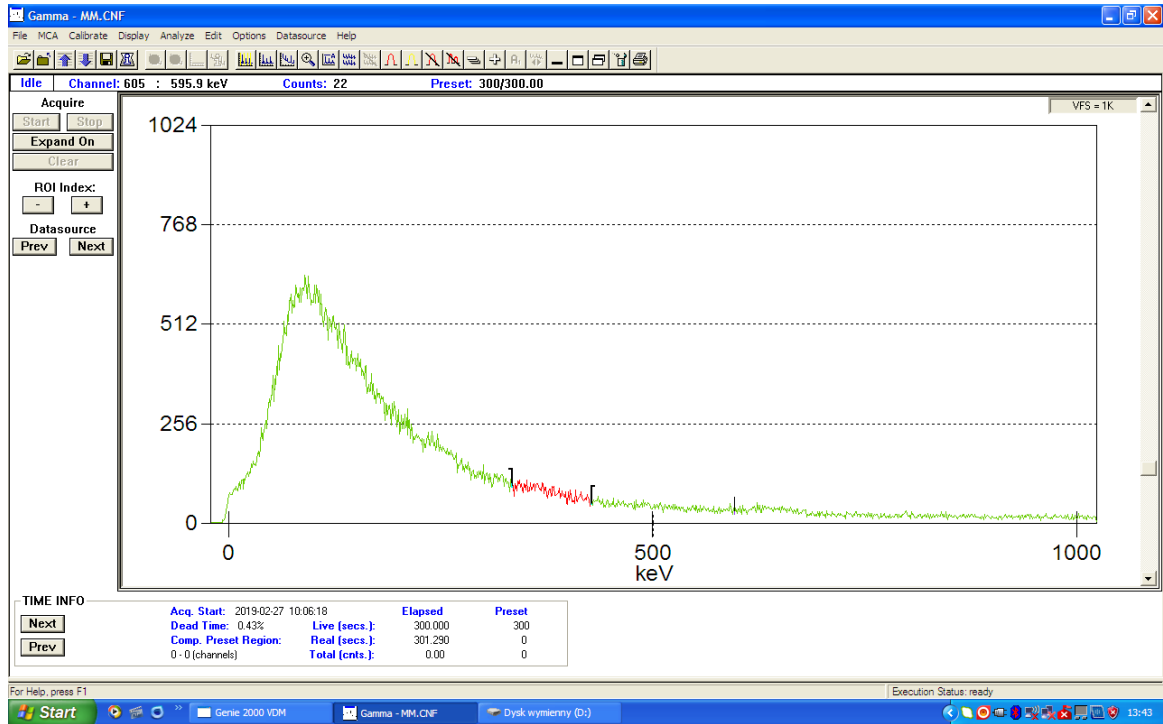
Wyniki pomiarów aktywności ^{131}I - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ w tarczycy oraz oszacowanych dawek od wchłonięć ^{131}I u pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej i Rezonansu Magnetycznego Mazowieckiego Szpitala

Bródnowskiego w Warszawie przedstawiono w Tabeli 1 i na Rysunku 3 - 5.

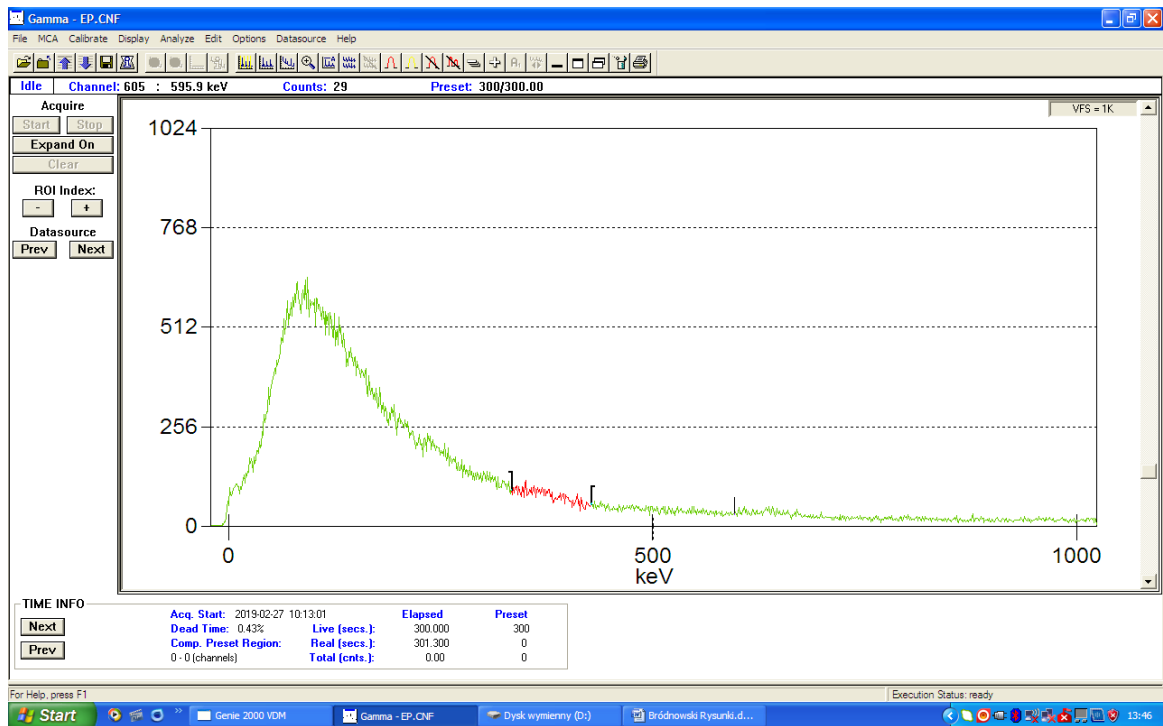
Pracownik	Zmierzona w tarczycy aktywność jodu-131 [Bq]	Oszacowana dawka skuteczna od rocznych wchłonięć jodu-131 [mSv]	Procent maksymalnej dawki skutecznej dla narażonych zawodowo (20 mSv)	Zmierzona w tarczycy aktywność Tc-99m [Bq]
A. B.	<68	<0.38	<1.90	-
J. Ś.	<68	<0.38	<1.90	-
D. G.	<68	<0.38	<1.90	-
J. S.	<68	<0.38	<1.90	-
P.S.	<68	<0.38	<1.90	-
I. M.-L.	<68	<0.38	<1.90	-
A.P.	<68	<0.38	<1.90	-
M.B.-H.	<68	<0.38	<1.90	-
A.M.	<68	<0.38	<1.90	-
A.Ba.	<68	<0.38	<1.90	-
M.J.	<68	<0.38	<1.90	-
M.M.	150	0,50	2,5	-
E.P.	150	0,50	2,5	-
Z.S.	<68	<0.38	<1.90	-
R.K.	<68	<0.38	<1.90	-
J.T.	155	0,52	2,5	-
E.M.	<68	<0.38	<1.90	-
J.W.	<68	<0.38	<1.90	-
J.B.	<68	<0.38	<1.90	-
E.D.	<68	<0.38	<1.90	-
M.S.	<68	<0.38	<1.90	-
I.C.	<68	<0.38	<1.90	-

Tabela 1. Wyniki pomiarów poziomów aktywności jodu promieniotwórczego u pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej i Rezonansu Magnetycznego Mazowieckiego Szpitala Bródnowskiego w Warszawie

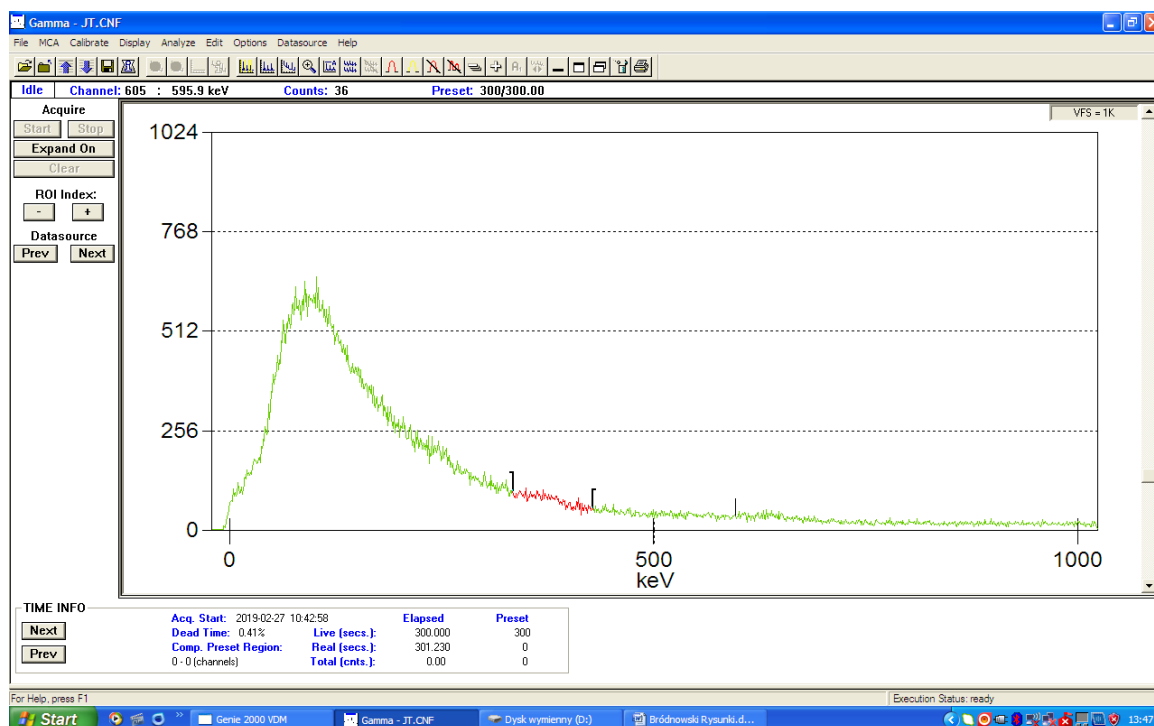
*) Najmniejsza mierzalna aktywność



Rysunek 3. Widmo promieniowania gamma zmierzone u pracownika M.M.



Rysunek 4. Widmo promieniowania gamma zmierzone u pracownika E.P.



Rysunek 5. Widmo promieniowania gamma zmierzone u pracownika J.T.

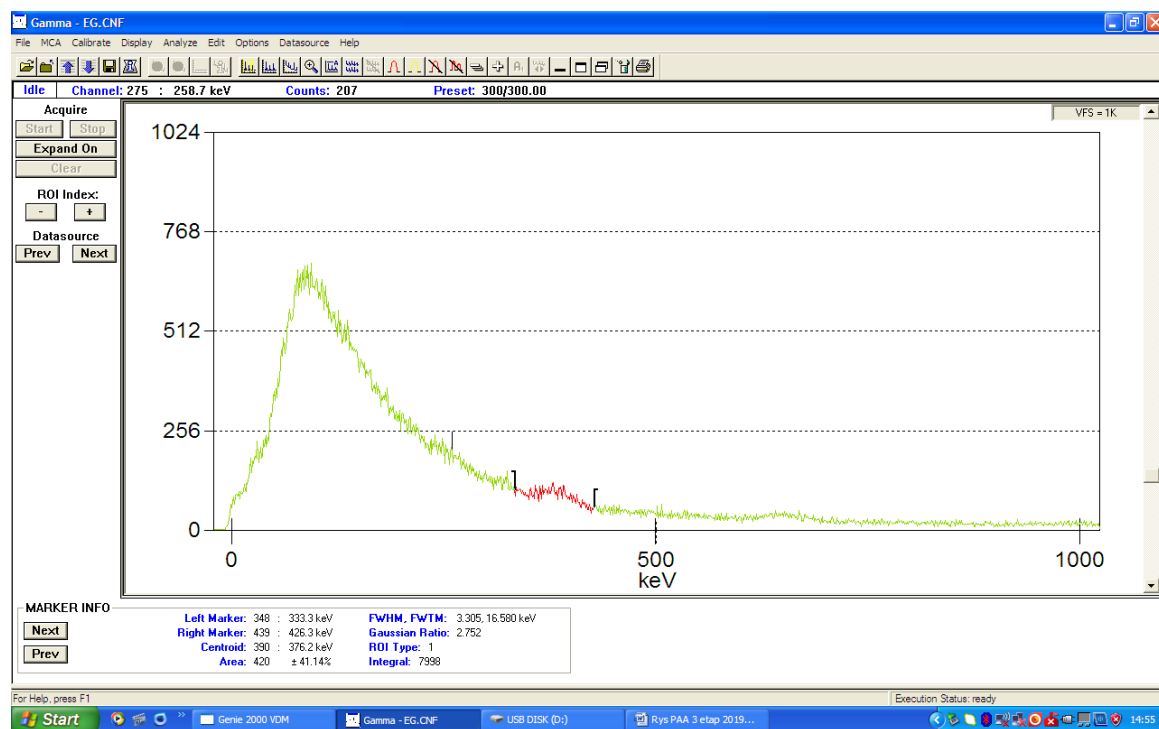
Poziomy aktywności jodu ^{131}I w tarczycy u pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej i Rezonansu Magnetycznego Mazowieckiego Szpitala Bródnowskiego w Warszawie, w którym przeprowadzono pomiary, były niskie (Tab.1). Maksymalna dawka wyniosła ok. 0,5 mSv nie przekraczając 2,5 % rocznego limitu dla narażonych zawodowo (u kilku pracowników Pracowni Medycyny Nuklearnej).

Wyniki pomiarów aktywności ^{131}I $^{99\text{m}}\text{Tc}$ w tarczycy oraz oszacowanych dawek od wchłonięć ^{131}I u pracowników Kliniki Endokrynologii i Terapii Izotopowej i Zakładu Medycyny Nuklearnej Wojskowego Instytutu Medycznego Centralnego Szpitala Klinicznego MON w Warszawie przedstawiono w Tabeli 2 i na Rysunkach 6 - 9.

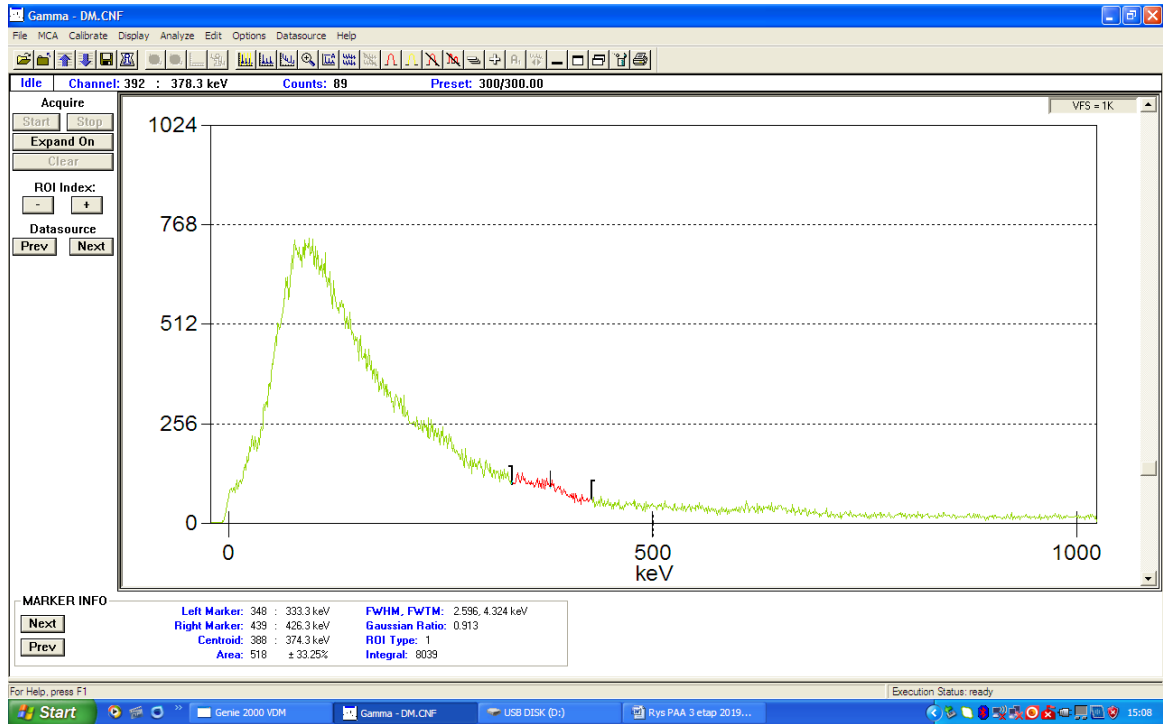
Pracownik	Zmierzona w tarczycy aktywność jodu-131 [Bq]	Oszacowana dawka skuteczna od rocznych wchłonięć jodu-131 [mSv]	Procent maksymalnej dawki skutecznej dla narażonych zawodowo (20 mSv)	Zmierzona w tarczycy aktywność Tc-99m [Bq]
A. K.	<68	<0.38	<1.90	-
A.P.	<68	<0.38	<1.90	-
B.B.	<68	<0.38	<1.90	-
M.M.	<68	<0.38	<1.90	-
E.G.	250	0.75	3.75	-
E.S.	<68	<0.38	<1.90	-
A.G.	<68	<0.38	<1.90	-
S.K.	<68	<0.38	<1.90	-
A.KR.	250	0.75	3.75	-
B.S.	150	0.45	2.25	65

G.K.	<68	<0.38	<1.90	-
A.J.	150	0.45	2.25	-
B.P.	150	0.45	2.25	-
K.L.	<68	<0.38	<1.90	-
D.M.	250	0.75	3.75	-
K.G.	<68	<0.38	<1.90	-
P.S.	<68	<0.38	<1.90	-
M.K.	<68	<0.38	<1.90	-
A.KO.	<68	<0.38	<1.90	-
M.W.	<68	<0.38	<1.90	-
A.GI	<68	<0.38	<1.90	-
E.D.	<68	<0.38	<1.90	-
W.K.	<68	<0.38	<1.90	-

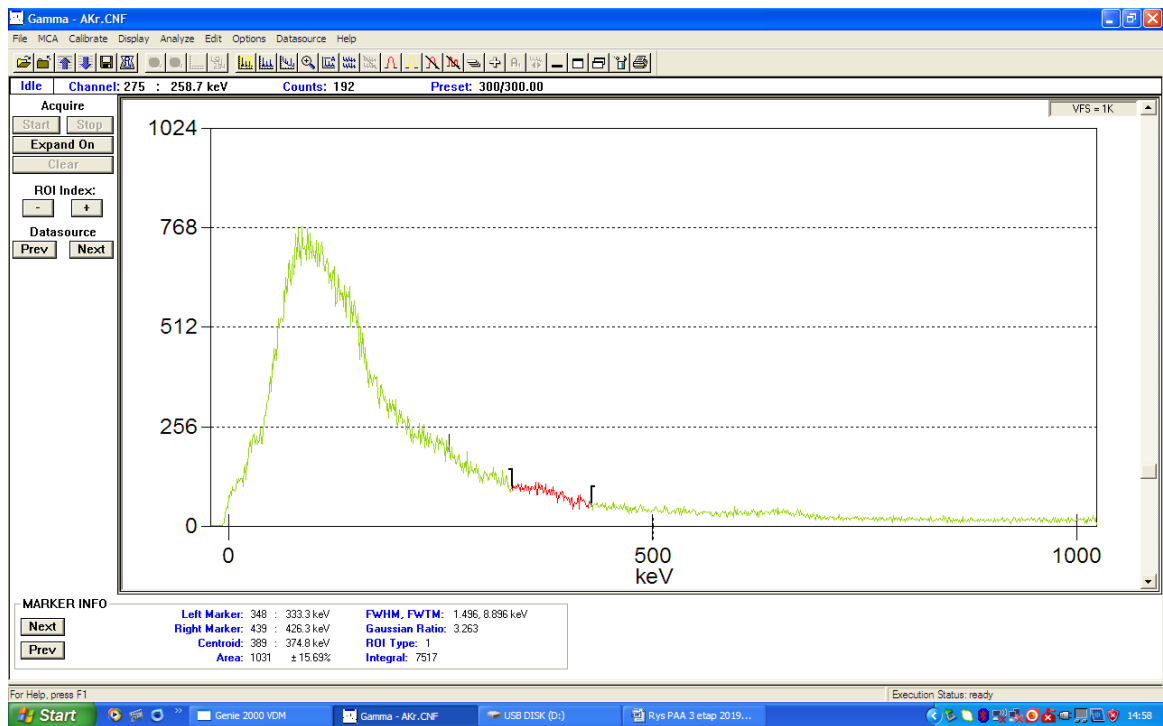
Tabela 2. Wyniki pomiarów poziomów aktywności jodu promieniotwórczego u pracowników Kliniki Endokrynologii i Terapii Izotopowej i Zakładu Medycyny Nuklearnej Wojskowego Instytutu Medycznego Centralnego Szpitala Klinicznego MON w Warszawie
*) Najmniejsza mierzalna aktywność



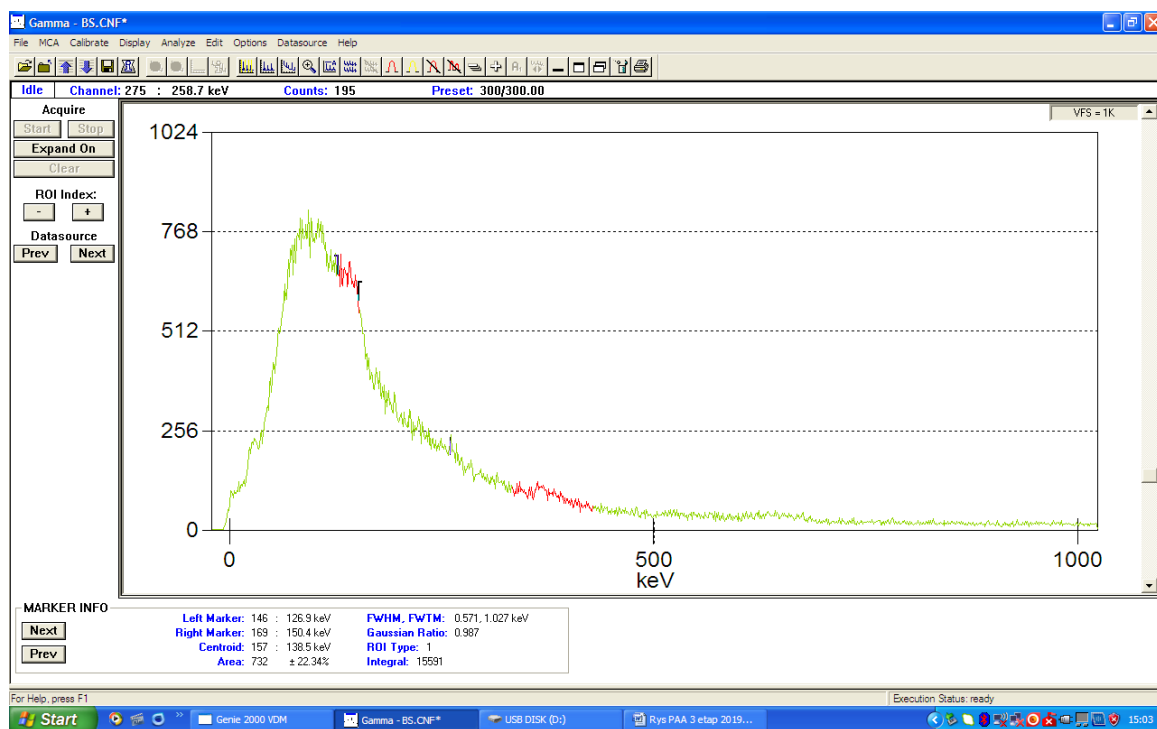
Rysunek 6. Widmo promieniowania gamma zmierzone u pracownika E.G.



Rysunek 7. Widmo promieniowania gamma zmierzone u pracownika D.M.



Rysunek 8. Widmo promieniowania gamma zmierzone u pracownika A.KR.



Rysunek 9. Widmo promieniowania gamma zmierzone u pracownika B.S.

Poziomy aktywności jodu ^{131}I w tarczycy u pracowników Kliniki Endokrynologii i Terapii Izotopowej oraz Zakładu Medycyny Nuklearnej Wojskowego Instytutu Medycznego Centralnego Szpitala Klinicznego MON w Warszawie, w którym przeprowadzono pomiary, były niskie (Tab.2).

Maksymalna dawka wyniosła ok. 0,75 mSv nie przekraczając 4,0 % rocznego limitu dla narażonych zawodowo.

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki w ramach Umowy Nr 19/OR/2

Celem prac było wyznaczenie wpływu stężenia radonu, wilgotności oraz rozkładu ziarnowego aerozoli promieniotwórczych na wartości mocy przestrzennego równoważnika dawki.

Pomiary zostały przeprowadzone w radonowej komorze kalibracyjnej w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej, przy różnych wartościach stężeń radonu, wilgotności, stężeniu i typie aerozoli środowiskowych. Do pomiaru mocy dawki wykorzystano przyrząd RSS-131ER. Jest to wysokociśnieniowa komora jonizacyjna o szerokim zakresie pomiarowym. Komora została zaprojektowana tak, aby zapewnić najlepszą równowagę pomiędzy czułością, charakterystyką energetyczną, stabilnością, zakresem pomiarowym i dokładnością. Czujnik składa się z 10-calowej nierdzewnej zewnętrznej kuli, w której znajduje się argon pod ciśnieniem 25 atmosfer. Podczas pracy wysokie napięcie (400 V) przyłożone jest do katody, anoda pozostaje uziemiona. Fotony gamma przechodząc przez detektor wchodzi w interakcję z argonem, generując jony argonu. Do wyznaczenia rozkładu aktywności w zależności od wielkości średnic aerozoli podczas pomiarów wykorzystano Spektrometr Średnic Cząstek Pochodnych Radonu (RPPSS). Głowica spektrometru RPPSS zbudowana jest z ośmiu równolegle pracujących stopni pomiarowych, z których każdy jest monitorem stężenia energii potencjalnej α z detektorem krzemowym. W pierwszym stopniu pomiarowym powietrze ma wlot swobodny dając całkowite PAEC, cztery stopnie tworzące baterię dyfuzyjną mają na wejściu różne siatki dyfuzyjne zatrzymujące małe aerozole o różnych średnicach, trzy pozostałe stopnie posiadają na wlocie impaktory, które różnicują pod względem wielkości większe aerozole. Wyniki zmierzonej energii potencjalnej α z poszczególnych stopni pomiarowych są danymi wejściowymi algorytmu dającego na wyjściu rozkład stężenia energii potencjalnej α w zależności od średnicy cząstki. Pomiary stężenia aktywności radonu oraz warunków środowiskowych zrealizowano przy użyciu przyrządu AlphaGuard PQ 2000. Urządzenie posiada komorę jonizacyjną do której wnika powietrze przechodząc po drodze przez filtr odcinający aerozole

oraz częściowo toron. Promieniowanie α emitowane przez radon i pochodne jonizują powietrze generując w polu elektrycznym komory prąd, którego natężenie jest proporcjonalne do liczby cząstek α , a przez to do stężenia radonu.

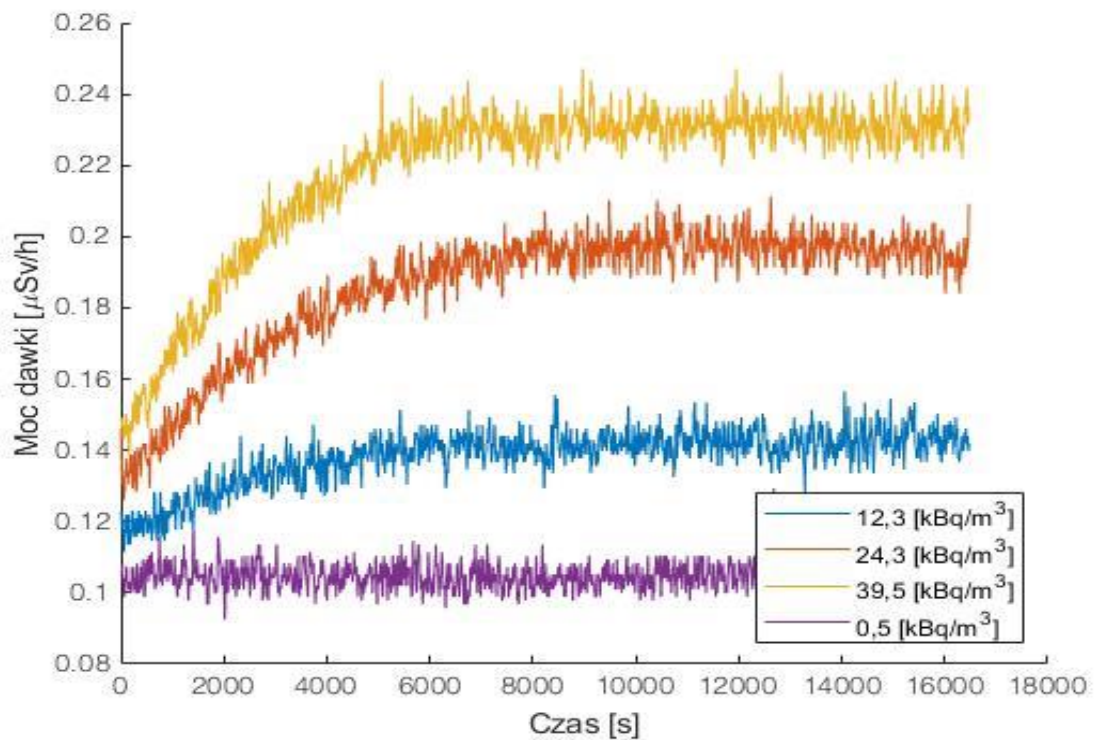
W trakcie badań wykonano 7 ekspozycji w radonowej komorze kalibracyjnej. Ekspozycje zostały wykonane w różnych średnich stężeniach aktywności radonu, w zakresie od 400 do 40 000 Bq/m³. Podczas każdej z nich mierzona była moc dawki, stężenie radonu oraz warunki środowiskowe.

Dla stężenia aktywności radonu z zakresu 12 – 13kBq/m³ zostały wykonane 3 ekspozycje. Przeprowadzono pomiary w warunkach normalnych (przy wyłączonej komorze), średniej wilgotności ok. 82 % oraz w obecności aerozoli dymnych. Dla ekspozycji z tego zakresu stężeń wyznaczono rozkład aktywności w zależności od wielkości średnic aerozoli. Dla stężenia aktywności radonu z zakresu 22 – 23 kBq/m³ wykonano 2 ekspozycje. Pomiary przeprowadzono w warunkach pokojowych oraz przy wilgotności ok. 78 %. Wyniki pomiarów przeprowadzonych podczas badań przedstawiono w Tabeli 1. Zmierzone wartości mocy dawki dla różnych stężeń radonu prezentuje Wykres 1.

Podczas realizacji zadania zbadano wpływ stężenia aktywności radonu, wilgotności oraz składu aerozoli na pomiar mocy dawki. Zmierzone różnice w wartościach mocy dawki przy różnych wilgotnościach względnych mieszczą się w granicach niepewności pomiarowej. Nie zaobserwowano znaczącego wpływu wilgotności powietrza na wyniki pomiarów. Porównując otrzymane wartości mocy dawki bez aerozoli dymnych z wynikami uzyskanym w tym samym stężeniu w ich obecności można zauważyć nieznaczny spadek wskazań przy pomiarze ze świeczką. Moc dawki zmierzono łącznie dla 4 różnych przedziałów stężenia aktywności radonu. Stwierdzono brak istotnego wpływu niskich stężeń radonu na jej wartości. Wraz ze wzrostem stężenia (>10 kBq/m³) obserwuje się wzrost wskazań komory RSS-131ER. Z przeprowadzonych badań można wyciągnąć wniosek, że przy wysokich stężeniach radonu w powietrzu może mieć on wpływ na wartości mocy dawki.

Pomiar	Średnie stężenie radonu [Bq/m^3]	Średnia wilgotność względna [%]	Źródło aerozoli	Średnia moc dawki [$\mu\text{Sv}/\text{h}$]
t ₀	30 ÷ 50	33,3	atmosferyczne	0,109
1	489 ± 34	33,5	atmosferyczne	0,105
2	12 296 ± 269	40,9	atmosferyczne	0,143
3	12 361 ± 263	82,4	atmosferyczne	0,145
4	12 264 ± 644	36,3	dymne	0,127
5	22 887 ± 979	40,5	atmosferyczne	0,198
6	22 923 ± 977	78,2	atmosferyczne	0,206
7	39 538 ± 448	32,5	atmosferyczne	0,231

Tabela 1. Wyniki pomiarów przy różnych stężeniach radonu oraz typie aerozoli



Wykres 1. Moc dawki przy różnych stężeniach radonu

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 01.06.2019 do 31.05.2020 roku z Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR)_Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) zobowiązującą ekipę dozymetryczną do wyjazdu na polecenie dyżurnego CEZAR 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 promieniowania gamma
 - określenie powierzchniowych skażeń prom. Od pierwiastków alfa, beta, gamma promieniotwórczych
 - wykrycie izotopowych źródeł neutronowych
 - wykrycie i wstępną identyfikację pierwiastków 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 pierwiastków promieniotwórczych w pobranych próbkach przy wykorzystaniu

- metod spektrometrycznych lub przy zastosowaniu metod radiochemicznych,
- Zapewnienie wykonywania laboratoryjnych określeń procentowego składu pierwiastkowego 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 CEZAR ,
- Uczestnictwo na polecenie Prezesa PAA w ćwiczeniach związanych z reagowaniem na zdarzenia radiacyjne.

Ekipa dozymetryczna Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej do obecnej chwili otrzymała trzy polecenia wyjazdów i prowadzenia działań na miejscach zdarzeń radiacyjnych zlokalizowanych na terenie kraju.

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2019 r.

Ł. Modzelewski, K. Wołoszczuk, A. Wiśniewski, Ł. Mazur

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) funkcjonuje w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej od 1967 roku. w 2003 roku LWPDiR uzyskało Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego nr AP 057 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA). Od tego czasu wzorcowania wykonywane są zgodnie z zaleceniami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

W 2010 roku Pracownia Wzorcowania połączyła się z Pracownią Dozymetrii Radonu (AP 101). Powstało LWPDiR, będące komórką Zakładu Kontroli Dawek i Wzorcowania.

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

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

- stanowisko kalibracyjne gamma wyposażone w trzy źródła promieniotwórcze ^{241}Am , ^{137}Cs oraz ^{60}Co , odpowiednio o energiach 59,5, 662, 1173 i 1332 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 beta promieniotwórcze ^{14}C , ^{90}Sr , ^{36}Cl i jedno alfa promieniotwórcze- ^{241}Am ,

- stanowisko kalibracyjne beta- jedyne w Polsce, umożliwia wzorcowanie przyrządów w wiązce promieniowania beta od źródeł ^{90}Sr lub ^{85}Kr ,
- stanowisko kalibracyjne neutronowe wyposażone w źródło Am-Be,
- stanowisko kalibracyjne radonowe- wyposażone w komorę radonową o objętości 12 m³, dwa źródła ^{226}Ra .

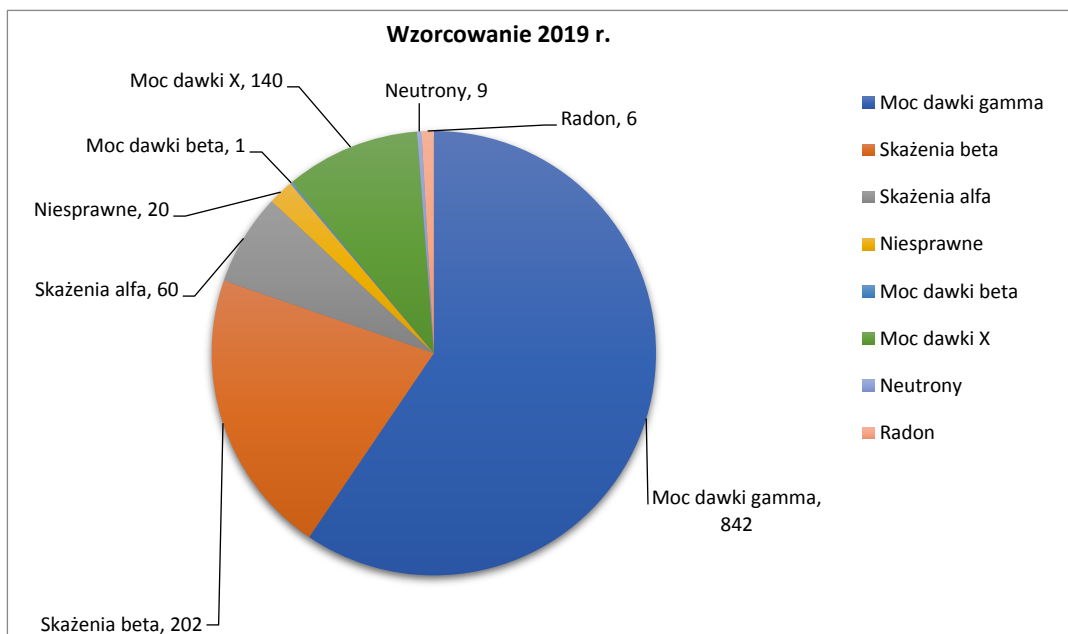
Dzięki tak szerokiej ofercie pomiarowej istnieje możliwość doboru zakresu wzorcowania bardzo dobrze dopasowanego do indywidualnych potrzeb i wymagań klientów.

W 2019 roku do LWPDiR wpłynęło 1005 zleceń wzorcowania, wykonano:

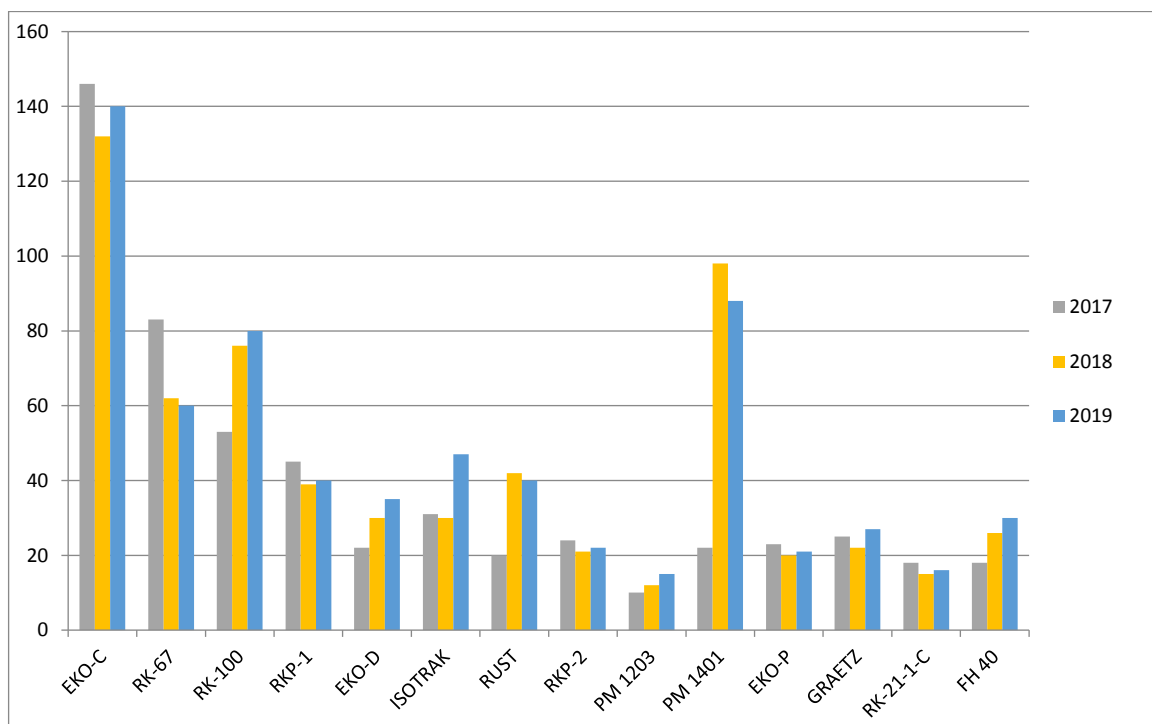
- 20 protokołów niezdatności
- 202 wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania beta i alfa,
- 842 wzorcowania przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania gamma,
- 140 wzorcowań przyrządów dozymetrycznych dla promieniowania X,
- 6 wzorcowań na stanowisku radonowym,
- 9 wzorcowań na stanowisku neutronowym,
- 1 wzorcowanie na stanowisku kalibracyjnym beta.

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

W 2019 roku najczęściej wzorcowanymi przyrządami były kolejno EKO-C, RK-67 oraz RK-100. Należy zaznaczyć, że są to przyrządy polskiej produkcji służące do pomiaru mocy dawki promieniowania gamma i X, dodatkowo w przypadku EKO-C i RK-100 istnieje możliwość pomiarów skażeń promieniotwórczych emiterami alfa i beta. Zestawienie najczęściej wzorcowanych typów przyrządów na przestrzeni ostatnich trzech lat przedstawiono na Rysunku 2.



Rysunek 1. Wzorcowania wykonane w 2019 r. w LWPDiR



Rysunek 2. Najczęściej wzorcowane przyrządy w LWPDiR (2017 ÷ 2019 r.)

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

Ł. Modzelewski

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) będące częścią Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej uzyskało Akredytację Laboratorium Wzorcującego w 2003 roku wydaną przez Polskie Centrum Akredytacji (PCAP. Od tego czasu wzorcowania w Laboratorium wykonywane są zgodnie z zakresem akredytacji nr AP 057 oraz wymaganiami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

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 alfa promieniotwórczych krótkożyciowych pochodnych radonu oraz ekspozycje detektorów wzorcowymi stężeniami radonu,

- QPP B Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania beta,

- QPP N Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania neutronowego.

Według wytycznych normy ISO 17025 ważnym aspektem jest zachowanie spójności pomiarowej. Spójność pomiarowa zachowana jest dzięki wzorcowaniu wzorców odniesienia (przedstawionych na Rysunku 1) w europejskich akredytowanych laboratoriach wzorcujących, takich jak PTB, PTW, STUK, SUJCHBO. Zachowanie spójności pomiarowej jest warunkiem jednoznaczności wyników pomiarów, umożliwiającym ich wzajemne porównanie.



Rysunek 1. Wzorce odniesienia w LWPDiR

Spójność pomiarowa uzyskiwana jest również poprzez udział w porównaniach międzylaboratoryjnych.

Kolejnym ważnym wymaganiem normy 17025 jest monitorowanie zapewnienia jakości wykonywanych wzorcowań, które w LWPDiR i 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 2019 obejmowała 32 działania, 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 gwarantuje wysoką jakość wykonywanych wzorcowań.

W ramach procesu nadzoru Polskiego Centrum Akredytacji nad laboratorium, 25 czerwca 2019 roku został przeprowadzony w LWPDiR audyt w nadzorze wykonany przez audytorów zewnętrznych polegający na przeglądzie dokumentacji technicznej przez audytora wiodącego i eksperta technicznego.

Zapewnienie i utrzymanie systemu zapewnienia jakości w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIiŚ) dla potrzeb ochrony radiologicznej część techniczna

Z. Baranowska

W 2019 roku wszystkie procedury zostały dostosowane do nowego wydania normy ISO 17025:2019. Rozszerzony został zakres akredytacji procedury „Wyznaczanie dawek indywidualnych i środowiskowych metodą termoluminescencyjną”. Dodany został nowy typ dozymetrów – dozymetry oczne do pomiaru Hp(3). Dodatkowo akredytowana została nowa procedura – Wyznaczenie stężenia radonu w powietrzu.

Procedury:

W Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych PDIiŚ aktywne są 4 akredytowane procedury pomiarowe.

- QPB 1W - Wyznaczanie stężenia izotopu radonu ^{222}Rn w próbkach ciekłych
- QPB 2P - Wyznaczanie stężenia izotopu radonu ^{222}Rn w powietrzu
- QPB 3T - Wyznaczanie dawek indywidualnych i środowiskowych metodą termoluminescencyjną
- QPB 4J - Pomiary aktywności jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka

Zapewnienie jakości:

W 2019 roku w ramach kontroli jakości pomiarów przeprowadzono następujące działania:

Działania planowane:

Stanowisko Radon w wodzie;

- Powtarzalność 12.2019,
- Odtwarzalność 12.2019.

Stanowisko Radon w powietrzu;

- Kalibracja 07.2019,
- Powtarzalność 12.2019,
- Odtwarzalność 12.2019,

Stanowisko TLD;

- Powtarzalność 05.2019 i 10.2019,
- Odtwarzalność 05.2019 i 10.2019,
- Kalibracja czytników RADOS 06.2019 i 12.2019,
- Porównania międzylaboratoryjne Hp(10) 10.2019.

Stanowisko Jod w tarczycy;

- Powtarzalność 10.2019,
- Odtwarzalność 10.2019,
- Kalibracja 12.2019.

Działania poza planowe:

Stanowisko Radon w powietrzu;

- Powtarzalność 07.2019,
- Odtwarzalność 07.2019.

Sprawozdanie z seminarium „Wybrane zagadnienia normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 z elementami auditu wewnętrznego”

A. Kudynowska

W dniu 16.03.2020 r. odbyło się seminarium pt. "Wybrane zagadnienia normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 z elementami auditu wewnętrznego".

Temat został zreferowany przez Alicję Kudynowską, wg następujących zagadnień:

1. Wymagania ogólne;
 - bezstronność,
 - poufność.
2. Wymagania dotyczące struktury;
3. Wymagania dotyczące zasobów;
 - personel,
 - pomieszczenia i warunki środowiskowe,
 - wyroby i usługi dostarczane z zewnątrz.
4. Wymagania dotyczące procesów;
 - przegląd zapytań, ofert i umów.
5. Wymagania dotyczące systemu zarządzania;
 - dokumentacja SZ,
 - nadzór nad dokumentacją SZ,
 - nadzór nad zapisami,
 - działania odnoszące się do ryzyk i szans,
 - doskonalenie,
 - działania korygujące,
 - audyty wewnętrzne,
 - przeglądy zarządzania.

Referująca przekazała, że znowelizowana norma w rozdziale „wymagania ogólne” odnosi się do bezstronności i poufności.

W zakresie bezstronności działalność powinna być zorganizowana i zarządzana w sposób chroniący bezstronność. Na rzecz zachowania bezstronności ma działać kierownictwo. Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) nie może pozwolić na naciski komercyjne, finansowe itp. aby nie zagrażały bezstronności. Laboratorium na bieżąco powinno identyfikować ryzyka w odniesieniu do swojej bezstronności.

W zakresie poufności LWPDiR powinno być odpowiedzialne poprzez prawnie wiążące zobowiązania, za zarządzanie wszystkimi informacjami uzyskanymi podczas realizacji działalności laboratoryjnej. Personel powinien zachowywać poufność w odniesieniu do wszystkich informacji uzyskanych lub wytworzonych podczas działalności laboratoryjnej. Jeżeli laboratorium jest zobowiązane przez prawo lub upoważnione przez postanowienia umów do ujawnienia informacji poufnej to klient powinien być powiadomiony o tym fakcie (o ile

prawo tego nie zabrania). Informacje o kliencie uzyskane z innych źródeł (np. skarga) powinny być poufne.

W wymaganiach dotyczących struktury należy udokumentować osobowość prawną LWPDiR wskazać kierownictwo ponoszące pełną odpowiedzialność za laboratorium oraz za działalność prowadzoną w stałej siedzibie, określić i udokumentować zakres działalności laboratoryjnej w obszarze którego spełniane są wymagania normy odniesienia (z pominięciem stałego, zewnętrznego wsparcia). Udokumentować raportowanie przez personel do kierownictwa laboratorium nt. prowadzonej działalności i potrzeb w zakresie doskonalenia.

Najważniejszym składnikiem zasobów jest personel. Cały personel powinien działać bezstronnie, być kompetentny oraz pracować zgodnie z systemem zarządzania laboratorium. Laboratorium powinno zapewnić o posiadaniu przez personel kompetencji do realizacji zadań związanych z działalnością laboratoryjną oraz do identyfikacji odstępstw. Kierownictwo powinno zakomunikować personelowi obowiązki, odpowiedzialność i uprawnienia. Oczekiwane jest udokumentowanie wymagań kompetencyjnych dla każdej funkcji mającej wpływ na wyniki działalności laboratoryjnej, tj.: wykształcenia, kwalifikacji, szkoleń, wiedzy technicznej, umiejętności i doświadczenia.

Następnym elementem zasobów są warunki środowiskowe i lokalowe.

Norma mówi, że pomieszczenia powinny być rozpatrywane w kontekście ich odpowiedniości i wpływu na przydatność wyników.

Laboratorium powinno udokumentować wymagania dotyczące pomieszczeń i warunków środowiskowych. Warunki środowiskowe powinny być monitorowane, kontrolowane i rejestrowane.

Zasoby, to również wyroby i usługi dostarczane z zewnątrz.

Laboratorium powinno ustanowić procedurę i zachowywać zapisy dotyczące: wymagań dla usług i wyrobów dostarczanych z zewnątrz (ich określenia, przeglądu, akceptacji), postępowania z dostawcami zewnętrznymi (ocena, wybór, monitorowanie wykonania, ponowna ocena), weryfikacji dostawy zanim zostanie użyta lub bezpośrednio dostarczona klientowi (spełnienie ustalonych przez laboratorium wymagań lub wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025), podjęcia działań

wynikających z oceny, monitorowania wykonania i ponownej oceny zewnętrznych dostawców.

Zagadnieniem procedur ogólnych dotyczących procesu, jest przegląd zapytań ofert i umów. Norma wymaga aby laboratorium miało procedurę zapewniającą, że: wymagania są właściwie określone, udokumentowane i zrozumiałe. Laboratorium posiada zasoby i możliwości aby spełnić te wymagania. Wybrano właściwe metody lub procedury zdolne spełnić wymagania klienta. Laboratorium powinno w SZ ustalić w jaki sposób będzie ustalało z klientem zasadę podejmowania decyzji, gdy poprosi on o stwierdzenie zgodności (porównanie wyniku z normatywem).

Przegląd zapytań, ofert i umów powinien zapewnić, że wszystkie różnice między zamówieniem a umową zostały wyjaśnione przed rozpoczęciem usługi. w przypadku zmian umowy po rozpoczęciu realizacji zlecenia przegląd powinien być powtórzony (personel poinformowany). Laboratorium powinno zachować zapisy z przeglądów obejmujące wszystkie istotne zmiany oraz zapisy z rozmów z klientami.

Wymagania systemu zarządzania odnoszą się do: dokumentacji Systemu Zarządzania (SZ), nadzoru nad dokumentacją SZ, nadzoru nad zapisami, działań odnoszących się do ryzyk i szans, doskonalenia, działań korygujących, audytów wewnętrznych oraz przeglądu zarządzania.

Laboratorium powinno ustanowić, udokumentować, wdrożyć i utrzymać system zarządzania odnoszący się do spełnienia wymagań normy. Cały personel zaangażowany w działalność laboratoryjną powinien mieć dostęp do części dokumentacji SZ i powiązanej informacji, stosowanej przy wypełnianiu jego obowiązków.

Nadzorowanie powinno obejmować dokumenty wewnętrzne i zewnętrzne odnoszące się do spełniania wymagań normy. Zatem, powinny one być zatwierdzone przed wydaniem przez upoważniony personel, w razie konieczności okresowo przeglądane i nowelizowane.

Zmiany i aktualny status nowelizacji zidentyfikowany, odpowiednie wersje dostępne w miejscach ich wykorzystania, odpowiednio oznaczone nieaktualne wersje (jeśli jest powód do ich zachowania).

Należy ustanowić i utrzymać czytelne zapisy, stosować nadzór potrzebny do: identyfikacji, przechowywania, ochrony, tworzenia kopii zapasowych, archiwizowania. Ustalić czasu zachowania i dysponowania zapisami zgodnie ze zobowiązaniami wynikającymi z umów. Zapisy mają być łatwo dostępne z zachowaniem poufności.

Działania odnoszące się do ryzyk oraz szans powinny być proporcjonalne do ich potencjalnego wpływu na przydatność wyników laboratorium. Nie ma wymogu stosowania formalnych metod zarządzania ryzykiem oraz udokumentowanego procesu zarządzania ryzykiem. Laboratorium samo decyduje o metodologii zarządzania ryzykiem.

Informacje zwrotnych od swoich klientów powinny być wykorzystywane do doskonalenia systemu zarządzania, działalności laboratoryjnej i obsługi klienta.

Audyty wewnętrzne przeprowadzać w zaplanowanych odstępach czasu, w celu dostarczenia informacji czy system zarządzania odpowiada: wymaganiom własnym ustanowionego systemu zarządzania w tym wymaganiom dotyczącym działalności laboratoryjnej, wymaganiom normy, jest skutecznie wdrożony i utrzymywany. W tym celu należy określić kryteria i zakres dla każdego audytu. Zapewnić, że wyniki audytu są przedstawiane kierownictwu, wdrożyć (jeśli zasadne) korekcyjne i działania korygujące. Utrzymywać zapisy jako dowody wdrożenia programu audytów i działań poaudytowych.

Od auditora norma wymaga postępowania etycznego, profesjonalizmu, zaufania, prawości, dyskrecji. Obowiązku przedstawiania spraw dokładnie i zgodnie z prawdą, należytej staranności, pracowitości i rozsądku w audytowaniu. Bezstronnych i obiektywnych wniosków z audytu.

Sprawozdanie z seminarium Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych

A. Kudynowska

W dniu 16.03.2020 r. odbyło się seminarium pt. "Zapewnienie i utrzymanie systemu jakości w Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) dla potrzeb ochrony radiologicznej" – część systemowa.

Temat referowała Alicja Kudynowska, która na wstępie zaprezentowała strukturę organizacyjną zaznaczając, że w strukturze organizacyjnej Laboratorium wyodrębnia się następujące funkcje: KL, KLJ, KLT, Opiekun stanowiska - w odniesieniu do 4 stanowisk: Stanowisko Nr 1 służące do pomiaru stężenia radonu w wodzie, Stanowisko Nr 2 służące do pomiaru stężenia radonu w powietrzu,

Stanowisko Nr 3 służące badania indywidualnego narażenia na promieniowanie jonizujące,

Stanowisko Nr 4 służące do pomiarów zawartości promieniotwórczego jodu i technetu w tarczycy.

Odnosząc się do personelu PDIŚ stwierdzono, że wśród personelu kierowniczego PDIŚ w 2019 r. nie było zmian. Funkcję Kierownika PDIŚ w dalszym ciągu pełniła Pani Grażyna Krajewska a funkcję zastępcy Pani Zuzanna Baranowska. Funkcję Kierownika ds. jakości pełniła Pani Alicja Kudynowska. Nastąpiły zmiany w personelu wykonującym badania. Od lutego 2019 r. laboratorium zatrudniło nowego pracownika –Anetę Milewską w miejsce Pani Hanny Feder (TLD) a od marca Pana Macieja Norenberga (radon).

Pełny skład Personelu wykonującego badania to: Grażyna Krajewska, Zuzanna Baranowska, Hanna Feder, Agata Wyszowska, Aneta Milewska i Maciej Norenberg.

W odniesieniu do zakresu akredytacji przekazano, że dotychczasowy zakres akredytacji AB 450 uległ zmianie: obecnie podlega pod kod identyfikacji 0/3;0/9;0/17 - obejmujący badania radiochemiczne i promieniowania – w tym nuklearne, w obiektach i materiałach biologicznych przeznaczonych do badań wody, powietrza, wyrobów innych - dawkomierzy.

Badane obiekty i metody badawcze to:

1. Dawkomierz w polu promieniowania jonizującego – Metoda TLD.

2. Tarczyca człowieka - Metoda spektrometrii gamma.
3. Stężenie izotopu radonu Rn-222 w wodzie – metoda spektrometrii promieniowania alfa.
4. Stężenie izotopu radonu Rn-222 w powietrzu – metoda pasywna.

Dokumentacja PDIŚ jest na bieżąco nadzorowana i doskonalona.

W 2019 r. dokumentację dostosowano do wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 w wyniku czego wydano: Przewodnik PO Systemie Zarządzania w miejsce Księgi Jakości, 17 procedur ogólnych, 2 instrukcje ogólne, 4 procedury badawcze, 10 instrukcji technicznych. Wykaz dokumentacji znajduje się w formularzu QD13.1.

Przegląd zarządzania został przeprowadzony przez dyrektora Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej, dr-a Pawła Krajewskiego w dniu 03.09.2019 r. Tematyką obejmował wszystkie elementy systemu zarządzania podane w wymaganiach normy, m. in. „Cele i zadania na okres 2018/2019”, tj. 5 wyznaczonych celów spośród których 1-go nie udało się zrealizować (opracowanie procedury oceny dawki na soczewkę oka) a drugi zrealizowano częściowo (dot. modernizacji obsługi systemu bazy TLD). Dyrektor prosił o wyjaśnienie przyczyny niezrealizowanych celów, a w wyniku analizy i dyskusji wydłużono termin ich realizacji.

Przypomniano również, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2019/2020), co zaprezentowano na slajdach.

Zaprezentowano również i omówiono wyniki audytów wewnętrznych i zewnętrznych, a mianowicie:

Audyt wewnętrzny Nr 1/2019 (z części systemowej) odbył się dnia 29.08.2019. Audytorem był dr Kamil Szewczak - nie odnotował spostrzeżeń ani niezgodności.

Podczas audytu wewnętrznego Nr 2/2019 z dnia 30.08.2019 r. Auditor K. Szewczak spisał 1 niezgodność z zakresu technicznego, która zostanie zreferowana na seminarium Łukasza Modzelewskiego.

Audyt w nadzorze (A - 1360-2019) przeprowadzono dnia 13.09.2019 r. Oceniający to Barbara Rozbicka - AW i Janusz Skubalski - AT.

Audytorzy odnotowali po 1 niezgodności o treści:

1. Laboratorium nie zidentyfikowało kierownictwa, które ponosi pełną odpowiedzialność za laboratorium. Jako kierownictwo Laboratorium podano tylko Kierownika Laboratorium, który nie ponosi odpowiedzialności prawnej i nie zapewnia finansów na działalność laboratoryjną.

2. Laboratorium nie poinformowało klienta o wybranej metodzie badawczej w sytuacji gdy klient sam nie wskazał metody badawczej.

Odnotowano również 2 spostrzeżenia:

1. Laboratorium nie uwzględniło wszystkich istotnych parametrów środowiskowych w monitorowaniu (np. tło własne detektorów śladowych CR-39 jest określane tylko na podstawie niewytrawionych płytek).

2. Laboratorium powołuje się w zapisach systemowych, że stosuje znormalizowane metody badawcze a w działalności laboratoryjnej stosuje własne procedury badawcze.

Dyrektor CLOR poprosił o status działań podjętych w stosunku do stwierdzonych niezgodności i spostrzeżeń.

Następnie omawianym zagadnieniem były informacje zwrotne od klientów. W okresie lipiec 2018 – czerwiec 2019 Laboratorium uzyskało od klientów 62 ankiety, z których wynika, że najwyższą notę (100%) laboratorium otrzymało za dotrzymywanie terminów realizacji umów, 74% za fachowość i kompetencje pracowników, również 74% za jakość sprawozdań z badań. Za terminy realizacji usług najwyższą notę dało 50% badanych, a jakość usług i kontakt z laboratorium w trakcie realizacji usług – 45%.

Z ankiet również wynika, że:

63% to wieloletni klienci,

21% zgłosiło się dzięki rekomendacjom innych klientów,

8% stanowi strona internetowa,

8% kursy dla inspektorów OR.

Zestawienie uzyskanych wyników zaprezentowano na wykresie. Nie wniesiono skarg i reklamacji.

Potrzeby szkoleniowe zostały zidentyfikowane na podstawie prognoz i ustaleń z przeglądu zarządzania.

Sporządzono plan szkoleń na 2019 r. jak również opracowano formularz dla szkoleń pozaplanowych.

Zaplanowano 8 szkoleń w tym 2 szkolenia zewnętrzne. Zrealizowano 6 wewnętrznych i 1 zewnętrzne (Krajewska, Milewska).

Odbyło się 11 szkoleń pozaplanowych, w tym 1 zewnętrzne.

Na koniec i części seminarium zaprezentowano najistotniejsze informacje, które umieściło PCA w swoim raporcie, tj.: zespół oceniający pozyskał zaufanie do kompetencji podmiotu w ocenianym obszarze; Laboratorium spełnia wymagania akredytacyjne - pozyskano dowody z oceny uzasadniające dostateczne zaufanie do kompetencji Laboratorium AB-450 w zakresie posiadanej akredytacji; w strukturze Instytutu i Laboratorium nie nastąpiły zmiany, które mogłyby mieć wpływ na wykazaną i potwierdzoną bezstronność i niezależność działalności badawczej; Laboratorium od poprzedniej oceny nie uzyskało wyników niezadowolających czy wątpliwych; Laboratorium planuje i realizuje przedsięwzięcia (wewnętrzne i zewnętrzne), których celem jest zapewnienie jakości wyników przeprowadzanych badań; metody badawcze oferowane klientom i stosowane przez laboratorium są właściwe i pozwalają na osiągnięcie zamierzonego celu badania, a wyniki badań są przydatne do zamierzonego zastosowania przez klientów i inne strony.

Sprawozdanie z seminarium Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych

A. Kudynowska

W dniu 16.03.2020 r. odbyło się seminarium sprawozdawcze pt. "Zapewnienie i utrzymanie systemu jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) dla potrzeb ochrony radiologicznej" – część systemowa.

Temat został zreferowany przez Alicję Kudynowską. W pierwszej kolejności zaprezentowano strukturę laboratorium informując, że w LWPDiR wyodrębnia się następujące funkcje: Kierownik laboratorium, Kierownik do spraw jakości, Kierownik do spraw technicznych. W 2019 r. zlikwidowano funkcję opiekuna stanowiska a opiekę nad wszystkimi stanowiskami sprawuje Kierownik do spraw technicznych.

W odniesieniu do roku poprzedniego, w 2019 r. w LWPDiR, nie było zmian w śród personelu kierowniczego. Funkcję Kierownika laboratorium jak również funkcję Kierownika ds. technicznych pełnił Łukasz Modzelewski a jego zastępcą była Katarzyna Wołoszczuk. Funkcję Kierownika ds. jakości pełniła Alicja Kudynowska. Spośród personelu wzorcującego odeszła z pracy Zuzanna Podgórska a Łukasz Mazur przeszedł z ½ etatu na cały etat.

Zapisy dotyczące personelu potwierdzają kompetencje, przypisaną odpowiedzialność i upoważnienia.

W odniesieniu do zakresu akredytacji poinformowano, że dotychczasowy zakres akredytacji LWPDiR (AP 057) pozostał w wersji niezmienionej. Do dnia 09.10.2019 obowiązywało wydanie nr 15 z dnia 22 sierpnia 2016 r. a od dnia 10.10.2019 r. obowiązuje wydanie nr 16.

Dziedziny akredytacji: promieniowanie jonizujące i radioaktywność (18.01, 18.02, 18.03).

Dokumentacja LWPDiR jest na bieżąco nadzorowana i doskonalona. Całą dokumentację dostosowano do wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 w wyniku czego wydano Przewodnik Po Systemie Zarządzania w miejsce Księgi Jakości, 17 procedur ogólnych, 1 instrukcję ogólną, 6 procedur wzorcowania, 11 instrukcji technicznych.

Przebieg zarządzania odbył się 13.06.2019 r. zgodnie z planem przeglądu zarządzania i procedurą

QPO10. Spotkaniu przewodniczył dyrektor CLOR, dr Paweł Krajewski a uczestniczyli wszyscy pracownicy LWPDiR.

Tematyka przeglądu obejmowała wszystkie elementy systemu zarządzania podane w wymaganiach nowej normy.

W wyniku przeprowadzonego przeglądu m.in. dokonano analizy realizacji celów określonych podczas poprzedniego przeglądu (25.05.2018r.) na rok 2018/2019, w wyniku czego stwierdzono, iż spośród 6 zaplanowanych na ten okres, zrealizowano 4 a z dwóch celów zrezygnowano do odwołania (dot. zakupu stołu do wyznaczania charakterystyki kątovej na stanowisku kalibracyjnym RTG oraz opracowania programu do automatycznego odczytu wartości UNIDOSA – odpowiedzialnym jest Pan B. Kliś.

Przypomniano, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2019/2020) co zaprezentowano na slajdach. Zaplanowano w sumie realizację 6 celów, określono zadania do ich realizacji, wskazano osoby odpowiedzialne za ich realizację i termin zakończenia.

Omówiono również wyniki porównań międzylaboratoryjnych z PTB (z niem. Physikalisches Technische Bundesanstalt), wyniki audytów wewnętrznych, proces realizacji szkoleń oraz proces współpracy z dostawcami towarów i usług.

Dokonano oceny informacji zwrotnych od klientów za okres czerwiec 2018 - maj 2019.

Następnie referująca omówiła wyniki audytów wewnętrznych i zewnętrznych z roku 2019.

1. Audyt wewnętrzny Nr 1/2019 z dnia 30.05.2019 r. - auditor: Katarzyna Wołoszczuk - nie stwierdzono niezgodności i nie odnotowano spostrzeżeń.

2. Audyt wewnętrzny Nr 2/2019 z dnia 31.05.2019 r. - auditor: Katarzyna Wołoszczuk - stwierdzono 1 niezgodność i nie odnotowano spostrzeżeń.

3. Ocena w procesie nadzoru (A-887-2019) została przeprowadzona przez PCA w dniu 25 czerwca 2019 r. - odnotowano 3 niezgodności i 7 spostrzeżeń.

Niezgodności spisane przez PCA były następującej treści:

1. Laboratorium nie zapewnia poprzez

prawnie wiążące zobowiązania, że zarządza wszystkimi informacjami uzyskanymi lub wytworzonymi podczas realizacji działalności laboratoryjnej.

2. Realizacja ustanowionej w Laboratorium

procedury przeglądu zapytań, ofert i umów (Procedura QPO 4 „Współpraca z klientem”) nie zapewnia, że wymagania klienta zostaną spełnione, gdy klient będzie wymagał stwierdzenia zgodności ze specyfikacją lub wymaganiem dotyczącym wzorcowania.

3. Arkusze kalkulacyjne wykorzystywane w laboratorium do analizy zapisów źródłowych, obliczeń poprawki błędu oraz niepewności wyników pomiaru nie są zabezpieczone przed naruszeniem.

Laboratorium wdrożyło odpowiednie korekcje i działania korygujące w stosunku do stwierdzonych niezgodności, których dowody wysłano do PCA.

Zostały wysłane również propozycje działań do spisanych spostrzeżeń, które PCA zaakceptowało.

Zgodnie z kolejnym punktem omówiono informacje zwrotne od klientów.

Laboratorium uzyskało 25 ankiet od klientów i przeprowadziło ich analizę. W zakresie poziomu obsługi Klienta, najwyższą notę LWPDiR otrzymało na za: wiedzę merytoryczną pracowników (100%) i po 96% za profesjonalizm i kompetencje, łatwość kontaktu i dostępność oraz czas reakcji na zapytanie ofertowe.

W procesie realizacji usług najlepiej wypadły: jakość wykonywanych usług (100%), dotrzymanie umowy (96%) również elastyczność w zakresie ustalania warunków współpracy 96%.

Najgorzej wypadła polityka cenowa laboratorium: warunki i sposób płatności (88%),

atrakcyjność cen najwyższej oceniło 76% ankietowanych, stosunek ceny do jakości 72%.

Nie było skarg i reklamacji.

Analiza ankiet z okresu trzech lat została zaprezentowana na wykresach i stwierdzono, że zadowolenie klienta utrzymuje się na stałym poziomie. Potrzeby szkoleniowe zostały zidentyfikowane na podstawie prognoz i ustaleń z przeglądu zarządzania.

Sporządzono plan szkoleń na 2019 r. jak również opracowano formularz dla szkoleń pozaplanowych.

Zaplanowano i zrealizowano 6 szkoleń, w tym 2 zewnętrzne (odbyło się 1 dla 2-ch osób). Odbyło się 9 szkoleń pozaplanowych w tym 5 zewnętrznych.

Na koniec spotkania zapoznano uczestników z oceną Laboratorium przez Polskie Centrum Akredytacji.

Odnotowano iż LWPDiR spełnia wymagania akredytacyjne określone w normie PN-EN ISO/IEC 17025:2018-02 oraz, że pozyskano dowody z oceny uzasadniające dostateczne zaufanie do kompetencji laboratorium AP 057 w obszarze posiadanej akredytacji.

Elementy, które wymagają poprawy w odniesieniu do wymagań akredytacyjnych, zostały wskazane w kartach niezgodności.

Nie pozostawiono spraw nierozstrzygniętych.

Do referowanego tematu padły pytania w odniesieniu do spisanych przez PCA niezgodności, ponieważ budziły one ciekawość z uwagi na fakt, że laboratorium jako jedno z pierwszych miało ocenę na nową normę.

Pani Kudynowska udzieliła wyczerpujących odpowiedzi na zadawane pytania.

Dział Szkolenia i Informacji

Realizacja prac Działu Szkolenia i Informacji CLOR w 2019 r.

P. Lipiński, Z. Samborska-Zajkowska

Dział Szkolenia i Informacji w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej zajmuje się przede wszystkim prowadzeniem szkoleń z zakresu ochrony radiologicznej.

W roku 2019 przeprowadzono ich łącznie 17; w tym 12 szkoleń planowych. Zgodnie z harmonogramem szkoleń zaplanowanych na rok 2019 były to:

- 2 szkolenia dla kandydatów ubiegających się o uzyskanie uprawnień Inspektora Ochrony Radiologicznej (IOR-1Z, IOR-1R, IOR-1, IOR-3),
- 6 szkoleń dla osób aktualizujących wiedzę IOR
- 4 szkolenia dla operatorów akceleratorów oraz urzędzeń do brachyterapii ze źródłami promieniotwórczymi.

Pozostałych 5 szkoleń było zrealizowanych na zamówienie dla podmiotów zewnętrznych m.in. dla Instytutu Biochemii i Biofizyki PAN (IBB) i Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Sumarycznie wydano 314 zaświadczenia dla uczestników o ukończeniu wyżej wymienionych kursów.

Oprócz działalności szkoleniowej w 2019 roku dział sprawował opiekę nad zakładowym archiwum jak i nadzorem nad działaniami biblioteki CLOR; zostało opracowane i przekazane do GUS coroczne sprawozdanie biblioteki K-03, ukończono również generalny remont i przeprowadzono gruntowną inwentaryzację zbiorów bibliotecznych, zbierane były również eksponaty do tworzonej „izby pamięci CLOR”.

Prowadzona była również działalność informacyjna zarówno względem pytań od potencjalnych klientów o możliwości usługowe Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (m.in. oferty badań jakie CLOR oferuje). Jak i w związku z wejściem w życie nowej ustawy o Prawie Atomowym wielokrotnie udzielano informacji telefonicznych związanych z wprowadzonymi zmianami.

Dział Szkolenia i Informacji CLOR w 2019 roku prowadził również sekretariat 246 KT ds. Ochrony radiologicznej oraz zajmował się koordynacją działań CLOR w zakresie opracowywania i opiniowania norm a także przepisów krajowych i międzynarodowych

SPIS PUBLIKACJI CLOR w 2018 r.

Punktowane wydawnictwa zagraniczne

1. Cebulska-Wasilewska, M. Krzysiek, G. Krajewska, A. Stępień, P. Krajewski, Influence Of Low Iodine-131 Doses On Susceptibility To Ionizing Radiation And Biomarkers Of Health Risk, RAD Association Journal (kwiecień 2018), <https://doi.org/10.21175/RadJ.2018.01.003>
2. Dobrzyńska, M., Pachocki, K., Owczarska, K. ; DNA strand breaks in peripheral blood leucocytes of Polish blood donors, Mutagenesis, Volume 33, Issue 1, January 2018, Pages 69–76, <https://doi.org/10.1093/mutage/gex024>
3. Eriksson, M., Ikaheimonen, T., Jakobson, E., Nielsen, S. P., Kämäräinen, M., Lüning, M., Aust, M.-O., Osvath, L., Schmied, S., Vilimaite-Silobritiene, B., Suplinska, M., Zalewska, T., & Vartti, V-P. (2018). Thematic Assessment of Radioactive Substances in the Baltic Sea, 2011-2015. Helsinki Commission. Baltic Marine Environment Protection Commission. Baltic Sea Environment Proceedings, No. 151 (monografia)
4. O. Masson*, G. Steinhauser, H. Wershofen, J. W. Mietelski, H. W. Fischer, L. Pourcelot, O. Sau nier, J. Bieringer, T. Steinkopff, M. Hýža, B. Møller, T. W. Bowyer, E. Dalaka, A. Dalheimer, A. de Vismes-Ott, K. Eleftheriadis, M. Forte, C. Gasco Leonarte, K. Gorzkiewicz, Z. Homoki, K. Isajenko, T. Karhunen, C. Katzberger, R. Kierepko, J. Kövendingé Kónyi, H. Malá, J. Nikolic, P. P. Povinec, M. Rajacic, W. Ringer, P. Rulík, R. Rusconi, G. Sáfrány, I. Sykora, D. Todorović, J. Tschiersch, K. Ungar, and B. Zorko, Potential Source Apportionment and Meteorological Conditions Involved in Airborne ¹³¹I Detections in January/February 2017 in Europe, Environ. Sci. Technol. 2018, 52, 15, 8488–8500, July 6, 2018, <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b01810>
5. Stonecka, K. Łukasik, K. W. Fornalski, "Analytical and quasi-Bayesian methods as development of the iterative approach for mixed radiation biodosimetry", Radiation and Radiation and Environmental Biophysics (2018) 57:195–203, <https://doi.org/10.1007/s00411-018-0745-6>
6. Stonecka, K. Łukasik, K. W. Fornalski, "Simplified Bayesian method: application in cytogenetic biological dosimetry of mixed n + γ radiation fields", Radiation and Radiation and Environmental Biophysics (2018) 57:195–203, <https://doi.org/10.1007/s00411-018-0745-6>
7. Szewczak, K., Iwona Stonecka, I., Wołoszczuk, K., Podgórska, Z., Modzelewski, Ł., Calibration factor fluctuation for radiological protection instruments used in Nuclear Medicine Departments — experience from CLOR, Nucl. Med. Rev 2018;21(1):37-41, <https://doi.org/10.5603/NMR.a2018.0009>
8. K. Wołoszczuk, K. Skubacz, Z. Podgórska, Changes in Polish law related to the implementation of COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013, E3S Web of Conferences (styczeń 2018),

Punktowane wydawnictwa polskie

1. Zmyślony, M., Nowosielska, E.M., Pachocki, K., Sobiczewska, E. (red. nauk.); Nowe uregulowania w ochronie przed polami elektromagnetycznymi i promieniowaniem jonizującym, WAT, Warszawa 2018, (monografia) ISBN 978-83-7938-196-8
2. P. Krajewski, Fakty i mity radiologicznej ochrony, PRZEGLĄD TECHNICZNY (gazeta inżynierska), , 2-3/2018, ISSN 0137-8783, e-ISSN 1689-1724,
3. P. Krajewski, Zasady tworzenia sieci monitoringu wokół obiektu jądrowego (cz.III). Czułość sieci monitoringu, PRZEGLĄD TECHNICZNY (gazeta inżynierska), , 2-3/2018, ISSN 0137-8783, e-ISSN 1689-1724,
4. Powojaska, A., I. Stonecka, K.W. Fornalski, "The Monte Carlo Method of Mixed Radiation Field Dose Assessment in the Cytogenetic Biodosimetry", Acta Physica Polonica A, 2018

Wystąpienia na Konferencjach Międzynarodowych

1. P. Krajewski, G. Krajewska, (komunikat ustny), Main new features of CLRP code towards integrated approach for Assessing Radiation Doses and Risks to Humans and Biota, Third Technical Meeting (TM) on the IAEA's Programme on Development, Testing and Harmonization of MODels and DATA for Radiological Impact Assessment (MODARIA II), IAEA, Vienna, from 22 to 25 October 2018

-
2. D. Richter, I. Słonecka, S. Schischke, K. Dornich, *myOSL – a new series of portable and stationary equipment for OSL-dosimetry based on BeO*, 5th European IRPA Congress, 4-8.06.18, Hague, Netherlands, Plakat
 3. D. Richter, I. Słonecka, S. Schischke, K. Dornich, *myOSL – a new series of portable and stationary equipment for OSL-dosimetry based on BeO*, 5th European IRPA Congress, 4-8.06.18, Hague, Netherlands, Plakat
 4. Z. Baranowska, I. Słonecka, K. Wołoszczuk, *Methodology of personal dose estimation in mixed beta and gamma radiation field using thermoluminescent dosimeters*, Six International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research, 15 – 22.06, 2018, Ohrid, Macedonia (plakat)
 5. K. Wołoszczuk, K. Skubacz, *Particle size distribution of the radon progeny and ambient aerosols in the Underground Tourist Route "Liczyrzepa" Mine in Kowary Adit*, E3S Web of Conferences (styczeń 2018),
 6. K. Wołoszczuk, K. Skubacz, Z. Podgórska, *Changes in Polish law related to the implementation of COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013*, E3S Web of Conferences (styczeń 2018),

Wystąpienia na konferencjach krajowych

1. P. Krajewski, (wykład plenarny), *EWOLUCJA NORM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ- HISTORIA i REKOMENDACJE ICRP 1925-2018*, SEMINARIUM POŚWIĘCONE WYBRANYM ZAGADNIENIOM FIZYKI MEDYCZNEJ, WF UW, 27 czerwca 2018 r.
2. P. Krajewski, *Central Laboratory for Radiological Protection-activities to enhance technical and scientific competences in radiation safety*, Meeting on Emergency Preparedness and Environmental Monitoring with Nuclear Smuggling Detection and Deterrence Technology Systems, CLOR, 12 lipca 2018

SPIS PUBLIKACJI CLOR w 2019 r.

Punktowane wydawnictwa zagraniczne

1. M. Isakssona, D. Broggio, P. Fojtík, A. Laure Lebacqz, J. F. Navarro Amaro, J. Oško, B. Pérez López, I. Vu, P. Battisti, J. Börjesson, M. Carlsson, C. Maria Castellani, M. Gårdestig, P. Hill, G. Krajewska, G. Lünendonk, O. Meisenberg, M. Stenström, S. El Mantani Ordoulidis „Assessing ¹³¹I in thyroid by non-spectroscopic instruments - a European intercomparison exercise” *Radiation Measurements, Volume 128, September 2019, 106115*, <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2019.04.018>
2. K. Skubacz, K. Wołoszczuk, “Size distribution of ambient and radioactive aerosols formed by the short-lived radon progeny” *Journal of Sustainable Mining, Volume 18, Issue 2, May 2019, Pages 61-66*, <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2019.03.006>
3. K. Isajenko, „Airborne concentrations and chemical considerations of radioactive ruthenium from an undeclared major nuclear release in 2017” , “*Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*” (PNAS)
4. A. Łukaszek-Chmielewska, M. Girard, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, K. Isajenko, O. Stawarz, R. Godlewski, „Radioactivity of waste materials coming from the largest power plants in Poland”; *E3S Web of Conferences 100, 00051 (2019)*, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000051>, 10.06.2019
5. A. Łukaszek-Chmielewska, M. Girard, O. Stawarz, B. Piotrowska, K. Wojtkowski, K. Isajenko, „Measurements of natural radioactivity in soil samples collected in the Kampinoski National Park”; *E3S Web of Conferences 100, 00052 (2019)*, <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201910000052>, 10.06.2019
6. Saniewski, T. Zalewska, M. Suplińska, L. Falkowska, A. Grajewska, ¹³⁷Cs and ⁴⁰K in gray seals *Halichoerus grypus* in the southern Baltic Sea M., *Environmental Science and Pollution Research, April 2019*, <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05145-7>
7. K. Szewczak, S. Jednoróg, K. Wołoszczuk, R. Szlązak, Z. Zuzanna Podgórska, A. Rafalska-Przysucha, Ł. Gluba, M. Łukowski “Impact of Soil Incorporation of Biochar on Environmental Radioactivity” *Journal of Environmental Radioactivity*. <https://doi: 10.1002/jeq2.20014>

Punktowane wydawnictwa polskie

1. R. Dąbrowski, K. Wołoszczuk “Pomiary testowe nowych stacji TDPMS3 przeznaczonych do pracy w sieci wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych” PTJ vol. 61,
2. Ł. Modzelewski, Z. Baranowska, S. Jednoróg, K. Wołoszczuk, P. Krajewski, E. Łaszyńska, K. Szewczak „Metrologia neutronów cz.1” *Przegląd Techniczny*
3. Ł. Modzelewski, Z. Baranowska, S. Jednoróg, K. Wołoszczuk, P. Krajewski, E. Łaszyńska, K. Szewczak „Metrologia neutronów cz.2” *Przegląd Techniczny*
4. Ł. Modzelewski, Z. Baranowska, S. Jednoróg, K. Wołoszczuk, P. Krajewski, E. Łaszyńska, K. Szewczak „Metrologia neutronów cz.3” *Przegląd Techniczny*

Wystąpienia na Konferencjach Międzynarodowych

1. Fulara, A, Wasilewska, M., Adamczyk, A., Determination of radiological parameters (h-3) of drinking water in Poland in 2010-2015, *The First Tritium School, Slovenia, Ljubljana, 25-28 March 2019*
2. Suplińska, M. Radioactive contaminations of bottom sediments and fish in the southern Baltic Sea, 2018, *Meeting of Expert Group for Monitoring of Radioactive Substances in the Baltic Sea (HELCOM MORS-EG 9-2019 3-5), Roskilde, Denmark, 21-23 May 2019*

Wystąpienia na konferencjach krajowych

1. Karol Wojtkowski, Małgorzata Wojtkowska, Krzysztof Pachocki, Krzysztof Isajenko, Agnieszka Fulara, Promieniowanie Gamma, *XI Interdyscyplinarna Konferencja Naukowa TYGIEL 2019 „Interdyscyplinarność kluczem do rozwoju” Lublin, 23-24 marca 2019*
2. M. Kardaś, A.Fulara M. Suplińska, B Rubel, K.Pachocki, E.Starościak Zawartość izotopów promieniotwórczych w wodach i osadach dennych polskich jezior w latach 2016-2018, *XVIII Zjazd PTBR, 16-19 września 2019 Kielce (Plakat – nagrodzony)*
3. B. Rubel, M. Kardaś, M. Suplińska, Ocena wchłonięć ¹³⁷Cs i ⁹⁰Sr z żywnością przez mieszkańców Warszawy w latach 2004-2018 , *XVIII Zjazd PTBR, 16-19 września 2019 Kielce Plakat*
4. A. Fulara, M. Kardaś, Oznaczanie stężenia promieniotwórczego trytu w wodach przeznaczonych do spożycia przez ludzi w aglomeracjach miejskich. *XVIII Zjazd PTBR, 16-19 września 2019 Kielce Plakat*

-
5. M. Suplińska, M. Kardaś, T. Zalewska, M. Saniewski. Pluton-239+240 w algach morskich i osadach dennych południowego Bałtyku., *XVIII Zjazd PTBR Kielce, 16-19 września 2019 Plakat*
 6. P. Krajewski, G. Krajewska, Ochrona radiologiczna organizmów żywych fauny i flory – program Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej MODARIA II (2016 – 2020), *XVIII Zjazd PTBR, Kielce, 19 września 2019, wykład plenarny*
 7. P. Krajewski, G. Krajewska, EWOLUCJA NORM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ - HISTORIA i REKOMENDACJE ICRP 1925-2018, *Seminarium Komitetu Energetyki Jądrowej, Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Stowarzyszenia Ekologów na Rzecz Energii Nuklearnej, Sekcji Energetyki Jądrowej, Polskiego Towarzystwa Nukleonicznego.*

Przedmiotem niniejszej recenzji jest działalność **Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej** w okresie 2018-2019 prezentowana w raporcie dwurocznym.

Część ogólna

W omawianym okresie dyrektorem Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) był dr Paweł Krajewski, zastępcą dyrektora mgr inż. Paweł Lipiński, przewodniczącym Rady Naukowej prof. dr hab. Andrzej G. Chmielewski. Niezmieniona pozostawała struktura organizacyjna, na którą składały się Zakład Higieny Radiacyjnej, Zakład Dozymetrii i Zakład Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych. Zastępcy Dyrektora CLOR podlegał Dział Szkolenia i Informacji oraz Zespół Prewencji i Służby Dozymetrycznej. W strukturze organizacyjnej CLOR wyodrębnione były również dwa samodzielne stanowiska ds. kadrowych i prawnych oraz trzech pełnomocników ds. ochrony radiologicznej, obrony cywilnej i wojskowości oraz rzecznik prasowy. W strukturze organizacyjnej CLOR pozostawał Główny Księgowy i podlegający mu dział finansowo księgowy oraz wyodrębniony dział administracyjny.

CLOR powstał w 1957 z misją prowadzenie prac operacyjnych i badawczo-rozwojowych związanych z bezpieczeństwem radiacyjnym kraju.

Od tego czasu zmieniały się formacje polityczne. Powstawały nowe państwa. Inne znikły z mapy świata. Zmieniała się równowaga sił. Wybuchaly wojny, światowe pandemie. Nienawiść religijna wykreowała światowy terroryzm, który jądrowym orężem może zagrozić całemu światu. Rozpoczęła się eksploracja Marsa. W Polsce zmienił się ustrój polityczny.

CLOR nie zmienił swojej misji ani nazwy. Od momentu powstania niezmiennie sprawuje krajowy monitoring skażeń promieniotwórczych środowiska: powietrza, gleby, wód powierzchniowych oraz osadów dennych rzek i jezior, Morza Bałtyckiego, fauny i flory. Na tej podstawie wykonuje specjalistyczne ekspertyzy. Dotyczą one narażenia radiacyjnego środowiska i ludności. CLOR wykonuje monitoring radiacyjny środowiska pracy w tych miejscach gdzie występuje narażenie na promieniowanie jonizujące. Dotyczy to zastosowania promieniowania w medycynie i przemyśle. CLOR dokonuje oceny narażenia radiacyjnego w warunkach nagłych, wielkoskalowych uwolnień substancji promieniotwórczych w wyniku awarii obiektów jądrowych i jest gotowy zanalizować i ocenić skutki ataków terrorystycznych powodujących powstanie środowiska radiacyjnego. CLOR monitoruje uwolnienia technologiczne substancji promieniotwórczych rozciągnięte w czasie, pochodzące z obiektów jądrowych.

CLOR jest najlepiej ze wszystkich instytucji w kraju przygotowany na powstanie w Polsce energetyki jądrowej. Prowadzi badania lokalizacyjne i monitoruje poziomy naturalnego tła promieniotwórczego oraz skutki narażenia ludności i środowiska na radionuklidy naturalne i pochodzenia sztucznego i tym samym tworzy poziomy odniesienia na długo przed pojawieniem się obiektów energetyki jądrowej.

CLOR zdał celująco egzamin z urynkowania gospodarki. Dzięki nowatorskiemu zarządzaniu, unikalnej aparaturze, wysoko wyspecjalizowanej kadrze naukowo badawczej, posiadaniu akredytacji na unikatowe procedury wygrywa przetargi i zdobywa środki na dalsze badania, nowszą aparaturę i lepsze procedury.

Młodzi ludzie, często studenci ubiegają się o miejsca pracy w CLOR. Piszą prace dyplomowe i odbywają praktyki. Zasilają szeregi krajowych specjalistów z dziedziny ochrony radiologicznej, ochrony środowiska, fizyki medycznej. Po zdobyciu doświadczenia w dziedzinie metrologii promieniowania z powodzeniem pracują w przodujących ośrodkach światowych takich jak choćby IAEA (ang.: International Atomic Energy Agency, Wiena, Austria) czy NPL (National Physical Laboratory, Teddington, UK).

Największym bogactwem CLOR jest jego kadra naukowo badawcza, inżynierska i techniczna. Dla wielu z nich to nie tylko praca ale również, posłannictwo i życiowa pasja. Ich dziełem są tysiące próbek z oznaczonym poziomem radionuklidów, tysiące wzorcowanych przyrządów dozymetrycznych i radiometrycznych, setki ekspertyz, tysiące odczytanych dozymetrów indywidualnych, dziesiątki artykułów w czasopiśmie międzynarodowych posiadających IF (ang.: impact Factor) Czerdzieści milionów Polaków, może spokojnie funkcjonować wiedząc, że wszechobecna we współczesnym życiu radiacja pozostaje pod kontrolą.

Zakład Higieny Radiacyjnej (ZHR) w ocenianym okresie kierowany był przez p. dr Małgorzatę Kardaś. Wyodrębnione w strukturze organizacyjnej ZHR Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (LARIŚ) posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji. LARIŚ w omawianym okresie wykonało 8500 pomiarów spektrometrycznych i radiochemicznych. Jest to imponujący wynik zważywszy, że pomiarom tym towarzyszy ich analizowanie i dalsza ocena sytuacji radiacyjnej i narażenia. Każdy z tych pomiarów poprzedzony jest doбором należytej procedury badawczej, doskonalonej

latami i skrupulatnie i wnikliwie ocenianej. Każdy wynik pomiaru rozpoczyna aktywność intelektualną pracowników ZHR. Wynikiem tej aktywności są rozległe ekspertyzy, miarodajne raporty, sprawozdania do Ministerstw, Inspektoratów, Agencji, publikacje w czasopismach o międzynarodowej renomie wystąpienia konferencyjne. ZHR sprawuje nadzór merytoryczny nad dziesiątkami Laboratoriów krajowych oznaczających stężenia radionuklidów w wielu komponentach środowiska.

Zakład Higieny Radiacyjnej prowadzi skutecznie prace badawczo rozwojowe i usługowe z dziedziny higieny radiacyjnej na tej podstawie wnioskuje o stanie Ochrony Radiologicznej, co jest elementem monitoringu radiacyjnego środowiska zarówno lądowego jak i morskiego. Będąc ekspertem w dziedzinie oznaczania radiochemicznego, spektrometrycznego radionuklidów ZHR opracowuje metodologie oznaczeń radionuklidów, propaguje je wśród innych laboratoriów działających na terenie Polski i nadzoruje jakość wdrożonych procedur. ZHR sam uczestniczy w krajowych i międzynarodowych porównaniach między-laboratoryjnych, skutecznie zalicza te porównania i dzięki temu jest organizatorem takich testów dla laboratoriów krajowych.

Stosowane metodologie obejmują spektrometrię promieniowania gamma i alfa z zastosowaniem detektorów półprzewodnikowych, pomiary całkowitej aktywności emiterów promieniowania alfa i beta metodami radiochemicznymi, scyntygraficznymi i kombinowanymi, szacowanie dawki efektywnej dla ludności narażonej na wnikanie ww. radionuklidów do organizmu z pożywieniem i pitną wodą.

Na szczególną uwagę, moim zdaniem, należą prace obejmującą pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, realizowane w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego

ZHR prowadzi oznaczania transuranowców: izotopów uranu i izotopów plutonu, pierwiastków promieniotwórczych należących do naturalnych szeregów promieniotwórczych, pierwiastków sztucznych będących produktami rozszczepienia jąder uranu: ^{90}Sr i ^{137}Cs we wszystkich istotnych składowych środowiska. Prowadzi oznaczenia trytu.

ZHR zajmuje się higieną radiacyjną ludności aglomeracji miejskich m.in. takich jak Warszawa w związku ze spożywaniem radionuklidów z dietą i wodą pitną pochodzącą z wodociągów miejskich oraz wód butelkowanych

ZHR prowadzi prace mające na celu oszacowanie narażenia radiacyjnego środowiska i ludności wokół Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie oraz Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

ZHR posiada olbrzymi potencjał aparaturowy i intelektualny w postaci pracowników posiadających stopnie naukowe. Potencjał ten należy wykorzystywać poprzez zwiększenie nacisku na publikacje zwłaszcza w renomowanych czasopismach międzynarodowych posiadających wysoki IF. Potencjał ten należy poszerzać poprzez zachęcanie pracowników do zdobywania kolejnych umiejętności i kolejnych stopni naukowych

Zakład Dozymetrii (ZD) w omawianym okresie był kierowany przez p. mgr inż. Krzysztofa Isajenkę. W strukturze ZD funkcjonuje akredytowane Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej. Posiada ono akredytację na pomiary promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych oraz odpadów przemysłowych wykorzystywanych w budownictwie.

ZD zajmuje się przede wszystkim spektrometrią promieniowania gamma głównie przy zastosowaniu detektorów półprzewodnikowych i scyntylicyjnych. Metodą tą monitorowane są gleby, surowce i materiały budowlane, powietrze, monitorowane jest otoczenia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie i Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

Moim zdaniem na najwyższą notę zasługują jednak prace wykonywane ramach radiologicznego monitoringu przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego. CLOR jest właścicielem sieci stacji ASS-500, które w systemie 24/7 tworzą sieć wczesnego ostrzegania o skażeniach promieniotwórczych. ZD nadzoruje pracę tej sieć. Stacje pobierają z powietrza zanieczyszczenia na filtry, które wymieniane są raz na tydzień a następnie mierzone są w laboratorium. Zastosowane metody pozwalają rejestrować zanieczyszczenia powietrza pierwiastkami gamma promieniotwórczymi na poziomie ułamków $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Na podstawie tych pomiarów szacowane są dawki efektywne, jakie otrzymują mieszkańcy Polski od wchłoneń radionuklidów drogą oddechową. Monitoring przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego jest pracą wykonywaną na zlecenie i finansowaną przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki. W ramach tej działalności ZD prowadzi lub współuczestniczy w pomiarach zawartości jodu promieniotwórczego i promieniotwórczych gazów szlachetnych w powietrzu.

ZD sprawuje w szerokim zakresie monitoring radiacyjny Kampinoskiego Parku Narodowego i Poleskiego Parku Narodowego.

LPPN poza działalnością statutową pełni niezwykle odpowiedzialną funkcję wykonywania wzorców kalibracyjnych ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Th dla innych laboratoriów. Pracownicy ZD sprawują nadzór merytoryczny nad siecią laboratoriów wykonujących pomiary radioaktywności naturalnej surowców i materiałów budowlanych.

Jedna osoba z ZD ma zaawansowane postępowanie o nadanie tytułu doktora nauk co jest godne podkreślenia.

Kierownictwo ZD powinno położyć nacisk na publikowanie rezultatów badań w czasopismach o wysokim IF.

Kierownik i personel ZD powinni dołożyć wszelkich starań aby Niskotłowe Laboratorium Pomiarów Spektrometrycznych drugie strukturalne laboratorium należące do ZD poddało się stosownej walidacji w celu otrzymania akredytacji PCA.

W kolejnym raporcie należy zamieścić opis metodologii oznaczania spektrometrycznego ^{226}Ra w próbkach środowiskowych oraz unikać prezentowania tabel z danymi biologiczno dozymetrycznymi zaczerpniętymi z innych wydawnictw.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania (ZKDiW) tworzą dwie pracownie: Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych (PDIŚ) oraz Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR). W opiniowanym okresie ZKDiW był kierowany przez p. mgr inż. Katarzynę Wołoszczuk. Kontrola dawek indywidualnych oraz wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych są, od początku istnienia CLOR, kamieniami milowymi wyznaczającymi jego misję na rzecz bezpieczeństwa radiologicznego ludzi i środowiska w Polsce.

W chwili obecnej ZKDiW prowadzi prace badawczo rozwojowe oraz świadczy usług w zakresie: dozymetrii indywidualnej, wzorcowania przyrządów dozymetrycznych i radonowych, ekspozycji detektorów pasywnych wzorcowymi wartościami dawki a detektorów radonowych wzorcowymi stężeniami aktywności radonu w powietrzu, pomiaru radonu w wodzie metodą emanometrii i ciekłej scyntylacji oraz pomiaru stężenia aktywności radonu w powietrzu w miejscach pracy i budynkach mieszkalnych.

Na szczególne podkreślenie należy misja pomiarów jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka. Badania te wykonywane są wśród personelu medycznego zawodowo narażonego na wdychanie ^{131}I i $^{99\text{m}}\text{Tc}$ podczas diagnostyki i radioterapii pacjentów ze schorzeniami narządu tarczycy.

W ramach rozwoju naukowego pracownicy ZKDiW realizują badania na poziomie prac doktorskich oraz studiów podyplomowych, magisterskich i inżynierskich. Jeden z pracowników ZKDiW ma daleko zaawansowane postępowanie o nadanie tytułu doktora nauk. Pracownicy ZKDiW prowadzą wykłady, seminaria i zajęcia laboratoryjne dla studentów w zakresie dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że pracownicy ZKDiW publikują swe prace w takich czasopismach jak: Radiation Protection Dosimetry, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Nukleonika, Central European Journal of Physics czy Physica Scripta. Aktywność tą należy poszerzać!

Pracownicy ZKDiW aktywnie uczestniczą w pracach Centrum Radonowego, Women in Nuclear Polska, EURADOS (ang.: European Radiation Dosimetry Group) OECD (ang.: The Organisation for Economic Co-operation and Development) NEA (ang.: Nuclear Energy Agency). W ramach badawczej współpracy międzynarodowej w ZKDiW realizowane są prace w ramach projektów EURAMET- Preparedness oraz MetroRadon.

LWPDiR będące częścią ZKDiW posiadająca status laboratorium wzorcującego. Wzorcowania wykonywane w LWPDiR obejmują promieniowania gamma, beta, RTG, neutronowe, skażenia promieniotwórcze oraz stężenia radonu. Aparatura badawcza umożliwia wykonywanie ekspozycji z precyzją wartości wzorcowych na poziomie 4 %. W opiniowanym okresie w LWPDiR zrealizowano ponad 2 000 kalibracji przyrządów dozymetrycznych.

Kolejną dziedziną zasługującą na szczególne wyróżnienie jest działalność związana z wzorcowaniem urządzeń mierzących stężenia radonu. LWPDiR posługuje się w pracach badawczych i usługowych komorą radonową, na które składa się między innymi układ RPPSS (ang.: Radon Progeny Particle Size Spectrometer) – jedyna tego typu aparatura w Europie oraz jedna z dwóch na świecie.

W ramach PDIŚ funkcjonują stanowiska dedykowane ocenie dawek indywidualnych. Są to stanowisko do odczytu dawkomierzy TLD, wspomniane na wstępie stanowisko pomiaru jodu w tarczycy, stanowisko pomiarów stężenia radonu w wodzie oraz stanowisko pomiarów stężenia radonu w powietrzu.

Badania prowadzone w ZKDiW mają istotny wpływ na obecny oraz przyszły stan ochrony radiologicznej oraz bezpieczeństwa jądrowego Polski.

Kierownictwo ZKDiW powinno dołożyć daleko idących starań aby kolejni pracownicy rozpoczynali procedury związane ze zdobywaniem stopni naukowych i tytułów zawodowych.

Dział Szkolenia i Informacji Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej zajmuje się raportowaniem ogólnej sytuacji radiologicznej w kraju oraz prowadzeniem szkoleń z ochrony radiologicznej.

Z danych przedstawionych w raporcie rocznym za 2018 rok wynika, że oszacowana na podstawie pomiarów własnych jak i analiz i oszacowań roczna dawka efektywna jaką otrzymuje ludność Polski od promieniowania jonizującego pochodzącego od źródeł naturalnych i pochodzenia sztucznego jest na podobnym poziomie jak w wielu innych krajach europejskich i pozostaje na poziomie porównywalnym z poprzednimi latami. Na dawkę efektywną wpływa promieniowanie kosmiczne oraz pochodzące od radionuklidów naturalnych oraz emitowane ze źródeł sztucznych radionuklidów powstałych w wyniku działalności ludzkiej.

Średnia roczna dawka efektywna od źródeł naturalnych i sztucznych, oceniona została w 2018 roku na 3,6 mSv na statystycznego mieszkańca Polski. Od radionuklidów naturalnych pochodzi 2,45 mSv (68,7%) i czego 1,2 mSv (33,7%) pochodzi od radonu. Reszta pochodzi z promieniowania kosmicznego: 0,39 mSv (10,9%).

Dawka ze źródeł pochodzenia sztucznego wynosi 1,114 mSv, (tj. 31,3% średniej rocznej dawki efektywnej), przy czym największy udział w tej dawce powoduje promieniowanie jonizujące stosowane w diagnostyce medycznej (1,1 mSv lub 30,9%).v Na podstawie badań przeprowadzonych przez CLOR wynika więc, że dawka pochodząca ze źródeł sztucznych, bez zastosowań medycznych wyniosła 0,012 mSv co stanowi niewielki odsetek wartości granicznej wynoszącej 1 mSv na rok.

W roku 2018 zostało przeprowadzonych szereg szkoleń dla kandydatów ubiegających się o uzyskanie uprawnień Inspektora Ochrony Radiologicznej (IOR-1Z, IOR-1R, IOR-1, IOR-3), aktualizujących wiedzę, szkolenia stanowiskowe dla operatorów akceleratorów oraz urządzeń do brachyterapii ze źródłami promieniotwórczymi.

Dział Szkolenia i Informacji zajmował się opracowywaniem programów szkoleń i przygotowaniem materiałów dydaktycznych, prowadzeniem archiwum i biblioteki, prowadzeniem działalności wydawniczej, koordynacją działań w zakresie opracowywania i opiniowania norm i przepisów krajowych i międzynarodowych, popularyzacją nauki (m.in. organizacja wycieczek edukacyjnych po CLOR, udział w piknikach naukowych i pokazach).

W roku 2019 Dział Szkoleń i Informacji kontynuował swoje zadania statutowe w wymiarze podobnym do 2018. Dodatkowo odbyło się 17 szkoleń między innymi z ochrony radiologicznej, kurs na inspektora ochrony radiologicznej oraz dla operatorów typu A-A, S-A, S-Z.

Podsumowanie .

Dorobek merytoryczny CLOR, w opiniowanym okresie jest imponujący. Jest to olbrzymia ilość danych radiometrycznych przekładana za pomocą modeli dozymetryczno-biologicznych na jednoliczbowe estymaty jakimi są dawki.

Znamienita część pomiarów radiometrycznych wykonywana jest w akredytowanych laboratoriach podlegających bezustannemu, rygorystycznemu sprawdzaniu poprzez jednostki akredytujące i należy zadbać o to aby wszystkie laboratoria badawcze posiadały akredytację. Dla statystycznego Polaka oznacza to, że pomiarów radiometrycznych nie można już robić lepiej.

A jednak CLOR wciąż wprowadza innowację, nowe techniki pomiarowe, i posiada najnowocześniejszą unikatową w skali całego świata aparaturę (np. Komorą Radonową). Oznacza to, że to CLOR jest wyznacznikiem nowoczesności i to do standardów opracowanych przez CLOR należy równać.

To CLOR jest najlepiej przygotowaną instytucją w kraju, do upowszechnienia programu energetyki jądrowej.

Należy zadbać aby najwyżej ocenione w niniejszej recenzji kierunki badawcze jak: badanie radiometryczne ekosystemu Morza Bałtyckiego, badanie zawartości radionuklidów w tarczycy, analiza narażenia na radionuklidy wdychane z powietrzem atmosferycznym, badania radonowe znalazły odzwierciedlenie w publikacjach w renomowanych czasopismach naukowych.

Należy zadbać aby większość oznaczeń radiometrycznych i ocen sytuacji radiologicznej jak choćby wykonane skrupulatnie oceny sytuacji radiacyjnej w Kampinoskim Parku Narodowym oraz Poleskim Parku Narodowym ale również nowatorskie metody opisywać w branżowym czasopiśmiennictwie.

Należy zadbać o to aby proces zdobywania kolejnych stopni naukowych był permanentny. Dotyczy to zarówno personelu kierowniczego CLOR w tym Kierowników Zakładów i Laboratoriów jak i szeregowych pracowników. W kolejnych raportach CLOR, należy unikać prezentowania tabel współczynników biologiczno dozymetrycznych, jak miało to miejsce w przypadku szacowania narażenia radiacyjnego w wyniku wchłonięć radionuklidów drogą oddechową. Konieczne jest również, rozpropagowanie prawidłowego, zgodnego z normą branżowa nazewnictwa związanego z fizyką jądrową i ochroną radiologiczną.

Moim zdaniem, w kolejnych emisjach raportów rocznych należy wprowadzić recenzowanie przez recenzentów zewnętrznych. Sprawozdania z badań permanentnych powinny być ograniczone to prezentowania aktualizacji. Sprawozdania z nowo realizowanych projektów powinny być prezentowane w postaci umożliwiającej ich publikację w czasopismach naukowych.

Gratuluje wszystkim pracownikom CLOR wysokiego poziomu ich prac, gratuluje Dyrektorowi CLOR, dr Pawłowi Krajewskiemu wspaniałej Załogi.

Dr hab. inż. Sławomir Jednoróg

profesor Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej

