



Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej



**RAPORT ROCZNY 2017
ANNUAL REPORT 2017**

Redaktor naukowy / Scientific editor

Dr Paweł Krajewski

Recenzent / Reviewer

Prof. Dr hab. Jan Pluta

Redakcja techniczna / Technical editors

Mgr inż. Iwona Słonecka

Mgr Zuzanna Samborska-Zajkowska

© Copyright by Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2018

All rights reserved

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Central Laboratory for Radiological Protection

Konwaliowa 7, 03-194 Warszawa

RAPORT CLOR Nr 159

ISBN 978-83-947765-3-4

RAPORT ROCZNY CLOR 2017



Warszawa, 2018

PRZEDMOWA	3
ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ	9
Zakład Higieny Radiacyjnej w 2017 roku	11
Oznaczanie trytu związanego organicznie (OBT) w próbkach biologicznych	14
Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w latach 2016-2019	15
Określenie zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w rybach słodkowodnych z rejonu polski północnej jako poziomu wyjściowego skażeń środowiska wodnego przed uruchomieniem polskich elektrowni atomowych	17
Oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach pożywienia	19
Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr przez placówki podstawowe prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju	21
Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w wodach ze studni oligoceńskich w Warszawie	23
Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{90}Sr oraz ^{134}Cs i ^{137}Cs i ^{40}K w wodach ze studni oligoceńskich w Warszawie	24
Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego	25
Adaptacja do warunków polskich modelu PCXMC szacowania dawek promieniowania otrzymywanych przez pacjentów w rentgenodiagnostyce	27
Utrzymanie systemu zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych	29
ZAKŁAD DOZYMETRII	31
Zakład Dozymetrii w 2017 roku	33
Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500 (rok 2017)	36
Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska ZADANIE 3: Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie	38
Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2017	40
Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różaniu oraz wokół Ośrodka w Świerku	43
Ocena sytuacji radiacyjnej na terenie Kampinoskiego Parku Narodowego na podstawie badania próbek gleby	46
Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku w latach 2015-2017	48
Utrzymanie akredytacji w Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie określania stężeń promieniotwórczych radu ^{226}Ra , toru ^{228}Th i potasu ^{40}K w surowcach i materiałach budowlanych	51
ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA	53
Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania w 2017 roku	55
Rozwój metod i modeli do oceny ryzyka radioekologicznego w ramach międzynarodowego programu MAEA MODARIA II (2016-2020)	58
Utrzymanie gotowości laboratorium monitoringu jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy	61
Sprawozdanie z seminarium Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych	63
Sprawozdanie z seminarium Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych	65
Sprawozdanie z seminarium Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych	67
Badanie właściwości węgla aktywnego pod kątem możliwości jego zastosowania przy obniżaniu stężenia radonu ^{222}Rn w powietrzu	70
Pomiary stężenia radonu ^{222}Rn w próbkach wody w Polsce	71
Metodyka szacowania dawek w polu promieniowania mieszanego beta i gamma przy	73

zastosowaniu dozymetrii termoluminescencyjnej	
Badanie statystyki czułości wysokoczułych detektorów termoluminescencyjnych po długoletniej eksploatacji	75
Wdrożenie techniki FISH do „malowania” centromerów w chromosomach ludzkich w celu jednoznacznego rozpoznawania chromosomów policentrycznych i identyfikacji mikrojąder indukowanych przez promieniowanie jonizujące dla potrzeb cytogenetycznej oceny dawki pochłoniętej	77
Project „Preparedness” – Metrology for mobile detection of ionising radiation following a nuclear or radiological incident	79
Opracowanie modelu generatora neutronów D-T do celów symulacji metodą Monte Carlo	81
Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2017 r.	83
Zapewnienie i utrzymanie systemu zapewnienia jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych – część techniczna	85
Ocena zależności rozkładu średnic aerozoli promieniotwórczych powstałych z rozpadu ²²² Rn od aerozoli środowiskowych	87
Projekt MetroRADON Metrology for Radon Monitoring	88
DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI	89
Ocena narażenia radiacyjnego ludności polski w 2017 roku	91
Realizacja prac Działu Szkolenia i Informacji CLOR w 2017 r.	93
ANEX- SPIS PUBLIKACJI I MONOGRAFII WYDANYCH W 2017 R.	95
Monografie	95
Publikacje	95
Udział w konferencjach zagranicznych i krajowych	96

Przedmowa

Niniejsza edycja raportu CLOR zawiera zwięzły opis prac Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej realizowanych w 2017 r. w ramach działalności statutowej Instytutu. Działalność statutowa CLOR oprócz badań naukowych obejmuje również prace wdrożeniowe nowych metod badawczych oraz prace operacyjne. Te ostatnie były wykonywane w ramach przetargów ogłaszanych przez Państwową Agencję Atomistyki (PAA) oraz Główny Inspektorat Ochrony Środowiska (GIOŚ) np. monitoring skażeń promieniotwórczych powietrza (PAA), czy monitoring skażeń gleby w Polsce (GIOŚ), jak również monitoring skażeń Morza Bałtyckiego w ramach HELCOM¹. Odmienne niż w latach ubiegłych zrezygnowano w Raporcie ze streszczeń prac w języku angielskim podając dla zainteresowanych odsyłacze do bibliografii oryginalnych prac w czasopismach zagranicznych i krajowych. Ponadto, szczegółowe wyniki badań są dostępne w ekspertyzach i wydawnictwach wydawanych przez CLOR w ramach jego misji, dostępnych na stronie internetowej CLOR² oraz stronach PAA lub GIOŚ.

Opisy poszczególnych tematów badawczych i prac operacyjnych prowadzonych w danym zakładzie CLOR poprzedzono ogólną charakterystyką danego zakładu.

W Instytucie działalność prowadzą trzy odrębne zakłady i jeden dział: Zakład Higieny Radiacyjnej (Z-I), Zakład Dozymetrii (Z-II), Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania (Z-III) oraz Dział Szkolenia i Informacji.

Działalność CLOR w związku z nowymi aktami prawa krajowego wynikającymi z ostatnich zaleceń i dyrektyw UE

Prace badawczo-wdrożeniowe realizowane przez Centralne Laboratorium w 2017 r. skupiały się głównie na problematyce dostosowania krajowego systemu ochrony radiologicznej do zwiększonych wymagań wynikających z nowych

zaleceń i dyrektyw UE, które zostały lub w najbliższym czasie będą transponowane do prawa krajowego (bardziej szczegółowo omówiono to zagadnienie w dalszej części Raportu). Kontynuowano również prace związane z modernizacją i dostosowaniem krajowego systemu ochrony radiologicznej do zadań ujętych w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej (2014-2030), przyjętym dn. 28 stycznia 2014 r. przez Radę Ministrów Uchwałą NR 15/2014 (w skrócie PPEJ).

W 2017 r. zaistniała konieczność znacznego rozszerzenia prac usługowych CLOR w związku z nowymi regulacjami prawnymi, wdrażającymi Dyrektywy Rady UE, jak następuje:

- Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 13 listopada 2015 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2015 poz. 1989),
- Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. 2017 poz. 2294).

Powyższe rozporządzenia zobowiązują przedsiębiorstwa zarządzające ujęciami wody pitnej (kilkanaście tysięcy ujęć w Polsce) do zamówienia specjalistycznej analizy zawartości pierwiastków promieniotwórczych w wodzie m.in. radonu, Rn-222 oraz trytu, HTO. Już w 2016 r. CLOR uzyskał zgodę Państwowego Powiatowego Inspektora Sanitarnego na prowadzenie tego typu pomiarów (poza CLOR certyfikat uzyskały 4 inne instytucje w Polsce). Pod kątem spodziewanej znaczącej liczby zamówień CLOR dokonał zakupu ze środków własnych wysokoczułego licznika scyntylacyjnego Quantulus GCT A622000 firmy Inc, Waltham USA (pierwszy w Polsce tego typu). W 2017 r. CLOR przyjął do analizy ok. 2000 próbek wody. Wyniki analiz będą przekazane do bazy danych Głównej Inspekcji Sanitarnej, która przygotowuje raport dla Komisji UE.

W ramach działalności statutowej finansowanej przez MNiSzW prowadzono prace badawcze, które miały na celu uzupełnienie danych uzyskanych z w/w analiz. Prowadzono m.in. oznaczenia naturalnych radionuklidów jak ²³⁴U, ²³⁵U, ²³⁸U, oraz ²¹⁰Po i ²¹⁰Pb

¹ HELCOM Mors - Helsinki Commission, Baltic Marine Environmental Protection Commission

² <http://www.clor.waw.pl/>

i ^{40}K oraz sztucznych ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs z dziesięciu ujęć wody oligoceńskiej znajdujących się w różnych dzielnicach Warszawy.

Projekt ustawy o zmianie ustawy Prawo Atomowe (obecnie w trakcie poprawek Komisji Prawniczej RCL)

Projekt ustawy Prawo Atomowe oraz projekty rozporządzeń wdrażających Dyrektywę Rady UE 2013/59/EURATOM wprowadzają w ślad za tą Dyrektywą nowy, "obniżony" limit średniorocznego stężenia radonu w pomieszczeniach użytkowanych przez ludzi oraz wymóg uzyskania przez właścicieli tych pomieszczeń certyfikatu z pomiarów radonu – szczególnie w sytuacji sprzedaży lub przekazania lokalu drugiemu właścicielowi. Implikuje konieczność prowadzenia monitoringu radonu ^{222}Rn w pomieszczeniach mieszkalnych i na stanowiskach pracy, według właściwych procedur zgodnych z normami ISO. W związku z tym w 2017 r. w ramach działalności statutowej CLOR rozpoczęto prace związane z opracowaniem i adaptacją odpowiedniej metodyki pomiarowej. Prowadzono m.in. temat: „Badania właściwości węgla aktywnego pod kątem możliwości jego zastosowania przy obniżaniu stężenia radonu w powietrzu; ocena wpływu stosowania filtrów węglowych na współczynnik równowagi promieniotwórczej F”.

W/w badania są kontynuowane. W 2018 r. zgłoszono m.in. tematy „Ocena zależności rozkładu średnic aerozoli promieniotwórczych powstałych z rozpadu radonu-222 od aerozoli środowiskowych”, oraz „Analiza korelacji stężenia radonu w budynkach i budowy geologicznej podłoża w wybranych lokalizacjach w Polsce”. Nawiązano również współpracę ze stowarzyszeniem skupiającym deweloperów i przedsiębiorców budowlanych „Stowarzyszenie Nowoczesne Budynki” w zakresie wypracowania wspólnej strategii prowadzenia monitoringu radonu w nowo powstających osiedlach mieszkaniowych w Polsce.

Udział Instytutu w realizacji znaczących projektów zagranicznych

W 2017 r. kontynuowano działalność związaną z podpisanymi wcześniej umowami o współpracę z ważnymi ośrodkami naukowymi za granicą:

- 5 maja 2015 r. przedstawiciel CLOR, dr Paweł Krajewski, został nominowany na czteroletnią kadencję jako ekspert Grupy Ekspertów paragrafu 31 traktatu EURATOM (*The Group of Experts referred to in Article 31 of the Euratom Treaty*). W 2017 r. odbyły się dwa spotkania ekspertów w Luksemburgu, a 8 listopada 2017 r. zorganizowano międzynarodowe seminarium pt. „EU Scientific Seminar November 2017 on Epigenetic effects – potential impact on radiation protection”.

- 8 lipca 2015 r. podpisano umowę o współpracy z Niemieckim Biurem Federalnym Ochrony przed Promieniowaniem (*Bundesamt für Strahlenschutz BfS*) odnośnie pomiarów gazów szlachetnych ^{85}Kr i ^{133}Xe wokół kompleksu „Świerk” składającego się z reaktora „Maria” oraz Zakładu Produkcji Izotopów POLATOM. Pomiary kontynuowano w 2017 roku w cyklu 10-dniowym.

- Eksperci Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej uczestniczyli w pracach grup roboczych Komitetu Ochrony Radiologicznej i Zdrowia Publicznego, *Committee on Radiation Protection and Public Health (CRPPH)* m.in.: Working Party on Nuclear Emergency Matters, Expert Group on the Implications of ICRP Recommendations, Expert Group on Occupational Exposure.

- 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 dotyczących oznaczania zawartości pierwiastków promieniotwórczych w różnych komponentach środowiska i produktach żywnościowych. Niewątpliwie osiągnięciem Laboratorium było uzyskanie pozytywnych wyników w następujących międzynarodowych badaniach porównawczych i badaniach biegłości:

- a) PAA/IChTJ Pomiary porównawcze w zakresie oznaczania izotopów ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{226}Ra przez placówki specjalistyczne prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju.

- b) ALMERA IAEA-TEL-2017-04 profiency test on determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, biota and sediment samples,

International Atomic Energy Agency, Seibersdorf, Austria, w zakresie oznaczania stężeń promieniotwórczych: ^{137}Cs , ^{133}Ba w próbkach wody, mleka w proszku, ^{90}Sr w próbkach wody, mleka w proszku.

c) PROCORAD Intercomparison 2017, Association for the Promotion of Quality Control in Radiotoxicological Analysis LBM CEA, Fontenay-aux-roses Cedex, France, oznaczanie stężenia promieniotwórczego: ^{239}Pu oraz ^{90}Sr .

W 2017 r. Instytut brał również udział w realizacji znaczących projektów międzynarodowych, w tym:

- Prowadzenie prac 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 Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej MODARIA II (*Environmental Modeling for Radiation Safety*) (2016-2019). Rozwijany w ramach tego programu polski kod komputerowy CLRP służy jako narzędzie do prognozowania dawek dla ludności oraz środowiska (tzw. biota) w wyniku planowanych uwolnień z EJ. Przy rozwoju energetyki jądrowej niezbędne jest posiadanie narzędzia umożliwiającego prognozę narażenia od obiektu jądrowego. W ramach w/w programu prowadzone są obliczenia dla następujących obiektów jądrowych:

a) EJ Chinon (Francja),

b) Składowisko odpadów promieniotwórczych L'Aube LILW (Francja),

c) Duże Laboratorium Badawcze w Cadarache (Francja),

d) Zakład Przeróbki Wypalonego Paliwa Jądrowego La Hague (Francja).

W 2017 r. uzyskano również finansowanie w nowych projektach UE w ramach HORYZONT 2020:

- Projekt EURAMET METRORADON Reference nr 16ENV10 pt. "Metrologia monitoringu radonu" (projekt finansowany od 01.06.2017 r.). Projekt dotyczy walidacji metod pomiarów radonu w krajach UE pod kątem wymagań Dyrektywę Rady UE 2013/59/EURATOM z wykorzystaniem radonowej komory wzorczącej CLOR.

- Projekt EURAMET PREPAREDNESS Reference no. 16ENV04 pt. "Metrologia mobilnych metod

detekcji promieniowania jonizującego w następstwie wypadku jądrowego lub zdarzenia radiacyjnego" (projekt finansowany od 01.08.2017 r.).

Projekty związane z planowaną w Polsce energetyką jądrową

Zgodnie z wytycznymi MAEA i doświadczeniami innych państw, które z sukcesem i przy społecznej akceptacji wdrożyły i rozwijają energetykę jądrową, społeczna akceptacja powstania energetyki jądrowej w Polsce zależy w dużym stopniu od kompetencji i wiarygodności (tzw. extended credibility) krajowego zaplecza eksperckiego (TSO – Technical Support Organizations), które zapewnia wsparcie dla dozoru jądrowego i administracji rządowej w procesie wydawania zezwoleń na budowę, rozruch, eksploatację i likwidację elektrowni jądrowych oraz w trakcie ich budowy, eksploatacji i likwidacji. Działania CLOR w kierunku utworzenia krajowego zaplecza eksperckiego (TSO) osiągnęły pewien postęp, gdy w 3 kwietniu 2012 r. została podpisana Umowa Ramowa z Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki autoryzująca CLOR jako kluczową jednostkę w systemie organizacji wsparcia technicznego (TSO) dla działań Dozoru Jądrowego. Niestety, jak dotąd nie znalazło to potwierdzenia w projekcie ustawy o zmianie ustawy Prawo Atomowe z dnia 14 grudnia 2016 r., z którego usunięto wcześniejsze zapisy zapewniające stabilne i przewidywalne warunki współpracy Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z organizacjami wsparcia technicznego (TSO).

W zakresie objętym umową z PAA, CLOR prowadzi m.in.:

a) rutynowy monitoring skażeń promieniotwórczych, a także skażeń promieniotwórczych w aerozolach atmosferycznych na terenie Polski w ramach utrzymania sieci wczesnego ostrzegania na potrzeby Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki,

b) rutynowy monitoring wokół takich obiektów jądrowych jak Składowisko Odpadów Radioaktywnych w Różanie oraz Reaktor doświadczalny Maria w Świerku,

c) utrzymuje w gotowości laboratorium monitoringu jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy,

d) monitoring wód wodociągowych w dużych aglomeracjach miejskich oraz badania próbek całodziennego pożywienia i produktów spożywczych (Warszawa, Gdańsk, Sosnowiec),

e) badania skażeń promieniotwórczych w rejonie Bałtyku południowego (pod auspicjami Komisji Helsińskiej – HELKOM),

f) badania porównawcze dla placówek podstawowych prowadzących podstawowe pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju.

Nowe prace badawcze i wdrożeniowe związane z modernizacją i dostosowaniem krajowego systemu ochrony radiologicznej do zadań ujętych w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej realizowane były głównie ze środków na działalność statutową MNiSzW. Tematyka tych prac obejmowała m.in.:

- Adaptację metody oznaczania trytu związanego organicznie (OBT) w próbkach biologicznych.
- Wdrożenie metody pomiaru Trytu w postaci OBT, który ma (obok trytu w postaci HTO) największy udział w dawce otrzymywanej przez ludność przy rutynowych uwolnieniach EJ. Sieci monitoringu wokół obiektów jądrowych w wielu krajach prowadzą od niedawna (2010 Francja, UK) prowadzą oznaczenie OBT w organicznych komponentach środowiska.
- Kontynuowane są dalsze prace nad opracowaniem modelu generatora neutronów D-T do celów symulacji metodą Monte Carlo. Celem tego projektu jest zbudowanie stanowiska wzorcowego promieniowania neutronowego w Laboratorium Wzorcowania CLOR (LWPDiR). Stanowisko to znajdzie zastosowanie przy badaniach nowych typów dozymetrów promieniowania neutronowego jak również wdrożeniu metod retrospektywnej dozymetrii biologicznej promieniowania neutronowego na potrzeby oceny narażenia pracowników planowanej EJ.

Warto zaznaczyć, że CLOR jest jedyną instytucją w kraju oferującą kompleksowe wzorcowanie wszelkiego typu przyrządów dozymetrycznych w pełnym zakresie energetycznym pól promieniowania jonizującego: X , γ , α , β oraz promieniowania neutronowego n , jak również skażeń powierzchniowych α oraz β .

W 2017 r. CLOR prowadził również szereg badań z zakresu wdrożenia nowej metodyki pomiarowej na potrzeby dozymetrii indywidualnej m.in.:

- opracował metodykę szacowania dawek w polu promieniowania mieszanego beta i gamma przy zastosowaniu dozymetrii termoluminescencyjnej, wykorzystując metodę klasyczną i statystykę bayesowską,
- prowadził badania statystyki czułości wysokoczułych detektorów termoluminescencyjnych po długoletniej eksploatacji.

Poza doradztwem eksperckim, Instytut prowadzi efektywną działalność popularyzacyjną i szkoleniową. Praktycznie od początku swego istnienia CLOR prowadzi szkolenia Inspektorów Ochrony Radiologicznej (ok. 200 osób rocznie) oraz specjalistyczne szkolenia dla Straży Granicznej, Biura Operacji Antyterrorystycznej, Obrony Cywilnej oraz studentów Głównej Szkoły Służby Pożarniczej.

Następnym obszarem działalności CLOR w 2017 r. były przedsięwzięcia w zakresie wsparcia podmiotów administracji publicznej, służb, inspekcji i straży, a także społeczności lokalnej w wypadku konieczności zapobiegania i reagowania na zdarzenia CBRN. Na Konferencji „Cywilne instytuty badawcze wspierają bezpieczeństwo Polski” organizowanej pod patronatem Szefa Biura Bezpieczeństwa Narodowego (Warszawa, Hotel Victoria, 27 marca br.) CLOR przedstawił ofertę, która zawierała cztery obszary tematyczne: wczesne wykrywanie zagrożenia radiacyjnego wywołanego atakiem z użyciem materiałów promieniotwórczych lub jądrowych (np. urządzeń ekspozycji zewnętrznej czy tzw. brudnej bomby), ocenę narażenia członków grup operacyjnych i ludności w rejonie podwyższonego poziomu promieniowania bezpośrednio po zajściu ataku, testowanie sprzętu dozymetrycznego grup operacyjnych oraz szkolenie służb mundurowych. W szczególności ta ostatnia oferta obejmowała: wykłady, ćwiczenia laboratoryjne oraz ćwiczenia polowe w zakresie: metod wykrywania promieniowania z zastosowaniem nowoczesnego sprzętu pomiarowego, procedur oceny ryzyka radiacyjnego oraz zabezpieczenia terenu skażonego. Program zajęć został opracowany na podstawie podręczników prewencji CBRNE (*Chemical, Biological,*

Radiological, Nuclear, and Explosive materials) rekomendowanych przez UE oraz międzynarodowe organizacje jak Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (w Wiedniu) czy Agencja Energii Atomowej (w Paryżu).

Kolejną inicjatywą CLOR w tym zakresie była organizacja wspólnie ze Szkołą Główną Służby Pożarniczej w Warszawie I Ogólnopolskiej Konferencji Naukowej pt. „Praktyczne działania w przypadku zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i nuklearnych (CBRN)” (7 – 8 września 2017 r.). Konferencja zgromadziła liczne grono ekspertów z obszaru zagrożeń chemicznych, biologicznych i radiacyjnych reprezentujących m.in. Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii, Państwową Agencję Atomistyki oraz Narodowe Centrum Badań Jądrowych oraz CLOR. Jednym z kluczowych zagadnień Konferencji była tematyka ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego.

W podsumowaniu należy podkreślić, że rok 2017, w którym obchodzono 60-lecie powstania Instytutu, odznaczył się bardzo dobrym wynikiem finansowym, osiągnięto również znaczące podniesienie stopnia kompetencji młodej załogi (realizowane są 3 prace doktorskie, a w przypadku jednej z nich otwarto przewód doktorski) oraz utrzymano kategorię w procesie kategoryzacji IB przeprowadzoną w 2017 r. przez MNiSzW.

Patrząc z perspektywy lat ubiegłych i chwili obecnej, 60 lat działalności CLOR daje wiele

powodów do dumy z jego osiągnięć i nadzieję na dobre perspektywy rozwoju. W najbliższej przyszłości przed CLOR stoi zadanie podjęcia intensywnych prac, których wymaga unowocześnienie systemu Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej (BJiOR) w Polsce. Istnienie jednej instytucji z misją prowadzenia prac operacyjnych i prac badawczo-rozwojowych związanych z bezpieczeństwem radiacyjnym kraju znajduje pełne uzasadnienie, tym bardziej wobec konieczności stworzenia systemu organizacji wsparcia technicznego dla działań Dozoru Jądrowego (Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki), Departamentu Energii Jądrowej Ministerstwa Energii oraz podmiotów zajmujących się budową i eksploatacją przyszłej elektrowni atomowej.

W tym miejscu należy się podziękowanie Dyrekcji dla całej załogi CLOR, za jej wysiłek, zaangażowanie i wierność trzem podstawowym zasadom: wysoki poziom kompetencji, niezależna i obiektywna opinia oraz dostępność w kontaktach z nieprofesjonalistami.

Dyrektor

Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej



Dr Paweł Krajewski



ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ



Zakład Higieny Radiacyjnej w 2017 roku

Zakład Higieny Radiacyjnej pod tą nazwą funkcjonuje od 1971 r. W 2017 roku w Zakładzie zatrudnionych było 9 osób:

Kierownik Zakładu – dr Krzysztof Pachocki.
Pracownicy: mgr Agnieszka Fulara, dr Małgorzata Kardaś, mgr inż. Barbara Rubel, dr Ewa Starościak, dr Maria Suplińska, Katarzyna Trzpil, mgr inż. Monika Wasilewska, Adam Adamczyk.



Rysunek 1. 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 skażeń środowiska i żywności, w tym wód i środowiska morskiego naturalnymi i sztucznymi izotopami promieniotwórczymi, wraz z prowadzeniem oceny zagrożenia radiacyjnego,
- opracowywanie i wdrażanie technik i metod pomiarowych, w tym radiochemicznych, oznaczania radionuklidów,
 - nadzór nad jakością pomiarów i organizowanie międzylaboratoryjnych badań porównawczych dla jednostek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych,
 - uczestniczenie w krajowych i międzynarodowych badaniach biegłości, w zakresie oznaczania radionuklidów tak sztucznych jak i naturalnych.

W ramach prac monitoringowych w roku 2017 w Zakładzie realizowano prace o następującej tematyce:

- Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i ryb, w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego, oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach pożywienia.
 - Przeprowadzenie 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.
- Ponadto w Zakładzie prowadzone były prace badawcze realizowane ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:
- Określenie zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w rybach słodkowodnych z rejonu polski północnej jako poziomu wyjściowego skażeń środowiska wodnego przed uruchomieniem polskich elektrowni atomowych.
 - Adaptacja do warunków polskich modelu PCXMC szacowania dawek promieniowania otrzymywanych przez pacjentów w rentgenodiagnostyce.
 - Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{90}Sr oraz ^{134}Cs i ^{137}Cs i ^{40}K w wodach ze studni oligoceńskich w Warszawie.
 - Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w wodach ze studni oligoceńskich w Warszawie.

- Oznaczanie trytu związanego organicznie (OBT) w próbkach biologicznych.

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

- stężeń promieniotwórczych izotopów gamma promieniotwórczych w próbkach żywności, pasz, wody, gleby, drewna i osadów dennych, metodą spektrometryczną,
- stężeń promieniotwórczych: trytu, strontu-90, uranu - 234, 235, 238 oraz całkowitej promieniotwórczości alfa i beta w próbkach wody metodą radiochemiczną,
- stężeń promieniotwórczych trytu, plutonu-239+240 i 238, uranu-234, 235, 238 w próbkach moczu metodą radiochemiczną,
- stężeń promieniotwórczych plutonu-239+240 oraz 238 i uranu-234, 235, 238 w próbkach żywności metodą radiochemiczną,
- stężeń promieniotwórczych strontu-90 w próbkach żywności i pasz metodą radiochemiczną,
- stężeń promieniotwórczych plutonu-239+240 i 238 w próbkach gleby i osadów dennych metodą radiochemiczną.

W ramach prac akredytowanego Laboratorium wykonaliśmy ponad 2600 analiz spektrometrycznych i ok. 2400 analiz radiochemicznych. Badania były wykonane na zlecenie zarówno klientów krajowych jak i zagranicznych. Swoje kompetencje w zakresie oznaczania izotopów promieniotwórczych w próbkach o różnej matrycy, Zakład w 2017 roku z pozytywnym wynikiem potwierdził poprzez wielokrotny udział w krajowych i międzynarodowych międzylaboratoryjnych porównaniach oraz badaniach biegłości:

1. PAA/ICHJT Pomiary porównawcze w zakresie oznaczania izotopów Pu-239, Am-241, Ra-226 przez placówki specjalistyczne prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju, Warszawa, 2017;

2. ALMERA IAEA-TEL-2017-04 profiency test on determination of anthropogenic and natural radionuclides in water, biota and sediment samples, International Atomic Energy Agency, Seibersdorf, Austria.

3. PROCORAD Intercomparison 2017: 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 2017 roku przedstawione były w postaci publikacji i doniesień konferencyjnych w formie komunikatów ustnych i plakatów. Szczegóły załączone są w Aneksie niniejszego Raportu.

Zakład dysponuje następującym sprzętem pomiarowym:

- dwoma niskotłowymi 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],
- niskotłowym układem pomiarowym złożonym z komór typu Lucas'a (pokrytych scyntylatorem ZnS) połączonych z układem elektronicznym TD-electronics, z wykorzystaniem programu komputerowego ALFA-1 software dla Windows. Układ pomiarowy aktywności alfa radu poprzez pomiar radonu,
- zestawami spektrometrycznymi składającymi się z wielokanałowego analizatora amplitudy impulsów produkcji Canberra współpracującym z detektorem półprzewodnikowym HPGe o wydajności względnej 33% do oznaczenia ilościowego i jakościowego poszczególnych izotopów 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,
 - niskotłowym licznikiem ciekłoscyntylacyjnym WALLAC 1410.

W 2017 roku Zakład wzbogacił się o wysokiej klasy spektrometr ciekłoscyntylacyjny Quantulus GCT-

6220. Posiadanie tego rodzaju detektora pozwoli na rozszerzenie zakresu prac badawczych, w których Zakład uczestniczy. Jednocześnie zwiększy konkurencyjność CLOR na rynku zapotrzebowania na oznaczanie izotopów promieniotwórczych.

Oznaczanie trytu związanego organicznie (OBT) w próbkach biologicznych

A. Fulara

Tryt jest najcięższym i jedynym promieniotwórczym izotopem wodoru. Rozpadając się z okresem $T_{1/2}=12,35$ lat emituje cząstkę β^- o energii max. = 18,6 keV i energii średniej 5,7 keV. W środowisku występuje głównie w formie HTO, jednak uwalniany do środowiska może włączyć się do substancji organicznej a z nią przedostać się do organizmu człowieka.

Celem pracy było wdrożenie metody oznaczania trytu związanego organicznie (OBT) w próbkach środowiskowych: materiały roślinne, żywność, woda, gleba, osady denne itp.

W poprzednim roku został wykonany przegląd dostępnej literatury. Zebrany materiał posłużył do poszerzenia wiedzy oraz przyjęcia założeń do wprowadzenia metody oznaczania trytu związanego organicznie w próbkach biologicznych. W 2017 roku wykonano badania trytu związanego organicznie w próbkach moczu.

Mocz w swoim składzie zawiera:

- 96% wody,
- 2,5% azotowych produktów przemiany materii (głównie mocznik),
- 1,5% soli mineralnych,
- oraz minimalne ilości innych substancji, np. barwników żółciowych (które nadają moczowi kolor, zapach i smak).

Głównymi problemami, z którymi należy się zmierzyć podczas pomiaru trytu (HTO + OBT)

w moczu to kolor i gaszenie chemiczne, wynikające z obecności części organicznych oraz zawartości ^{40}K , który jest naturalnie obecny w moczu.

Do badań zastosowano dwuetapową metodę polegającą na odjęciu HTO od całkowitej aktywności trytu (OBT + HTO) w moczu.

W pierwszym etapie pracy, próbki moczu mieszano z ciekłym scyntylatorem.

W drugim etapie próbki moczu przepuszczano przez węgiel aktywny. Oznaczanie HTO jest możliwe po wchłonięciu substancji organicznych zawartych w moczu do węgla aktywnego. Podwójne próbki moczu mierzono stosując technikę ciekłej scyntylacji (LSC). OBT została obliczona przez odejmowanie od wyniku uzyskanego w etapie 1 wyniku otrzymanego w etapie 2.

Aby sprawdzić poprawność zastosowanej metody wzięto udział w międzynarodowych badaniach porównawczych organizowanych przez PROCORAD.

Wyniki porównań zostały przedstawione w czerwcu 2017 roku. W drugiej połowie roku przeanalizowano uzyskane wyniki i wprowadzono zmiany w metodyce. Wyniki pracy zostały zaprezentowane podczas Seminarium Sprawozdawczego, które odbyło się 22 lutego 2018 r.

Praca sfinansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

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

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

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2017 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 jeziorach (6 jezior).



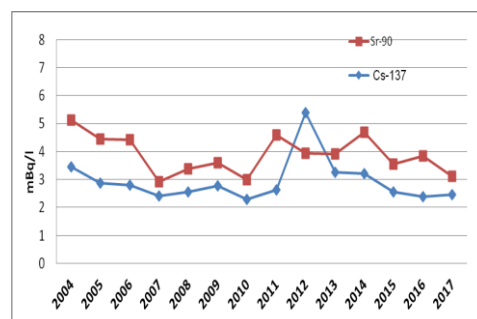
Rysunek 1. Usytuowanie miejsc poboru wód i osadów dennych.

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.

Ogólną ocenę sytuacji radiologicznej powierzchniowych wód w Polsce przeprowadzono na podstawie średnich stężeń izotopów promieniotwórczych w badanych komponentach środowiska wodnego. Porównanie poszczególnych wyników oznaczeń izotopów 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: $2,37 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$, $3,20 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ i $1,88 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$. Średnie roczne stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr były na wyrównanym poziomie i zawierały się w granicach od $3,06 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla dorzecza Wisły do $3,24 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla dorzecza Odry.



Rysunek 2. Średnie roczne stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach rzek i jezior w Polsce w latach 2004 -2017.

W osadach dennych rzek i jezior obserwuje się większe różnice w stężeniach promieniotwórczych ^{137}Cs niż $^{239,240}\text{Pu}$. Największe zróżnicowanie obserwowano dla jezior. Najmniejsze różnice w stężeniach tych izotopów obserwowano w osadach dennych dorzecza Wisły. Średnie roczne stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w osadach dennych były także zróżnicowane: najniższe w dorzeczu Odry $2,09 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ a najwyższe dla jezior $5,09 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

W przypadku $^{239,240}\text{Pu}$ wartości średnich rocznych stężeń promieniotwórczych były zbliżone i wynosiły odpowiednio: dla dorzecza Wisły – $19,61 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$, dla dorzecza Odry – $17,32 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ i dla jezior – $18,09 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

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

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

Praca wykonana na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska.

Określenie zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w rybach słodkowodnych z rejonu polski północnej jako poziomu wyjściowego skażeń środowiska wodnego przed uruchomieniem polskich elektrowni atomowych

B. Rubel, M. Suplińska, M. Kardaś

Celem pracy, było wskazanie specyficznych organizmów referencyjnych dla ocenianego obszaru spełniających takie wymagania jak: wrażliwość radioekologiczna, szerokie występowanie i adekwatność do badań monitoringu.

Praca była kontynuacją badań z roku 2016. W roku 2017 badania objęły ocenę stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs i ^{90}Sr w rybach: Okoń (*Perca fluviatilis*), Cętra (*Vimba vimba*), Szczupak (*Esox lucius*), pochodzących z rzeki Regi oraz Kleń (*Squalius cephalus*), Jaź (*Leuciscus idus*), Płoc (*Rutilus rutilus*) odłowionych w rzece Odrze. Oznaczenia ^{137}Cs i ^{90}Sr przeprowadzono w filetach i w niejadalnych pozostałościach po odfiletowaniu ryb z wyjątkiem okonia, w którym oznaczenia prowadzono tylko w całej rybie.

Oznaczenia ^{137}Cs wykonano metodą spektrometrii gamma i metodą radiochemiczną. ^{90}Sr oznaczono metodą radiochemiczną poprzez pomiar ^{90}Y , krótko żyłowego izotopu ($T_{1/2}=64,2\text{h}$) powstającego w wyniku rozpadu ^{90}Sr .

Do pomiaru preparatu w metodach radiochemicznych stosowano niskotłowy licznik promieniowania beta.

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w okoniu z Regi było na poziomie $0,11\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ i było o rząd niższe niż stężenie oznaczone w okoniu z rzeki Piaśnicy (2016) – $1,22\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Różnica może wynikać z dużej różnicy wielkości analizowanych ryb. Stężenie ^{137}Cs w szczupaku z Regi wynosiło $1,09\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ i było porównywalne ze stężeniem w szczupaku z rzeki Piaśnicy (2016) – $1,82\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

W rybach odłowionych w Odrze, stężenie ^{137}Cs w płoci, jaziu i klenie wynosiło od $0,17\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $0,21\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tych gatunków ryb nie analizowano w poprzednich latach. Stężenie promieniotwórcze

^{137}Cs w filetach charakteryzowało się wyższymi wartościami niż w całych rybach, ze względu na jego gromadzenie się w tkankach mięśniowych. W filetach ryb z Regi aktywność ^{137}Cs w cętrze i szczupaku wynosiła $1,37\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ i $1,39\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a w filetach ryb z Odry (jaź, płoc i kleń) była w zakresie $0,17 \div 0,25\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Procentowa zawartość ^{137}Cs w filetach w stosunku do całych analizowanych ryb stanowi od 50% do 68%.

Stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr w badanych rybach, odwrotnie jak w przypadku ^{137}Cs charakteryzowało się niższymi stężeniami w filetach niż oznaczone w całej rybie. Stężenie ^{90}Sr w rybach z Regi było w zakresie $0,07 \div 0,30\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a w filetach z tych ryb $0,02 \div 0,03\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Stężenie ^{90}Sr w rybach z Odry było w zakresie $0,27 \div 0,37\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a w filetach z tych ryb $0,01 \div 0,02\text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Procentowa zawartość ^{90}Sr w filetach mieści się w zakresie $2,2 \div 11\%$.

Oznaczono również stężenie ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodzie z obu rzek. Stężenie ^{137}Cs wynosiło $2,2\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ w wodzie z Odry i $1,0\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ w wodzie z Regi. Stężenie ^{90}Sr w obu rzekach było na poziomie trzech $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Wyliczono współczynniki koncentracji dla ^{137}Cs ($\text{CF}_{\text{Cs-137}}$) i dla ^{90}Sr ($\text{CF}_{\text{Sr-90}}$). W przypadku współczynników $\text{CF}_{\text{Cs-137}}$ obserwuje się znaczne różnice pomiędzy badanymi rzekami, ale analizowano różne gatunki ryb. Współczynniki $\text{CF}_{\text{Sr-90}}$ były zbliżone dla obu zbiorników i większości gatunków.

Analizowane w pracy gatunki ryb, charakteryzują się wysokimi współczynnikami koncentracji dla ^{137}Cs jak i ^{90}Sr co potwierdza, że mogą być dobrymi organizmami indykatorowymi środowiska wodnego. Oszacowana roczna dawka skuteczna od spożycia

ryb słodkowodnych od ^{137}Cs i ^{90}Sr jest dla obu izotopów o dwa rzędy wartości niższa od rocznej dawki skutecznej otrzymywanej przez mieszkańców

Polski w wyniku spożywania żywności zawierającej powyższe izotopy.

Finansowanie ze środków MNiSzW.

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

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

Celem pracy było oznaczenie zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach całodziennego pożywienia mieszkańców dwóch miast Polski: Wrocławia (województwo dolnośląskie) i Łodzi (województwo łódzkie) oraz oszacowanie dawki obciążającej od tych radionuklidów wchłanianych z pożywieniem.

Materiał do badań stanowiły próbki całodziennego pożywienia pobrane w stołówkach wydających co najmniej trzy posiłki dziennie. Porcje, posiłków pobieranych do badań były przeznaczone dla osób dorosłych. Pobieranie posiłków było zgodne z przygotowaną instrukcją pobierania całodziennych posiłków, aby wszystkie próbki pobierane były w jednakowy sposób.

W każdej stołówce, pobierano po dwa zestawy całodziennego pożywienia przez 5 dni. Porcje, wszystkich posiłków podawanych danego dnia do spożycia (o takiej samej wielkości, co przeciętnie wydawane) były wkładane do specjalnie przygotowanych pojemników, oznaczonych: datą, miejscem poboru i numerem próby. Zebrane posiłki, przechowywane były w lodówce w ciągu dnia, a następnie mrożone. Porcje: pieczywa, owoców, słodczy były wkładane do pojemników lub woreczków oznakowanych tak jak pojemniki.

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs oznaczano spektrometrycznie (spektrometr Canberra z detektorem HPGe, i oprogramowaniem Genie 2000) lub radiochemicznie - sorpcja na selektywnym złożu AMP. Stężenie ^{90}Sr oznaczano radiochemicznie. Do pomiarów promieniowania beta ^{137}Cs i ^{90}Sr stosowano niskotłowy zestaw pomiarowy promieniowania beta oparty na licznikach przepływowych GM (Riso, GM-25-5).

Posiłki, analizowano z każdego dnia i miasta osobno. Zawartość ^{137}Cs w całodziennych posiłkach w Łodzi była w zakresie $0,35 \div 1,79 \text{ Bq-dzień}^{-1}$ a we Wrocławiu $0,27 \div 0,41 \text{ Bq-dzień}^{-1}$. W Łodzi

zawartość ^{137}Cs w czterech całodziennych posiłkach była na zbliżonym poziomie (poniżej $0,5 \text{ Bq-dzień}^{-1}$). W piątym zestawie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs na poziomie $1,79 \text{ Bq-dzień}^{-1}$ różniło się w znacznym stopniu od oznaczonych w pozostałych zestawach. Z podanego jadłospisu nie wynika jednoznacznie jaki produkt mógł wpłynąć na ten poziom stężenia ^{137}Cs .

We Wrocławiu zawartość ^{137}Cs w całodziennych posiłkach była na zbliżonym poziomie. Rozrzut zmierzonych zawartości izotopu ^{137}Cs w poszczególnych dobowych próbkach w obu miastach zależy od doboru produktów do przygotowania posiłków jak również masy posiłków. Masa posiłków z Łodzi była o 13% większa od masy posiłków z Wrocławia. Głównie różnica mas wynikała z ilości podawanego pieczywa. Średnia zawartość ^{90}Sr w posiłkach pobieranych w Łodzi i Wrocławiu była na zbliżonym poziomie. Rozrzut zawartości ^{90}Sr w poszczególnych dniach jest związany z doбором produktów i masą posiłków. Głównym źródłem tego radionuklidu w całodziennych posiłkach jest mleko, produkty zbożowe (w tym pieczywo) i warzywa.

Na podstawie oznaczonych zawartości ^{137}Cs i ^{90}Sr w całodziennych posiłkach oszacowano roczne wchłonięcia analizowanych izotopów z żywnością i oszacowano dawkę otrzymywaną przez mieszkańców miast.

Dawki otrzymywane przez mieszkańców Łodzi i Wrocławia są na zbliżonym poziomie i nie odbiegają od dawek otrzymywanych przez mieszkańców innych miast Polski w latach ubiegłych. Dawki te od ^{137}Cs wynosiły od $1,4 \mu\text{Sv}$ do $7,7 \mu\text{Sv}$, a od ^{90}Sr były w zakresie od μSv ÷ $1,2 \mu\text{Sv}$.

Średnia dawka skuteczna otrzymana przez mieszkańców różnych miast Polski w wyniku skażeń

wewnętrznych stanowi ułamek procenta rocznej
dopuszczalnej dawki granicznej wynoszącej 1 mSv.

Finansowanie w ramach umowy z Państwową
Agencją Atomistyki nr 4/OR/2017/123 z dnia
13.05.2017 r.

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 aktywności ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach materiału kontrolnego, dla placówek podstawowych prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych w Polsce.

Materiałem kontrolnym były grzyby suszone do oznaczania ^{137}Cs i mleko w proszku domieszkowane izotopem ^{90}Sr do oznaczania ^{90}Sr . Wymagane, stężenie promieniotwórcze dla cezu to poziom naturalny, a dla strontu: $0,5 \div 5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Sprawdzono kalibrację spektrometrów gamma (spektrometr Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000) za pomocą źródeł wieloizotopowych (mix gamma) oraz układu pomiarowego stosowanego do oznaczeń stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr (Niskotłowy zestaw pomiarowy promieniowania beta oparty na licznikach przepływowych GM, produkcji duńskiej) wykorzystując roztwór wzorcowy ^{90}Sr o stężeniu promieniotwórczym $5,023 \text{ Bq}\cdot\text{g}^{-1}$ na dzień 01.05.2016 r. Poprawność kalibracji zestawu spektrometrycznego jak również układu niskotłowego potwierdzono przez udział w międzynarodowych pomiarach porównawczych PROCORAD Radiotoxicological Intercomparison 2017 oraz Proficiency Test IAEA-TEL-2017-04 (ALMERA). W obu tych porównaniach wszystkie oznaczenia izotopów gamma promieniotwórczych, jak również ^{90}Sr zostały prawidłowo wykonane, a wyniki spełniły wszystkie wymagane kryteria organizatora.

Do sporządzenia próbek referencyjnych w celu oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs zakupiono 20 kg podgrzybka brunatnego

(Xerocomus Badius) a do oznaczenia ^{90}Sr 50 kg mleka w proszku.

Oznaczono początkowe stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr . Następnie próbki mleka były domieszkowane izotopem ^{90}Sr . Wykonane dla obu materiałów pomiary sprawdzające, wykazały, że próbki przygotowano zgodnie z wymaganiami dotyczącymi homogenności i stężeń. Oznaczone stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w próbkach grzybów suszonych wynosiło $1121 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1} \pm 56 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a stężenie ^{90}Sr w próbkach mleka wynosiło $2,64 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1} \pm 0,22 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Próbki, do oznaczenia ^{137}Cs przygotowano dla 28 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 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 wynosiły od $-3,6\%$ do $+16,8\%$ w metodzie spektrometrycznej, a w metodzie radiochemicznej od $-15,8\%$ do $+14,8\%$. Liczba wyników w przedziale $\pm 25\%$ wartości referencyjnej stanowiła 100% nadesłanych wyników. Parametry statystyczne oszacowano dla 36 wyników w zakresie od $944,4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $1309 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Oceniono poprawność i precyzję nadesłanych przez placówki wyników oznaczeń stężenia promieniotwórczego w próbkach kontrolnych. Wyznaczono parametr Z , który pozwala ocenić dokładność wyniku pomiaru na tle wyników pomiarów wszystkich placówek biorących udział w pomiarach porównawczych. Wartość bezwzględna wyznaczonego (osobno dla metody spektrometrycznej i radiochemicznej) parametru Z była ≤ 2 dla 33 wyników, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różnił się od wartości referencyjnej. Ponadto 1 wynik 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.

Oceniano poprawność i precyzję. Wynik pomiaru był akceptowany, jeżeli spełniał obydwa kryteria. Z oceny wynika, że 35 wyników spełniało obydwa kryteria.

Placówki wykonały 4 oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr . Różnice, wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej były w zakresie od $-33,3\%$ do $+6,4\%$. Odrzucono 1 wynik. Nie prowadzono analizy statystycznej, oceniono jedynie poprawność i precyzję dla 3 Placówek. Placówki spełniły kryterium akceptacji wyniku.

Umowa z Państwową Agencją Atomistyki nr 5/OR/2017/119 z dnia 13.05.2017 r.

Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w wodach ze studni oligoceńskich w Warszawie

E. Starościak, M. Kardaś

Temat jest kontynuacją badań prowadzonych w 2016 r. - oznaczone zostały stężenia promieniotwórcze ^{234}U , ^{238}U oraz ^{210}Po i ^{210}Pb w wodach pobranych z dziesięciu studni oligoceńskich na terenie Warszawy.

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

Celem pracy było radiochemiczne oznaczenie stężeń promieniotwórczych izotopów naturalnych uranu-234, uranu-235, uranu-238 oraz polonu-210 i ołowiu-210 w kolejnych dziesięciu próbkach wód ze studni oligoceńskich znajdujących się na terenie Warszawy. Wody zostały pobrane z dwudziestu ujęć wody oligoceńskiej znajdujących się w 16 dzielnicach Warszawy: pl. Hallera – Praga Północ, ul. Inflancka i ul. Twarda – Śródmieście, ul. Porajów i ul. Mehoffera – Białołęka, ul. Szaserów - Praga Południe, ul. Łuczek – Włochy, ul. Zagłoby – Ursus, ul. Kazubów – Bemowo, ul. Gojawczyńskiej – Żoliborz, ul. Płocka i ul. Wolska – Wola, ul. Wolumen – Bielany, ul. Augustówka – Mokotów, ul. Ciszewskiego – Ursynów, ul. Lentza – Wilanów, oś. Młodych – Wawer, ul. Kołowa – Targówek, ul. Pasteura i ul. Barska – Ochota. Dwie dzielnice w Warszawie: Rembertów i Wesoła nie posiadają czynnych ujęć wody oligoceńskiej. Oznaczone zostały stężenia promieniotwórcze: ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U ,

oraz ^{210}Po i ^{210}Pb we wszystkich pobranych próbkach wody.

Stężenia promieniotwórcze ^{210}Po wahały się w granicach od $< 0,3 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ujęcia przy ul. Kazubów i ul. Ciszewskiego do $2,02 \pm 0,12 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ul. Szaserów. W przypadku ^{210}Pb zakres stężeń wynosił od $0,98 \pm 0,09 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ul. Porajów do $4,04 \pm 0,22 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ul. Inflanckiej.

W 8 próbkach wody (ul. Szaserów, ul. Porajów, ul. Inflancka, pl. Hallera, ul. Ciszewskiego, ul. Kołowa, ul. Wolska, ul. Twarda) stężenia promieniotwórcze ^{234}U były powyżej granicy oznaczalności ($0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$) i wynosiły od $0,76 \pm 0,22 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ul. Kołowej do $1,95 \pm 0,51 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ul. Ciszewskiego. Stężenia promieniotwórcze ^{238}U w 5 próbkach wynosiły powyżej $0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$, od $0,75 \pm 0,23 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z pl. Hallera do $1,74 \pm 0,52 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody z ul. Ciszewskiego. Dla wszystkich badanych próbek wody oligoceńskiej stężenia promieniotwórcze ^{235}U wynosiły poniżej $0,5 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$. Wszystkie badane wody oligoceńskie spełniają wymagania zapisane w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dn. 7 grudnia 2017 r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi”. Otrzymane wyniki były prezentowane (plakat) na międzynarodowej konferencji: The 4th International Conference on Environmental Radioactivity – ENVIRA 2017, Wilno, Litwa, 29 maja - 2 czerwca 2017 r.

Temat był finansowany ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{90}Sr oraz ^{134}Cs , ^{137}Cs i ^{40}K w wodach ze studni oligoceńskich w Warszawie

M. Kardaś, E. Starościaka, M. Suplińska, B. Rubel

Jednym ze sposobów przedostawania się substancji promieniotwórczych do organizmu człowieka jest spożywanie wody. 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 dn. 27 listopada 2015r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi” (Dz. U. 2015r. poz. 1989) określają poziomy naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych dopuszczalne w tych wodach.

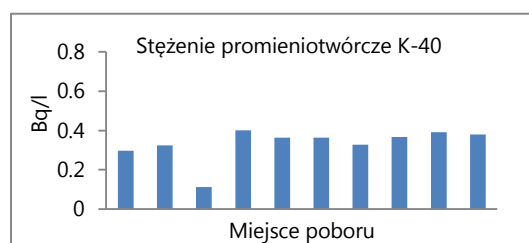
Celem pracy było oznaczenie stężeń promieniotwórczych izotopów naturalnych: potasu-40 oraz sztucznych: strontu-90, cezu-134 i cezu-137 w próbach wód ze studni oligoceńskich znajdujących się na terenie Warszawy.

W 2017 roku zostały pobrane próbki z dziesięciu ujęć wody oligoceńskiej znajdujących się w różnych dzielnicach Warszawy: ul. Osiedle Młodych - Marysin Wawerski, ul. Augustówka - Mokotów, ul. Ciszewskiego - Ursynów, ul. Kołowa - Praga Północ, ul. Barska - Ochota, ul. Pasteura - Ochota, ul. Wolska - Wola, ul. Twarda - Śródmieście, ul. Lentza - Wilanów, ul. Mehoffera - Białołęka. Objętość każdej próbki wynosiła 20 litrów.

Stężenie promieniotwórcze ^{40}K i ^{134}Cs w oznaczano metodą spektrometrii gamma. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{90}Sr oznaczano w tej samej próbce. Metoda oznaczania ^{137}Cs polega na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosfomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności β preparatu. Do oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr stosowano metodę polegającą na oznaczeniu ^{90}Y , krótko żyłowego izotopu ($T_{1/2} = 64,2$ h). Do pomiaru aktywności ^{137}Cs

i ^{90}Sr stosowano niskotłowy zestaw aparaturowy, produkcji duńskiej, oparty na licznikach przepływowych GM (Riso GM-25-5).

Stężenia promieniotwórcze ^{40}K wahały się w granicach od $0,112 \pm 0,033$ Bq·l⁻¹ dla wody z ujęcia przy ul. Ciszewskiego do $0,401 \pm 0,048$ Bq·l⁻¹ dla wody z ul. Kołowej (Rysunek 1).



Rysunek 1. Stężenia promieniotwórcze ^{40}K w badanych próbkach wody oligoceńskiej.

Dla wszystkich badanych próbek wody stężenia promieniotwórcze ^{134}Cs były poniżej granicy oznaczalności, która dla zastosowanej metody wynosi $0,13$ Bq·l⁻¹.

Podobnie w przypadku ^{90}Sr otrzymano wyniki poniżej granicy oznaczalności ($0,45$ mBq·l⁻¹) dla wszystkich badanych próbek wody. ^{137}Cs oznaczano metodą radiochemiczną. Stężenia promieniotwórcze tego izotopu wahały się w granicach od $0,33 \pm 0,03$ mBq·l⁻¹ dla wody z ujęcia przy ul. Twardej do $5,34 \pm 0,29$ mBq·l⁻¹ dla wody z ul. Kołowej.

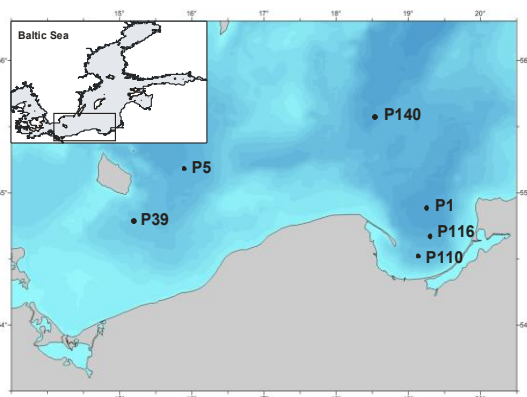
Wszystkie badane wody oligoceńskie spełniają wymagania zapisane w Rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dn. 27 listopada 2015 r. „W sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi”.

Finansowanie ze środków MNiSzW.

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

M. Suplińska

Badania obejmują oznaczanie substancji promieniotwórczych, w środowisku morskim: w wodzie, osadach dennych i organizmach żywych (ryby) pochodzących z południowego rejonu Morza Bałtyckiego. Prace te, są częścią monitoringu koordynowanego przez Komisję Helsińską, prowadzone przez wszystkie kraje nadbałtyckie. 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 rozpoczęły oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra w dorszu, śledziu, szprocie i storni. Próbki 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.

Oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra w wodzie przeprowadzono w próbkach z warstwy powierzchniowej i przydennej. Oznaczenia ^{137}Cs i ^{40}K prowadzono w stratyfikowanych próbkach

rdzeniowych z sześciu lokalizacji, a oznaczenia ^{238}Pu i $^{239,240}\text{Pu}$ wykonano w dwu wybranych lokalizacjach (w sześciu stacjach w okresie 3 lat). Stront-90 oznaczono w próbkach rdzeniowych z 6 lokalizacji bez podziału na warstwy.

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

W rybach oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra prowadzono w filetach, z wyjątkiem próbek szprota gdzie analizowano całe tuszki. Tak jak w latach ubiegłych:

- najwyższe średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs określono dla dorsza: $58 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$,
 - a najniższe dla śledzia – $2,56 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$.
- Stężenie to w każdym z gatunków ryb maleje w kolejnych latach, chociaż znaczące zmiany obserwowane w dłuższych okresach czasu. Średnie stężenia ^{137}Cs wyliczone dla czterech gatunków ryb w roku 2017 wynosiło $2,92 \pm 0,54 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$, było prawie pięć razy niższe od maksymalnego, odnotowanego w 1989 roku. Stężenia ^{226}Ra nie zmieniało się w czasie, ale było zróżnicowane w zależności od gatunku ryb, najwyższe określono w dorszu – $88 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$ a najniższe w śledziu – $27 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$.

W wodzie powierzchniowej stężenia ^{137}Cs były w zakresie $22,2 \div 30,6 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Najniższa wartość, charakteryzowała stację zlokalizowaną w Zatoce Gdańskiej (P 110) na profilu ujścia Wisły, gdzie obserwuje się rozcieńczający wpływ wód rzecznych. Stężenia ^{137}Cs w wodzie przydennej były w zakresie $28,2 \div 31,9 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Stężenie ^{40}K w wodach powierzchniowych zmieniało się w zakresie $2665 \div 3360 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. W wodach przydennych stężenia ^{40}K wzrastały wraz z zasoleniem, obejmując zakres $3328 \div 7423 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Stężenia ^{226}Ra w wodzie powierzchniowej, mieściły się w zakresie $2,78 \div 3,55 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ a w przydennej były wyższe i ich zakres wynosił $4,00 \div 4,77 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

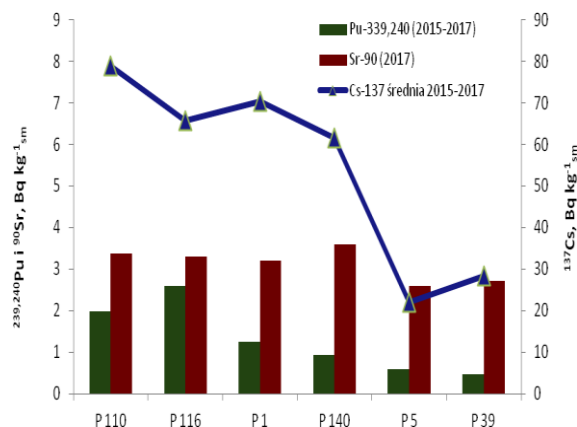
W osadach dennych wyższe stężenia ^{137}Cs obserwowano w górnych warstwach i tak jak w latach ubiegłych występowały różnice związane z lokalizacją. Najwyższe stężenia ^{137}Cs , obserwowane w Basenie Gdańskim (P 110, P 116, P 1), były w zakresie $158 \div 190 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$, natomiast najwyższe stężenia obserwowane w rejonie Basenu Bornholmskiego (P 5 i P 39) wynosiły $37,9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ i $74,9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$. We wszystkich lokalizacjach, stężenia ^{137}Cs zmniejszają się w głąb profili osadowych, najczęściej do pojedynczych Bq.

Oznaczenia izotopów plutonu w osadach dennych w 2017 roku przeprowadzono w próbkach z Głębi Gdańskiej (P 1) i z Zatoce Gdańskiej (P 110). W P 1 najwyższe stężenie $^{239,240}\text{Pu}$, wynoszące $3,40 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ określono w warstwie 4-5 cm, po czym następował jego sukcesywny spadek do wartości $0,04 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ w najniższej warstwie. W P 110 porównywalne stężenia $^{239,240}\text{Pu}$ ($3,34 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ i $3,53 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$), oznaczono w warstwach 3-4 cm i 11-13 cm. Stężenia ^{238}Pu w P 1 i P 110 były w zakresie $0,006 \div 0,087 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$

a stosunek stężenia ^{238}Pu do $^{239,240}\text{Pu}$ w zakresie $0,02 \div 0,04 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$, 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 $2,60 \div 3,59 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$. Wyliczone stężenia ^{137}Cs i $^{239,240}\text{Pu}$ dla powyższej warstwy z sześciu lokalizacji były odpowiednio w zakresach $23,9 \div 77,8 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ oraz $0,5 \div 2,6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ - 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 - 9 cm były w zakresie $731 \div 1002 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ i zależały głównie od ilości substancji organicznych oraz składu granulometrycznego osadu.



Rysunek 2. Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr , $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{137}Cs w osadach dennych w warstwie 0-19 cm.

Praca realizowana zgodnie z umową z państwową Agencją Atomistyki nr 8/OR/2017/120 z dnia 31 maja 2017 r.

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

K. Pachocki

Celem pracy jest zmodyfikowanie modelu PCXMC pod kątem wprowadzenia do niego danych polskich np. dot. stosowanych aparatów rtg, procedur i parametrów ekspozycji, jak i dot. śmiertelności i zapadalności na nowotwory.

Model PCXMC rozwinięty przez STUK (Radiation and Nuclear Safety Authority In Finland), pozwala szacować w narządach i tkankach człowieka dawki równoważne oraz dawki skuteczne na całe ciało otrzymywane podczas radiograficznych badań medycznych. Bazuje on na metodzie Monte Carlo. Pozwala również na określanie ryzyka radiacyjnego (Model BEIR VII) związanego zwykonymi badaniami. Dane wejściowe do modelu: dane fantomowe, parametry ekspozycyjne czy dane dotyczące śmiertelności i częstości występowania w populacji nowotworów według płci i wieku odnoszą się do specyfiki Finlandii (np. Finnish Cancer Registry) czy danych bardzo ogólnych „Euro-American” i Azji (ICRP 2007).

Na wstępie zapoznano się z pakietem PCXMC i opanowano jego obsługę. Zebrano część niezbędnych danych wejściowych do tego modelu, specyficznych dla warunków polskich. Miarodajna ocena narażenia osób poddanych badaniom rtg wymaga określenia dawek pochłoniętych (H_T) w poszczególnych narządach, których wartość zależy od energetycznej charakterystyki promieniowania X (ICRP-103, 2017). Teoretycznie obliczenia dawek pochłoniętych (H_T) jest możliwe dzięki wykorzystaniu matematycznej symulacji Monte Carlo do modelowania stochastycznego procesu przenikania promieniowania X o zadanej charakterystyce energetycznej przez fantom imitujący pacjenta poddanego badaniu rtg. Jest to trójwymiarowy fantom matematyczny, w którym poszczególne narządy i części ciała zobrazowane są

w sposób przybliżony odpowiednimi bryłami geometrycznymi opisanymi analitycznie układami równań i nierównościami. Posługiwano się fantomem hermafrodyty (Cristy i Eckerman 1987) zmodyfikowanym dla sześciu grup wiekowych w funkcji wzrostu (h) i wagi (w): niemowlę ($h=50,9$ cm, $w=3,4$ kg), jednoroczne dziecko ($74,4$ cm, $9,2$ kg), pięcioletnie ($109,1$ cm, 19 kg), dziesięcioletnie ($139,8$ cm, $32,4$ kg) i piętnastoletnie dziecko ($168,1$ cm, $56,3$ kg) oraz osoba dorosła ($178,6$ cm, $73,2$ kg). Przeprowadzono wstępne symulacje Monte Carlo dla: radiografii klatki piersiowej AP, radiografii kręgosłupa piersiowego AP, radiografii miednicy AP oraz radiografii czaszki AP.

Oszacowano dawki pochłonięte (H_T), w 29 następujących tkankach i narządach: szpik kostny, nadnercze, mózg, piersi, okrężnica, drogi oddechowe, pęcherzyk żółciowy, serce, nerki, wątroba, płuca, węzły limfatyczne, mięśnie, przełyk, błona śluzowa, jajniki, trzustka, prostata, ślinianki, szkielet, skóra, jelito cienkie, śledziona, żołądek, jądra, grasicca, tarczyca, pęcherz moczowy.

Dawkę skuteczną kalkulowano w oparciu o czynniki wagowe tkanek (narządów) podane przez ICRP (ICRP-103 2007, ICRP-60 1991). Sumaryczna dawka pochłonięta nie przekraczała wartości 10mGy, a dawka skuteczna (efektywna) nie przekraczała 1 mSv.

W 2018 r. planuje się, korzystając z już zebranych doświadczeń oraz danych, dalszą adaptację modelu PCXMC do warunków polskich.

Efektom, po zakończeniu prac, będzie dostosowanie do warunków polskich i otrzymanie przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej profesjonalnego narzędzia do szacowania dawek otrzymywanych przez

pacjentów podczas medycznych badań rentgenowskich oraz wielkości ryzyka związanego z ich wykonywaniem.

Praca wykonana w ramach badań statutowych na rok 2017 finansowanych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

Utrzymanie systemu zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych

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

Praca pt. „Utrzymanie Systemu Zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych” była realizowana w 2017 roku w Zakładzie Higieny Radiacyjnej Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. W ramach tematu zrealizowane zostały następujące zadania:

Sprawowanie nadzoru nad akredytowanym Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) - przeprowadzenie audytu w nadzorze przez ekspertów PCA: w dniu 13 marca 2017r. w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych odbył się audyt zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów Polskiego Centrum Akredytacji. Podczas oceny audytorzy stwierdzili, że Laboratorium utrzymuje kompetencje do wykonywania badań wszystkimi metodami badawczymi objętymi zakresem akredytacji. Audytorzy nie stwierdzili żadnych niezgodności. W Raporcie z oceny zapisane zostały trzy spostrzeżenia, audytorzy wskazali także silne strony Laboratorium. Uwagi audytorów zostały wnikliwie przeanalizowane, zaplanowano i zrealizowano działania zapobiegawcze do spisanych spostrzeżeń.

Doskonalenie systemu zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych: w związku z doskonaleniem Systemu Zarządzania Laboratorium, uwagami audytorów PCA oraz własnymi spostrzeżeniami z przeglądu dokumentów w 2017r. wprowadzono aktualizacje w dokumentacji oraz opracowano nowe wydania formularzy.

W 2017 r. W Laboratorium odbyło się 12 szkoleń wewnętrznych zgodnie z „Planem szkoleń w roku 2017” oraz wynikających ze zmian wprowadzonych w dokumentacji systemu zarządzania i realizacji działań zapobiegawczych. Pracownicy Laboratorium

wzięli także udział w 4 szkoleniach zewnętrznych oraz w 2 konferencjach międzynarodowych i 2 krajowych.

W 2017 r. Laboratorium wzięło udział w jednym krajowym i dwóch międzynarodowych badaniach biegłości:

- PAA/ICH TJ, którego przedmiotem było oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{241}Am w próbkach wody i mleka płynnego - wg procedury QPB 1 oraz ^{239}Pu w próbkach wody - wg procedury QPB 4.
- IAEA-TEL-2017-04, którego przedmiotem było oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs , ^{133}Ba , w próbkach wody i mleka w proszku - wg procedury QPB 1 oraz ^{90}Sr w próbkach wody i mleka w proszku - wg QPB 8 i QPB 2.
- PROCOARAD 2017, którego przedmiotem było oznaczanie stężenia promieniotwórczego ^{90}Sr w próbkach moczu - wg procedury QPB 2.
- Zgodnie z Planem zapewnienia jakości wyników badań na rok 2017 wykonano także:
 - potwierdzenie powtarzalności metod wg procedur: QPB 1, QPB 4, QPB 5, QPB 8 oraz norm: PN-ISO 9697:2001 i ISO 9696:2007(E);
 - potwierdzenie odtwarzalności metod wg procedur: QPB 2 i QPB 3;
 - sprawdzanie poprawności metody na materiale odniesienia zgodnie z procedurą QPB 1;
 - sprawdzenie poprawności obliczeń, zgodnie z procedurą QPB 2.

Przeprowadzenie, dwóch auditów wewnętrznych: systemu zarządzania oraz obszaru technicznego: Realizując Program auditów wewnętrznych na rok 2017 w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych przeprowadzone zostały dwa audyty wewnętrzne.

W dniach 2 - 3 października 2017 r. odbył się audit wewnętrzny nr 1/2017 dotyczący wymagań ogólnych systemu zarządzania. W dniach 23 - 24 października 2017 r. odbył się audit wewnętrzny nr 2/2017 dotyczący obszaru technicznego systemu zarządzania.

Audity wewnętrzne przeprowadzone zostały bardzo wnikliwie. Podczas auditów, auditor nie stwierdził niezgodności, spisano jedno spostrzeżenie. Audity, wykazały, że system

zarządzania Laboratorium jest wdrożony i ciągle doskonalony.

Nadzór techniczny i konserwacja wyposażenia badawczego Laboratorium: W akredytowanych Laboratoriach Wzorcujących, zapewniających spójność pomiarową wykonano wzorcowania: wagi, termohigrometru, termometrów, cylindrów pomiarowych, odważników kalibracyjnych i wzorców masy. Wykonane zostało, także okresowe sprawdzanie aparatury oraz wyposażenia pomocniczego Laboratorium.

ZAKŁAD DOZYMETRII



Zakład Dozymetrii w 2017 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 odciążenia 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.

W roku 2017 w Zakładzie Dozymetrii zatrudnionych było 7 osób (Rysunek 1), a mianowicie:

Kierownik Zakładu – mgr inż. Krzysztof Isajenko.
Pracownicy: mgr inż. Karol Wojtkowski, mgr Izabela Kwiatkowska, mgr Barbara Piotrowska, mgr Olga Stawarz, Anita Kiełbasińska, Adam Ząbek.



Rysunek 1. Pracownicy Zakładu Dozymetrii – od lewej: Izabela Kwiatkowska, Karol Wojtkowski, Krzysztof Isajenko, Barbara Piotrowska, Olga Stawarz, Anita Kiełbasińska, Adam Ząbek.

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 środowiskowych. Prowadzone są w nim między innymi następujące prace i tematy:

- Monitoring przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego,
- Monitoring gleb w Polsce,

- Monitoring surowców i materiałów budowlanych,

- Monitoring otoczenia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie i Ośrodka 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. CLOR, jest właścicielem stacji pracujących w tej sieci (stacja posiada patent nr 184966 od dn. 14.11.1997, wydany dn. 17.06.2003). 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 izotopami gamma promieniotwórczymi (naturalnymi i pochodzenia sztucznego) na poziomie ułamków $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Na podstawie zmierzonych poziomów zawartości izotopów promieniotwórczych w powietrzu obliczane są dawki, jakie otrzymują mieszkańcy Polski od wchłoneń tych izotopów 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 Inspektorem 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 przekazywane są do pomiarów metodą wysokorozdzielczej spektrometrii promieniowania

gamma. W pomiarach, określa się stężenia radionuklidów naturalnych (radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac i potasu ^{40}K) oraz na poziomie zmierzonych stężeń obliczana jest depozycja (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 ramach Zakładu 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 kalibracyjne potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{228}Th , służące do pomiarów radioaktywności naturalnej 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.

Od wielu lat Zakład Dozymetrii zajmuje się także monitoringiem radiologicznym środowiska w otoczeniu Ośrodka w Świerku i Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie. Pracownicy Zakładu, 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 Ośrodka w Świerku) oraz pomiary mocy dawki promieniowania gamma za pomocą komory jonizacyjnej w tych samych punktach, z których pobierana jest gleba i trawa. Większość pomiarów wykonywana jest dwa razy w roku, w maju - czerwcu oraz we wrześniu.

Dodatkowo, Zakład Dozymetrii prowadzi jeszcze inne prace, które nie należą do typowych ciągłych prac monitoringowych. W roku 2017 należały do nich: 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 z wynikami pomiarów, pomiary stężeń izotopów promieniotwórczych w glebie pobranej z terenu Kampinoskiego Parku Narodowego.

Pobór gazów szlachetnych w otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych w Świerku – gazy mierzone są w Instytucie BfS we Freiburgu (Niemcy) na podstawie obustronnie podpisanego porozumienia.

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. samochody sprowadzane z Japonii po awarii EJ w Fukushimie, 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 grupy Ro5, w skład której wchodzi instytucje z wielu krajów europejskich.

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 chętnie biorą udział w konferencjach (także jako organizatorzy – m.in. zorganizowali wspólnie ze Szkołą Główną Służby Pożarniczej Pierwszą Ogólnopolską Konferencję Naukową pt. „*Praktyczne działania, w przypadku zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i nuklearnych (CBRN)*”), czy 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 kilka lat temu przewoźną stację do poboru aerozoli z przyziemnej warstwy powietrza MASS – 1000 (patent nr 216990 od dn.26.03.2009, wydany dn.28.07.2014). 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 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 izotopów emitujących promieniowanie gamma (naturalnych oraz pochodzenia sztucznego).

W Zakładzie Dozymetrii, została również opracowana stacja jodowa, służąca do kontroli promieniotwórczych zanieczyszczeń powietrza wokół obiektów jądrowych zarówno w sytuacji ich normalnej pracy, jak i w przypadku awarii takiego obiektu. Podczas pomiaru 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 wychwyty 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.

Ocena dawki skutecznej dla mieszkańców Polski od wchłonięcia aerozoli atmosferycznych drogą oddechową – sieć stacji ASS-500 (rok 2017)

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

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

$$D = \sum_i D_i$$

Gdzie:

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

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

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

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

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

Gdzie:

D_i – jest dawką skuteczną od pojedynczego izotopu,
 $A_{w,i}$ – jest aktywnością właściwą (stężeniem promieniotwórczym) i-tego izotopu w

powietrzu atmosferycznym (zmierzonego w sieci stacji ASS-500 w danej lokalizacji),

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

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

T – jest to czas dla jakiego 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.

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

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

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

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

Izotop	Okres połowicznego rozpadu	Wartości e(g) w [Sv·Bq ⁻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

Wyniki pomiarów oparte zostały na pomiarach stężeń radionuklidów promieniotwórczych zmierzonych w filtrach powietrza ekspozycyjnych w sieci stacji ASS-500. Poniżej podano rozmieszczenie stacji ASS-500 w Polsce:

- 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.

Obliczone dawki pochodzące od radionuklidów znajdujących się w powietrzu atmosferycznym, otrzymywane przez mieszkańców naszego kraju są bardzo niskie. Wyniki otrzymane w powyższej pracy pokazały, że dawki te są na poziomie ułamkowych części dawek granicznych.

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki na podstawie umowy nr 1/OR/2017/4 z dnia 28 grudnia 2016.

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.

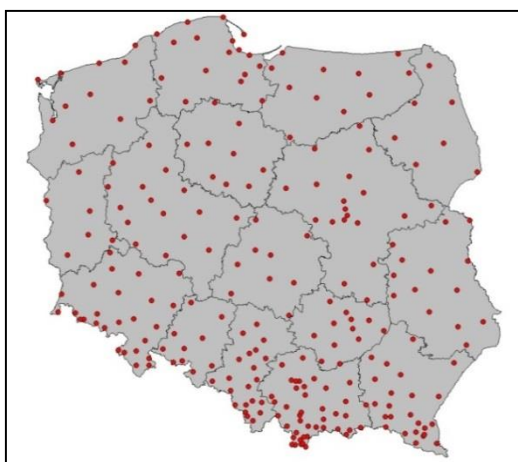
Monitoring promieniowania jonizującego realizowany w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska

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 Rysunku 1.

Punkty poboru próbek gleby (254 punkty) są rozmieszczone na terenie całej Polski i lokalizowane 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.

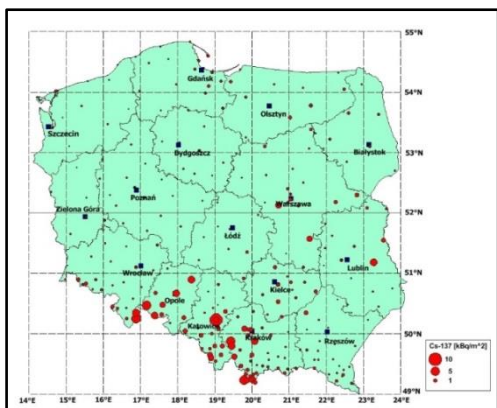


Rysunek 1. Punkty poboru gleby w Polsce (jesień 2016 rok).

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

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

W drugim etapie pracy (zakończonym 16 października 2017 roku) wykonano następujące prace: Pomiar spektrometryczny próbek gleby pobranych jesienią 2016 roku z terenu całej Polski w 254 punktach zlokalizowanych zgodnie z załącznikiem do opisu przedmiotu zamówienia; w ogródkach meteorologicznych stacji i posterunków Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (264 próbki: 254 próbki z warstwy 0-10 cm oraz 10 próbek z warstwy 0-25 cm), napisanie sprawozdania, zawierającego omówienie prac związanych z wykonaniem pomiarów spektrometrycznych 264 próbek gleby oraz wyniki pomiarów zawierające: Opis metodyki oznaczania spektrometrycznego (cezu ^{137}Cs , radu ^{226}Ra , aktynu ^{228}Ac oraz potasu ^{40}K), opis zapewnienia jakości wyników.



Rysunek 2. Depozycja (stężenie powierzchniowe) cezu ^{137}Cs w Polsce (próbki pobrane jesienią 2016 roku).

Na Rysunku 2 została przedstawiona w formie kartodiagramu kołowego depozycja (stężenie

powierzchniowe) cezu ^{137}Cs w próbkach gleby pobranych z warstwy 0-10 cm jesienią 2016 roku.

Temat finansowany jest 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 Inspektoratem Ochrony Środowiska.

Literatura

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations, New Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2014-2015.

Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980-2017

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

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

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

W 2017 roku Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonało badania i opracowało opinie dotyczące zastosowania materiałów i surowców budowlanych dla 57 próbek nadesłanych z różnych regionów kraju. Były to, m.in.: mieszaniny popiołowo-żuźłowe (35 próbek), żużel (6 próbek), odpady paleniskowe (3 próbki), pozostałe 13 próbek - różne.

Od 1980 roku do końca 2017 roku do ogólnopolskiej bazy danych surowców i materiałów budowlanych zostało wprowadzonych

danych dla 47362 próbek. W samym 2017 roku wprowadzono do bazy wyniki dla 758 próbek, w tym: wyniki surowców budowlanych pochodzenia naturalnego: 59, wyniki surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego: 602, wyniki materiałów budowlanych: 97.

W 2017 roku, zarejestrowano mniejszą liczbę przekroczeń wartości granicznych wyznaczanych wskaźników aktywności $f_1 = 1,2$ lub $f_2 = 240 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w porównaniu do roku ubiegłego. Przekroczenia, odnotowano dla 28,1% partii popiołów lotnych oraz 5,1 % partii mieszaniny popiołowo - żuźłowej.

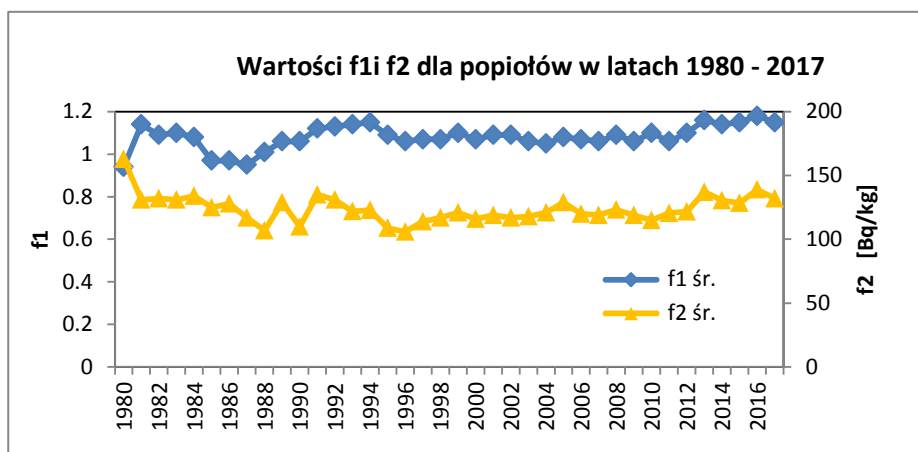
Na rysunkach 1-4 przedstawiono zmiany średniej wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla kilku wybranych surowców i materiałów budowlanych (Rysunek 1 - popioły, Rysunek 2 - żużle, Rysunek 3 - cementy, Rysunek 4 - ceramika budowlana) w latach 1980 – 2017. Analizując średnie wartości wskaźników aktywności f_1 oraz f_2 z całej bazy określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w latach 1980 - 2017 należy stwierdzić, że:

- w 2017 r. odnotowano nieco niższą wartość wskaźnika aktywności f_1 dla popiołu lotnego w porównaniu do 2016 r. i najniższą wartość wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla ceramiki budowlanej od 38 lat,
- w 2017 roku 100% surowców pochodzenia naturalnego mogło mieć zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym (podobnie jak w latach poprzednich).
- w przypadku surowców, pochodzenia przemysłowego w 2017 roku słabymi wskaźnikami aktywności pod względem dopuszczalności ich

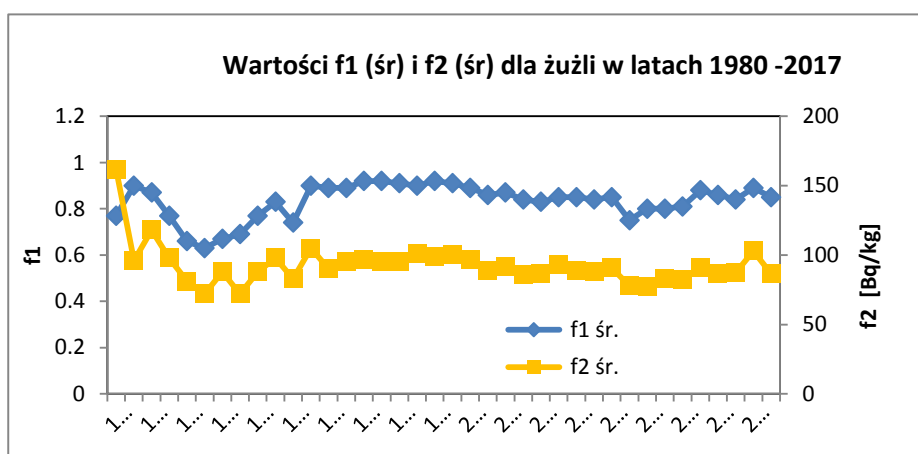
do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym charakter-ryzowały się popioły lotne.

została dopuszczona do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym.

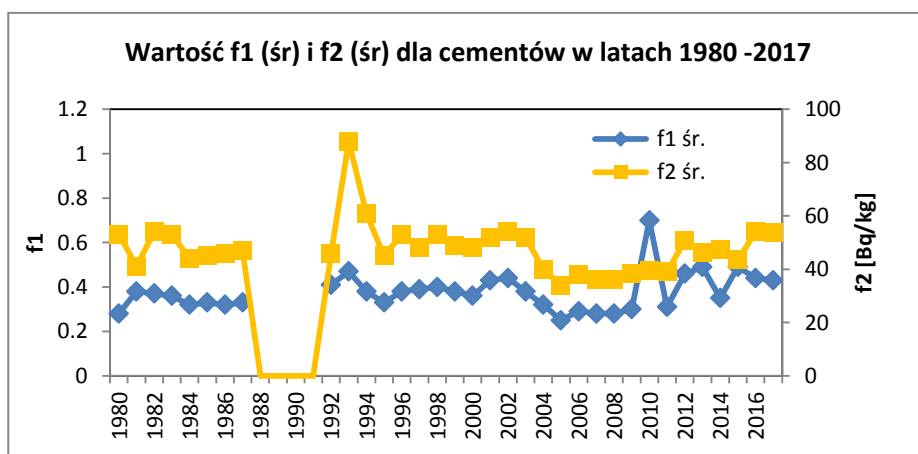
- z gotowych materiałów budowlanych, wyprodukowanych w 2017 roku 100% materiałów



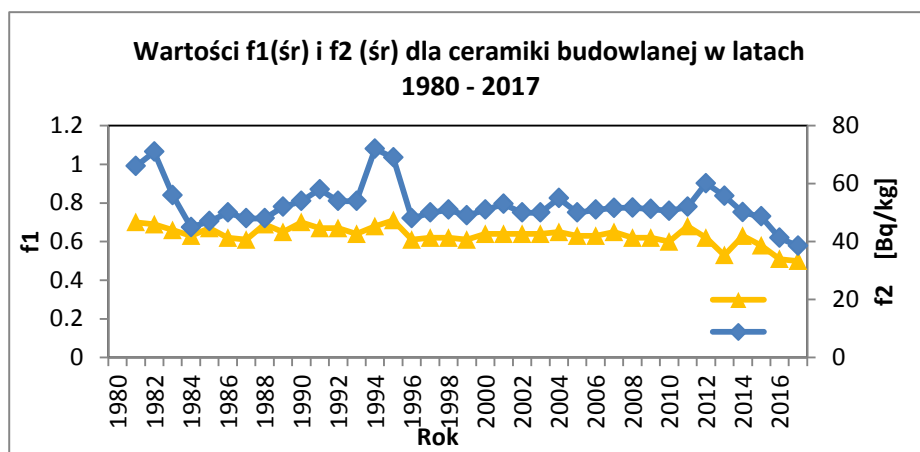
Rysunek 1. Wartości średnie f_1 i f_2 dla popiołów w latach 1980 – 2017.



Rysunek 2. Wartości średnie f_1 i f_2 dla żużli w latach 1980 – 2017.



Rysunek 3. Wartości średnie f_1 i f_2 dla cementów w latach 1980 – 2017.



Rysunek 4. Wartości średnie f_1 i f_2 dla ceramiki budowlanej w latach 1980 – 2017.

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

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

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

We wszystkich, trzech próbkach zawartość trytu zarejestrowano poniżej dolnej granicy wykrywalności. Największą zawartość sumy cezów ^{134}Cs i ^{137}Cs , wynoszącą $7,31 \pm 0,38 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$, zarejestrowano w próbce wody źródlanej oznaczonej jako Z-2. Stężenie aktywności strontu ^{90}Sr w próbce zbiorczej (otrzymanej z połączenia próbek Z-1, Z-2 oraz Z-3 w jedną próbkę) było poniżej dolnej granicy wykrywalności. Analiza promieniowania beta w próbkach wody gruntowej z otoczenia KSOP w Różanie wykazała, że:

- największą zawartość trytu zmierzono w próbce oznaczonej jako P – 16: w poborze letnim $135,0 \pm 9,4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ natomiast w poborze jesiennym $147,0 \pm 10,3 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- największą całkowitą radioaktywność beta w próbce oznaczonej jako P – 7: w poborze letnim $0,16 \pm 0,02 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ natomiast w poborze jesiennym $0,35 \pm 0,04 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Badania spektrometryczne, promieniowania gamma próbek gleby z otoczenia KSOP w Różanie wykazały ze sztucznych izotopów jedynie obecność cezu ^{137}Cs . Największe, jego stężenie w poborze majowym zmierzono w próbce pobranej w punkcie D-3, które wynosiło $172 \pm 3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. W poborze wrześniowym, największą wartość stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs zarejestrowano w próbce pobranej w punkcie D-1 i wynosiło $41,6 \pm 1,1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

W analizie widm promieniowania gamma, próbek trawy pobranych z otoczenia KSOP w Różanie zarejestrowano z izotopów promieniotwórczych pochodzenia sztucznego tylko cez ^{137}Cs . Jego

stężenia zawierały się w granicach od wartości $< 0,14 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s.m.}$ (dla próbki, pobranej we wrześniu w punkcie D-5) do $7,06 \pm 0,26 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s.m.}$ (dla próbki, pobranej w maju 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 został zmierzony jeden izotop pochodzenia sztucznego tj. cez ^{137}Cs (pobór lipcowy).

Wartości stężeń aktywności izotopów zidentyfikowanych w obydwu próbkach (Ro-19072017 oraz Ro-13092017) 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 $59,83 \pm 6,0 \text{ nGy/h}$ w punkcie D-5 (w pomiarach przeprowadzonych we wrześniu) do wartości $77,60 \pm 7,8 \text{ nGy/h}$ w punkcie D-1 (w pomiarach przeprowadzonych we wrześniu). Średnia wartość mocy dawki określona dla otoczenia KSOP w Różanie wyniosła $68,32 \text{ nGy/h}$ dla pomiarów przeprowadzonych w maju 2017 r. natomiast $68,81 \text{ nGy/h}$ dla pomiarów przeprowadzonych we wrześniu 2017r.

Po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach wody z otoczenia Ośrodka w Świerku, (2 próbki wody z rzeki Świder i 2 próbki wody studziennej) nie stwierdzono obecności izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o stężeniu aktywności powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$. W wodzie pobranej w maju i we wrześniu z oczyszczalni ścieków

w Otwocku nie stwierdzono obecności izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o stężeniu aktywności powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$. 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 ciekło-scyntylicyjnym wykazały obecność trytu na niskim poziomie. Maksymalne stężenie trytu w wodzie pobranej z okolic Ośrodka w Świerku zarejestrowano w próbce wody z oczyszczalni ścieków w Otwocku. Wartość ta wynosiła w poborze letnim $1,4 \pm 0,2 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$, natomiast w poborze jesiennym $1,5 \pm 0,2 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$. Badanie zawartości cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ w próbkach wody metodą polegającą na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosforomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności β preparatu wykazało, że we wszystkich próbkach poziom aktywności cezu jest na niskim poziomie. Największą średnią zawartość cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ zarejestrowano w próbce wody z oczyszczalni ścieków w Otwocku. Wartość średnia stężenia cezów w tej próbce wynosiła $7,51 \pm 1,13 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$, Maksymalne stężenia aktywności cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ w próbkach wody pobranych w okolicy Ośrodka w Świerku zarejestrowano w próbce wody z oczyszczalni ścieków w Otwocku. W poborze letnim wartość ta wynosiła $8,67 \pm 0,90 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$, natomiast w poborze jesiennym $6,34 \pm 0,68 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$. W badaniach oznaczeń ^{90}Sr w zbiorczych próbkach wody studziennej z poboru wiosennego i jesiennego oraz wody rzecznej zarejestrowano obecność strontu ^{90}Sr . Wartość maksymalna stężenia strontu ^{90}Sr została odnotowana dla próbki wody studziennej G-108 i wyniosła $22,4 \pm 2,4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$. W próbkach gleby pobranych z otoczenia Ośrodka w Świerku stwierdzono: z izotopów pochodzenia naturalnego – obecność izotopów naturalnych szeregów promieniotwórczych tj. radu ^{226}Ra i aktynu ^{228}Ac oraz naturalnie występujący izotop potasu ^{40}K , o zawartościach powyżej $2,5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. Wartości stężeń promieniotwórczych izotopów pochodzenia naturalnego zawierały się w granicach:

- Potas ^{40}K : od $148 \pm 9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (próbka MD-05) do $262 \pm 15 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (próbka MD-02);

- Rad ^{226}Ra : od $5,75 \pm 0,58 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (próbka MD-05) do $22,7 \pm 1,8 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (próbka MD-02);

- Aktyn ^{228}Ac : od $4,39 \pm 0,17 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (próbka MD-05) do $20,1 \pm 0,5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (próbki MD-02).

- z izotopów sztucznych - obecność cezu ^{137}Cs we wszystkich próbkach, z czego w czterech próbkach stężenie promieniotwórcze było powyżej $0,7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$;

- maksymalną zawartość cezu ^{137}Cs o stężeniu $9,69 \pm 0,23 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ zawierała próbka MD-05;

- najmniejszą zawartość cezu ^{137}Cs o stężeniu $0,45 \pm 0,03 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ zawierała próbka MD-04.

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

- z izotopów sztucznych - obecność cezu ^{137}Cs we wszystkich próbkach;

- maksymalną zawartość cezu ^{137}Cs : $16,67 \pm 0,46 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w próbce MD-05;

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

- stężenie promieniotwórcze ^{40}K w trawie (s.m.) zawierało się w granicach od $405 \pm 17 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w próbce MD-02 do $684 \pm 40 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ w próbce MD-05.

Moc dawki, zmierzona w otoczeniu Ośrodka w Świerku zawierała się w przedziale od $45,40 \pm 4,54 \text{ nGy/h}$ w punkcie MD-05 do wartości $61,08 \pm 6,11 \text{ nGy/h}$ w punkcie MD-02.

Na jednym filtrze aerozoli powietrza pobranego z otoczenia Ośrodka w Świerku zarejestrowano jeden izotop pochodzenia sztucznego, tj.: cez ^{137}Cs o wartości stężenia promieniotwórczego powyżej dolnej granicy wykrywalności.

Wartości stężeń aktywności izotopów zidentyfikowanych w próbce OŚ-170706 i OŚ170926 tj.: berylu ^7Be i ołowiu ^{210}Pb zawierają się w zakresach wartości stężeń tych izotopów rejestrowanych w próbkach aerozoli ze stacji ASS-500 rozmieszczonych na terenie całego kraju.

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

W pomiarze gazów szlachetnych pobranych z okolicy Ośrodka w Świerku zidentyfikowany został

jeden izotop o wartości stężenia promieniotwórczego znacznie powyżej dolnej granicy wykrywalności tj.: krypton ⁸⁵Kr.

Praca Ośrodka 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 gleby

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

Celem pracy finansowanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego była ocena sytuacji radiacyjnej Kampinoskiego Parku Narodowego na podstawie badań radiologicznych próbek gleby pobranej z terenu KPN. W próbkach gleby mierzono stężenia radionuklidów naturalnych (potas ^{40}K , rad ^{226}Ra i aktywność ^{228}Ac) oraz stężenie radionuklidu pochodzenia sztucznego – cezu ^{137}Cs , będącego pozostałością po awarii EJ w Czarnobylu w 1986 r., a następnie obliczono depozycję ^{137}Cs (stężenie powierzchniowe).

Ocena sytuacji radiacyjnej polegała, na oszacowaniu narażenia na promieniowanie jonizujące (obliczenie rocznej dawki efektywnej) na podstawie wyników pomiarów stężeń radionuklidów naturalnych – dla pracowników KPN, okolicznych mieszkańców oraz turystów.

Otrzymane wyniki, posłużyły także do uzupełnienia danych do radiologicznej mapy Polski (baza jest na bieżąco uzupełniana od 1988 r. wynikami pomiarów radiologicznych gleby z całej Polski prowadzonych w cyklach dwuletnich).

W ramach realizowanego tematu pobrano 32 próbki gleby z terenu Kampinoskiego Parku Narodowego (obszar o powierzchni 38 544 ha), zgodnie z ustaleniami zawartymi w „Porozumieniu w sprawie udostępnienia terenu KPN w celu prowadzenia badań naukowych” zawartym między Dyрекcją KPN i CLOR i „Zezwoleniu na poruszanie się po drogach KPN samochodem CLOR”. Punkty poboru próbek, rozłożone były w miarę równomiernie, w miejscach dostępnych, większość znajdowała się blisko szlaków turystycznych lub charakterystycznych miejsc. Miejsca poboru, próbek gleby to: Wilcze Śladowskie, Nadleśnictwo Kromnów, Krzywa Góra, Nowe Polesie, Piaszczyste Góry, Helenowskie Góry, Bór Kazuński, Palmiry - Łomna Las, Kaptury, Famułki Łazowskie (stacja naukowa KPN),

OOŚ Wilków, Brzozówka, Kolonia Janówek - Przy Orle, Dziekanów Leśny, Famułki Brochowskie, Rzepowa Góra (kanał Łasica), Górki, OOŚ Żurawiowe, Kiścinnie, Modlińska Góra – Wiersze, Truskaw – Korcówka, Posada Sieraków, OOŚ Przyćmień, Granica, Józefów, Grabina – Korfowe, Julinek, Zaborówek Debły, Mariewskie Łąki, Lipków, Izabelin (Dyrekcja KPN, ogródek meteo) oraz polana turystyczna Opaleń.

Próbki pobrano zgodnie z metodyką stosowaną przez CLOR na potrzeby monitoringu radiologicznego gleby w Polsce. Pobór próbek z powierzchniowej warstwy gleby (0-10 cm) odbywał się za pomocą wykrojników (cylinder $d \approx 7$ cm). W każdym punkcie pobierano 7 porcji: 1 ze środka i 6 z obwodu koła o średnicy 2 m, a następnie były one mieszane w jednym worku dla każdego punktu. Worki zostały opisane i przewiezione do Zakładu Dozymetrii CLOR.



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

Przygotowanie próbek gleby do pomiaru w laboratorium odbywało się w następujących etapach: wysypanie na blachy, usunięcie ewentualnych fragmentów roślin i korzeni, wstępne rozdrobnienie, opisanie próbki, suszenie w suszarce w temperaturze 105°C , wystudzenie, wyznaczenie masy całkowitej, rozdrobnienie, przesypanie do pojemników Marinelli ($V=0,5\text{ dm}^3$), ważenie,

szczelne zamknięcie pojemnika oraz opisanie pojemnika z próbką.

Dla przygotowanych w opisany powyżej sposób próbek gleby przeprowadzono pomiary metodą spektrometrii promieniowania gamma. Pomiary wykonano na torze spektrometrycznym z wykorzystaniem germanowego detektora półprzewodnikowego (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 pomiarów przeanalizowano otrzymane raporty z wynikami. Następnie opracowano wyniki stężenia radionuklidów naturalnych ^{40}K , ^{226}Ra i ^{228}Ac i pochodzenia sztucznego – ^{137}Cs w glebie oraz obliczono depozycję cezu i roczną dawkę efektywną dla osób przebywających na terenie KPN.

Wartości depozycji ^{137}Cs w glebie (obliczonej na podstawie wyników pomiarów stężeń) mieszczą się w zakresie od $0,05$ kBq \cdot m $^{-2}$ (Kaptury) do $2,18$ kBq \cdot m $^{-2}$ (Górki).

Wartość średnia depozycji ^{137}Cs w glebie KPN wynosi $1,19 \pm 0,08$ kBq \cdot m $^{-2}$. Dla porównania wartość średnia depozycji ^{137}Cs w glebie wynosi dla Polski $1,52 \pm 0,11$ kBq \cdot m $^{-2}$ (zakres: $0,24 - 10,76$ kBq \cdot m $^{-2}$) i dla woj. mazowieckiego $1,61 \pm 0,32$ kBq \cdot m $^{-2}$ (zakres: $0,32 - 5,54$ kBq \cdot m $^{-2}$). Wartość średnia, stężenia ^{226}Ra w glebie to $8,2 \pm 0,5$ Bq \cdot kg $^{-1}$ (zakres: $4,7 - 16,1$ Bq \cdot kg $^{-1}$). Dla porównania wartość średnia stężenia ^{226}Ra w glebie wynosi dla Polski $27,5 \pm 0,9$ Bq \cdot kg $^{-1}$, dla woj. mazowieckiego $15,6 \pm 1,1$ Bq \cdot kg $^{-1}$, a dla miejscowości położonych nad Morzem Bałtyckim $9,2 \pm 2,0$ Bq \cdot kg $^{-1}$.

Dla ^{228}Ac wartość średnia stężenia w glebie KPN to $6,5 \pm 0,4$ Bq \cdot kg $^{-1}$ – (zakres: $3,6 - 12,0$ Bq \cdot kg $^{-1}$).

Dla porównania wartość średnia stężenia ^{228}Ac w glebie wynosi dla Polski - $23,5 \pm 0,8$ Bq \cdot kg $^{-1}$, dla woj. mazowieckiego - $13,6 \pm 1,3$ Bq \cdot kg $^{-1}$, a dla miejscowości nadmorskich - $6,9 \pm 1,1$ Bq \cdot kg $^{-1}$.

Natomiast wartość średnia stężenia ^{40}K w glebie KPN wynosi 206 ± 6 Bq \cdot kg $^{-1}$ (zakres: $140 - 275$ Bq \cdot kg $^{-1}$). Dla porównania wartość średnia stężenia ^{40}K w glebie wynosi dla Polski 425 ± 10 Bq \cdot kg $^{-1}$, dla woj. mazowieckiego 333 ± 26 Bq \cdot kg $^{-1}$, a dla miejscowości położonych nad Morzem Bałtyckim 224 ± 23 Bq \cdot kg $^{-1}$.

Opracowane wyniki badań posłużyły do oceny sytuacji radiacyjnej Kampinoskiego Parku Narodowego, który - jak wynika z literatury - nigdy nie był badany pod tym kątem (jeśli chodzi o glebę, mierzono wcześniej m.in. zawartość metali ciężkich, pH, wykonywano granulometrię).

Ponadto, 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 Kampinoskiego Parku Narodowego są niższe niż wartości średnie dla Polski i woj. mazowieckiego. Wartości stężeń radionuklidów naturalnych w glebie KPN i miejscowości nadmorskich są zbliżone do siebie z racji podobnej budowy geologicznej (większość pobranych w KPN próbek to piaszki luźne).

Na badanym obszarze KPN, 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.

Monitoring gazów szlachetnych w Warszawie i Świerku w latach 2015-2017

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

Stacja do poboru gazów szlachetnych z powietrza atmosferycznego jest przewoźnym urządzeniem. W celu uchronienia przepływomierza i zaworu przed zanieczyszczeniem kurzem, powietrze jest pompowane przez filtr z waty bawełnianej.

Jest on zespolony z kolumną, w której znajduje się silikat-żel. Jego zadaniem jest absorpcja wody zawartej w pobieranym powietrzu. Następnie powietrze wchodzi do adsorbentu zanurzonego w naczyniu Dewara, w którym znajduje się ciekły azot (temperatura 77 K/-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 l/min. (maksymalnie do 70-75 l/min). Po poborze gazów szlachetnych na adsorbent, należy je przetransferować do naczyń transportowo-pomiarowych. Aby dokonać transferu gazów szlachetnych należy umieścić kolumnę z adsorbentem w specjalnym piecu. Adsorbent jest wygrzewany przez około 1 godzinę w temperaturze ok. 300 °C. Poprzez wymywanie adsorbentu gazami obojętnymi (azot lub hel) następuje transfer gazów szlachetnych z adsorbentu do pojemników MINICAN, które należy napełnić do ciśnienia 4 bary. Następnie wypełniony MINICAN jest wysyłany do Instytutu BfS (Bundesamt für Strahlenschutz) we Freiburgu (Niemcy). Tam jest mierzona jego zawartość z wykorzystaniem chromatografu gazowego. Kolejno do CLOR zostają przesłane wyniki pomiarów.

W 2017 roku została zawarta umowa (nr 7/OR/2017/125 z dnia 24 maja 2017 r.) pomiędzy Skarbem Państwa – Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki a Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Przedmiotem Umowy było wykonanie

usługi polegającej na pomiarach wielkości uwolnień substancji promieniotwórczych do powietrza w okolicy obiektu jądowego w Świerku. Stacja do poboru gazów szlachetnych została ustawiona w miejscu, w kierunku którego w początkowej fazie poboru wiał wiatr od strony komina reaktora.

Na podstawie poboru dokonanego 06.07.2017 podwykonawcy w BfS Freiburg (Niemcy) udało się określić stężenie kryptonu ^{85}Kr na poziomie $1,48 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, przy średnim progu detekcji wynoszącym $0,014 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Wg informacji, jaką otrzymaliśmy od Niemców, wartość ta jest na poziomie tła panującego w Europie Środkowej wynoszącego ok. $1,5 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Jednak dla w pełni miarodajnego określenia stężenia kryptonu ^{85}Kr wymagany jest tygodniowy pobór powietrza, albo pobór krótszy (ale nie mniej niż 5 dni) z większym przepływem (zwiększonym do wartości $0,060 - 0,075 \text{ m}^3/\text{h}$).

W ramach powyższej umowy dokonano drugiego poboru gazów szlachetnych. Datę poboru promieniotwórczych gazów szlachetnych wybrano na podstawie znajomości terminu pracy reaktora MARIA – w tzw. „cyklu molibdenowym”, czyli pracy reaktora na jego podwyższonej mocy.

W pomiarze gazów szlachetnych pobranych z okolicy Ośrodka w Świerku, którego dokonano 26.07.2017, zidentyfikowany został izotop kryptonu ^{85}Kr o wartościach stężeń promieniowania znacznie powyżej dolnej granicy wykrywalności. Stężenie kryptonu ^{85}Kr było na poziomie $1,63 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, przy średnim progu detekcji wynoszącym $0,010 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Pomiary gazów szlachetnych na terenie Warszawy zostały wykonane ze środków finansowych Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. Poniżej przedstawiono uzyskane wyniki pomiarów w latach 2015-2017.

Tabela 1. Stężenie Kr-85 w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015 – 2017.

Start	Ts [dni]	Air [Bq·m⁻³]	u [%]	Kr [ml]	Tc [godz.]
2015-10-21	7	1,49	1,0	4,34	16,7
2016-04-13	7	1,67	0,7	3,56	1,2
2016-05-09	7	1,61	0,7	5,30	1,0
2016-06-14	7	1,92	0,8	4,48	0,7
2016-08-29	7	2,00	0,7	5,57	0,7
2016-09-20	7	1,70	0,2	6,64	15,0
2016-10-06	7	1,67	0,6	6,84	1,0
2016-10-31	7	1,50	0,7	6,50	0,8
2016-12-05	7	1,97	0,5	3,40	15,0
2017-01-03	7	1,52	0,8	6,98	0,5
2017-04-03	8	1,58	0,6	7,50	0,8
2017-05-15	7	1,84	0,7	6,78	0,7
2017-06-19	7	2,31	0,5	6,23	66,7
2017-07-10	7	1,67	1,0	7,09	0,7
2017-09-04	7	1,82	0,7	7,82	0,8
2017-10-09	7	1,51	0,2	6,45	16,7
2017-11-21	7	1,48	0,8	6,59	0,7
2017-12-05	7	1,47	0,2	6,65	66,7

Tabela 2. Stężenie Xe-133 w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015 – 2017.

Start	Ts [dni]	Air [mBq·m⁻³]	u [%]	Xe [ml]	Tc [godz.]
2015-10-21	7	2,90	-	0,39	16,7
2016-05-09	7	1,10	0,35	0,40	1,2
2016-06-14	7	3,30	0,97	0,25	0,7
2016-08-29	7	1,85	0,40	0,45	0,7
2016-09-20	7	-	0,20	0,45	15,0
2017-01-03	7	-	0,8	0,54	0,5
2017-11-21	7	0,90	0,27	0,53	0,7
2017-12-05	7	1,73	0,23	0,53	66,7

Tabela 3. Stężenie Xe-131m w próbkach pobranych w Warszawie w latach 2015 – 2017.

Start	Ts [dni]	Air [mBq·m⁻³]	u [%]	Xe [ml]	Tc [godz.]
2015-10-21	7	4,70	-	0,39	16,7
2016-05-09	7	1,70	0,16	0,40	1,2
2016-06-14	7	0,70	0,19	0,25	0,7
2016-08-29	7	0,38	0,70	0,45	0,7
2016-09-20	7	0,60	0,13	0,45	15,0
2017-01-03	7	0,39	0,8	0,54	0,5
2017-11-21	7	8,52	0,5	0,53	0,7
2017-12-05	7	-	0,3	0,53	66,7

Utrzymanie akredytacji w Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie określania stężeń promieniotwórczych radu ^{226}Ra , toru ^{228}Th i potasu ^{40}K w surowcach i materiałach budowlanych

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

Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej (LPPN) posiada akredytację PCA w zakresie określania stężeń promieniotwórczych radu ^{226}Ra , toru ^{228}Th i potasu ^{40}K w surowcach i materiałach budowlanych od dn. 19.11.2009 r. (numer certyfikatu AB 1108).

W maju 2017 r. Polskie Centrum Akredytacji przeprowadziło audyt przedłużający kontrakt na kolejny, trzeci już cykl akredytacji.

W 2017 roku Laboratorium wykonało pomiary następujących próbek surowców i materiałów budowlanych: mieszanina popiołowo-żuźlowa, żużel, odpady paleniskowe, kruszywo, beton, mieszanina żużla, popiołów paleniskowych i pyłów, mieszanina żużla paleniskowego i popiołów, destrukta asfaltowy, destrukta betonowy, dolomit, piach kwarcowy i proszek jonowymienny do hydratacji cementu.

W ramach utrzymania akredytacji nadzorowano wyposażenie Laboratorium, przeprowadzono szkolenia, audyty wewnętrzne, audyt w nadzorze PCA, przegląd zarządzania i inne działania związane z doskonaleniem systemu zarządzania.

Nadzór techniczny, nad wyposażeniem obejmował działania zgodne z planem kontroli aparatury na rok 2017. 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. Ponadto przeprowadzono sprawdzenie prawidłowości

działania analizatora MAZAR-95 poprzez powtarzalność i odtwarzalność – dla wybranych próbek i osób z personelu LPPN. Zgodnie z planem w laboratorium akredytowanym zostało także wykonane wzorcowanie termohigrometru.

W ramach doskonalenia pracownicy Laboratorium wzięli udział w szkoleniach z następujących tematów: pomiary kontrolne aparatury, audyt wewnętrzny, dokumenty zewnętrzne, aktualizacja Deklaracji polityki jakości oraz celów doraźnych i długoterminowych, odstępstwa, badania niezgodne z wymaganiami, działania korygujące i zapobiegawcze, pozyskiwanie klientów i ankieta on-line. Dodatkowo przeprowadzono szkolenia doraźne, które miały na celu zapoznanie personelu z nowymi wydaniem Statutu CLOR, zakresu akredytacji i dokumentu PCA DA-04 oraz związanymi z tym zmianami w systemie. Odbyły się także szkolenia dla nowego zastępcy kierownika ds. technicznych.

Ponadto podsumowano sprawdzenia i kalibracje aparatury oraz szkolenia przeprowadzone w 2016 roku, zaktualizowano Księgę Jakości, Księgę Metody Badawczej, procedury ogólne i formularze, utworzono wspólnie z innymi akredytowanymi laboratoriami CLOR ankietę dla klientów – do wypełniania on-line na stronie internetowej i prowadzono dalsze pomiary porównawcze pomiarów stężeń radu, toru i potasu w próbkach surowców budowlanych dla analizatora MAZAR-95 i detektora półprzewodnikowego HPGe.

W kwietniu 2017 roku odbyły się dwa audyty wewnętrzne, podczas których nie odnotowano spostrzeżeń ani niezgodności.

W maju 2017 roku odbył się przegląd zarządzania, na którym omówiono m.in. problemy techniczne i funkcjonowanie systemu zarządzania w Laboratorium, cele z poprzedniego przeglądu oraz

zadania do wykonania do następnego przeglądu zarządzania.

Dnia 31 maja 2017 r. odbył się audyt w nadzorze PCA, podczas którego odnotowano niezgodności. Dokonano natomiast następujących zmian w zakresie akredytacji: w wykazie obiektów badanych dodano odpady o odpowiednich kodach oraz zmieniono

dokument odniesienia na Poradnik ITB 455/2010. W związku z tym zaktualizowano wzór Sprawozdania z badań i Pisma przewodniego oraz formularz Potwierdzenia zamówienia. Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej otrzymało nowy Certyfikat akredytacji, ważny do dn. 18 listopada 2021 r.

ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA



Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania w 2017 roku

Zadania realizowane w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania stanowiły podstawę działalności CLOR na początku jego istnienia. Obecnie podstawowymi zadaniami Zakładu jest prowadzenie prac badawczych i rozwojowych z zakresu dozymetrii indywidualnej oraz prac w zakresie rozwoju metod i aparatury stosowanej w detekcji promieniowania jonizującego, a także prowadzenie prac kontrolnych narażenia zawodowego na promieniowanie jonizujące od źródeł zewnętrznych oraz wzorcowanie dawkomierzy indywidualnych i aparatury dozymetrycznej oraz radonowej dla potrzeb ochrony radiologicznej. Szczegółowy zakres prac prowadzonych w Zakładzie obejmuje między innymi:

- Opracowanie metod pomiarowych mających zastosowanie w dozymetrii indywidualnej;
- Opracowywanie metod i technik pomiarowych dla potrzeb wzorcowania dawkomierzy indywidualnych, przyrządów dozymetrycznych i radonowych;
- Prowadzenie prac w zakresie ekspozycji materiałów biologicznych w referencyjnych polach promieniowania gamma, alfa, beta oraz neutronów;
- Opracowywanie i wdrażanie metod pomiaru stężenia radonu oraz produktów jego rozpadu oraz metod monitoringu naturalnego pola promieniowania;
- Walidacja metod dozymetrycznych opartych na detektorach pasywnych oraz aktywnych;
- Prowadzenie pomiarów aktywności jodu promieniotwórczego w tarczycy człowieka;
- Przeprowadzanie analiz odpowiedzi detektorów oraz osłonności materiałów wykorzystując metodę symulacji Monte Carlo;
- Opracowywanie metod biologicznej oceny dawki pochłoniętej oraz indywidualnej wrażliwości na działanie promieniowania jonizującego z wykorzystaniem najnowszych narzędzi statystycznych, jakimi są m.in. metody bayesowskie;
- Prowadzenie badań w ramach prac dyplomowych studentów uczelni wyższych.

Personel zatrudniony w Zakładzie w 2017 roku: Hanna Will, Hanna Feder, Agata Wyszkowska, Inż. Andrzej Wiśniewski, Michał Bąkowski, Mgr Alicja Kudynowska, Mgr inż. Zuzanna Podgórska, Mgr inż. Łukasz Modzelewski, Mgr inż. Zuzanna Baranowska, Mgr inż. Iwona Stonecka, Dr Maria Kowalska, Dr Żaneta Szkarłat, Mgr inż. Grażyna Krajewska – Kierownik PDIiŚ, Mgr inż. Katarzyna Wołoszczuk – Kierownik LWPDiR, Dr Kamil Szewczak – Kierownik Zakładu.

Należy zaznaczyć, iż w ramach rozwoju naukowego pracownicy Zakładu z powodzeniem realizują badania na poziomie prac doktorskich – obecnie trzech doktorantów. Dzięki stałej współpracy Zakładu z ośrodkami akademickimi (Politechnika Warszawska, Uniwersytet Warszawski) w jednostce prowadzone są cyklicznie zajęcia laboratoryjne w zakresie dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego. Rezultatem tej współpracy są prace dyplomowe, zarówno inżynierskie, jak i magisterskie, realizowane w pełni na infrastrukturze Zakładu. Średnio personel Zakładu promuje w ciągu roku cztery prace inżynierskie oraz dwie prace magisterskie.

Wszystkie prace badawcze prowadzone w Zakładzie publikowane są na bieżąco 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, głównie o zasięgu międzynarodowym.

Dzięki ciągłym staraniom personelu Zakład nieustannie poszerza swoje możliwości badawcze zarówno poprzez rozwój infrastruktury badawczej, jak i nawiązywanie współpracy na poziomie krajowym oraz międzynarodowym. Na przełomie lat realizowano kilka kluczowych inwestycji, które

umożliwiły stworzenie jednostki naukowej o najwyższym standardzie.

Równoległe z rozwojem zaplecza badawczego Zakładu, prowadzone są, z sukcesem, działania w celu nawiązywania współpracy zarówno na gruncie krajowym, jak i międzynarodowym. Na gruncie krajowym, poza wspomnianą już współpracą z ośrodkami akademickimi, pracownicy Zakładu czynnie uczestniczą w działalności stowarzyszeń oraz platform naukowych. Do najważniejszej działalności w tym zakresie zaliczyć należy przede wszystkim współpracę w ramach Centrum Radonowego. Kolejnym stowarzyszeniem w którym czynny udział biorą pracownicy Zakładu jest Polskie Towarzystwo Fizyki Medycznej (PTFM), a w szczególności Sekcja Ochrony Radiologicznej tego stowarzyszenia. Faktem wartym podkreślenia jest to iż PTFM stanowi oficjalną organizację z ramienia Polski zrzeszoną w International Radiation Protection Association (IRPA) – organizacji międzynarodowej, której działalność ukierunkowana jest bezpośrednio na zagadnienia związane z ochroną radiologiczną oraz bezpieczeństwem jądrowym. W ramach współpracy międzynarodowej organizacją, w której udzielają się pracownicy Zakładu jest przede wszystkim grupa EURADOS (European Radiation Dosimetry Group) ukierunkowana na działania naukowe oraz wymianę doświadczeń w zakresie dozymetrii promieniowania jonizującego, spektrometrii gamma oraz problemów badawczych w zakresie narażenia różnych grup zawodowych na promieniowanie jonizujące. Kolejną organizacją, w której działalności uczestniczą pracownicy Zakładu jest OECD (The Organisation for Economic Co-operation and Development) a dokładnie działania w ramach jednej z agencji tejże organizacji – Nuclear Energy Agency.

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 (PDIiŚ).

Wszystkie procedury wzorcowania wykorzystywane w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych posiadają akredytację Polskiego Centrum Akredytacji i są zgodne z wymaganiami normy międzynarodowej PN:EN ISO/IEC 17025. Infrastruktura badawcza Laboratorium podzielona została na pięć stanowiskach 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 1%. W Laboratorium rocznie realizowanych jest około 700 kalibracji przyrządów dozymetrycznych, głównie przy wykorzystaniu promieniowania gamma, promieniowania X oraz neutronów. W kontekście wdrażanych wymagań europejskich w zakresie limitów stężenia radonu w budynkach mieszkalnych oraz miejscach pracy, ważną działalnością Laboratorium są prace z wykorzystaniem radonowej komory klimatycznej. Dodatkowo na szczególną uwagę zasługuje wyposażenie komory radonowej, na które składa się między innymi układ RPPSS (Radon Progeny Particle Size Spectrometer) – jedyna tego typu aparatura w Polsce oraz jedna z dwóch na świecie, umożliwiająca badanie rozkładu średnic pochodnych radonu. Poza komorą radonową, bez wątpienia unikatową infrastrukturę Laboratorium 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 Dozymetrii Biologicznej 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 izotopów promieniotwórczych (narażenie

wewnętrzne). Podobnie jak uprzednio, wszystkie procedury badawcze opracowane i wdrożone w PDIŚ posiadają akredytację PCA. Laboratorium poza pracami badawczymi oraz rutynową kontrolą ludności pełni również zadanie polegające na utrzymywaniu w pełnej gotowości stanowisk badawczych niezbędnych do oceny narażenia populacji w wyniku zdarzeń radiacyjnych lub awarii jądrowych mających wpływ na stan radiologiczny kraju.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania CLOR prowadzi szeroką działalność związaną z zadaniami statutowymi CLOR. Badania prowadzone w Zakładzie mają istotny wpływ na obecny oraz przyszły stan ochrony radiologicznej oraz

bezpieczeństwa jądrowego Polski. Jest on jednocześnie doskonałym miejscem kształcenia nowej kadry specjalizującej się w zagadnieniach dozymetrii oraz metrologii promieniowania jonizującego.

Doświadczenie oraz wiedza zdobyta przez pracowników Zakładu, dzięki prowadzonym badaniom oraz współpracy krajowej i międzynarodowej stanowi nieocenioną wartość w kontekście planowanej budowy w Polsce pierwszej elektrowni jądrowej 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), w których od 30 lat uczestniczy CLOR, poświęconym problematyce dokładności i wiarygodności wielkości dawek prognozowanych za pomocą komputerowych modeli środowiska. Historia tych programów, rozpoczęła się zaraz po awarii IV bloku Elektrowni Jądrowej w Czarnobylu (26 kwietnia 1986 roku), kiedy ujawniła się pilna potrzeba zastosowania odpowiednich narzędzi obliczeniowych do szybkiej oceny narażenia ludności zamieszkującej obszary ponad którymi przeszła chmura niosąca pierwiastki promieniotwórcze. W kolejnych programach, zakres zagadnień będących przedmiotem intensywnych prac specjalistów z wielu krajów znacznie się poszerzył, m.in. o tematykę modeli skażeń środowiska w wyniku wieloletnich uwolnień radionuklidów przy normalnej pracy elektrowni jądrowych, modelowania, oddziaływania na środowisko składowisk odpadów radioaktywnych, hałd zawierających tzw. pierwiastki promieniotwórcze pochodzenia naturalnego tzw. NORM i TENORM, czy też o modelowanie zachowania się trytu ^3H i węgla ^{14}C . 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], które zasadniczo zmieniły sposób klasyfikacji działalności ze źródłami promieniotwórczymi i w konsekwencji stosowanych procedur ochrony radiologicznej. Przykładowo,

włączono w zakres ochrony radiologicznej ludności i narażonych zawodowo, przedtem pomijane źródła narażenia NORM i TENORM, promieniowanie kosmiczne oraz obszary o podniesionym tle promieniowania (tzw. *legacy size*). Kolejną istotną zmianę w ochronie radiologicznej stanowi 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 „dodatkových” 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” ICRP(2003).

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, skierowanych na stworzenie takiego systemu. System ten już został wprowadzony w kilku krajach m.in. w USA i Kanadzie [6]. W ramach programu MODARIA II, CLOR uczestniczy w pracach Grupy WG3 o nazwie "Ocena i kontrola narażenia ludności i bioty przy planowanych sytuacjach narażenia" (*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 (Rysunek 1). Prace grupy przebiegają w siedmiu blokach tematycznych, obejmujących m.in.:

1. analizę dostępnych międzynarodowych i krajowych przewodników w celu wykazania ich zgodności z ostatnio wprowadzonymi regulacjami dotyczącymi ochrony środowiska przed promieniowaniem jonizującym (*Study Different Guidances*);

2. ocenę stopnia zaawansowania (aktualnego stanu wiedzy) dostępnych metod i kodów komputerowych stosowanych do oceny ekspozycji przy rutynowych uwolnieniach radionuklidów z instalacji jądrowych, które mogły być wykorzystane przy tworzeniu zintegrowanego systemu oceny narażenia ludzi i bioty (*Compile Information on Available Codes*);

3. przygotowanie zbiorów danych wejściowych i parametrów tzw. scenariuszy referencyjnych (*Reference Installations & Scenarios*) opisujących sytuacje krytycznych uwolnień substancji promieniotwórczych do środowiska, kiedy bezpośrednia ocena narażenia żyjących w otoczeniu żywych gatunków (w tym człowieka) wydaje się konieczną;

4. przeprowadzenie obliczeń dawek oraz ocena niepewności wyników dawek otrzymanych przez populację ludzi oraz bioty (*Practical Examples*);

5. analizę porównawczą zastosowanych modeli, parametrów oraz charakterystyki kodów zastosowanych przy przeprowadzeniu oceny (*Benchmark*);

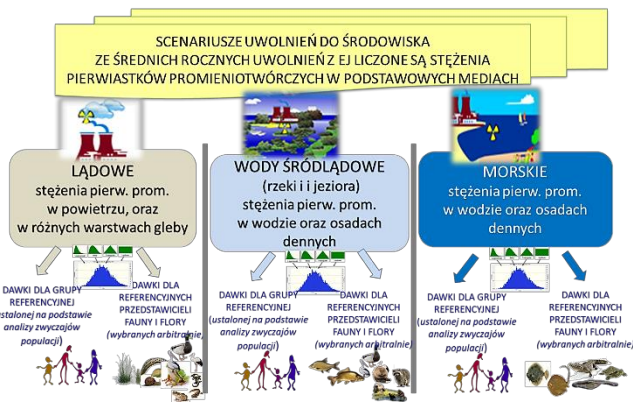
6. kompilację informacji odnośnie wyników ostatnich zaawansowanych badań zachowania się trytu ^3H oraz węgla ^{14}C w środowisku (*Study, validate ^3H , ^{14}C*);

7. powstanie raportu dla MAEA zawierający dyskusję wyników testów, identyfikację luk i niedostatków wiedzy związanych z omówioną powyżej problematyką oraz rekomendacje dla MAEA (*Gaps*).

W 2018 roku planuje się przygotowanie 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); uwolnienia z Zakładów Przerobu Wypalonego Paliwa Jądrowego w La Hague (Francja, ANDRA).

Do przeprowadzenia oceny narażenia dla tzw. referencyjnych grup ludności oraz referencyjnych przedstawicieli fauny i flory zgłosiło się 10 uczestników dysponujących własnymi kodami obliczeniowymi m.in.: model francuski IRSN SYMBIOSE, model słowacki ESTE AI f-my ABMerit, model hiszpański CROM rozwijany w CIEMAT, model polski CLRP rozwijany w CLOR, model angielski SPADE rozwijany w PHE oraz argentyński ARN.

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



Rysunek 1. Diagram obrazujący ideę zintegrowanej oceny dawek przy rutynowych uwolnieniach z obiektów jądrowych dla tzw. grupy referencyjnej populacji oraz referencyjnych gatunków fauny i flory.

Literatura

- [1] Krajewski, P., Krajewska, G., Informacja dotycząca Projektu MODARIA – Modelling and Data for Radiological Impact Assessments, CLOR, Raport roczny-2015, ISBN 978-83-920940-9-8.
- [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 oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom, Dz. U. L. 13 z 17.1.2014, s. 73.

- [4] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103, Elsevier (2007).
- [5] Protection of the Environment under Different Exposure Situations, ICRP Publication 124. Ann. ICRP 43(1), Elsevier (2014).
- [6] de S. Pereira, W. and Kelecom, A. (2014) International Recommendations on Calculation of Absorbed Dose in Biota: A Comprehensive Review, Journal of Environmental Protection, 2014, 5, 751-759, <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2014.59077>.
- [7] Working Group 3 Assessments and Control of Exposures to Public and Biota for Planned Releases to the Environment, MINUTES of the third WG3 Meeting held at IAEA Headquarters, Vienna 30 October – 3 November 2017 (during the Second MODARIA II Technical Meeting).

Utrzymanie gotowości laboratorium monitoringu jodu CLOR do wykonywania pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy

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 (prod. Canberra-Packard - detektory - kryształy NaI(Tl) 3 x 3 cale o rozdzielczości 7.5% dla energii 661.6 keV). Aparatura umożliwia pomiary jodu w tarczycy w miejscu wystąpienia awarii lub lokalnego skażenia jodem, na stanowiskach pracy z tymi izotopami, a także u ludności na obszarach skażenia promieniotwórczego w przypadku awarii wielkoskalowej np. elektrowni jądowej.

Działania Laboratorium w 2017 r. polegające na utrzymaniu w gotowości aparatury do podjęcia natychmiastowych pomiarów zawartości jodu promieniotwórczego w tarczycy wymagały wykonywania systematycznych pomiarów tła w fotopiku izotopów ^{125}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ oraz ^{131}I oraz testowania prawidłowości działania modułów elektronicznych zestawów pomiarowych.

Wykonano pomiary zawartości radioizotopów jodu-131 i technetu-99m w tarczycy, które zostały przeprowadzone 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 fotopiku izotopów ^{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.

Realizując zadanie wykonania systematycznych pomiarów kontrolnych napromienienia tarczycy

jodem promieniotwórczym u pracowników zakładów medycyny nuklearnej i oceny dawek od wchłonięć jodu promieniotwórczego w roku 2017 przeprowadzono pomiary aktywności w tarczycy u osób pracujących z otwartymi źródłami jodu w:

Centrum Onkologii – Instytucie (COI) w Warszawie (Klinika Endokrynologii Onkologicznej i Medycyny Nuklearnej),

Świętokrzyskim Centrum Onkologii (ŚCO) w Kielcach (Klinika Endokrynologii Zakładu Medycyny Nuklearnej z Ośrodkiem PET oraz IASON),

Szpitalu Bielańskim (SzB) w Warszawie (Zakładzie Izotopów i Tyreologii).

W powyższych placówkach z użyciem jodu promieniotwórczego, prowadzone są badania diagnostyczne - scyntygraficzne w tarczycy, wychwyty tarczycowe, oznaczanie poziomu hormonów tarczycowych oraz badania terapeutyczne - leczenie schorzeń tarczycy, w tym nowotworów w systemie oddziaływanym. Ponadto prowadzone są badania diagnostyczne innych narządów z użyciem technetu.

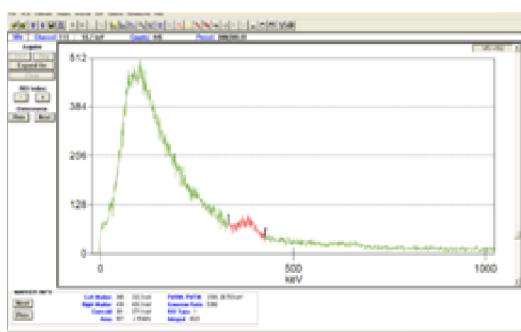
W Świętokrzyskim Centrum Onkologii funkcjonuje pierwszy w Polsce ośrodek produkujący komercyjnie radiofarmaceutyki (IASON), służące do diagnostyki onkologicznej, które wykorzystywane są do badań wykonywanych pozytonowym tomografem emisyjnym (PET).

Poziomy aktywności izotopu jodu-131 w tarczycy u pracowników Kliniki Endokrynologii Onkologicznej i Medycyny Nuklearnej Centrum Onkologii – Instytutu w Warszawie, w której przeprowadzono pomiary, były niskie, pomiary w kilku przypadkach przekroczyły wartość najmniejszej mierzalnej aktywności, maksymalne dawki nie przekroczyły 10% rocznego limitu dla narażonych zawodowo. U kilku pracowników, twierdzono obecność izotopu $^{99\text{m}}\text{Tc}$

z powodu wykonywania dużej ilości badań diagnostycznych z użyciem tego izotopu.

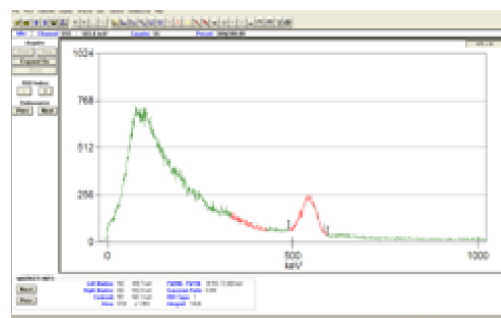
W stosunku do pomiarów, przeprowadzonych w Klinice w roku 2012, gdzie stwierdzono bardziej zróżnicowane poziomy jodu u pracowników (maksymalna dawka stanowiła około 60% rocznego limitu), należy zauważyć wzrost poziomu bezpieczeństwa pracy z izotopami w ZMN.

Poziomy aktywności jodu promieniotwórczego w tarczycy u pracowników Świętokrzyskiego Centrum Onkologii (ŚCO) w Kielcach były zróżnicowane i mieściły się w przedziale od poziomu najmniejszej mierzalnej aktywności do około 1000 Bq, co odpowiada <20% dawki skutecznej dla narażonych zawodowo. Poziomy technetu były niskie – maksymalnie ok. 140 Bq w tarczycy. U pracowników Zakładu Medycyny Nuklearnej z Ośrodkiem PET oraz u kilku osób współpracujących z IASON zanotowano obecność izotopu ^{18}F (maksymalnie ok. 200 kBq) (Rysunek 1).



Rysunek 1. Przykładowe widmo promieniowania mierzone u pracownika (ŚCO) (widoczny pik ^{18}F).

Poziomy aktywności jodu ^{131}I w tarczycy u pracowników Zakładu Izotopów i Tyreologii Szpitala Bielańskiego, w którym przeprowadzono pomiary, były niskie, zaledwie w jednym przypadku (u pracownika wykonującego scyntyografię) zanotowano aktywność w tarczycy wynoszącą ok. 500 Bq jodu, maksymalne dawki nie przekroczyły 10% rocznego limitu dla narażonych zawodowo (Rysunek 2).



Rysunek 2. Widmo promieniowania mierzone u pracownika (SzB) (widoczny pik ^{131}I).

Praca była finansowana przez Państwową Agencję Atomistyki w ramach Umowy Nr 13/OR/2015/.

Sprawozdanie z seminarium Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych

A. Kudynowska

W dniu 20.02.2018 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 Panią Alicję Kudynowską, wg następujących zagadnień:

- Struktura organizacyjna LWPDiR.
- Personel LWPDiR.
- Zakres akredytacji LWPDiR.
- Dokumentacja LWPDiR.
- Przegląd zarządzania.

Cele i zadania na okres 2016/2017 (omówienie realizacji) oraz na okres 2017/2018 (przygotowanie). Informacje zwrotne od Klientów. Realizacja szkoleń. Wyniki Auditów wewnętrznych i zewnętrznych. Ocena przez organizacje zewnętrzne – Polskie Centrum Akredytacji (PCA). Silne strony i wskazanie obszarów do doskonalenia.

W pierwszej kolejności, została zaprezentowana struktura organizacyjna LWPDiR zaznaczając, że Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych wchodzi w skład Zakładu Kontroli Dawek i Wzorcowania.

W strukturze organizacyjnej Laboratorium, wyodrębnia się następujące funkcje: KL, KLJ, KLT, oraz Opiekun stanowiska - w odniesieniu do sześciu stanowisk (Gamma, Beta, Skażeń, RTG, Radonu i Neutronów).

Referując zagadnienie nr 2 stwierdzono, że w 2017 r. w Laboratorium, nastąpiły zmiany wśród personelu kierowniczego jak i technicznego. Funkcję Kierownika LWPDiR, pełniła Pani mgr Katarzyna Wołoszczuk a jej zastępcą był Pan Kamil Szewczak – do dnia 30.10.2017. Z dniem 01.11.2017 zastępcą KL została Pani Zuzanna Podgórska. Funkcję Kierownika ds. jakości pełniła Pani Alicja Kudynowska. Pani Katarzyna Wołoszczuk sprawowała również funkcję

Kierownika technicznego do dnia 30.10.2017 (z-ca Pan K. Szewczak). Z dniem 01.11.2017 r. funkcję KLT powierzono Panu Łukaszowi Modzelewskiemu a zastępstwo objęła Pani K. Wołoszczuk. Nastąpiły zmiany w personelu wzorcującym: z dniem 06.11.2017 r. zatrudniono Pana Michała Bąkowskiego. Zapisy dotyczące personelu potwierdzają kompetencje, przypisaną odpowiedzialność i uprawnienia.

W ramach 3 zagadnienia poinformowano, że ocena w procesie nadzoru (A-798-2017) została przeprowadzona przez PCA w formie przeglądu dokumentacji, w dniu 13 czerwca 2017 r. Oceny dokonał Auditor Wiodący - Roman Witkowski, który nie odnotował niezgodności jak i spostrzeżeń. Dotychczasowy zakres akredytacji AP 057 LWPDiR pozostał w wersji niezmienionej i nadal obowiązuje wydanie nr 15 z dnia 22 sierpnia 2016r. Dziedziny akredytacji: promieniowanie jonizujące i radioaktywność (18.01, 18.02, 18.03).

Co się tyczy dokumentacji LWPDiR (Zag. Nr 4), to przekazano następującą treść: Dokumentacja LWPDiR jest na bieżąco nadzorowana i doskonalona. W 2017 r. wydano nową Księgę Jakości (wyd. nr 17 z dnia 01.02.2017). Dokonano szeregu zmian w procedurach technicznych, ogólnych oraz formularzach. W 2017 r. było utrzymywanych 18 procedur ogólnych, 5 procedur wzorcowania oraz 11 instrukcji technicznych, których wykaz znajduje się w załączniku 6.2 do KJ. Następnie omówionym zagadnieniem, był "Przegląd zarządzania", który został przeprowadzony przez Dyrektora CLOR dr Pawła Krajewskiego, w dniu 28.04.2017 r. według Planu przeglądu zarządzania i zgodnie z procedurą QPO10. Tematyką obejmowała wszystkie elementy systemu zarządzania podane w wymaganiach normy.

Szczegółowo omówiono (zag. nr 6): „Cele i zadania na okres 2016/2017” tj. 5 wyznaczonych celów, ze szczególnym

uwzględnieniem przyczyny tych, których nie udało się zrealizować w ustalonym terminie.

Poinformowano, że ponowny termin ich zrealizowania ustalono na IV okres 2017r.

Przypomniano, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2017/2018) co zaprezentowano na slajdach.

Następnie omówionym zagadnieniem były informacje zwrotne od klientów. Laboratorium otrzymuje informacje zwrotne od Klientów w postaci ANKIET STOPNIA ZADOWOLENIA KLIENTA. W okresie czerwiec 2016 – maj 2017. Laboratorium uzyskało od klientów 24 ankiety i przeprowadziło ich analizę w wyniku czego odnotowało następujące wnioski:

Laboratorium spełnia potrzeby i oczekiwania swoich Klientów, czego dowodem jest fakt, że 100 % ankietowanych wyraża swoją gotowość polecenia go innym Klientom. W zakresie poziomu obsługi Klienta, najwyższą notę otrzymało na za: wiedzę merytoryczną pracowników, następnie profesjonalizm i kompetencje oraz doradztwo i wsparcie merytoryczne. W procesie realizacji usług najlepiej wypadły: jakość wykonywanych usług, terminowość wykonywania usług, wywiązywanie się z warunków umowy. Najgorzej wypada polityka cenowa laboratorium: atrakcyjność cen na 5 oceniło 50% ankietowanych, stosunek ceny do jakości 83%, warunki i sposób płatności 92% ankietowanych.

Nie było skarg i reklamacji.

Zgodnie z planem zaprezentowano realizację szkoleń w 2017 r., formułując następujące zapisy:

Potrzeby szkoleniowe zostały zidentyfikowane na podstawie prognoz i ustaleń z przeglądu zarządzania.

Sporządzono plan szkoleń na 2017 r. jak również wdrożono formularz dla szkoleń pozaplanowych.

Zaplanowano i zrealizowano 9 szkoleń, w tym 2 szkolenia zewnętrzne.

Udokumentowano 4 szkolenia pozaplanowe, w tym 1 szkolenie zewnętrzne dla dwóch osób. Przedstawiono wyniki audytów wewnętrznych i zewnętrznych:

- Audyt wewnętrzny Nr 1/2017 z dnia 23.03.2017 - audytor wiodący: Grażyna Krajewska - nie stwierdzono niezgodności i nie odnotowano spostrzeżeń.

- Audyt wewnętrzny Nr 2/2017 z dnia 05.04.2017- audytor wiodący: Grażyna Krajewska - również nie stwierdzono niezgodności i nie odnotowano spostrzeżeń.

Ocena w procesie nadzoru (A-798-2017) została przeprowadzona przez PCA w formie przeglądu dokumentacji, w dniu 13 czerwca 2017 r., AW- Roman Witkowski - nie odnotowano niezgodności jak i spostrzeżeń.

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

Z racji oceny w postaci przeglądu dokumentacji nie wskazano silnych ani słabych stron Laboratorium.

Odnutowano 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

Sprawozdanie z seminarium Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych

A. Kudynowska

W dniu 20.02.2018 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 Pani Alicja Kudynowska, a omówione zagadnienia to:

- Struktura organizacyjna PDIŚ,
- Personel PDIŚ,
- Zakres akredytacji PDIŚ,
- Dokumentacja laboratorium,
- Przegląd zarządzania.

Cele i zadania na okres 2016/2017 (omówienie realizacji) oraz plan na okres 2017/2018:

- Wyniki auditów wewnętrznych i zewnętrznych,
- Informacje zwrotne od Klientów,
- Realizacja szkoleń,
- Ocena przez organizacje zewnętrzne – PCA.

Na wstępie zaprezentowano strukturę organizacyjną zaznaczając, że Pracownia Dawek Indywidualnych i Środowiskowych wchodzi w skład Zakładu Kontroli Dawek i Wzorcowania. W strukturze organizacyjnej Laboratorium wyodrębnia się następujące funkcje: KL, KLJ, KLT, Opiekun stanowiska - w odniesieniu do 4 stanowisk: st. nr 1 - stanowisko kontroli dawek metodą TLD, st. nr 2 – stanowisko monitoringu jodu, st. nr 3 - stanowisko cytogenetycznej rekonstrukcji dawek oraz st. nr 4 - stanowisko do pomiaru stężenia radonu w wodzie.

Odnosząc się do personelu PDIŚ stwierdzono, że w 2017 r. dokonano 1 zmiany personalnej w odniesieniu do personelu kierowniczego. Funkcję zastępcy KLT powierzono Pani Zuzannie Baranowskiej. Funkcję Kierownika PDIŚ w dalszym ciągu pełniła Pani Grażyna Krajewska a jej zastępcą był Pan Szewczak; sprawujący równocześnie funkcję KLT. Funkcję Kierownika ds. jakości pełniła Pani Alicja Kudynowska.

Nastąpiły zmiany dotyczące opiekunów stanowisk. Po odejściu Pani dr Żanety Szkarłat, z dniem

01.08.2017 r. zatrudniono Panią Iwonę Słonecką, która została opiekunem st. nr 3 jednocześnie wykonując badania na tym stanowisku. Opiekunem st. Nr 1 od 04.10.2017 r. została Pani Zuzanna Baranowska.

Co zaś się tyczy opiekunów stanowisk, to na przestrzeni roku nastąpiła rotacja w odniesieniu do stanowiska nr 3, gdzie pierwotnie opiekunem była Pani dr Maria Kowalska, następnie Pani dr Żaneta Szkarłat a z dniem 01.08.17 r. Pani Iwona Słonecka. W wyniku rotacji skład grupy opiekunów a koniec roku był następujący:

1. Opiekun st. Nr 1 - dr Kamil Szewczak/Pani mgr inż. Zuzanna Baranowska (zastępca),
2. Opiekun st. Nr 2 - Pani mgr inż. Iwona Słonecka,
3. Opiekun st. Nr 3 - Pani mgr G. Krajewska,
4. Opiekun st. Nr 4 - Pani mgr inż. Zuzanna Podgórska.

Personel wyk. badania to Panie: Hanna Will, Hanna Feder, Agata Wyszowska, Zuzanna Podgórska oraz Iwona Słonecka. Zapisy dotyczące personelu potwierdzają kompetencje, przypisaną odpowiedzialność i uprawnienia.

Odnosząc się do zakresu akredytacji przekazano, iż dotychczasowy zakres akredytacji AB 450 nie uległ zmianie. Zakres podlega pod kod identyfikacyjny 0/3;0/9 obejmujący badania radiochemiczne i promieniowania – objekty i materiały biologiczne przeznaczone do badań, próbki środowiskowe.

Badane objekty i metody badawcze to:

- Dawkomierz w polu promieniowania jonizującego – Metoda TLD,
- Tarczyca człowieka - Metoda spektrometrii gamma,
- Limfocyty krwi obwodowej człowieka – metoda cytogenetycznej dozimetrii biologicznej,
- Stężenie izotopu radonu Rn-222 w wodzie – metoda spektrometrii promieniowania alfa.

Dokumentacja PDIŚ, jest na bieżąco nadzorowana i doskonalona. Wprowadzono 10 wydanie Księgi Jakości z dnia 04.03.2017 r.

Laboratorium utrzymuje 19 procedur ogólnych (3 nowe wydania), 5 procedur badawczych (2 nowe wyd.), 19 instrukcji badawczych (1 nowe wyd.) Dokonano zmian w pozostałych procedurach ogólnych, technicznych oraz formularzach. Szerzej omówionym zagadnieniem był „Przegląd zarządzania”, który został przeprowadzony przez Dyrektora CLOR dr Pawła Krajewskiego, w dniu 27.04.2017 r. zgodnie z procedurą QPO10, według Planu przeglądu zarządzania. Tematyką obejmował wszystkie elementy systemu zarządzania podane w wymaganiach normy.

Następnie omówiono zagadnienie nr 6 „Cele i zadania na okres 2016/2017”, tj. 6 wyznaczonych celów, spośród których 2-ch nie udało się zrealizować. Pan Dyrektor prosił o wyjaśnienie przyczyny niezrealizowanych celów, a w wyniku analizy i dyskusji wydłużono termin ich realizacji.

Przypomniano, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2017/2018), co zaprezentowano na slajdach.

Prezentacja obejmowała 6 celów z czego 2 zostały przeniesione z okresu poprzedniego.

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

- Audit wewnętrzny Nr 1/2017 z dnia 11.04.2017 - auditor: Katarzyna Wołoszczuk - nie odnotowano spostrzeżeń ani niezgodności,
- Audit wewnętrzny Nr 2/2017 z dnia 10.04.2017 - auditor: Katarzyna Wołoszczuk - nie odnotowano spostrzeżeń ani niezgodności.

Audit w nadzorze (A - 970-2017) z dnia 03.07.2017 r. w postaci przeglądu dokumentacji. Oceniającym był AW - Jerzy Piestrzeniewicz, który odnotował 1 spostrzeżenie następującej treści: „Na przysłanym sprawozdaniu z badań nie jest zachowany obszar pola ochronnego wokół symbolu akredytacji PCA Nr AB 450”. W odniesieniu do spostrzeżenia Laboratorium dokonało działań uregulowanych i wymaganych przez system.

Następnie omówionym zagadnieniem były informacje zwrotne od klientów.

W okresie lipiec 2016 – czerwiec 2017 Laboratorium uzyskało od klientów 41 ankiet „Stopnia zadowolenia Klienta” i przeprowadziło ich analizę, z której wynikają następujące wnioski: stopień zadowolenia Klienta ma tendencję zniżkową w stosunku do poprzedniego okresu. Najwyższą notę (100%) laboratorium otrzymało za dotrzymanie terminów realizacji umów, 86% - jakość usług i kontakt z laboratorium w trakcie realizacji usług, 79% - fachowość i kompetencje pracowników PDIŚ, 79% - jakość sprawozdań z badań. Z ankiet wynika, że: 90% to wieloletni klienci, 4% nowych klientów (dobra rekomendacja stałych klientów), 6 % - strony internetowe. Wnioski zaprezentowano na wykresie.

Nie wniesiono skarg i reklamacji.

Przekazano słuchaczom, że w PDIŚ potrzeby szkoleniowe zostały zidentyfikowane, na podstawie prognoz i ustaleń z przeglądu zarządzania, czego następstwem był plan szkoleń sporządzony na 2017 r. jak również opracowany formularz dla szkoleń pozaplanowych.

Odbyło się 9 zaplanowanych szkoleń, spośród których 4 to szkolenia zewnętrzne. Przeprowadzono również 3 szkolenia pozaplanowe, wewnętrzne.

Na koniec I części seminarium zapoznano uczestników z oceną Laboratorium przez Organizację zewnętrzną, nadmieniając, że jedyną organizacją zewnętrzną oceniającą PDIŚ jest PCA.

Podczas oceny w nadzorze zostały spisane następujące silne strony laboratorium: duże zaangażowanie Dyrektora CLOR i Kierownictwa Laboratorium w doskonalenie systemu zarządzania, doświadczony personel, wnikliwość w dokumentowanie szkoleń wewnętrznych, wnikliwość w dokumentowanie zapisów w protokole z przeglądu zarządzania. Nie stwierdzono żadnych słabych stron i nie pozostawiono spraw nierozstrzygniętych.

Zespół oceniający nie wskazał również elementów wymagających zwrócenia szczególnej uwagi podczas następnej oceny.

Sprawozdanie z seminarium Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych

A.Kudynowska

W dniu 20.02.2018 r. odbyło się seminarium pt. „Znowelizowane wymagania normy PN-EN ISO/IEC 17025 oraz ich wdrożenie przy opcji A”, które zostało przygotowane w oparciu o materiały szkoleniowe PCA, BZJ oraz normy z serii ISO.

Temat został zreferowany, przez Panią Alicję Kudynowską, wg następujących zagadnień:

Harmonogram wdrożenia normy PN-EN ISO/IEC 17025.

Dostosowanie systemu zarządzania do znowelizowanych wymagań normy PN-EN ISO/IEC 17025:

- Spis treści normy,
- Terminologia,
- Zmiana koncepcji wymagań,
- Uszczegółowione ,rozszerzone, zmienione,

nowe wymagania,

- Nowe wymagania dotyczące struktury,
- Dokumentowanie systemu zarządzania,
- Wymagania dotyczące zarządzania,
- Wybór opcji „A” lub „B”,
- Opcja „A” – wymagania,
- Wybór opcji dla LWPDiR/PDIŚ,
- Działania korygujące – opcja „A”,
- Audyty wewnętrzne,
- Dane wejściowe do przeglądu zarządzania

oraz dane wyjściowe,

- Działania dotyczące ryzyka i możliwości,
- Działania odnoszące się do ryzyk i szans,
- Identyfikacja, analiza i ewaluacja ryzyka,
- Ocena ryzyka.

Referująca przekazała iż opublikowanie normy ISO/IEC 17025:2017 nastąpiło z dniem 30.11. 2017r. Wdrożono 3-letni okres przejściowy od daty opublikowania. Po okresie przejściowym akredytacje w odniesieniu do normy ISO/IEC 17025:2005 nie będą uznawane (w ramach porozumienia ILAC MRA). Opublikowanie polskiej wersji normy ISO/IEC

17025:2018-2 przez PKN nastąpiło w dniu 06.02.2018r. 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. Wymagania dot. laboratoriów kompetentnych w swoich działaniach, które są w stanie uzyskać zwalidowane wyniki (valid results), zapewnienie wymaganej przydatności do zastosowania działalności laboratoryjnej (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 dot. bezstronności, poufność i skarg. Zmieniono i uszczegółowiono wymagania dot. 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 odpowiedzialność za działalność prowadzoną w stałej siedzibie, określenie i udokumentowanie zakresu działalności lab. W obszarze, którego spełniane są wymagania normy odniesienia (z pominięciem stałego, zewnętrznego wsparcia), raportowanie przez personel do kierownictwa lab. nt. prowadzonej działalności i potrzeb w zakresie

doskonalenia. Usunięto z normy pojęcie „odstępstwo” – wprowadzono „odchylenie” (anomalia). Brak jest wskazania kierownictwa technicznego, kierownictwa ds. jakości i przypisanych im zadań w SZ. Brak określenia „najwyższe kierownictwo”, „kierownik laboratorium” – jest wymaganie zidentyfikowania kier. 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.

Laboratorium może wybrać opcję A lub B. Przy wyborze należy wziąć pod uwagę: aktualny stan wdrożenia normy PN-EN ISO/IEC 17025 (norma wdrożona, norma planowana do wdrożenia), miejsce laboratorium w organizacji (laboratorium jest częścią większej organizacji prowadzącej inne działania niż wzorcowanie/ badanie czy laboratorium funkcjonuje jako oddzielna organizacja) oraz czy jest już wdrożona norma ISO 9001 lub potrzeba klientów/ stron zainteresowanych dotycząca 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 wew. przeprowadzane są w zaplanowanych odstępach czasu, w celu dostarczenia informacji czy SZ: odpowiada wymaganiom ustanowionego SZ w tym wymaganiom dot. DL oraz wymaganiom normy, jest skutecznie wdrożony i utrzymywany. Laboratorium planuje, ustanawia, wdraża i utrzymuje program audytów 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 audytów i działań poauditowych. Norma przywołuje również wytyczne dla audytów 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 będzie organizowany przez Kierownictwo laboratorium a nie jak dotychczas - Najwyższe Kierownictwo. 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, osiągnięcia 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.

Badanie właściwości węgla aktywnego pod kątem możliwości jego zastosowania przy obniżaniu stężenia radonu ^{222}Rn w powietrzu

Z. Podgórska

W Polsce trwają obecnie prace nad wprowadzeniem poziomu referencyjnego stężenia radonu w budynkach wynikające z konieczności zaimplementowania zaleceń Dyrektywy Rady Unii Europejskiej 2013/59/EURATOM. W przypadku przekroczenia tego poziomu, konieczne będzie zapewnienie działań interwencyjnych. Istotne jest więc opracowanie metod pozwalających na obniżeniu stężenia radonu w powietrzu.

Celem badań było sprawdzenie wpływu zastosowania węglowych filtrów powietrza na stężenie radonu w powietrzu i potwierdzenie ich właściwości adsorpcyjnych. Badania prowadzone były z wykorzystaniem komory klimatyczno-radonowej stanowiącej element wyposażenia akredytowanego stanowiska kalibracyjnego radonowego Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych CLOR. Komora ma objętość ok. 12 m³. Istnieje możliwość wytworzenia wewnątrz określonych warunków klimatycznych (temperatura, wilgotność względna powietrza) oraz stężenia radonu ^{222}Rn od kilkuset do ok. 40 kBq·m⁻³ (dwa przepływowe źródła radonu zawierające sole radu).

Przed przystąpieniem do właściwych pomiarów przeprowadzono testy szczelności komory radonowej przeprowadzane rutynowo do zapewniania jakości wyników wzorcowania na stanowisku kalibracyjnym radonowym, które potwierdziły zgodność wskazań przyrządu referencyjnego z krzywą teoretyczną rozpadu radonu. Układ pomiarowy składał się z komercyjnie dostępnego urządzenia (tzw. oczyszczacza) zapewniającego stały przepływ powietrza przez wybrany filtr węglowy. Urządzenie to jest dedykowane do usuwania z powietrza tzw. pyłu

zawieszonego (aerozoli atmosferycznych) o średnicach mniejszych niż 2,5 μm (PM 2.5). Pomiary polegały na wytworzeniu w komorze średniego stężenia radonu w zakresie od 500 Bq·m⁻³ do około 5 kBq·m⁻³, umieszczeniu kolejno różnych rodzajów węgla aktywnego o różnym stopniu rozdrobnienia, porowatości, pochodzeniu i gramaturze, a następnie porównywaniu zmiany stężenia radonu z przebiegiem teoretycznej krzywej rozpadu wynikającej z czasu półrozpadu, charakteryzującego izotop radonu ^{222}Rn . Zmiana stężenia radonu w powietrzu była rejestrowana za pomocą monitora radonowego AlphaGUARD. Jest to przyrząd stosowany w LWPDiR jako przyrząd referencyjny i jest regularnie kalibrowany. W trakcie badań utrzymywano, w komorze warunki zbliżone do typowych panujących w codziennym otoczeniu; temperatura nie przekraczała 26°C, a wilgotność względna powietrza 60%.

Jest to szczególnie ważny parametr, ponieważ, jak wynika z prowadzonych wcześniej badań, wysoka wilgotność względna powietrza (>80%) znacząco zmniejsza zdolność pochłaniania radonu przez węgiel aktywny).

Badane filtry węglowe różniły się materiałem filtracyjnym, sposobem rozmieszczenia granulatu w filtrze i gramaturą – zbadano filtry o gramaturze 130 g – 600 g. W ramach prowadzonych badań potwierdzono zdolności adsorpcji radonu przez węgiel aktywny.

Planowane jest prowadzenie dalszych testów różnego rodzaju dostępnych filtrów i urządzeń przeznaczonych głównie do usuwania cząstek pyłu zawieszonego o średnicy poniżej 2,5 μm (tzw. PM 2.5).

Badania finansowane były ze środków MNiSzW.

Pomiary stężenia radonu ^{222}Rn w próbach wody w Polsce

Z. Podgórska, Z. Baranowska

Radon jest promieniotwórczym gazem szlachetnym występującym naturalnie we wszystkich komponentach środowiska: w powietrzu, glebie i wodzie. Główne zagrożenie dla człowieka wynika z oddziaływania radonu i jego pochodnych (krótkożyciowych produktów rozpadu radonu) na drogi oddechowe.

Radon, jako gaz rozpuszczalny w wodzie, może także dostawać się do organizmu drogą pokarmową wraz z wodą pitną. Dlatego, istotne jest monitorowanie zawartości tego izotopu w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi.

Dnia 11. grudnia 2017 roku weszło w życie rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody pitnej. Rozporządzenie to wynika z zaleceń Dyrektywy Rady 2013/51/EURATOM z dnia 22 października 2013 r.; określającej wymogi dotyczące ochrony zdrowia ludności w odniesieniu do substancji promieniotwórczych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi. Na podstawie tych przepisów woda przeznaczona do konsumpcji musi być poddawana kontroli m.in. na zawartość promieniotwórczego gazu radonu.

W rozporządzeniu została określona wartość parametryczna stężenia radonu w wodzie: 100 Bq/l, jako wartość, której przekroczenie uważane jest za niewskazane. Rozporządzenie określa minimalną częstotliwość pomiarów radonu, w zależności od stężenia i aktywności radonu oraz wynikające z niego narażenie dla zdrowia.

Wynik wstępnej kontroli powyżej 10 Bq/l oznacza konieczność wykonania powtórnych badań po upływie 6 miesięcy, natomiast wynik powyżej 100 Bq/l wymusza działania naprawcze w postaci wprowadzenia systemu uzdatniania wody, który zapewni zaopatrzenie ludności w wodę o aktywności radonu poniżej 100 Bq/l w wodzie doprowadzanej do sieci wodociągowej.

Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania prowadzi komercyjne pomiary stężenia radonu w próbach wody pitnej.

W 2016 r. metoda pomiaru została akredytowana. CLOR uzyskał też pozytywną opinię Państwowego Powiatowego Inspektora Sanitarnego i zatwierdzenie w zakresie oznaczania zawartości radonu.

Pomiary stężenia radonu są wykonywane z wykorzystaniem monitora radonowego z komorą jonizacyjną typu: AlphaGUARD z przystawką AquaKIT. Pomiar polega na wydobyciu (odgazowaniu) radonu z próbki i zmierzeniu jego stężenia w odgazowanym powietrzu. Następnie wartość ta z uwzględnieniem: daty i godziny poboru, daty i godziny pomiaru, a także temperatury wody; mającej wpływ na rozpuszczalność radonu w wodzie, jest przeliczana na stężenie radonu próbie w momencie jej poboru z ujęcia wody.

Poprawność stosowanej metody jest sprawdzana poprzez udział w międzylaboratoryjnych badaniach porównawczych oraz rutynowe pomiary sprawdzające, w ramach kontroli jakości wyników wymaganej przez Polskie Centrum Akredytacji. Kontrola ta, polega na przygotowaniu w warunkach laboratoryjnych 2 prób wody o różnych stężeniach radonu, a następnie wykonaniu pomiarów dwiema metodami – opisaną powyżej oraz z użyciem licznika ciekło-scyntylicyjnego.

Do przygotowania wody radonowej wykorzystywane jest certyfikowane przepływowe źródło radonu stanowiące element wyposażenia radonowego stanowiska kalibracyjnego. Dodatkowo używany w pomiarach monitor radonowy AlphaGUARD jest regularnie wzorcowany i sprawdzany w ramach kontroli wyposażenia pomiarowego.

Od czasu uzyskania akredytacji w 2016 roku w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania CLOR

przebadano prawie 2000 prób na zawartość radonu w wodzie. Średnio w 1 na 10 prób zmierzone stężenie aktywności radonu przekraczało wartość $10 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

W 2017 roku większość zleceń dotyczyła powtórnych pomiarów wynikających z przekroczenia $10 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ w przeprowadzonym wstępnym monitoringu.

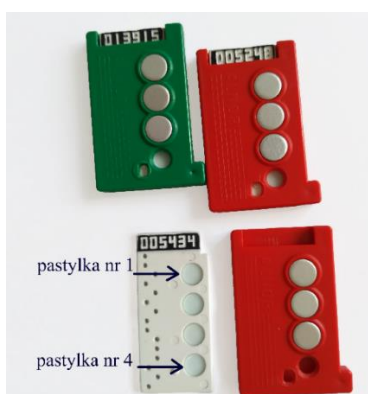
Metodyka szacowania dawek w polu promieniowania mieszanego beta i gamma przy zastosowaniu dozymetrii termoluminescencyjnej

Z. Baranowska, I. Słonecka, K. Wołoszczuk

Celem pracy, było opracowanie metodyki szacowania składowych indywidualnego równoważnika dawki, pochodzących od promieniowania gamma oraz beta za pomocą detektorów termoluminescencyjnych. Sprawdzony został wpływ typu stosowanej obudowy na odpowiedź pastylek TLD.

Metoda rozróżniania promieniowania gamma i beta w odczycie detektorów TLD ma na celu wspomaganie kontroli indywidualnej dawki w przypadku, kiedy rutynowe odczyty wykazują przekroczenie dawki granicznej. Badania były wykonywane na detektorach MCP-N (fluorek litu domieszkowany magnezem, miedzią i fosforem) w formie okrągłych pastylek. Dozymetr składa się z obudowy, w której można umieścić do 4 pastylek. W obudowach starego typu jedna pastylka pozostaje odślonięta, natomiast pozostałe 3 są przykryte aluminiowym filtrem (

Rysunek 1). Taka obudowa jest dodatkowo umieszczana w osłonie ochronnej z plastiku (Rysunek 2).



Rysunek 1. Podstawowa obudowa starego typu na detektory TLD.



Rysunek 2. Dodatkowe osłony na obudowy do detektorów TLD.

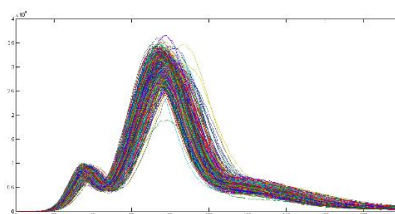
Ponieważ do badań wykorzystane zostały pastylki przechowywane wcześniej w zbiorczym opakowaniu, niewiadomej partii produkcyjnej pierwszym etapem pracy była ich selekcja.

Wszystkie detektory zostały wyaniłowane, a następnie napromienione w jednakowych warunkach określoną dawką (

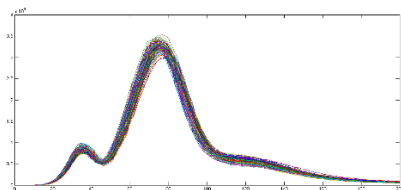
Rysunek 3). Selekcja wykonana została na podstawie liczby zliczeń otrzymanej po odczycie oraz przebiegu krzywej wyświecania.

Z spośród 400 pastylek wybrane zostało 100 (

Rysunek 4), dla których można założyć, że charakteryzują się podobnymi właściwościami, głównie czułością, co jest istotne z punktu widzenia prawidłowości i dokładności prowadzonych badań.



Rysunek 3. Przebieg krzywej wyświecania dla wszystkich 400 badanych pastylek.



Rysunek 4. Przebieg krzywej wyświecania dla 100 wyselekcjonowanych pastylek.

Napromienienia wykonywane zostały we wzorcowym polu promieniowania gamma źródła Cs-137 oraz w polach wzorcowych promieniowania beta Sr-90 i Kr-85. Łączny indywidualny równoważnik dawki, jakim były napromieniane dozymetry wynosił 1 mSv, natomiast stosunek promieniowania gamma do promieniowania beta zmieniał się co 0,1 (przykładowo 0,2 mSv pochodzące od promieniowania beta Kr-85 lub Sr-90 oraz 0,8 mSv pochodzące od promieniowania gamma Cs-137).

Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono zależności między odczytami dla pastylek znajdujących się na różnych pozycjach w obudowie oraz między odczytami dla detektorów w zależności od typu stosowanej obudowy. W zależności

od stosowanego promieniowania dla odczytu pastylek z pozycji od 1 do 3, przykrytych aluminiowym filtrem oraz plastikową osłoną, występuje różne osłabienie sygnału w stosunku do pastylki z pozycji 4 – nieprzysłoniętej (

Tabela 1). Pozwoliło to opracować metodykę szacowania indywidualnego równoważnika dawki $Hp(d)$ w polu promieniowania mieszanego.

Umożliwia ona szacowanie indywidualnego równoważnika dawki $Hp(0,07)$ otrzymywanego od promieniowania beta za pomocą dozymetrów indywidualnych przeznaczonych do pomiaru narażenia na całe ciało.

Tabela 1. Stosunek sygnału pastylek od 1 do 3 do sygnału dla 4 pastylki.

Źródło	Podstawowa Obudowa (Rysunek 1)	Dodatkowa Osłona, lewa (Rysunek 2)	Dodatkowa Osłona, prawa (Rysunek 2)
Cs-137	1	1	1
Sr-90	0,30	0,11	0,13
Kr-85	0	0	0

Badanie statystyki czułości wysokoczułych detektorów termoluminescencyjnych po długoletniej eksploatacji

I. Słonecka, Z. Baranowska, M. Cedzidło¹

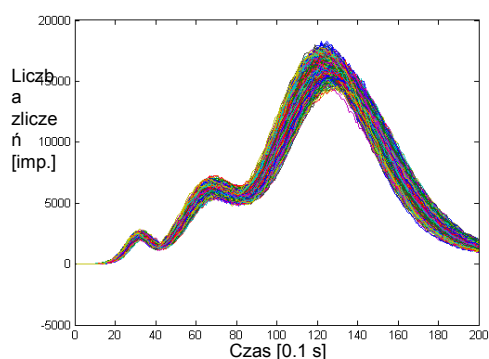
¹ Politechnika Warszawska Wydział Fizyki

Celem badań było przeprowadzenie pomiarów czułości pastylek MCP-N stosowanych rutynowo w CLOR do odczytu dawek metodą termoluminescencji. Pomiary przeprowadzono na dużej grupie używanych detektorów TLD celem zbadania statystycznego rozkładu ich czułości, a w konsekwencji dokonania selekcji na transze pastylek o zbliżonych właściwościach.

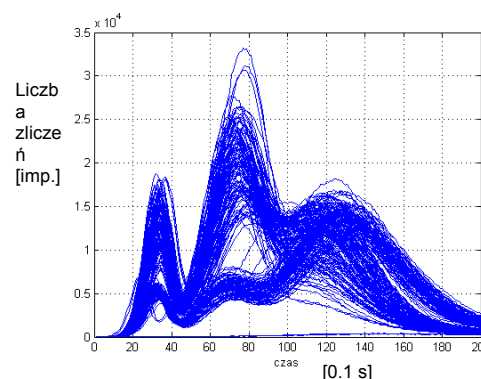
Detektory termoluminescencyjne w wyniku kolejnych odczytów zmieniają swoje właściwości. Jest to spowodowane zarówno samym procesem ich odczytu i anilacji, jak i zanieczyszczeniami, które gromadzą na swojej powierzchni podczas

eksploatacji. Istotne jest, aby w procesie wyznaczania dawek metodą TLD monitorować właściwości wykorzystywanych detektorów.

Przebadano pastylki TLD w liczbie ponad 6000 używanych i 1000 nowych. Każda pastylka została wyanilowana, napromieniowana jednakową dawką w polu promieniowania Cs-137 i odczytana (Rysunek 1 i 2). Czułość pastylek używanych porównano z serią nowych pastylek, co było możliwe dzięki temu, że wszystkie detektory pochodzą od jednego producenta. Przeprowadzono analizę statystyczną uzyskanych danych (Tabela 1).



Rysunek 1. Przykładowe wyniki z odczytu serii nowych pastylek.



Rysunek 2. Przykładowe wyniki z odczytu serii używanych pastylek.

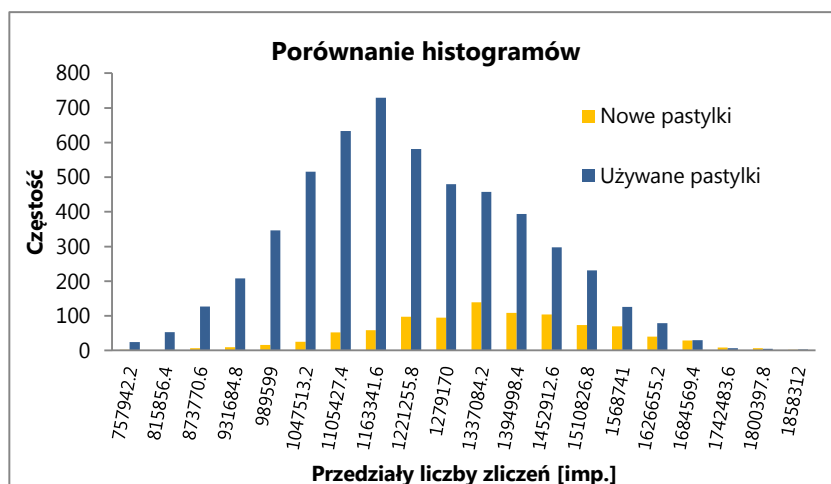
Tabela 1. Wyniki analizy statystycznej używanej i nowej serii pastylek.

	Używane pastylki	Nowe pastylki
Średnia	1185047	1237737
Odchylenie	185862	38018
Minimalna lb. zliczeń	700028	1108384
Maksymalna lb. zliczeń	1858312	1347612
Rozstęp	1158284	239228

Porównanie histogramów liczby zliczeń pastylek po napromieniowaniu dawką od cezu-137 $H_p(10)=1$ mSv wskazuje na pewne przesunięcie średniej liczby zliczeń (Rysunek 3). Dlatego pastylki porównano najpierw w grupie używanych. Porównanie do średniej nie sprawdziło się z powodu zbyt dużego odchylenia oraz rozstępu (Tabela 1). Dlatego iteracyjnie znaleziono pastylkę, która ma najwięcej podobnych do siebie pastylek (pod względem zarejestrowanej liczby zliczeń) w granicy

10%, 15% i 20% (Tabela 2). Następnie porównano używane pastylki do średniej liczby zliczeń serii nowych pastylek, gdzie rozstęp i odchylenie były znacząco mniejsze, co wskazywało na dokładniejsze,

bardziej zwarte wyniki. Tutaj również zastosowano 10%, 15% i 20% próg odchylenia (Tabela 2).



Rysunek 3. Porównanie histogramów liczby zliczeń pastylek używanych i nowych.

Tabela 2. Wyniki porównania w grupie pastylek używanych i porównanie do średniej z serii nowych pastylek

Próg	Liczba pastylek	Udział procentowy	Zliczenia przy „maksymalnej” czułości (używane)/średnia (nowe)
Porównanie w grupie używanych pastylek			
10%	2455	40,9%	1 132 504
15%	3420	57,0%	1 198 528
20%	4250	70,8%	1 215 584
Porównanie do nowych pastylek			
10%	2015	33,6%	1 237 737
15%	3097	51,6%	1 237 737
20%	4032	67,2%	1 237 737

Uzyskane rezultaty pozwoliły na przeprowadzenie selekcji pastylek MCP-N dostępnych w CLOR i odrzucenie pastylek nieużytecznych. W zależności od przyjętego kryterium liczby odrzuconych pastylek powinna wynosić od 30% - 60%. Tym samym praca potwierdziła, że najmniej użyteczne są pastylki, których już wizualna ocena pozwala na odrzucenie, co do tej pory stosowano w CLOR (pastylki

w nienaturalnym ciemnobrązowym kolorze). Poznanie właściwości pozostałych pastylek pozwala na dokładniejszą ocenę dawki.

W ramach tematu zrealizowano pracę inżynierską na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej.

Praca finansowana ze środków MNiSW nr 5995/E-228/S/2017.

Wdrożenie techniki FISH do „malowania” centromerów w chromosomach ludzkich w celu jednoznacznego rozpoznawania chromosomów policentrycznych i identyfikacji mikrojąder indukowanych przez promieniowanie jonizujące dla potrzeb cytogenetycznej oceny dawki pochłoniętej

I. Stonecka, S. Sommer¹, I. Buraczewska¹

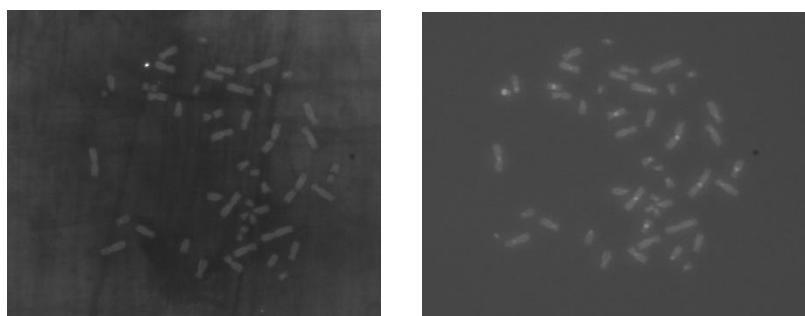
¹Institut Chemii i Techniki Jądrowej

Celem badania było wdrożenie metody FISH (fluorescence in situ hybridization) w dozymetrii biologicznej, która umożliwia spontaniczne łączenie się denaturowanego fragmentu DNA z komplementarnym, denaturowanym DNA sondy molekularnej, znakowanej barwnikiem fluorescencyjnym. Metoda umożliwia wybarwienie barwnikiem fluorescencyjnym odpowiednich fragmentów chromosomów, w tym przypadku były to centromery, co pozwala dokładniej zidentyfikować markery powstające w komórkach pod wpływem działania promieniowania jonizującego, zwiększając tym samym czułość stosowanego w CLOR testu dicentrycznego i równie powszechnego testu mikrojądrowego. Metoda miałaby służyć przyspieszeniu procedury analizowania uszkodzeń w celu wyznaczenia dawki pochłoniętej w organizmie człowieka.

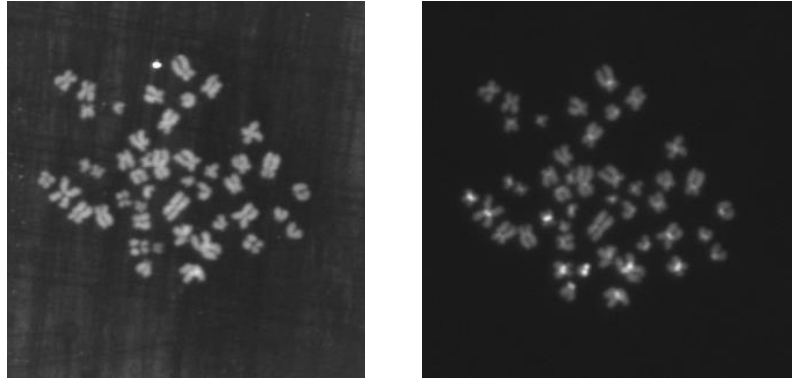
W ramach badania pobrano krew od dawców, podzielono ją na preparaty kontrolne i napromieniane. Komórki napromieniono dawką 2 Gy

promieniowania X i poddano hodowli. Przygotowano preparaty z dicentrykami oraz mikrojądrami. Część preparatów wybarwiono kontrolnie barwnikiem Giemsy, pozostałe poddane zostały procedurze fluorescencyjnej hybrydyzacji *In situ* (FISH) za pomocą sondy FAM-labeled Centromere Probe (PNA), a dodatkowo wybarwiono je popularnym barwnikiem DAPI. Preparaty przeanalizowano pod mikroskopem fluorescencyjnym.

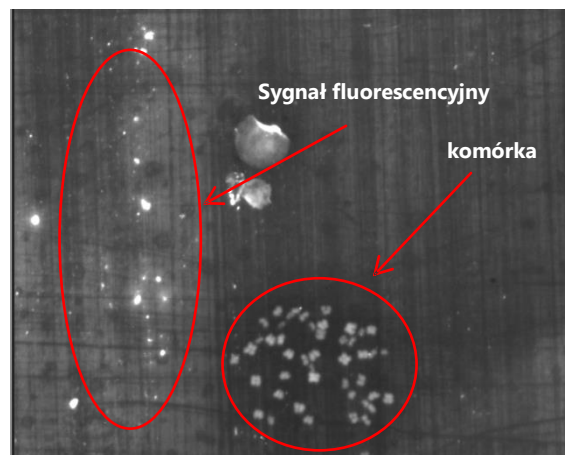
W wyniku analizy mikroskopowej stwierdzono, że barwnik DAPI spełnia swoje zadanie, natomiast zakupiona sonda PNA nie sprawdziła się (Rysunek 1, 2). Barwnik fluorescencyjny nie wiązał się z centromerami chromosomów, a z przypadkowymi elementami na szkiełku (Rysunek 3). Przeprowadzono ok. 7 powtórzeń procedury barwienia FISH zmieniając przy tym warunki. Nie poprawiło to skuteczności. Postępowanie zgodne ze wskazówkami producenta także na nic się zdało.



Rysunek 1. Preparaty chromosomowe wybarwione sondą PNA próba (po lewej i barwnikiem DAPI (po prawej). Sygnał od centromerów widoczny tylko w preparatach z DAPI.



Rysunek 2. Preparaty chromosomowe wybarwione sondą PNA próba (po lewej i barwnikiem DAPI (po prawej). Sygnał od centromerów widoczny tylko w preparatach z DAPI.



Rysunek 3. Widoczna komórka z chromosomami oraz wyraźny sygnał wiążący się z innymi elementami niż centromery.

Metoda FISH miała uprościć, a co więcej, przyspieszyć analizę komórek narażonych na promieniowanie jonizujące, a tymczasem okazała się być zawodna. Metoda powinna być prosta, szybka i skuteczna, a okazała się zbyt skomplikowana. Wykonane powtórzenia barwienia ze zmianą

warunków w żaden sposób nie wpłynęły na poprawę jakości uzyskanych preparatów, mogłoby wnioskować, że sonda odłączyła się od barwnika.

Praca finansowana ze środków MNiSW nr 5995/E-228/S/2017.

Project „Preparedness” – Metrology for mobile detection of ionising radiation following a nuclear or radiological incident

I. Słonecka, K. Szewczak, Ł. Modzelewski, Z. Baranowska

„Preparedness” to międzynarodowy projekt badawczy, rozpoczęty 1 sierpnia 2017 r., którego czas trwania przewidziany jest na 36 miesięcy. W projekcie bierze udział 17 jednostek z różnych krajów Europy (w tym Polska), a koordynatorem jest Stefan Neumaier z PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) z Niemiec. Projekt jest finansowany ze środków European Metrology Programme for Innovation and Research (EMPIR) i Unii Europejskiej w ramach HORYZONT 2020. Budżet projektu wynosi 2,184,224.45 euro.

Cele projektu:

- opracowanie metod w zakresie gotowości po poważnym incydencie radiologicznym,

- opracowanie nowych urządzeń i metod pomiarowych, które pozwolą szybko gromadzić dane ilościowe na temat skażonych obszarów i poziomów dawki dzięki pomiarom z powietrza, a także analizować zanieczyszczenie powietrza przez elastyczne systemy przenośne,

- ulepszenie metod długoterminowego monitorowania i zbadanie, czy sieci pozarządowe mogą wspierać oficjalne dane.

Rezultaty tego projektu umożliwią odpowiednią reakcję na ochronę ludności i środowiska przed zagrożeniami wynikającymi z działania promieniowania jonizującego podczas i po zdarzeniu nuklearnym lub radiologicznym.

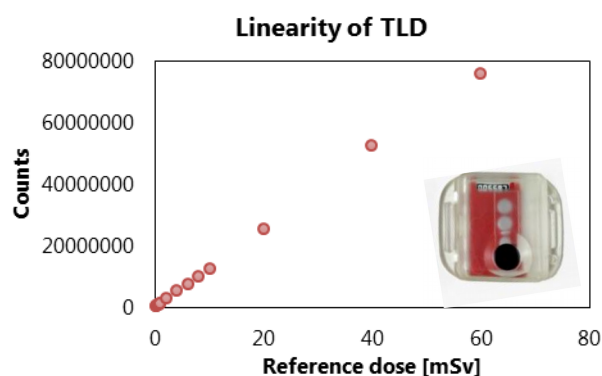
Tabela 1. Lista jednostek europejskich biorących udział w projekcie „Preparedness”.

	Short Name	Organisation legal full name	Country
1	PTB	Physicalis – Technische Bundesanstalt	Germany
2	CMI	Cesky Metrologicky Institut	Czech Republic
3	IRB	Ruder Bošković Institut	Croatia
4	JSI	Institut Józef Stefan	Slovenia
5	NPL	NPL Management Limited	United Kingdom
6	VINS	Instiut Za Nukleame Nauka Vinca	Serbia
7	AUTH	Aristotello Panepistimio Thessalonikis	Greece
8	BfS	Bunesamt fuer Strahlenschutz	Germany
9	CLOR	Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej	Poland
10	EHU	Universidad del Pias Vasco / Euscal Hemico Unibersitatea	Spain
11	ENEA	Agencia Nazionale per le nuove tchnologie l’energia e lo svituppo economico sostenibile	Italy
12	JRC	JRC Joint Research Centere – European Comission	European Commisison
13	Kromek	Kromek Limited	United Kingdom
14	MTI	Vojensky Technicky Ustav SP	Czech republic
15	NUVIA	NUVIA a.s.	Czech Republic
16	UPC	Universitat Politéchnica de Catalonia	Spain
17	SCK-CEN	Studiacentrum voor Kemenergie, Centre d’Etude de i’Energie Nucléaire, Fondation d’Utilité Publique	Belgium

Jedyną polską jednostką badawczą, biorącą udział w projekcie jest Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

CLOR uczestniczy w pakiecie roboczym – WP4 „Passive dosimetry”. Zadania badawcze realizowane są w całości w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania CLOR, zarówno w zakresie personelu jaki i wykorzystywanej infrastruktury badawczej. W ramach prac badawczych CLOR jest instytucją odpowiedzialną za realizację trzech aktywności, w kolejnych pięciu występuje jako wykonawca. Główne zadania badawcze CLOR dotyczą badania odpowiedzi detektorów pasywnych mających zastosowanie w ocenie poziomu promieniowania będącego następstwem zdarzeń radiacyjnych oraz awarii jądrowych.

W ramach badań wykonane zostaną zarówno ekspozycje różnego rodzaju detektorów pasywnych



Rysunek 1. Badanie liniowości detektorów MCP-N.

A. 4.2.3

Stworzenie rekomendowanej metody napromieniania dozymetrów pasywnych w środowisku na skutek wystąpienia sytuacji awaryjnej.

W ramach zadania przygotowywane są uchwyty na detektory umożliwiające ich rozwieszenie w środowisku.

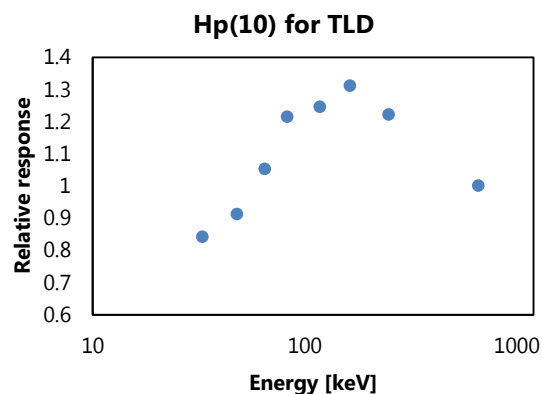
(TLD, OSL) w wiązkach promieniowania gamma (Cs-137, Co-60, Am-241, Ra-226), jak i w różnych geometriach pomiarowych w środowisku naturalnym. Dodatkowo prace eksperymentalne wspomagane będą obliczeniami wykorzystując symulację metodą Monte Carlo.

CLOR koordynuje 3 zadania w ramach uczestnictwa w pakiecie roboczym – WP4 „Passive dosimetry”:

A. 4.2.2

Zbadanie odpowiedzi 5 różnych typów obudów detektorów pasywnych na promieniowanie jonizujące (Am-241, Cs-137, Co-60, Ra-226). H*(10), różna geometria. Symulacje Monte Carlo.

W ramach zadania do tej pory przeprowadzono napromienienia dozymetrów TLD w nowych typach obudów. Wykonano badanie liniowości (Rysunek 1), zależność energetyczną dla Hp(10) (Rysunek 2).



Rysunek 2. Zależność energetyczna dla Hp(10).

A. 4.2.5

Napromienienie 10 typów dozymetrów Co-60 i Ra-226.

W ramach zadania budowane jest i obmierza stanowisko do napromieniania radem-226.

Opracowanie modelu generatora neutronów D-T do celów symulacji metodą Monte Carlo

K. Szewczak, I. Słonecka

Generator neutronów D-T ma szerokie zastosowanie w działalności naukowej LWPDiR. W celu prawidłowego określenia strumienia neutronów emitowanych z generatora niezbędne jest wykonanie specjalistycznych pomiarów.

Ze względu na nieliniową odpowiedź przyrządów neutronowych niezbędne jest precyzyjne określenie widma energetycznego mierzonych neutronów. Określanie tego typu widm, obecnie odbywa się głównie wykorzystując metody symulacji Monte Carlo.

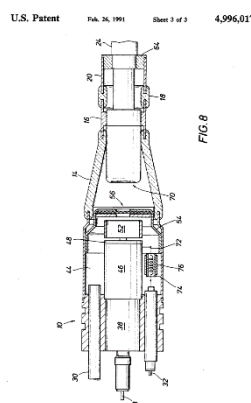
Główną motywacją do podjęcia badań było:

- Metoda Monte Carlo umożliwia oszacowanie widma neutronów z wymaganą dokładnością a dzięki zastosowaniu odpowiednich zwalidowanych kodów wyniki należy uważać za prawidłowe,
- Brak możliwości eksperymentalnych w CLOR do określania rozkładu emisji neutronów
- Metody symulacyjne pozwalają na przeprowadzenie analiz bez ponoszenia dodatkowych kosztów aparaturowych.

Obiektem badań był generator neutronów firmy Thermo typ MP320 bazujący na reakcji D-T o wydajności emisji neutronów do 10^8 n/s.

Do celów symulacji wykorzystany został kod MCNP6. Dodatkowo w początkowej fazie badań przeprowadzony został przegląd literaturowy w celu identyfikacji podstawowych elementów konstrukcyjnych układu. Następnie przeprowadzono serię ekspozycji generatora na medycznym układzie RTG co umożliwiło zaprojektowanie dokładnej

geometrii wewnętrznych struktur układu na cele symulacji metoda MC.

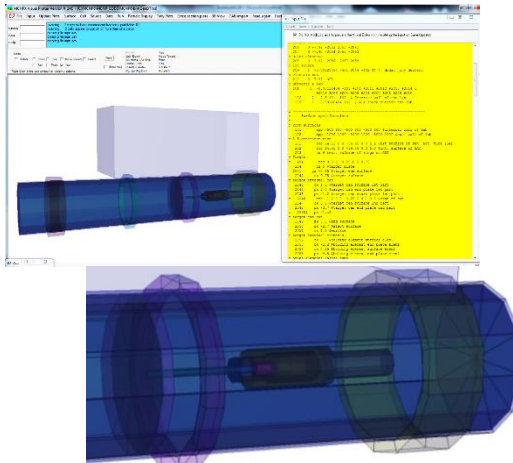


Rysunek 1. Schemat głowicy generatora na podstawie patentu USA nr 4,996,017 oraz zdjęcie RTG tego samego elementu.

Elementem aktywnym generatora jest głowica w obrębie której znajduje się źródło jonów oraz tarcza wraz z elementami dodatkowymi.

Na rysunku 1 przedstawiony został schemat głowicy zastosowanej w analizowanym generatorze według patentu USA oraz zdjęcie RTG tego samego elementu uzyskane w trakcie badań.

Na bazie przeprowadzonych zdjęć RTG stworzona została geometria generatora, która następnie została wykorzystana do przeprowadzenia symulacji. Poglądowy rysunek stworzonej geometrii przedstawia Rysunek 2.

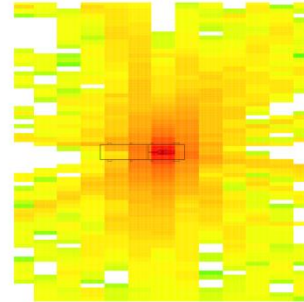


Rysunek 2. Model generatora Thermo MP320 wraz z powiększeniem elementu głowicy generatora.

Rysunek 3 prezentuje wyniki przeprowadzonej symulacji w płaszczyźnie poziomej (widok z góry). Analizowanym obszarem była przestrzeń laboratorium w Sali RTG CLOR.

Na bazie prezentowanego wyniku należy stwierdzić iż kierunek emisji w stronę sterowni (sterownia zlokalizowana na dole rysunku 3) jest kierunkiem uprzywilejowanym co stanowić powinno podstawę do dalszych analiz narażenia personelu pracującego z układem.

```
02/20/18 14:23:23
IMP file for a D-T neutron
generator inside hall300000
hall
model = 02/20/18 14:13:43
basis = XY
[ 0.00000, 0.00000, 0.00000]
[ 0.00000, 1.00000, 0.00000]
rotation
[ 0.00, 0.00, -0.00]
Antenna = (
100.00, 100.00)
```



Rysunek 3. Wyniki symulacji MC dla generatora Thermo MP320.

Praca finansowana ze środków MNiSzW.

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2017 r.

Ł. Modzelewski, K. Wołoszczuk, A. Wiśniewski

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych funkcjonuje w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej od 1967 roku. W 2003 roku Laboratorium uzyskało Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego nr AP 057 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. Od tego czasu wzorcowania wykonywane są zgodnie z zaleceniami normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

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

Zadaniem LWPDiR jest wzorcowanie dawkomierzy z komorami jonizacyjnymi, mierników mocy dawki i dawki promieniowania jonizującego, mierników powierzchniowych skażeń promieniotwórczych alfa i 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.

Laboratorium 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: ameryk-241, cez-137 oraz kobalt-60, odpowiednio o energii: 59,5 keV, 662 keV oraz 1250 keV,
- stanowisko kalibracyjne RTG, umożliwiające wzorcowanie w zakresie widm wąskich N-40 do N-300 (energie od 33 do 250 keV),

- stanowisko kalibracyjne skażeń powierzchniowych wyposażone w trzy źródła betapromieniotwórcze: węgiel-14, stront-90, chlor-36 i jedno alfapromieniotwórcze - ameryk-241,

- stanowisko kalibracyjne beta - jedyne w Polsce, umożliwia wzorcowanie przyrządów w wiązce promieniowania beta od źródeł stront-90 lub krypton-85,

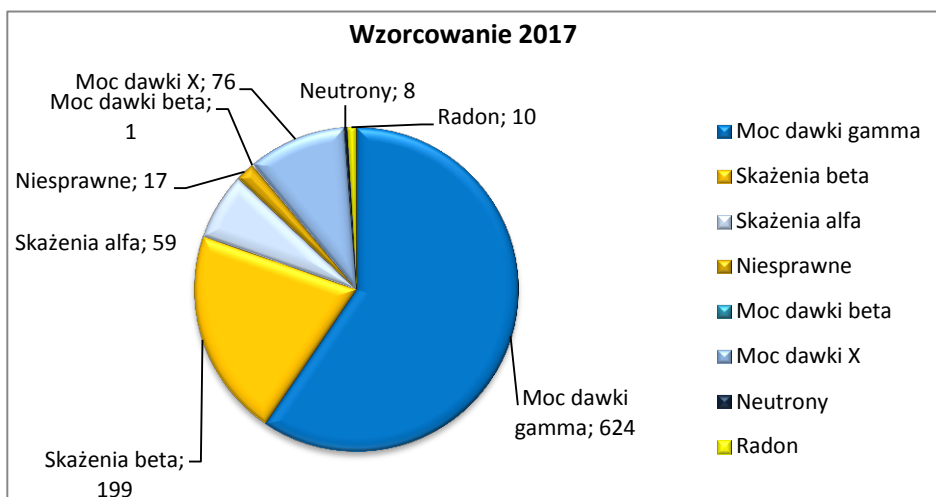
- stanowisko kalibracyjne neutronowe - wyposażone w źródło ameryk-241/beryl,

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

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

W 2017 roku do laboratorium wpłynęło 751 zleceń wzorcowania, wykonano:

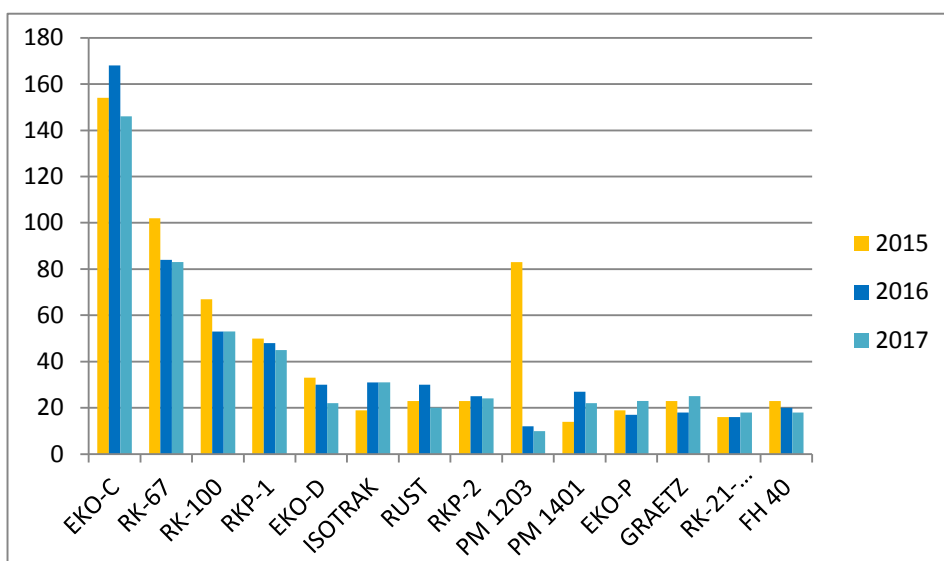
- 17 protokołów niezdatności,
- 258 wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania beta i alfa,
- 624 wzorcowania przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania gamma,
- 76 wzorcowań przyrządów dozymetrycznych dla promieniowania X,
- 10 wzorcowań na stanowisku radonowym,
- 8 wzorcowań na stanowisku neutronowym,
- wzorcowanie na stanowisku kalibracyjnym beta. Liczbę przeprowadzonych wzorcowań na danych stanowiskach kalibracyjnych przedstawia wykres kołowy na Rysunku 1.



Rysunek 1. Wzorcowania wykonane w 2017 r. w LWPDiR.

W 2017 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 alfa i beta. Zestawienie, najczęściej wzorcowanych typów przyrządów na przestrzeni ostatnich trzech lat przedstawiono na Rysunku 2.



Rysunek 2. Najczęściej wzorcowane przyrządy w LWPDiR (2015 ÷ 2017 r.).

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

Ł. Modzelewski

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

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 α krótkożyciowych pochodnych radonu oraz ekspozycje detektorów wzorcowymi stężeniami radonu,
- QPP B Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania beta,
- QPP N Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania neutronowego.

Według wytycznych normy ISO 17025 ważnym aspektem jest zachowanie spójności pomiarowej. Spójność pomiarowa, zachowana jest dzięki wzorcowaniu wzorców odniesienia (przedstawionych na Rysunku 1) w europejskich akredytowanych laboratoriach wzorcujących, takich jak PTB, PTW, STUK, SUJCHBO. Część wzorców wzorcowana jest w Głównym Urzędzie Miar, w którym znajdują się państwowe wzorce jednostek miar.

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 2017 roku, Laboratorium brało udział w porównaniach w czterech dziedzinach: gamma, rtg, radon i neutrony, gdzie odnotowało wszystkie wyniki pozytywne. Dodatkowo wzięło udział w porównaniach organizowanych przez KIT (Karlsruhe Institute of Technology) w ramach EURAMET polegających na napromienianiu dozymetrów termoluminescencyjnych.

W porównaniach tych, LWPDiR uzyskało najlepszy wynik ze wszystkich Laboratoriów biorących udział z całej Europy.

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

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

- walidacji obliczeń w arkuszach Excel.

Kontrola jakości pomiarów, w roku 2017 obejmowała 36 działań, wszystkie zostały wykonane z powodzeniem. Kontrola jest prowadzona kompleksowo i obejmuje zarówno sprawdzanie sprzętu pomiarowego, charakterystyki wiązki promieniowania, „czynnika ludzkiego”, jak również programu ułatwiającego wyznaczanie współczynnika kalibracji. Każde z wykonywanych sprawdzeń ma określone kryterium, które musi zostać spełnione. Tak szczegółowe sprawdzanie i kontrola gwarantuje wysoką jakość wykonywanych wzorcowań.

W ramach procesu nadzoru Polskiego Centrum Akredytacji nad laboratorium, 13 czerwca 2017 roku został przeprowadzony w LWPDiR audyt w nadzorze wykonany przez audytorów zewnętrznych polegający na przeglądzie dokumentacji technicznej audytora wiodącego.

W czasie oceny PCA nie odnotowano żadnej niezgodności ani spostrzeżeń.

Ocena zależności rozkładu średnic aerozoli promieniotwórczych powstałych z rozpadu ^{222}Rn 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 dawką 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 skutki biologiczne wchłaniania radonu do układu oddechowego człowieka jest skomplikowany i w dużej mierze zależy od ilości i rodzajów 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 radonu-222. W celu uzyskania różnych rozkładów średnic wytwarzane aerozole środowiskowe pochodziły od pary wodnej, dymu papierosowego, palącej się świeczki lub kadzidełek. Badania laboratoryjne uzupełniono pomiarami terenowymi w Kopalni „Liczyrzepa” oraz Krajowym Składowisku Odpadów Promieniotwórczych w Różanie.

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

Efektem 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 pomiarowej 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 (tzw. WP):

- 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.

Więcej szczegółów na stronie projektu www.metroradon.eu.

DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI



Ocena narażenia radiacyjnego ludności polski w 2017 roku

J. Henschke

Roczna dawka efektywna jaką otrzymuje ludność Polski od promieniowania jonizującego pochodzącego od źródeł naturalnych i pochodzenia sztucznego jest na podobnym poziomie jak w wielu innych krajach europejskich.

Na promieniowanie naturalne składa się promieniowanie kosmiczne oraz promieniowanie pochodzące od radionuklidów naturalnych obecnych w różnego rodzaju komponentach środowiska takich jak gleba, woda, powietrze oraz w różnych produktach i materiałach takich np. jak artykuły żywnościowe czy też materiały budowlane. Promieniowanie sztuczne to głównie promieniowanie wykorzystywane w diagnostyce medycznej i w dużo mniejszym stopniu pochodzące od opadu promieniotwórczego spowodowanego dawnymi próbnymi eksplozjami jądrowymi i awarią elektrowni jądrowej w Czarnobylu.

Średnia roczna dawka efektywna od źródeł naturalnych i sztucznych, oceniana zgodnie z zaleceniami UNSCEAR 2008 [1], wyniosła w 2017 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 mieszkaniec 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.

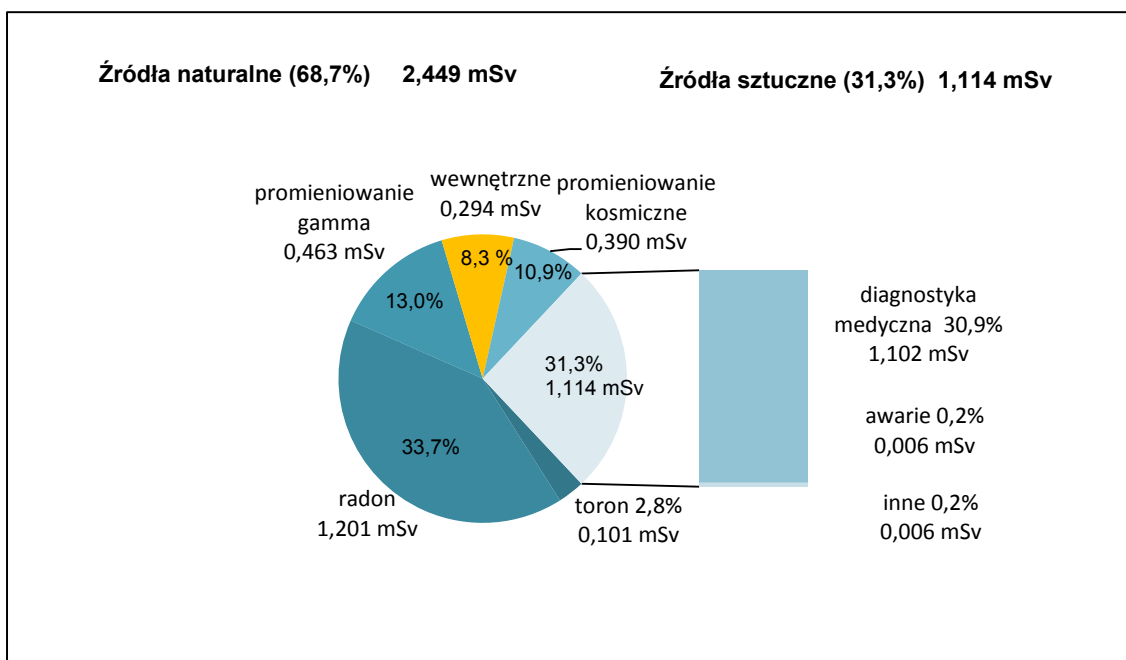
Z badań prowadzonych przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej wynika, że średnia dawka efektywna spowodowana promieniowaniem pochodzącym od źródeł pochodzenia sztucznego (bez diagnostyki medycznej) na statystycznego mieszkańca Polski wyniosła w 2017 roku 0,012 mSv. Na dawkę tę składa się dawka 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 2017 roku wartość ta stanowi 1,2% dawki granicznej oraz 0,3% średniej rocznej dawki efektywnej, na którą był narażony statystyczny mieszkaniec Polski.

Praca wykonana na podstawie Umowy Nr 17/OR/2018/61 z dn. 20.03.2018.

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.



Rysunek 1. Roczna dawka efektywna promieniowania jonizującego otrzymana przez ludność Polski w 2017r. (3,56 mSv).

Realizacja prac Działu Szkolenia i Informacji CLOR w 2017 r.

I. Słonecka

Dział Szkolenia i Informacji Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej zajmuje się:

- prowadzeniem szkoleń z ochrony radiologicznej,
- opracowywaniem programów szkoleń i przygotowywaniem materiałów dydaktycznych,
- działalnością wydawniczą oraz upowszechnianiem dorobku naukowego pracowników CLOR, co realizowane jest w postaci publikowanych co roku raportów z działalności CLOR. Od 2015 r. dorobek naukowy pracowników rejestrowany jest w ogólnodostępnej bazie Polskiej Bibliografii Naukowej,
- oceną narażenia radiacyjnego ludności Polski za rok poprzedni,
- nadzorowaniem archiwum CLOR,
- nadzorowaniem biblioteki CLOR (coroczne sprawozdanie biblioteki K-03 do GUS),
- koordynacją działań CLOR w zakresie opracowywania i opiniowania norm i przepisów krajowych i międzynarodowych,
- prowadzeniem sekretariatu KT ds. Ochrony radiologicznej,
- popularyzacją nauki.

W roku 2017 przeprowadzono dwa szkolenia dla kandydatów na zdobycie 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. Innym rodzajem kursu organizowanego w CLOR jest dwudniowe szkolenie stanowiskowe dla operatorów akceleratorów oraz urządzeń do brachyterapii ze źródłami promieniotwórczymi. Organizowane są także kursy z zakresu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Sumarycznie wydano 178 zaświadczeń dla kandydatów na zdobycie wyżej wymienionych uprawnień.

CLOR uczestniczył w pracach normalizacyjnych w dwóch Komitetach technicznych:

- 246 ds. ochrony radiologicznej
- 266 ds. aparatury jądrowej, którego CLOR jest członkiem z prawem głosowania.

Działalność normalizacyjna to w głównej mierze opiniowanie projektów norm, aktywne głosowanie nad nimi oraz ich przegląd, gdyż normy wydane przed rokiem 1994 są automatycznie wycofywane jeżeli nie wpłynęły wnioski o ich nowelizację. Ze względów finansowych tłumaczone są głównie tytuły i zakresy nowo wprowadzanych dokumentów.

W roku 2017 Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej uczestniczyło w wielu wydarzeniach informacyjno-edukacyjnych. Dzięki uprzejmości i zaangażowaniu pracowników CLOR organizowane były spotkania dla młodzieży, które przybliżają charakter prac realizowanych w CLOR.

CLOR uczestniczył w 21. Pikniku Naukowym Polskiego Radia i Centrum Nauki Kopernik, gdzie stoisko wystawowe CLOR cieszyło się ogromnym zainteresowaniem.

Ponadto we wrześniu 2017 r. CLOR wspólnie ze Szkołą Główną Służby Pożarniczej współorganizowało I ogólnopolską konferencję „Praktyczne działania w przypadku zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i nuklearnych (CBRN)”. Konferencja stanowiła okazję do zapoznania się z praktycznymi aspektami zapobiegania i reagowania instytucji administracji publicznej, służb, inspekcji i straży, a także społeczności lokalnej na zdarzenia chemiczne, biologiczne, radiologiczne i nuklearne (CBRN). Umożliwiła wymianę doświadczeń, praktycznych rozwiązań i wskazówek postępowania na wypadek wystąpienia zdarzeń typu CBRN.

W konferencji wzięli udział decydenci, funkcjonariusze i inspektorzy odpowiedzialni i uczestniczący w procesach kształtowania systemu bezpieczeństwa, pracownicy naukowcy, eksperci z obszaru zagrożeń chemicznych, biologicznych i radiacyjnych oraz inne zainteresowane osoby.

Patronat medialny nad konferencją objęły czasopisma: „Postępy Techniki Jądrowej” oraz „Przegląd Pożarniczy”: i magazyn „W Akcji”, a sponsorami były firmy Polon-Alfa, Raytech, Canberra Packard, Protek System oraz EC Test Systems.

Rok 2017 to także 60-rocznica powstania naszego Instytutu. Z tej okazji zorganizowano uroczyste obchody jubileuszu, na który zaproszeni zostali m.in.

byli pracownicy CLOR oraz zaprzyjaźnieni z CLOR przedstawiciele instytutów badawczych.

Z tej okazji CLOR wydało monografię, która stanowi historię Instytutu opowiedzianą oczami młodej kadry, a w której zawarto też wspomnienia byłych już pracowników CLOR.

Swoją obecnością zaszczycił nas m.in. pierwszy dyrektor CLOR, jeden ze współzałożycieli naszej Instytucji, prof. Jerzy Peńsko.

ANEX- Spis publikacji i monografii wydanych w 2017 r.

MONOGRAFIE

- KRONIKA I WSPOMNIENIA – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, praca zbiorowa pod redakcją: Krajewski, P., Baranowska, Z., Krajewska, G., Słonecka, I., Stawarz, O., Rubel, B., CLOR, Warszawa 2017, ISBN 978-83-947765-2-7
- RAPORT ROCZNY 2016 – ANNUAL REPORT 2016, Red. Naukowy: Dr Paweł Krajewski, Recenzent: Prof. dr hab. Jan Pluta, Red. Tech. Mgr inż. Iwona Słonecka, Mgr inż. Kinga Kondracka, Raport CLOR Nr. 158, Warszawa 2017, ISBN 978-83-947765-1-0
- Krajewski, P., Performance of Models in Radiological Impact Assessment for Normal Operation, Report of Working Group 1: Reference Methodologies for Controlling Discharges of Routine Releases, IAEA-TECDOC-1808, International Atomic Energy Agency Vienna, 2017 (współautorstwo)

PUBLIKACJE

- Dobrzyńska M.M., Pachocki K.A., Owczarska K.: DNA strand breaks in peripheral blood leucocytes of Polish blood donors. *Mutagenesis*, 2017, 00, 1-8, doi: 10.1093/mutage/gex024.
- Isajenko, K., Piotrowska, B., Stawarz, O., Łukaszek-Chmielewska, A., Krawczyńska, S., „Analiza dynamiki skażenia gleby naturalnymi i sztucznymi radionuklidami w województwie opolskim po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu” - opublikowany w czasopiśmie *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza* Vol. 46 ISSUE 2, 2017 str. 42-54;
- Isajenko, K., „Przepisy transportowe” – opublikowany w monografii *SGSP Bezpieczeństwo Energetyki Jądrowej*, Warszawa 2017 (ISBN:978-83-88446-93-1);
- Jednoróg, S., Laszyńska, E., Bienkowska, B., Ziółkowski, Z., Paduch, M., Szewczak, K., Miłszuta, K., Malinowski, K., Bajdel, M., Potrykus, P., A new concept of fusion neutron monitoring for PF-1000 device *NUKLEONIKA* 2017;62(1):17-22, doi: 10.1515/nuka-2017-0003,
- Krajewski, P., Ochrona radiologiczna w przypadku zagrożeń CBRNE, w monografii „Cywilne instytuty badawcze wspierają bezpieczeństwo Polski”, Rada Główna Instytutów Badawczych, Warszawa 2017, ISBN 978-83-937055-3-5,
- Krajewski, P., Zasady tworzenia sieci monitoringu wokół obiektu jądrowego (cz. I), *Przegląd Techniczny*, 25/2017, ISSN 0137-8783, e-ISSN 1689-1724
- Krajewski, P., Zasady tworzenia sieci monitoringu wokół obiektu jądrowego (cz. II), *Przegląd Techniczny*, 26/2017, ISSN 0137-8783, e-ISSN 1689-1724
- Łukaszek-Chmielewska, A., Bednarek, M., Zielicz, A., Czech, Z., Bujnowicz K., Isajenko K., „Wpływ wybranych antypirenów fosforowo-azotowych na właściwości pożarowe i użytkowe poliakrylanowego kleju rozpuszczalnikowego” –opublikowany w *Zeszytach Naukowych SGSP*, nr 61 (tom 1)/1/2017 str. 171-184 (ISSN 0239-5323)
- Łukaszek-Chmielewska, A., Isajenko, K., Piec, R., „Analiza zachowania się wybranych radionuklidów pochodzenia naturalnego i antropogenicznego w glebach w powiecie oleskim”, opublikowany w monografii *SGSP Bezpieczeństwo Energetyki Jądrowej* Warszawa 2017, ISBN: 978-83-88446-93-1;
- Pachocki K.A.: Promieniowanie jonizujące; rozdział 13 W monografii *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy; wartości dopuszczalne.*, ISBN 978-83-7373-185-1, CIOP-PIB Warszawa, Warszawa 2017, str. 331-349.

- Piotrowska, B., Isajenko, K., Łukaszek – Chmielewska, A., „Promieniotwórczość naturalna surowców odpadowych pochodzących z wybranych elektrowni, elektrociepłowni i ciepłowni wschodniej części Polski” – opublikowany w monografii SGSP Bezpieczeństwo Energetyki Jądrowej, Warszawa 2017, ISBN: 978-83-88446-93-1;
- Podgórska, Z., Słonecka, I., „Krajowy system monitoringu substancji promieniotwórczych w środowisku”, w monografii „Wybrane zagrożenia dla środowiska – spojrzenie młodych naukowców”, 2017, Creativetime
- Słonecka, I., „Biologiczne skutki działania promieniowania jonizującego w monografii „Bezpieczeństwo energetyki jądrowej” wydanej przez Szkołę Główną Służby pożarnej w Warszawie, 2017
- Wołoszczuk K., Skubacz K., Particle size distribution of the radon progeny and ambient aerosols in the Underground Tourist Route "Liczyrzepa" Mine in Kowary Adit, E3S Web of Conferences (2018),
- Wołoszczuk K., Skubacz K., Podgórska Z., Changes in Polish law related to the implementation of COUNCIL DIRECTIVE 2013/59/EURATOM of 5 December 2013, E3S Web of Conferences (2018).

UDZIAŁ W KONFERENCJACH ZAGRANICZNYCH I KRAJOWYCH

Prezentowane podczas: The 4th International Conference on Environmental Radioactivity ENVIRA 2017, 29 May – 2 June 2017, Vilnius, Lithuania:

- B.Rubel, M.Suplińska, K.Pachocki, M.Kardaś: „Analysis of the ^{137}Cs and ^{90}Sr content In freshwater fish from northern Poland” (plakat),
- M.Kardaś, A.Fulara, B.Rubel, M.Suplińska, E.Starościak, K.Pachocki: „Assessment of radioactive contamination of surface water and sediments in Poland in 2016” (plakat),
- E. Starościak, M. Kardaś: “Determination of activity concentration of ^{234}U , ^{238}U , ^{210}Po , ^{210}Pb , ^{90}Sr , ^{134}Cs and ^{137}Cs in the water from wells Oligocene in Warsaw” (plakat).

Prezentowane podczas: Baltic Marine Environment Protection Commission, Expert Group on Monitoring of radioactive Substances in the Baltic Sea. MORS EG 7-2017 (3-7) Tallinn, Estonia 3-4 May 2017:

- M. Suplińska, B. Rubel, T. Zalewska, “Monitoring of radioactive contaminations of bottom sediments and Fish in southern Baltic Sea, 2016” (komunikat ustny),
- T. Zalewska, M. Saniewski, M. Suplińska; “Concentration of ^{137}Cs , ^{90}Sr and $^{239,240}\text{Pu}$ in the macrophytobentic plants species specific to the Baltic Sea” (komunikat ustny).

Prezentowane podczas: Baltic Marine Environment Protection Commission, Expert Group on Monitoring of Radioactive Substances in the Baltic Sea. HOD 52-2017 Brussel Belgium, 20-21 June 2017:

- M. Erikson, T. Ikaheimonen, E. Jakobson, S.P. Nielsen, M. Kamatainen, M-C Aust, J. Osvalth, S.Schmied, B. Vilimaite-Silobritiene, M. Suplinska, T. Zalewska, V-P. Vartti, “HELCOM MORS Thematic Assessment 2011-2015 of the Radioactive Substances in the Baltic Sea” (komunikat ustny).

Prezentowane podczas III Konferencji z zakresu detekcji promieniowania jonizującego oraz kontroli jakości w rentgenodiagnostyce, radioterapii i medycynie nuklearnej, 18-22.09.2017 r. Klimkówka k/Rymanowa:

- Pachocki K., Kardaś M., Rubel B., Starościak E., Suplińska M., Wasilewska M., Adamczyk A.: Stężenia radionuklidów występujących w wodzie na podstawie badań wykonywanych przez CLOR. (komunikat ustny).
- Pachocki K., Dobrzyńska M., Krajewska G.: Ocena uszkodzeń DNA w leukocytach krwi pracowników zakładów medycyny nuklearnej oraz ocena narażenia na promieniowanie jonizujące od radiojodu i technetu (komunikat ustny).
- Słonecka, Z. Baranowska, K. W. Fornalski, Ocena dawki mieszanego promieniowania jonizującego beta i gamma przy zastosowaniu metody TLD oraz statystyki bayesowskiej, III Konferencja z zakresu detekcji promieniowania jonizującego oraz kontroli jakości w rentgenodiagnostyce, radioterapii i medycynie nuklearnej, 18-22.09.2017 (komunikat ustny).

-
- Słonecka, K., Łukasik, A., Powojńska, K. W., Fornalski, Ocena dawki mieszanego promieniowania jonizującego metodą dozymetrii biologicznej i nowoczesnych narzędzi statystycznych, III Konferencja z zakresu detekcji promieniowania jonizującego oraz kontroli jakości w rentgenodiagnostyce, radioterapii i medycynie nuklearnej, 18-22.09.2017 (komunikat ustny).
 - Krajewski, P., Krajewska, G., Mora J.C., Probabilistic dose assessment for routine radioactive discharges- real challenge for environmental modelling, plakat P6-17 oraz doniesienie, The 4th International Conference on Radioecology and Environmental Radioactivity, Berlin, 3-8 September 2017., Abstracts Book, IRSN, 2017, ISBN 978-2-9545237-7-4.
 - Krajewska, G., Krajewski, P., Implementation of the Dose Constraint Concept in Optimization of Occupational Exposure in Nuclear Medicine Sector in Poland, plakat 305, doniesienie, IAEA International Conference on Radiation Protection in Medicine: Achieving Change in Practice, Vienna, Austria, 11-15 December 2017.
 - Słonecka, Z., Baranowska, K., Ciupek, K. W., Fornalski, Metodyka szacowania dawek przy zastosowaniu odczytów tld oraz statystyki bayesowskiej w polach mieszanych promieniowania beta i gamma, Fizyka dla medyka, 31.03.2017 (komunikat ustny).
 - I. Słonecka, Biologiczna ocena dawek mieszanego promieniowania jonizującego z zastosowaniem metod statystyki bayesowskiej, Konferencja naukowa towarzysząca XIV Zjazdowi Polskiego Towarzystwa Nukleonicznego „Polska Nukleonika na początku XXI wieku” – referat zaproszony w związku z nagrodą PTN W ROKU 2015 na najlepszą pracę magisterską w dziedzinie atomistyki, 27.05.2017 (komunikat ustny).
 - K. Szewczak, I. Słonecka, Ł. Modzelewski, K. Wołoszczuk, Z. Podgórska, S. Jednoróg, The Conceptual Design of Neutron Calibration Facility Based on Commercial D-T Generator, NEUDOS-13, Neutron and Ion Dosimetry Symposium, 14-19.05.2017 (plakat).
 - K. Szewczak, S. Jednoróg, I. Słonecka, Neutron Field Characterization for D-T Generator for Purpose of Calibration Facility Establishment and Occupational Exposure Assessment, NEUDOS-13, Neutron and Ion Dosimetry Symposium, 14-19.05.2017 (plakat).
 - I. Słonecka, A. Powojńska, K. Łukasik, M. Kowalska, K. W. Fornalski, Doses assessment methods in biological dosimetry of mixed radiation I Ogólnopolska Konferencja Naukowa Praktyczne działania w przypadku zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i nuklearnych (CBRN), 07-08.09.2017 (plakat).
 - K. Szewczak, I. Słonecka, L. Modzelewski, K. Wołoszczuk, Z. Podgórska, S. Jednoróg, The Conceptual Design of Neutron Calibration Facility Based on Commercial D-T Generator, I Ogólnopolska Konferencja Naukowa Praktyczne działania w przypadku zagrożeń chemicznych, biologicznych, radiologicznych i nuklearnych (CBRN), 07-08.09.2017 (plakat).
-

ISBN 978-83-947765-3-4