

CENTRALNE LABORATORIUM OCHRONY RADIOLOGICZNEJ

CENTRAL LABORATORY FOR RADIOLOGICAL PROTECTION

RAPORT ROCZNY 2014

ANNUAL REPORT 2014



WARSZAWA 2015

Redaktor naukowy / Scientific editor

Dr Paweł Krajewski

Redakcja techniczna / Technical editors

Mgr inż. Iwona Pacyniak

RAPORT CLOR Nr 157

COPYRIGHT © BY Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2015

All rights reserved.

ISBN 978-83-920940-7-4

Niniejszy raport roczny przedstawia główne osiągnięcia CLOR z 2014 r. i zawiera artykuły, streszczenia i ilustracje. Stanowi uzupełnienie informacji dostępnych na stronie internetowej CLOR oraz raportów, które nasz Instytut publikuje w ramach działań statutowych.

This annual report provides an overview of the CLOR main achievements in 2014 and includes concrete articles, abstracts and illustrations. It complements the information already available on CLOR's websites and in the reports that the Institute publishes on its public service missions.

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Central Laboratory for Radiological Protection

ul. Konwaliowa 7, 03-194 Warszawa

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Central Laboratory for Radiological Protection

ul. Konwaliowa 7, 03-194 Warszawa

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej

Central Laboratory for Radiological Protection

ul. Konwaliowa 7, 03-194 Warszawa

SPIS TREŚCI/TABLE OF CONTENTS

PRZEDMOWA	4
ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ	7
Oznaczenie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i obliczenie obciążającej dawki skutecznej od rocznego spożycia wody dla osób w różnych kategoriach wiekowych	9
Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w latach 2013-2015	11
Ocena radiologiczna terenów pogórnicych i składowisk odpadów oraz niskoprocentowych mineralizacji uranowych	13
Przeprowadzenie pomiarów porównawczych w zakresie oznaczania izotopu ^{137}Cs przez placówki podstawowe prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju	15
Oznaczenie stężenia ^{137}Cs i ^{90}Sr w produktach żywnościowych	17
Wpływ składowiska odpadów poprodukcyjnych z Zakładów Chemicznych w Policach na stężenia naturalnych izotopów promieniotwórczych (^{226}Ra , ^{210}Po oraz U) w środowisku w najbliższym sąsiedztwie Zakładów	20
Pomiary skażeń promieniotwórczych w próbkach wody, osadów dennych i w rybach, w ramach prowadzonego monitoringu skażeń promieniotwórczych Morza Bałtyckiego	22
Utrzymanie systemu zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych	26
ZAKŁAD DOZYMETRII	29
Pomiary skażeń promieniotwórczych w aerozolach atmosferycznych na terenie Polski w roku 2014	31
Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2012 – 2013 oraz 2014 – 2015	33
Opracowanie i wdrożenie do prac pomiarowych prototypu przenośnej stacji do poboru aerozoli atmosferycznych i gazowej postaci jodu	35
Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980 – 2014	37
Określenie wielkości i promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych metodą spektrometrii promieniowania gamma przy użyciu detektora HPGe	40
Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie oraz wokół Ośrodka w Świerku	41
Projekt „EDEN” – testy i ćwiczenia CBRNE determinowane potrzebami uczestników procesu zarządzania kryzysowego	44
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	45
ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA	47
Maksymalna względna skuteczność biologiczna neutronów rozszczepialnych z badawczego reaktora MARIA w indukcji dicentryków w limfocytach ludzkich	49
Zbadanie zależności dawka-skutek dla chromosomów dicentrycznych indukowanych <i>in vitro</i> przez monoenergetyczne protony w poszerzonym piku Bragga	51
Opracowanie metody wyznaczania neutronowej i fotonowej składowej dawki promieniowania mieszanego n+γ za pomocą statystyki Bayesowskiej	54

Opracowanie metody dopasowania krzywych do punktów pomiarowych za pomocą statystyki Bayesowskiej – zastosowanie w dozymetrii biologicznej	56
Opracowanie i wdrożenie systemu kontroli i zapewnienia jakości metod dozymetrii promieniowania gamma i beta – Secondary Standard Dosimetry Laboratory w CLOR	57
Ocena narażenia radiologicznego w badaniach fuzyjnych na układzie PF-1000	58
Wpływ przechowywania węgla opałowego na stężenie radonu w powietrzu w domach	59
Ocena ryzyka narażenia pracowników oraz osób z ogółu ludności na działanie promieniowania jonizującego przy zastosowaniu aparatów RTG do celów weterynaryjnych	60
Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2014 roku	61
Zapewnienie i utrzymanie systemu zapewnienia jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych	62
Sprawozdanie z seminarium Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych	65
Sprawozdanie z seminarium Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych	67
Działalność naukowa i dydaktyczna w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania w roku 2014	69
Utrzymanie systemu zarządzania – Działalność techniczna PDIŚ	70
DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI	71
Realizacja prac Działu Szkolenia i Informacji CLOR w 2014 r. - zadania Komitetu Technicznego 246 ds. Ochrony Radiologicznej	73
FOREWORD	74
DEPARTMENT OF RADIATION HYGIENE	77
Determination of radiological parameters of drinking water in large cities and evaluation of doses received by its consumption for people of different age categories	79
Monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments	80
Radiological evaluation of exposure of post-mining areas, waste landfills and low-percentage uranium mineralization	82
Comparative measurements regarding ^{137}Cs isotope determination by basic units performing radioactive contamination measurements within the framework of radiation monitoring of the country	84
Measurements of activity concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in food products	85
The influence of landfill wastes post-production of Chemical Plant in Police on concentration of natural radionuclides (^{226}Ra , ^{210}Po and U) on the environment in the nearest neighborhood	87
Measurements of radioactive contamination in samples of water, sediments and fish in the framework of the monitoring of radioactive contamination of the Baltic Sea	89
Maintaining the management system in Laboratory of Radiochemical and Spectrometric analysis	93
DOSIMETRY DEPARTMENT	95
Measurements of radioactive contamination in atmospheric aerosols in Poland in the year 2014	97
Monitoring of ^{137}Cs concentration in soli, 2012 – 2013 and 2014 – 2015	99
Development and implementation of the prototype of the portable measuring workstation for the collection of atmospheric aerosol and gas form of iodine	101

Analysis and evaluation of the radioactivity of raw and building materials used in Poland in years 1980-2014	103
Determination of natural radioactivity of raw and building materials gamma radiation spectrometry using HPGe detector	106
The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan and around Institute in Świerk	107
Project „EDEN” – tests and exercises CBRNE determined by needs of participants of crisis management	110
Maintenance of accreditation in measurements of natural radioactivity laboratory in scope of ^{226}Ra , ^{228}Th and ^{40}K radioactive concentration determination in raw and building materials	111
DEPARTMENT OF MONITORING AND CALIBRATION	113
Maximum relative biological effectiveness (RBEM) of fission neutrons from research reactor MARIA for inducing of dicentrics in human lymphocytes	115
Development of dose response relationship for induction of dicentrics in human lymphocytes by high energy protons in the spread out Bragg peak region	118
Development of a method for determining the neutron and photon dose component of mixed n + γ radiation using Bayesian statistical method	121
Development of the curve fitting method to the experimental data using the bayesian statistic – application in biological dosimetry	122
Development and implementation of quality control and assurance system for gamma and beta dosimetry methods - Secondary Standard Dosimetry Laboratory in CLOR	123
Occupational exposure assessment during fusion research on PF-1000 unit	124
The effect of coal storage on indoor radon concentration	125
Assessment of occupational radiation exposure from CT in veterinary clinics	126
Calibration dosimeters for radiation protection purpose in 2014	127
Assurance and support of the quality system in Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments Radon position technical maintenance	128
Report of the seminar of the Laboratory of Calibrating of Dosimetric Devices and Radon	131
Report from the college of the Studio of Individual Doses and Environmental	133
Scientific and didactic activity in the Department of Calibration and Doses Control in 2014	135
Maintenance management system – Technical activity PDIŚ	136
DEPARTMENT OF TRAINING AND INFORMATION	137
Section of Training and Information in CLOR in 2014 – tasks of the Technical Committee no. 246 for radiological protection	139

Przedmowa

Raport roczny stanowi przegląd głównych osiągnięć Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR) w 2014 r i zawiera konkretne przykłady, streszczenia, ilustracje. Uzupełnia informacje bezpośrednio dostępne na stronie CLOR oraz dane zawarte w ekspertyzach i wydawnictwach wydawanych przez CLOR w ramach jego misji.

Podobnie jak w latach ubiegłych, zadania badawcze realizowane w 2014 roku przez Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, powiązane były przede wszystkim z zadaniami Państwa ujętymi w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej (2014-2030), przyjętym dn. 28 stycznia 2014 r. przez Radę Ministrów Uchwałą NR 15/2014 (w skrócie PPEJ). Tematyka tych zadań skupiała się głównie na zagadnieniach unowocześnienia i praktycznego przystosowania krajowego systemu ochrony radiologicznej do wysokich standardów bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej ustalonych ostatnimi zaleceniami i dyrektywami Unii Europejskiej oraz rządowych zobowiązań międzynarodowych. Zwłaszcza, że od 2011 roku CLOR jest koordynatorem Zadania Badawczego 6 pt. „ROZWÓJ METOD ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ DLA BIEŻĄCYCH I PRZYSZŁYCH POTRZEB ENERGETYKI JĄDROWEJ” realizowanego w ramach strategicznego projektu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pt. „TECHNOLOGIE WSPOMAGAJĄCE ROZWÓJ BEZPIECZNEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ”.

Wspomniany projekt realizuje Sieć Naukowa czterech wiodących w kraju instytutów badawczych, które odgrywały również ważną rolę w realizacji pierwszego polskiego programu energetyki jądrowej w latach osiemdziesiątych XX w. Instytuty te stanowią istotne zaplecze naukowo-badawcze dla programu uruchomienia energetyki jądrowej. Są to: Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR, Warszawa), Instytut Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ, Warszawa), Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ, Świerk), Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN, Kraków). Oprócz patronatu merytorycznego nad całością prac w/w zadania, prace CLOR koncentrowały się nad wdrożeniem prototypu mobilnej wysokoczułej stacji do pomiarów stężenia różnych form promieniotwórczego jodu w powietrzu. Będzie to pierwsze w Polsce urządzenie tego typu, niezastąpione dla potrzeb specjalistycznego monitoringu skażeń uwalnianych z komina elektrowni jądrowej. Urządzenie to rozszerza ofertę konstruowanych w CLOR urządzeń do wykrywania skażeń radioaktywnych powietrza na potrzeby sieci radiacyjnego monitoringu Polski. Powyższa działalność CLOR jest sukcesywnie rozwijana, m.in. opracowany ostatnio prototyp mobilnej stacji do poboru aerozolowych skażeń promieniotwórczych NASS-1000, uzyskał pod koniec 2013 r. patent nr P.387609 „Stacja poboru dużych próbek aerozolowych zanieczyszczeń powietrza”. Zwiększyło to możliwości eksportowe tego urządzenia, jak również daje dobre podstawy do działań w kierunku unowocześnienia krajowego systemu ochrony radiologicznej.

W szczególności, w celu zwiększenia mobilności i gotowości wykonywania pomiarów w terenie, co ma istotne znaczenia w trakcie awarii jądrowej czy potencjalnego zamachu terrorystycznego, w roku 2014 kontynuowane były prace modernizacyjne stacji krajowej sieci monitoringu pozwalającej na szybki pobór próbek z dużej objętości powietrza i kontrolę uwalnianych do atmosfery radionuklidów. Modernizacje dotyczyły rozszerzenia możliwości detekcyjnych w/w stacji o gazowe i organiczne postacie jodu promieniotwórczego. Przewiduje się prowadzenie monitoringu uwolnień do atmosfery izotopów promieniotwórczych jodu I-131, I-132 oraz gazów szlachetnych Kr-85, Xe-135 wokół kompleksu „Świerk” składającego się z reaktora „Maria” oraz Zakładu Produkcji Izotopów POLATOM w ramach corocznych umów z Państwową Agencją Atomistyki (PAA).

W ramach strategicznego projektu badawczego Narodowego Centrum Badań i Rozwoju pt. „TECHNOLOGIE WSPOMAGAJĄCE ROZWÓJ BEZPIECZNEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ”, CLOR prowadził także prace badawcze dla Zadania 3 w/w programu pt. „PODSTAWY ZABEZPIECZENIA POTRZEB PALIWOWYCH POLSKIEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ” (2011-2014) (lider konsorcjum – Uniwersytet Warszawski). CLOR, jako członek konsorcjum, realizował badania związane z oceną narażenia środowiska przy podwyższonych stężeniach uranu U-238 i radu Ra-226 w rejonie wyeksploatowanych kopalni uranowych oraz hałd uranowych w Karkonoszach.

Dysponując dobrze wykształconą kadrą o bogatym, wieloletnim doświadczeniu w prowadzeniu prac badawczo-rozwojowych i operacyjnych w dziedzinie ochrony radiologicznej, jak również posiadając unikalne w skali kraju metody oznaczania izotopów promieniotwórczych w środowisku i w organizmie człowieka, CLOR wykonuje również specjalistyczne ekspertyzy np. ocenę dawek krytycznych grup ludności lub narażenia zawodowego wokół obiektów stwarzających zagrożenie dla środowiska (Zakłady Chemiczne w Policach). Prowadzi również prace projektowe i wdrożeniowe prototypów systemu monitoringu w otoczeniu obiektów jądrowych oraz wykonuje badania w zakresie metod oceny narażenia ludności w warunkach uwolnień nagłych (awaryjnych czy też będących skutkami ataków terrorystycznych) i rozciągniętych w czasie uwolnień technologicznych. Poza doradztwem eksperckim, Instytut prowadzi efektywną działalność popularyzacyjną i szkoleniową. Praktycznie od początku swego istnienia CLOR organizuje szkolenia Inspektorów Ochrony Radiologicznej oraz prowadzi sekretariat techniczny PKN KT 246.

Zgodnie ze znowelizowaną w 2000 r. Ustawą Prawo Atomowe (wersja jednolita tekstu - Dz. U. z 2014, poz. 1512), od 2010 r. statutowa działalność badawczo-rozwojowa CLOR jest częściowo finansowana przez Departament Energetyki Jądrowej Ministerstwa Gospodarki. Dotyczy to głównie akredytowanych laboratoriów CLOR, które prowadzą wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz kontrolę narażenia zawodowego. Wsparcie to umożliwia utrzymanie wysokiego poziomu bezpieczeństwa radiacyjnego narażonych zawodowo m.in. w zakładach medycyny nuklearnej w resorcie zdrowia jak również w innych przedsiębiorstwach gospodarki gdzie stosowane są źródła promieniotwórcze (zgodnie z Dyrektywami UE 93/47/EURATOM oraz 96/29/EURATOM).

Prowadzony od 1970 r. w CLOR przez akredytowane Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych (AB 1215) monitoring zawartości pierwiastków promieniotwórczych w produktach żywnościowych, zapewnia wiarygodny pomiar i fachową ekspertyzę, uznawaną przez kraje UE, co zabezpiecza polski eksport produktów żywnościowych przed zarzutami niespełniania kryteriów sanitarnych, jak również zapobiega próbom wprowadzenia na polski rynek skażonych produktów z innych krajów (Dyrektywa UE Unii Europejskiej 93/47/EURATOM i CODEX ALIMENTARIUS WHO). W tymże laboratorium w 2014 roku zapoczątkowano wdrażanie nowych metod oznaczania węgla C-14 oraz trytu organicznego OBT w próbkach środowiskowych, ponieważ monitoring tych pierwiastków w środowisku jest niezbędny wokół pracujących elektrowni jądrowych.

Zakres statutowych prac operacyjnych CLOR jak również obszar działalności eksperckiej określa Umowa Ramowa z Prezesem Państwowej Agencji Atomistyki (podpisana 3 kwietnia 2012 r.) konstituująca CLOR jako specjalistyczne zaplecze merytoryczne PAA oraz istotne ogniwo krajowego systemu bezpieczeństwa radiacyjnego. W zakresie objętym umową CLOR prowadził m.in.:

- rutynowy monitoring skażeń promieniotwórczych w aerozolach atmosferycznych na terenie Polski w ramach utrzymania sieci wczesnego ostrzegania na potrzeby Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki;
- rutynowy monitoring wokół takich obiektów jądrowych jak Składowisko Odpadów Radioaktywnych w Różanie oraz Reaktora doświadczalnego Maria w Świerku;
- monitoring wód wodociągowych w dużych aglomeracjach miejskich oraz badania próbek całodziennego pożywienia i produktów spożywczych (Warszawa, Gdańsk, Sosnowiec);
- badania skażeń promieniotwórczych w rejonie Bałtyku południowego (pod auspicjami Komisji Helsińskiej – HELKOM)
- CLOR organizował również badania porównawcze dla placówek podstawowych prowadzących podstawowe pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju.

W 2014 r. CLOR prowadził szereg badań z zakresu dozymetrii biologicznej, co wynika z potrzeby analizy wpływu promieniowania na organizm ludzki oraz konieczności ciągłego rozwijania i utrzymywania metod dozymetrii biologicznej w aspekcie rozwoju energetyki jądrowej w Polsce, w szczególności:

- Dozymetria biologiczna pozwalająca na odtworzenie dawek indywidualnych jest ważną częścią procesu kształtowania akceptacji społecznej dla przemysłu jądrowego.
- Pomimo zakładanej niskiej awaryjności obiektów jądrowych, wzrastające zagrożenie atakami terrorystycznymi z użyciem materiałów rozszczepialnych oraz możliwość wykorzystania elektrowni

atomowych, jako potencjalnych obiektów klasycznego ataku terrorystycznego zwiększa możliwość narażenia na napromienienie jonizujące ogółu społeczeństwa. W każdym z tych przypadków dozymetria biologiczna jest niezbędnym uzupełnieniem, a w pewnych scenariuszach jedyną metodą odtworzenia, czy potwierdzenia dawek indywidualnych.

- Istnieją prawne przesłanki zobowiązujące służby zajmujące się ochroną radiologiczną do utrzymania metodyk dozymetrii biologicznej (indywidualne odtworzenie dawki) w każdym kraju członkowskim - General Safety Standards, General Safety Requirements Part 3 oraz Dyrektywa Rady Europejskiej 2013/59/EURATOM artykuł 69 4 b.

Niezależnie od tempa wdrażania energetyki jądrowej w Polsce, pilne unowocześnienie systemu Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej (BjOR) w kraju, jest palącą potrzebą chociażby ze względu na wzrost liczby potencjalnych źródeł zagrożenia radiacyjnego, m.in. w wyniku zwiększenia liczby elektrowni jądrowych krajów sąsiednich zlokalizowanych w pobliżu granic Polski, czy też wzrostu liczby użytkowników źródeł promieniowania jonizującego m.in. w sektorze medycznym, w związku z rozwojem nowych technik badań diagnostycznych i terapeutycznych z zastosowaniem promieniowania jonizującego, czy też w związku z podwyższeniem standardów warunków pracy i ochrony środowiska przez UE. Należy również wrócić do zaniechanej w latach 80-tych XX wieku tematyki pokrewnej np. badań w zakresie działań prewencyjnych na wypadek zagrożenia terroryzmem jądrowym i radiacyjnym.

Sukces w osiągnięciu wysokiego poziomu merytorycznego prac oraz uzyskaniu dobrych wyników finansowych w 2014 r. są zasługą całej załogi CLOR, której w tym miejscu należy się moje podziękowanie za jej wysiłek i poszanowanie dla trzech podstawowych zasad działania instytucji wsparcia naukowo-technicznego jaką jest CLOR: wysoki poziom wiedzy, niezależna i obiektywna ocena oraz przystępność w kontaktach ze społeczeństwem.

Dyrektor
Centralnego Laboratorium
Ochrony Radiologicznej



Dr Paweł Krajewski

ZAKŁAD HIGIENY RADIACYJNEJ



Oznaczenie promieniotwórczości wody do picia w aglomeracjach miejskich i obliczenie obciążającej dawki skutecznej od rocznego spożycia wody dla osób w różnych kategoriach wiekowych

A. Fulara, A. Adamczyk

Wprowadzenie

W 2014 roku prowadzono badania wód wodociągowych pochodzących z Olsztyna, Poznania i Rzeszowa.

Objętość wody pobieranej z każdego punktu poboru wynosiła 20 litrów. ^{137}Cs i ^{90}Sr oznaczano w tej samej próbce o objętości 15 litrów, w pozostałych pięciu litrach oznaczano tryt oraz całkowitą promieniotwórczość α i β .

Łącznie pobrano i wykonano analizy w wodach pobranych z 9 stacji uzdatniania wody. Stacje uzdatniania wykorzystują wody powierzchniowe, infiltracyjne oraz wody pochodzące ze studni głębinowych.

Wyniki

Wyniki oznaczeń ^{137}Cs i ^{90}Sr w wodach do picia pobranych w 2014 roku wskazują, że stężenia ^{137}Cs jak i ^{90}Sr w wodzie pitnej znajdowały się na niskim poziomie. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs zawierało się w granicach od wartości mniejszej niż granica oznaczalności ($0,41 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$) dla wody pochodzącej ze Stacji Uzdatniania Wody Kortowo w Olsztynie do $4,29 \pm 0,53 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody pobranej ze Stacji Uzdatniania Wody Likusy w Olsztynie. Średnie stężenie ^{137}Cs obliczone dla badanych próbek wody wynosiło $2,18 \pm 1,39 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$. W przypadku ^{90}Sr zakres stężeń wynosił od wartości $1,79 \pm 0,36 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody pochodzącej ze Stacji Uzdatniania Wody Zachód w Olsztynie do $5,40 \pm 0,81 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody pochodzącej ze Stacji Uzdatniania Wody ul. Wiśniowa 13 w Poznaniu. Średnie stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr w badanych wodach do picia wyniosło $3,47 \pm 1,18 \text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$.

W badanych próbach wody pitnej stężenie trytu wahało się od wartości mniejszej niż granica oznaczalności ($0,5 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$) do $1,5 \pm 0,2 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. Średnie stężenie trytu obliczone dla wszystkich próbek wody badanych w tym roku wynosiło $0,65 \pm 0,52 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Całkowita promieniotwórczość β badanych wód była bardzo niska i zawierała się w zakresie od $0,06 \pm 0,0 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ do $0,22 \pm 0,03 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Średnie stężenie całkowitej promieniotwórczości β obliczone dla wszystkich analizowanych wód wynosiło $0,16 \pm 0,05 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Całkowita promieniotwórczość α przekroczyła granicę detekcji ($0,015 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$) tylko w przypadku wody pobranej ze Stacji Uzdatniania Wody Jaroty w Olsztynie.

Zgodnie z Umową w przypadku przekroczenia wartości $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ całkowitej promieniotwórczości α należało wykonać oznaczenie stężenia ^{226}Ra , izotopów uranu (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U), natomiast w przypadku przekroczenia całkowitej promieniotwórczości β wartości $1 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$, należało określić stężenie ^{40}K i ^{228}Ra .

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

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

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

Na podstawie oznaczonych stężeń ^{137}Cs i ^{90}Sr obliczono roczne wchłonięcia ^{137}Cs i ^{90}Sr z wodą w grupach wiekowych do 1-go roku życia (spożycie wody 250 l/rok), 1 ÷ 10 lat (spożycie 350 l/rok), 11 do 17 lat (spożycie 540 l/rok) i osób dorosłych (spożycie 730 l/rok). Na podstawie tych danych obliczono średnie roczne wchłonięcia. Wchłonięcia te wynosiły odpowiednio $0,55 \pm 0,35 \text{ Bq/rok}$; $0,76 \pm 0,49 \text{ Bq/rok}$; $1,18 \pm 0,75 \text{ Bq/rok}$ i $1,59 \pm 1,02 \text{ Bq/rok}$ dla ^{137}Cs . Wchłonięcia ^{90}Sr w odpowiednich grupach wiekowych były następujące: $0,87 \pm 0,30 \text{ Bq/rok}$; $1,21 \pm 0,4 \text{ Bq/rok}$; $1,87 \pm 0,64 \text{ Bq/rok}$ i $2,53 \pm 0,86 \text{ Bq/rok}$.

W oparciu o roczne wchłonięcia i odpowiednie współczynniki przeliczeniowe wyrażone w Sv/Bq , podane w Tabeli 4 (Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych

promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168) obliczono obciążające dawki skuteczne.

Dawki od wchłonięć ^{137}Cs mieszczą się w zakresach od $0,008$ do $0,021 \mu\text{Sv/rok}$ co stanowi niewielki procent ($0,0008\% \div 0,0021\%$) rocznej dawki granicznej dla osób z ogółu ludności określonej w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dn. 18 stycznia 2005 roku w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego Dz. U. Nr 20, poz. 168 (1mSv/rok).

Od wchłonięć ^{90}Sr dawki mieszczą się w zakresie od $0,071$ do $0,200 \mu\text{Sv/rok}$, co stanowi $0,0071\% \div 0,02\%$ dawki granicznej.

Wnioski

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

Finansowanie

Pracę wykonano na zlecenie Państwowej Agencji Atomistyki (umowa 12/OR/2014/167 z dnia 30.07.2014).

Monitoring skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w latach 2013-2015

M. Kardaś, A. Fulara, B. Rubel, M. Suplińska, A. Adamczyk, M. Kosiorek

Wprowadzenie

Monitoringu skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych w 2014 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).

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.

Wyniki

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 był na wyrównanym poziomie i zawierały się w granicach od 2,74 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (dla dorzecza Wisły) do 3,76 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (dla dorzecza Odry). Średnie roczne stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr zawierały się w granicach 4,02 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla dorzecza Odry – 5,70 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla dorzecza Wisły (Tabela 1).

W osadach dennych rzek i jezior obserwuje się duże różnice w stężeniach promieniotwórczych ^{137}Cs i $^{239,240}\text{Pu}$. Największe zróżnicowanie obserwowano w dorzeczu Wisły, gdzie stężenia te różniły się ok. 40 razy w przypadku cezu i ok. 20 razy w przypadku plutonu. Najmniejsze różnice w stężeniach tych izotopów obserwowano w osadach dennych dorzecza Wisły (Tabela 2).

Średnie roczne stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w osadach dennych były także zróżnicowane: najniższe w dorzeczu Wisły 4,48 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a najwyższe dla jezior 7,35 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

W przypadku $^{239,240}\text{Pu}$ wartości średnich rocznych stężeń promieniotwórczych były zbliżone dla osadów rzecznych, a zdecydowanie niższe dla jezior i wynosiły odpowiednio: dla dorzecza Wisły – 33,47 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$, dla dorzecza Odry – 36,20 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ i dla jezior – 14,64 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Tabela 2).

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.

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

Lokalizacja poboru próbek (liczba próbek)	^{137}Cs [$\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$] średnia roczna	^{137}Cs [$\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$] zakres	^{90}Sr [$\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$] średnia roczna	^{90}Sr [$\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$] zakres
Dorzecze Wisły (7) ^(a)	2,74 ± 1,99 ^(b) (14)	1,34 ÷ 4,50	5,70 ± 3,44 (14)	2,81 ÷ 16,15
Dorzecze Odry (5)	3,76 ± 1,89 (10)	1,37 ÷ 7,67	4,02 ± 0,80 (10)	2,59 ÷ 5,02
Jeziora (6)	3,35 ± 1,70 (12)	1,53 ÷ 6,69	4,06 ± 2,33 (12)	1,51 ÷ 8,89
Średnia ogólna (18)	3,22 ± 1,58(36)	1,34 ÷ 7,67	4,69 ± 2,63 (36)	1,51 ÷ 16,15

^{a)} Liczba próbek wody ^{b)} Wartość średnia ± Odchylenie Standardowe (OS)

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

Lokalizacja poboru próbek (liczba próbek)	^{137}Cs [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$] średnia roczna	^{137}Cs [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$] zakres	$^{239,240}\text{Pu}$ [$\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$] średnia roczna	$^{239,240}\text{Pu}$ [$\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$] zakres
Dorzecze Wisły (7) ^(a)	4,48 ± 3,54 ^(b) (14)	0,78 ÷ 11,25	33,47 ± 24,54 (14)	10,24 ÷ 93,63
Dorzecze Odry (5)	5,42 ± 4,95 (10)	0,35 ÷ 13,75	36,20 ± 34,34 (10)	4,96 ÷ 104,05
Jeziora (6)	7,35 ± 6,42 (12)	1,56 ÷ 23,02	14,64 ± 16,09 (12)	2,68 ÷ 53,54
Średnia ogólna (18)	5,68 ± 4,68 (36)	0,35 ÷ 23,02	27,95 ± 23,23 (36)	2,68 ÷ 104,05

^{a)} Liczba próbek osadów dennych ^{b)} Wartość średnia ± Odchylenie Standardowe (OS)

Wnioski

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

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

Finansowanie

Praca wykonana na zlecenie Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska.

Ocena radiologiczna terenów pogórnich i składowisk odpadów oraz niskoprocentowych mineralizacji uranowych

M. Kardaś, M. Suplińska, K. Ciupek, P. Krajewski

Wprowadzenie

Oceni radiologicznej zostały poddane tereny pogórnice (nieczynne kopalnie, hałdy pouranowe) oraz przyległe łąki i pastwiska w rejonie Karkonoszy. W pierwszym etapie badań dokonano poboru prób środowiskowych (gleba, woda, roślinność) oraz wykonano serię pomiarów dozymetrycznych mocy dawki promieniowania gamma (moc przestrzennego równoważnika dawki). Pomiary te miały na celu wytypowanie lokalizacji, w obrębie których może zaistnieć największe zagrożenie dla środowiska naturalnego jak i zamieszkującą te tereny ludność. Drugi etap badań, skupił się na tych wybranych obszarach, a analizie poddane były opracowane pod tym kątem scenariusze narażenia zarówno człowieka oraz fauny i flory. W tym celu użyto dwóch programów: ERICA Tool do szacowania narażenia dla roślin i zwierząt oraz RESRAD do szacowania narażenia dla człowieka. Stworzone scenariusze miały założenia konserwatywne co umożliwiło oszacowanie maksymalnych dawek jakie mogą otrzymać badane organizmy na wytypowanych terenach. Szacowane dawki były wyliczane również na podstawie opracowań międzynarodowych organizacji takich jak UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) oraz IAEA (International Atomic Energy Agency).

Wyniki

W badanym terenie pobrano próbki wody, gleby i materiału mineralnego z szybów oraz próbki roślinności: trawy, lucerny i liści brzozy. Dodatkowo w jednej z lokalizacji pobrano próbkę mleka krowiego. Analogiczne próbki pobrano również na terenach rolniczych Centralnej Polski traktowane jako poziom odniesienia.

Próbki pobierane na terenie szybów i hałd zarówno gleby jak i roślin charakteryzowały się znacznie większymi zawartościami ^{238}U i ^{226}Ra niż próbki pobrane w sąsiedztwie tych obszarów. Jednak oznaczone stężenia promieniotwórcze ^{238}U i ^{226}Ra na Mazowszu (łąka w Nowakach, łąka w Parciakach), potwierdzają podwyższony poziom tych radionuklidów na wszystkich badanych obszarach.

Dla większości badanych próbek roślinnych stwierdzono dobrą korelację pomiędzy stężeniem badanych radionuklidów (^{238}U i ^{226}Ra) w roślinach i glebie. Zdecydowanie wyższe stężenia ^{226}Ra niż ^{238}U w roślinach z badanych rejonów przybliżonych stężenia ^{226}Ra i ^{238}U w glebie, z czego wynikają wyższe współczynniki przejścia $\text{TF}_{\text{Ra-226}}$ od $\text{TF}_{\text{U-238}}$ potwierdzają większą biodostępność radu od uranu.

Wnioski

Ocena narażenia fauny i flory wykonane oprogramowaniem ERICA Tool wskazuje na mało prawdopodobne przekroczenie dawek jakie mogłyby wpływać na liczebność i rozrodczość poszczególnych organizmów referencyjnych. Główny udział w dawkach pochodzi od ^{226}Ra .

Ocena narażenia człowieka została przeprowadzona dla hałdy w Kopańcu oraz terenów wokół Sztolni 19. Na obszarach tych występowały największe stężenia promieniotwórcze radionuklidów, spośród badanych terenów, a ze względu na swoją dostępność mogą przyczynić się do wzrostu narażenia od promieniowania jonizującego. Przeprowadzone symulacje oraz obliczenia na podstawie międzynarodowych wytycznych jak i programu RESRAD wskazują na możliwość przekroczenia 50-cio krotnie wartości dawek od źródeł naturalnych co może sugerować objęcie takiego terenu stałym monitoringiem.

Tabela 1. Stężenia promieniotwórcze ^{238}U i ^{226}Ra w glebie, trawie i liściach brzozy w wybranych lokalizacjach oraz współczynniki przejścia roślina/gleba w poszczególnych rejonach poboru próbek.

Rejon	Gleba	Trawa	Liście brzozy	TF _{trawa}	TF _{brzoza}
Uran-238 [Bq·kg⁻¹_{sm}]					
Łąka Nowaki	5,76	0,049	0,041	0,0085	0,0071
Łąka Parciaki	6,57	0,046	-	0,0070	
Hałda sztolni 8 (1/3 H)	53,5	0,087	0,057	0,0016	0,0011
Łąka Grzmiąca	61,0	0,116	-	0,0019	
Hałda Grzmiąca	1160		0,474		0,0041
Łąka Kopaniec	64,8	0,257	0,275	0,0040	0,0042
Kopaniec wejście do sztolni	486	0,766	-	0,0016	
Kopaniec „Hałda Polska” pk.1	1587	7,65		0,0048	
Kopaniec „Hałda Polska” pk.2	15564	16,0	1,23	0,0010	0,0001
Hałda sztolni 19 pkt.1	853	1,59	0,401	0,0019	0,0005
Radoniów hałda 2	3117	2,46		0,0008	
Rad-226 [Bq·kg⁻¹_{sm}]					
Łąka Nowaki	5,48	0,290	1,52	0,0529	0,2774
Łąka Parciaki	11,66	0,309	-	0,0265	-
Hałda sztolni 8 (1/3 h)	72,0	6,85	5,18	0,0951	0,0719
Łąka Grzmiąca	68,5	5,22	-	0,0762	-
Hałda Grzmiąca	3864	-	331	-	0,0857
Łąka Kopaniec	113	2,89	14,5	0,0255	0,1281
Kopaniec wejście do sztolni	837	106	-	0,1267	-
Kopaniec „Hałda Polska” pk.1	1697	148	-	0,0872	-
Kopaniec „Hałda Polska” pk.2	14621	141	2393	0,0096	0,1637
Hałda sztolni 19 pkt.1	1032	96,4	141	0,0934	0,1369
Radoniów hałda 2	5424	364	2236	0,0671	0,4122

Finansowanie

Praca realizowana w ramach strategicznego projektu badawczego „Technologie wspierające

rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej”. Umowa nr SP/J/3/143045/11 zawarta z NCBiR na wykonanie zadania badawczego nr 3 Podstawy zabezpieczenia potrzeb paliwowych polskiej energetyki jądrowej.

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

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

Wprowadzenie

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

Wyniki

Materiałem kontrolnym było mleko w proszku i woda do picia. Wymagane stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs dla mleka – stężenie naturalne i dla wody w zakresie od $0,5 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ do $1,5 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Sprawdzono wzorcowanie spektrometrów gamma (spektrometry Canberra z detektorami HPGe i oprogramowaniem Genie 2000) za pomocą źródeł wieloizotopowych (mix gamma). Poprawność wzorcowania potwierdzono przez pomiar stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs w materiale odniesienia IAEA-321 (mleko w proszku) i IAEA – 414 (ryba), jak również w roztworze o znanym stężeniu promieniotwórczym ^{137}Cs i ^{60}Co w ramach międzynarodowej interkalibracji ALMERA 2014.

Do przygotowania próbek referencyjnych zakupiono 50 kg mleka w proszku z jednej partii produkcyjnej i z tej samej daty produkcji. Wodę pobrano z ujęcia w CLOR. Sprawdzono homogenność materiału.

Przygotowano 34 próbki mleka w proszku i 30 próbek wody pitnej. Próbki wody odpowiednio domieszkowano przygotowanym roztworem ^{137}Cs i oznaczono stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs . Wyniki pomiarów były zgodne z wymaganymi stężeniami: dla mleka w proszku wynosiło $2,65 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1} \pm 0,36 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a dla wody $1,30 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1} \pm 0,13 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

Próbki rozesłano do 31 placówek, które zgłosiły udział w pomiarach porównawczych. Do każdej próbki dołączono formularze do wpisania danych dotyczących laboratorium i osób wykonujących pomiary, informacji o metodach oznaczeń oraz danych dotyczących aparatury.

Wyniki pomiarów próbek kontrolnych mleka w proszku otrzymano z 31 placówek a wody do picia z 28 placówek. Placówki wykonały 73 oznaczenia stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs w próbce mleka w proszku (39 oznaczeń) i wody do picia (34 oznaczenia) w tym: metodą spektrometryczną – 27 placówek, metodą radiochemiczną – 12 placówek i 8 placówek wykonało oznaczenia metodą spektrometryczną i radiochemiczną. Wyniki wprowadzono do rejestru i przeprowadzono ich analizę statystyczną. Wyniki pomiarów porównano z wartościami odniesienia.

W analizie nie brano pod uwagę wyników „mniej niż”. Wyniki dla obu metod analizowano oddzielnie. Różnice wartości oznaczeń w stosunku do wartości referencyjnej wynoszą od $-54,0\%$ do $+62,3\%$. Liczba wyników w przedziale $+30\%$ wartości referencyjnej stanowi 77% nadesłanych wyników. Parametry statystyczne oszacowano dla 64 wyników (po odrzuceniu wyników wątpliwych), w zakresie od $0,83 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ do $1,30 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ dla wody do picia i od $1,22 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $3,96 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla mleka w proszku. 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.

Wyniki

Wartość bezwzględna wyznaczonego (osobno dla metody spektrometrycznej i radiochemicznej) parametru Z jest ≤ 2 dla 55 wyników, co oznacza, że wynik w sposób istotny nie różni się od wartości referencyjnej. Ponadto 5 wyników było w zakresie $2 < Z \leq 3$ co oznacza wynik wątpliwy (nie można jednak stwierdzić, czy wynik istotnie różni się od wartości referencyjnej, czy też nie) oraz 3 wyniki dla parametru $Z > 3$ (wynik istotnie różni się od wartości referencyjnej).

Do oceny poprawności i precyzji użyto kryteria zalecane przez MAEA. Wynik pomiarów były akceptowane, jeżeli spełniały obydwa kryteria. Z oceny wynika, że 40 wyników spełnia obydwa kryteria.

Finansowanie

Umowa PAA, nr 08/OR/144/2014 z dnia 30.05.2014 r.

Oznaczenie stężenia ^{137}Cs i ^{90}Sr w produktach żywnościowych

B. Rubel, M. Kardaś, M. Piekarz, K. Trzpił, M. Kosiorek

Wprowadzenie

Celem pracy było: (a) oznaczenie stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w produktach spożywczych dostępnych w sieci sklepów na terenie Poznania i Rzeszowa, (b) oszacowanie stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr w całorocznym pożywieniu mieszkańców badanych miast i otrzymanej dawki.

Wyniki

Zawartość ^{137}Cs oznaczano spektrometrycznie lub radiochemicznie. Do pomiaru spektrometrycznego stosowano zestaw składający się z wielokanałowego spektrometru promieniowania gamma produkcji Canberra współpracującego z trzema detektorami półprzewodnikowymi HPGe. Do oznaczenia ilościowego i jakościowego poszczególnych izotopów gamma – promieniotwórczych stosowano oprogramowanie GENIE-2000. Do kalibracji wydajnościowej wykorzystywano mieszaniny wieloizotopowe w zakresie energii od 60 keV do 1836 keV. Jeżeli stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w mierzonej próbce było poniżej 0,5 Bq, przeprowadzano oznaczenie radiochemiczne. Metoda radiochemicznego oznaczania cezu polegała na jego selektywnej sorpcji z analizowanego roztworu na powierzchni złoża AMP (fosforomolibdenianu amonowego). Próbkę spalono, popiół rozpuszczono w kwasie azotowym 1:1. Preparat pomiarowy przygotowano przepuszczając powoli analizowany roztwór przez świeżo spreparowane złożo, stosując specjalny lejek radiochemiczny, a następnie uzyskany preparat suszono w temperaturze pokojowej

Stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr oznaczano poprzez pomiar stężenia promieniotwórczego ^{90}Y . Z roztworu analizowanej próbki oddzielano ^{90}Sr i po ustaleniu równowagi promieniotwórczej ^{90}Sr – ^{90}Y , wydzielano ^{90}Y w postaci szczawianów itru [1].

Do pomiarów stężenia promieniotwórczego ^{137}Cs i ^{90}Sr stosowano niskotłowy zestaw pomiarowy oparty na licznikach przepływowych GM (Low Level Beta GM Multicounter System, produkcji duńskiej). Czas pomiaru każdej próbki wynosił 720 minut. Do kalibracji zestawu stosowano roztwór wzorcowy ^{137}Cs i ^{90}Sr produkcji Polatom, Świerk.

Produkty spożywcze, stanowiące materiał do badań, były pobierane w okresie od lipca do października 2014 roku wg określonego harmonogramu. Próby pochodziły ze sklepów z terenu Poznania i Rzeszowa. Ogólna masa próbki produktów żywnościowych składająca się z poszczególnych rodzajów danego produktu była tak dobrana, aby można było przeprowadzić oznaczenie radiochemiczne ^{137}Cs i ^{90}Sr w 2 równoległych próbach. Próbkę produktów były poddawane obróbce wstępnej poszczególnymi gatunkami np. warzywa, owoce: obierano, oddzielano części niejadalne, mięso, ryby: oddzielano kości, chrząstki lub ości. Skład próbki zbiorczej ustalano na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego dotyczących przeciętnego spożycia wybranych artykułów żywnościowych [2,3].

Otrzymane wyniki stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs i ^{90}Sr w poszczególnych miastach przedstawiono w Tabelach 1 i 2.

Różnice w stężeniach ^{137}Cs w produktach żywnościowych dostępnych mieszkańcom Poznania i Rzeszowa zauważono w próbkach mięsa, flądry i mleka. O stężeniu promieniotwórczym ^{137}Cs w próbce mięsa (z założenia składającej się z kilku gatunków) decyduje zawartość tego izotopu w wołowinie i cielęciny. Różnica w stężeniu ^{137}Cs we flądze może wynikać z wielkości ryb (co wiąże się z ich wiekiem) lub miejsca połowu. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w mleku może być zróżnicowane w zależności od rejonu z którego pochodzi mleko. Również w mleku pochodzącym z tej samej mleczarni różnice mogą być znaczne.

Tabela 1. Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w próbkach produktów żywnościowych pobranych na terenie Poznania i Rzeszowa w 2014 roku.

Produkt	Poznań	Rzeszów
	Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$]	Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$]
Mleko	$0,23 \pm 0,04$	$0,17 \pm 0,03$
Mięso	$0,37 \pm 0,06$	$0,19 \pm 0,03$
Drób	$0,20 \pm 0,03$	$0,18 \pm 0,03$
Jaja	$0,14 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,02$
Ryby: Pstrąg	$0,31 \pm 0,02$	$0,37 \pm 0,04$
Flądra	$3,16 \pm 0,34$	$1,63 \pm 0,42$
Owoce	$0,11 \pm 0,02$	$0,10 \pm 0,02$
Warzywa	$0,14 \pm 0,02$	$0,19 \pm 0,02$
Ziemniaki	$0,14 \pm 0,03$	$0,14 \pm 0,03$
Produkty zbożowe	$0,23 \pm 0,03$	$0,21 \pm 0,03$

Tabela 2. Stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr w próbkach produktów żywnościowych pobranych na terenie Poznania i Rzeszowa w 2014 roku.

Produkt	Poznań	Rzeszów
	Stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$]	Stężenie promieniotwórcze ^{90}Sr [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, $\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$]
Mleko	$0,02 \pm 12,4\%$	$0,03 \pm 12,8\%$
Mięso	<0,02	<0,01
Drób	<0,01	<0,01
Jaja	<0,01	<0,01
Ryby: Pstrąg	<0,02	<0,01
Flądra	$0,15 \pm 11,4\%$	$0,10 \pm 11,5\%$
Owoce	$0,03 \pm 12,2\%$	$0,03 \pm 13,5\%$
Warzywa	$0,07 \pm 11,3\%$	$0,08 \pm 10,9\%$
Ziemniaki	<0,01	$0,02 \pm 15,0\%$
Produkty zbożowe	$0,05 \pm 12,4\%$	$0,04 \pm 12,0\%$

Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr w produktach żywnościowych z Poznania i Rzeszowa są na takim samym poziomie. Na podstawie otrzymanych wyników oznaczeń stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs i ^{90}Sr w poszczególnych grupach produktów żywnościowych można wnioskować, że stężenia te są na zbliżonym poziomie w obu lokalizacjach i miejsce zakupu nie ma dużego znaczenia.

Na podstawie oznaczonych stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs i ^{90}Sr w poszczególnych produktach żywnościowych i danych Głównego Urzędu Statystycznego dotyczących rocznego spożycia produktów, oszacowano roczne wchłonięcia badanych izotopów z żywnością. Do obliczeń przyjęto spożycie poszczególnych produktów żywnościowych dla województwa wielkopolskiego i podkarpackiego, po uwzględnieniu ich udziału w średniej krajowej spożycia.

Na podstawie zawartości izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr w całorocznym pożywieniu mieszkańców Poznania i Rzeszowa oszacowano dawkę otrzymywaną przez ludność tych miast w wyniku spożycia analizowanej żywności. Do obliczeń przyjęto następujące współczynniki: dla ^{137}Cs $1,3 \cdot 10^{-8} \text{ Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$, a dla ^{90}Sr – $2,8 \cdot 10^{-8} \text{ Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$ [3]. Otrzymane dane zestawiono w Tabeli 3.

Dawki otrzymywane przez mieszkańców Poznania i Rzeszowa są na zbliżonym poziomie i nie odbiegają od dawek otrzymywanych przez mieszkańców innych miast Polski w latach ubiegłych (ocena przeprowadzona na podstawie analizy posiłków pobieranych w zakładach żywienia zbiorowego). Dawki od ^{137}Cs wynosiły od $1,4 \mu\text{Sv}$ (Kraków) do $2,4 \mu\text{Sv}$ (Wrocław, Łódź, a dawki od ^{90}Sr były w zakresie od $0,6 \mu\text{Sv}$ do $1,2 \mu\text{Sv}$.

Tabela 3. Dawka skuteczna otrzymana przez mieszkańców miast Polski: Poznania i Rzeszowa od skażeń wewnętrznych [μSv].

Miasto	Cs-137 [μSv]	Sr-90 [μSv]
Poznań	1,6	0,5
Rzeszów	1,5	0,7

Wnioski

Średnia dawka skuteczna otrzymana przez mieszkańców różnych miast Polski w wyniku skażeń wewnętrznych stanowi ułamek procenta rocznej dopuszczalnej dawki granicznej wynoszącej 1 mSv.

Literatura

- [1] Grabowski, D., Rubel, B., Świętochowska, J., Kurowski, W., Muszyński, Jankowska, S., Petrykowska, M., *Metodyki radiochemicznego oznaczania izotopów cezu i ^{90}Sr w produktach żywnościowych i wodzie*, Raport CLOR nr 13/2004, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa, 2004.
- [2] *Budżety gospodarstw domowych w 2012 roku*. GUS, Warszawa, 2013r.
- [3] *Rynek wewnętrzny w 2013 r.* GUS, Warszawa, 2014.
- [4] *Rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego z dnia 18.01.2005 r.* Dz.U. nr 20, poz.168, 2005

Wpływ składowiska odpadów poprodukcyjnych z Zakładów Chemicznych w Policach na stężenia naturalnych izotopów promieniotwórczych (^{226}Ra , ^{210}Po oraz U) w środowisku w najbliższym sąsiedztwie Zakładów

E. Starościak, L. Rosiak, A. Adamczyk

Wprowadzenie

Składowisko odpadów poprodukcyjnych na terenie Zakładów Chemicznych w Policach to pozostałości fosfogipsów po produkcji kwasu fosforowego. Składowisko jest nadal czynne, a od wielu lat zbierane tam odpady utworzyły hałdę zwaną Białą Górą. Ponieważ hałda ta nie była jeszcze poddana rekultywacji (nie rośnie na niej roślinność i góra nie jest sztucznie nawadniana) wiejące wiatry mogą przenieść pyły zawierające między innymi naturalne izotopy promieniotwórcze (uran, rad i polon) na najbliższą okolicę Zakładów.

Celem pracy było oznaczenie stężeń promieniotwórczych uranu, radu i polonu w wodzie i roślinach w odległości ok. 2 km od granicy Zakładów Chemicznych w Policach po linii najczęściej wiejących wiatrów i porównanie ich ze stężeniami w tych samych komponentach środowiska z terenów oddalonych od Zakładów.

Wyniki

Z opracowanej przez IMGW ekspertyzy wynika, że w okolicy Szczecina wiatry najczęściej wieją z południowego – zachodu ok. 35%. Do poboru próbek wody i roślin wybrano 4 punkty leżące na linii najczęściej wiejących wiatrów (Bogusławie, Rezerwat Olszanka, Stepniczka i Budzień) oraz 3 punkty powyżej (Trzebież, Ujście, Podgrodzie – znacznie oddalone) i 3 poniżej (Police Port, Święta, Jezioro Głębokie – znacznie oddalone) Zakładów w Policach. Pobrano próbki wody oraz występujących w większości wybranych miejsc trawy i wierzby.

Otrzymane wartości stężeń promieniotwórczych radu-226 w wodach oraz uranu-234, 235, i 238

w wodach i trawie zamieszczone zostały w Tabeli 1. Wartości stężeń ^{234}U w wodzie wahają się w granicach od 1,91 do 11,39 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$, a ^{238}U od 1,60 do 8,14 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$. Dla próbek trawy wynoszą one dla ^{234}U od 18,92 do 72,78 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$, a dla ^{238}U od 3,60 do 38,66 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$. W przypadku ^{235}U otrzymane wartości są poniżej lub na granicy oznaczalności. Najwyższe stężenie ^{226}Ra otrzymano dla wody z Jeziora Głębokiego ($16,0\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$) leżącego w znacznej odległości poniżej zakładów, w pozostałych punktach wielkości te są zbliżone ($7,0 \div 14,0\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$).

W Tabeli 2 przedstawiono wyniki stężeń promieniotwórczych ^{210}Po i ^{210}Pb otrzymane dla próbek wody, trawy i wierzby. W przypadku wody największe wartości otrzymano dla Portu Trzebież, Bogusławia i Rezerwatu Olszanka. Bogusławie oraz Rezerwat Olszanka są to punkty leżące na linii najczęściej wiejących wiatrów, najbliższej hałdy Biała Góra. Dla próbek trawy i wierzby otrzymano także w tych punktach wyższe wartości stężeń promieniotwórczych ^{210}Po i ^{210}Pb , ale również dla leżącego w oddali J. Głębokiego.

Wnioski

Wartości stężeń promieniotwórczych badanych izotopów wykazują niewielką zależność od miejsca pobrania prób. Tylko dla ^{210}Po i ^{210}Pb można zauważyć wyższe wartości w punktach znajdujących się na linii wiatrów w pobliżu hałdy (Bogusławie, Olszanka). Składowisko fosfogipsów z zakładów Chemicznych w Policach nie ma większego wpływu na podwyższenie stężeń badanych izotopów w środowisku w otoczeniu Zakładów.

Tabela 1. Stężenia promieniotwórcze ^{226}Ra oraz ^{234}U , ^{235}U i ^{238}U w badanych komponentach środowiska.

	WODA				TRAWA		
	^{226}Ra [mBq·l ⁻¹]	^{234}U [mBq·l ⁻¹]	^{235}U [mBq·l ⁻¹]	^{238}U [mBq·l ⁻¹]	^{234}U [mBq·kg ⁻¹]*	^{235}U [mBq·kg ⁻¹]*	^{238}U [mBq·kg ⁻¹]*
Trzebież Port	11,0 ± 3,0	10,26 ± 0,92	< 0,5	7,43 ± 0,76	-	-	-
Podgrodzie	-	11,39 ± 1,17	0,50 ± 0,34	7,55 ± 0,94	-	-	-
Police Port	-	9,23 ± 1,36	< 0,5	8,14 ± 1,28	72,78 ± 5,77	4,31 ± 1,95	38,66 ± 4,07
Stepniczka	7,0 ± 3,0	6,37 ± 0,60	< 0,5	4,98 ± 0,52	45,93 ± 4,19	< 1	7,75 ± 1,94
Święta	14,0 ± 3,0	8,64 ± 2,84	0,58 ± 0,42	7,14 ± 2,70	42,20 ± 3,54	1,61 ± 1,05	35,01 ± 3,18
Ujście	13,0 ± 3,0	11,37 ± 1,84	0,55 ± 0,39	7,61 ± 1,56	69,59 ± 10,91	1,40 ± 0,75	25,71 ± 7,32
Jez. Głębokie	16,0 ± 5,0	7,25 ± 1,59	< 0,5	5,13 ± 1,47	42,17 ± 3,96	< 1	35,43 ± 3,60
Budzień	11,0 ± 3,0	1,91 ± 0,84	< 0,5	1,60 ± 0,91	45,23 ± 3,31	< 1	4,83 ± 1,20
Bogusławie	9,0 ± 3,0	9,96 ± 1,60	< 0,5	7,15 ± 1,36	36,30 ± 6,41	1,33 ± 0,63	17,48 ± 4,93
Olszanka	8,0 ± 3,0	4,11 ± 1,03	< 0,5	2,84 ± 0,91	18,92 ± 2,40	< 1	3,60 ± 1,32

* kg świeżej masy

Tabela 2. Stężenia promieniotwórcze ^{210}Po i ^{210}Pb w badanych komponentach środowiska.

	^{210}Po [mBq·l ⁻¹] lub [mBq·kg ⁻¹]*			^{210}Pb [mBq·l ⁻¹] lub [mBq·kg ⁻¹]*		
	WODA	TRAWA	WIERZBA	WODA	TRAWA	WIERZBA
Trzebież Port	40,52 ± 1,73	-	-	51,49 ± 2,16	-	-
Podgrodzie	2,61 ± 0,22	-	-	5,14 ± 0,32	-	-
Police Port	1,68 ± 0,19	1768,10 ± 66,09	412,69 ± 10,79	2,66 ± 0,27	228,97 ± 7,33	11,72 ± 1,03
Stepniczka	1,39 ± 0,18	293,20 ± 7,13	94,38 ± 4,60	4,33 ± 0,29	574,40 ± 11,55	264,45 ± 9,26
Święta	1,17 ± 0,16	1468,51 ± 30,32	641,17 ± 17,93	2,17 ± 0,16	1198,12 ± 16,77	1613,16 ± 25,81
Ujście	5,54 ± 0,28	1487,23 ± 29,82	822,93 ± 20,16	4,87 ± 0,32	1628,61 ± 19,54	2512,10 ± 32,66
Jez. Głębokie	2,05 ± 0,17	1744,03 ± 33,94	1328,00 ± 28,65	3,38 ± 0,22	1596,29 ± 22,35	7851,79 ± 47,11
Budzień	2,54 ± 0,19	366,67 ± 9,18	442,46 ± 11,55	1,76 ± 0,12	545,19 ± 12,54	254,95 ± 5,86
Bogusławie	1,35 ± 0,10	1590,34 ± 30,88	4478,06 ± 80,68	26,46 ± 1,22	1828,12 ± 20,11	2654,58 ± 26,55
Olszanka	17,64 ± 0,60	1710,86 ± 35,55	81,50 ± 3,19	11,46 ± 0,56	1545,27 ± 20,09	85,35 ± 3,33

* kg świeżej masy

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

M. Suplińska, A. Adamczyk

Wprowadzenie

Badania środowiska Morza Bałtyckiego koordynowane przez Komisję Helsińską prowadzone są przez wszystkie kraje nadbałtyckie, a dane o skażeniach Bałtyku przekazywane są każdego roku do Banku Danych Komisji Helsińskiej. Pomiary skażeń promieniotwórczych prowadzone w CLOR obejmują oznaczanie substancji promieniotwórczych, w dwu komponentach środowiska morskiego: w osadach dennych i organizmach żywych (ryby).

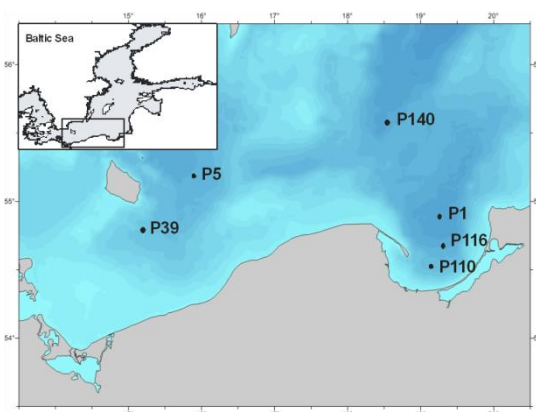
Oznaczenia ^{137}Cs i ^{40}K przeprowadzono w sześciu stratyfikowanych próbkach rdzeniowych (72 próbki), oznaczenia ^{238}Pu i $^{239,240}\text{Pu}$ zostały wykonane w dwu wybranych próbkach rdzeniowych (24 próbki). Stront-90 oznaczono w 6 zbiorczych próbkach. Oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra przeprowadzono w czterech gatunkach ryb bałtyckich (dorsz, śledź, szprot i stornia) – 22 próbki. Oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K and ^{226}Ra przeprowadzono również w sześciu próbkach wody bałtyckiej pobranych z warstwy powierzchniowej.

Do oznaczeń stosowano te same metody co w latach ubiegłych: ^{137}Cs , ^{40}K – spektrometria gamma, izotopu plutonu – metoda radiochemiczna zakończona pomiarem alfa spektrometrycznym, ^{226}Ra – metoda emanacyjna [1]. Oznaczenia ^{90}Sr wykonano metodą radiochemiczną poprzez pomiar stężenia promieniotwórczego ^{90}Y po ustaleniu równowagi promieniotwórczej $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ [2].

Wyniki

- Osady denne

Próbki osadów dennych pochodziły z sześciu lokalizacji Bałtyku Południowego (Rysunek 1). Próbki rdzeniowe dzielone były na 12 warstw, w których przeprowadzono oznaczenia analiza-

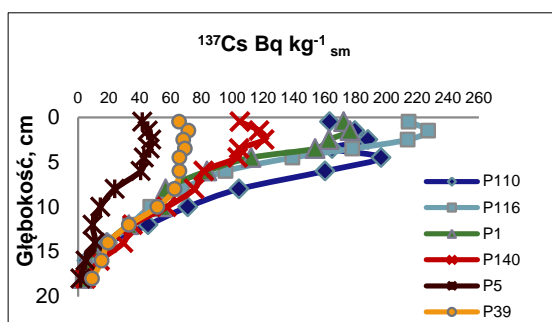


Rysunek 1. Miejsca poboru próbek osadów dennych w 2014 roku.

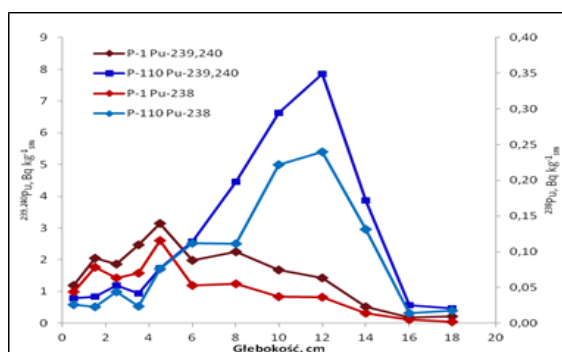
nych radionuklidów. Wyższe stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs obserwowano w górnych warstwach osadów.

Analogicznie jak w latach ubiegłych obserwuje się również różnice w jego stężeniach związane z lokalizacją [3, 4]. Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w warstwach od 0 do 5 cm w Zatoce Gdańskiej (P110 i P116) mieściły się w zakresie od $139 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ do $227 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$, w rejonie Głębi Bornholmskiej (P5) stężenia te w warstwach od 0 do 5 cm były w zakresie od $41,8 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$ do $47,6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{sm}}$. Stężenia ^{137}Cs obniżają się w głąb profili osadowych osiągając wartości pojedynczych Bq. Rozmieszczenie pionowe stężeń ^{137}Cs w osadach dennych przedstawia Rysunek 2.

Oznaczenia plutonu w osadach dennych prowadzone są w cyklu trzyletnim. W 2014 r. prowadzono oznaczenia plutonu w Zatoce Gdańskiej (P110) i Głębi Gdańskiej (P1) – Rysunek 3. Tak jak w latach ubiegłych [3, 5] stężenia promieniotwórcze plutonu w Zatoce Gdańskiej były wyższe niż w Głębi Gdańskiej.



Rysunek 2. Rozmieszczenie ^{137}Cs w głąb osadów dennych Bałtyku Południowego, 2014 r.



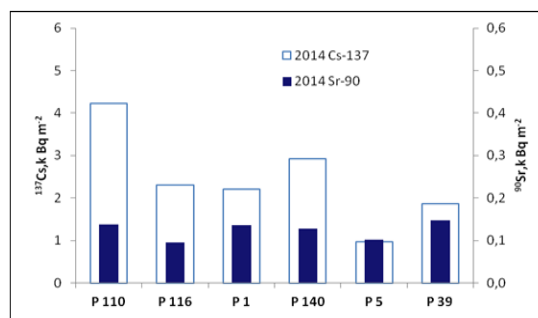
Rysunek 3. Stężenia promieniotwórcze $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu w osadach dennych Zatoki Gdańskiej (P110), i Głębi Gdańskiej (P1) w funkcji głębokości.

Stężenia $^{239,240}\text{Pu}$ w P110 wzrastały od $0,79 \pm 0,05 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$ oznaczonego w pierwszej warstwie do maksymalnego wynoszącego $7,60 \pm 0,21 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$ w warstwie 11 – 13 cm. W najgłębszych warstwach stężenia obniżyły się do $0,46 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$. Stężenia ^{238}Pu w P110 były w zakresie od $0,014 \text{ kg}^{-1}\text{sm}$ do $0,222 \text{ kg}^{-1}\text{sm}$. Stężenia $^{239,240}\text{Pu}$ w Głębi Gdańskiej (P1) wzrastały od $1,20 \pm 0,11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$ oznaczonego w pierwszej warstwie do maksymalnego wynoszącego $3,15 \pm 0,12 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$ w warstwie 4 – 5 cm, a w najgłębszych warstwach stężenia wynosiły ok. $0,2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$. Stężenia ^{238}Pu w P1 w warstwach od 0 do 15 cm mieściły się w zakresie $0,014 - 0,116 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$. Stosunek stężeń $^{238}\text{Pu} : ^{239,240}\text{Pu}$ w obu lokalizacjach w poszczególnych warstwach był w zakresie $0,022$ do $0,044$ analogiczny do tego określonego w opadzie po testach nuklearnych.

Stężenia promieniotwórcze ^{90}Sr oznaczone w próbkach osadów dennych w warstwie 0 – 19 cm

były w zakresie od $2,15 \pm 0,28 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$ w P110 do $3,30 \pm 0,32 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$ w P 39. Stężenia te były 10 – 30 razy niższe niż stężenia ^{137}Cs które wyliczone dla warstwy 0 – 19 cm, wynoszą od $21,2 \pm 0,9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$ w Głębi Bornholmskiej (P5) do $65,8 \pm 1,5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}\text{sm}$ w Zatoce Gdańskiej (P110).

Zawartości ^{137}Cs w osadach mieściły się w zakresie od $0,96 \pm 0,03 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ w P5 (Głębia Bornholmska) do $4,23 \pm 0,09 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ w P110 (Zatoka Gdańska). Obserwowane od lat różnice związane są przede wszystkim z nierównomiernym skażeniem środowiska Morza Bałtyckiego wskutek awarii reaktora w Czarnobylu, różną szybkością sedymentacji oraz różnymi właściwościami osadów występujących w poszczególnych rejonach. Zawartość $^{239,240}\text{Pu}$ i ^{238}Pu w osadzie w P1 wynosiła odpowiednio: $54,8 \pm 1,9 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz $1,46 \pm 0,12 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$, a w P110 odpowiednio $198 \pm 3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz $5,68 \pm 0,32 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$. Zawartości ^{90}Sr w osadach dennych są w zakresie od $94,9 \pm 13 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ w P116, do $148 \pm 14 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ w P39 (Rysunek 4), a więc mniej zróżnicowane niż w przypadku ^{137}Cs i izotopów plutonu. W rejonie Morza Bałtyckiego ^{90}Sr pochodzi głównie z opadu promieniotwórczego po próbnym wybuchach jądrowych (lata 1950 – 1980), który w tym rejonie był dość równomierny.



Rysunek 4. Zawartość ^{137}Cs , oraz ^{90}Sr w osadach dennych Bałtyku Południowego.

Zawartość izotopu naturalnego ^{40}K (w warstwie 0 – 19 cm) była w zakresie od $31,7 \pm 0,7 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ w P116 do $53,6 \pm 1,0 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ w P5, będąc około rzędu wyższa od zawartości ^{137}Cs , a co najmniej dwa rzędy wyższa od zawartości $^{239,240}\text{Pu}$ lub ^{90}Sr .

- Ryby

Oznaczenia ^{137}Cs , ^{40}K i ^{226}Ra przeprowadzono w czterech gatunkach ryb bałtyckich: dorsz, śledź, szprot i stornia (22 próbki). Próbki ryb pochodziły z połowów komercyjnych, ze znanych miejsc odłowu. Oznaczenia powyższych radionuklidów prowadzono w filetach ryb, z wyjątkiem szprotą gdzie analizowano całe tuszki. Tak jak w latach

ubiegłych [6, 7], średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs było najwyższe dla dorsza: $4,89 \pm 0,77 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$, a w pozostałych gatunkach było bardzo zbliżone (śledź: $3,14 \pm 0,54 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$, szprot: $3,39 \pm 0,26 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$, stornia: $3,48 \pm 0,11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$) – Tabela 1. Stężenia ^{226}Ra w rybach było bardziej zróżnicowane, najwyższe określono w dorszu – $91 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$, a najniższe w śledziu – $27 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$.

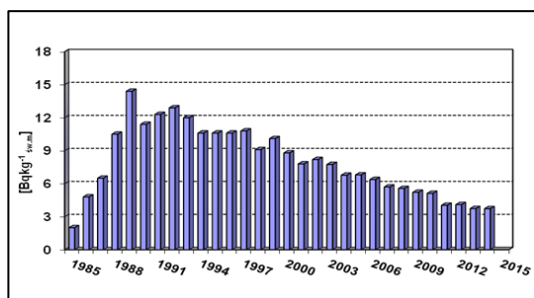
Tabela 1. Średnie stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{226}Ra w mięsie ryb w roku 2014.

Gatunek (liczba próbek)	Ilość sztuk ogółem	Długość [cm]	^{137}Cs [Bq·kg ⁻¹ _{św.m}]	^{40}K [Bq·kg ⁻¹ _{św.m}]	^{226}Ra [Bq·kg ⁻¹ _{św.m}]
Dorsz (6)	23	25-38	$4,89 \pm 0,77^*$	118 ± 11	$0,091 \pm 0,007$
Śledź (6)	122	16-25	$3,14 \pm 0,54$	110 ± 16	$0,027 \pm 0,002$
Szprot** (5)	243	7-13	$3,39 \pm 0,26$	108 ± 3	$0,062 \pm 0,003$
Stornia (5)	38	22-28	$3,48 \pm 0,11$	101 ± 7	$0,053 \pm 0,006$

* odchylenie standardowe

** cała tuszka

Średnie stężenia ^{137}Cs wyliczone dla czterech gatunków ryb bałtyckich w roku 2014 wynosi $3,73 \pm 0,79 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{św.m}}$. Stężenie to maleje w czasie (Rysunek 5), ale jest nadal prawie dwa razy wyższe niż przed awarią w Czarnobylu [8]. Okres połowicznego efektywnego zaniku ^{137}Cs w rybach wynosi zależnie od gatunku od 12,4 lat dla śledzia (planktonożerny) do 15,4 lat dla dorsza (drapieżnik).



Rysunek 5. Średnie stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w rybach bałtyckich w latach 1985-2014.

- Woda

Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs w powierzchniowej warstwie wody bałtyckiej zawierały się od $25,0$ do $32,3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, ze średnią $27,7 \pm 3,0 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ i były porównywalne z określonymi w latach ubiegłych. Średnie stężenie promieniotwórcze ^{40}K wynosiło $2724 \pm 255 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Niższe wartości obserwowano w Zatoce Gdańskiej ($2442 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$; $2460 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$), a największe w Głębi Bornholmskiej i Basenie Bornholmskim

($2873 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$; $3106 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, odpowiednio). Różnice w stężeniach tego izotopu między Zatoką Gdańską i Basenem Bornholmskim wskazują na wyraźny wpływ dopływu wód słodkich Wisły oraz wlewów wód o wyższym zasoleniu z Morza Północnego. Stężenia promieniotwórcze ^{226}Ra w południowej części Morza Bałtyckiego były wyrównane i mieściły się w zakresie $2,78 - 3,44 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, ze średnim stężeniem $3,13 \pm 0,24 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, więc nie różniło się od określonych w roku ubiegłym ($3,09 \pm 0,16 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$).

Wnioski

Rozmieszczenie ^{137}Cs oraz izotopów plutonu w głąb osadów dennych potwierdzają, że w rejonie Bałtyku Południowego nie obserwuje się nowych źródeł skażeń promieniotwórczych, a głównymi źródłami skażeń są nadal: opad po awarii czarnobylskiej (^{137}Cs) oraz próbne wybuchy jądrowe (izotopu plutonu).

Skażenie osadów dennych na obszarze Bałtyku Południowego jest nierównomierne. Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i izotopów plutonu oraz ich depozycje były większe w Basenie Gdańskim niż w Basenie Bornholmskim. Niewielki różnice obserwuje się jedynie w rozmieszczeniu przestrzennym ^{90}Sr .

Stężenie promieniotwórcze ^{137}Cs w rybach bałtyckich zmniejszyło się ponad 3 krotnie w stosunku do maksymalnego obserwowanego

w roku 1989, ale jednocześnie jest wciąż prawie dwa razy wyższe niż przed awarią czarnobylską.

Stężenia promieniotwórcze ^{137}Cs i ^{226}Ra w rybach zależą od ich gatunku i są związane ze sposobem odżywiania się ryb. Okres połowicznego efektywnego zaniku ($T_{1/2\text{eff}}$) ^{137}Cs w rybach jest niższy dla ryb planktonożernych (śledź), a wyższy dla ryb drapieżnych (dorsz).

Finansowanie

Praca realizowana zgodnie z umową z PAA Nr 9/OR/2014/152.

Literatura

- [1] Suplińska M., Grzybowska D., (2000) *Monitoring skażeń promieniotwórczych w wybranych składnikach ekosystemu Bałtyku Południowego*. Postępy Techniki Jądrowej Vol. 43(3) 35-44.
- [2] Volchok, H.,L., et al, (1957). *Determination of ^{90}Sr and ^{140}Ba in bone, dairy products, vegetation and soil*. Ann. N. Y. Acad. Sci. 71, 293-304.
- [3] Suplińska M, Pietrzak-Flis Z., (2008), *Sedimentation rates and dating in bottom sediments in the Southern Baltic Sea region*. Nukleonika 53, S105-S111.
- [4] Suplińska. M., Adamczyk A., (2013). *Rozmieszczenie wybranych izotopów promieniotwórczych w osadach dennych Bałtyku Południowego*, 2011 – 2012., XVI Zjazd Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych Białowieża, 23-26.09.2013
- [5] Suplińska M., *Vertical distribution of ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{226}Ra and $^{238,240}\text{Pu}$ in bottom sediments from Southern Baltic Sea in the years 1998-2000*. Nukleonika 47 (2): 45-52, 2002.
- [6] Zalewska T., Suplińska M., (2013 A). *Fish pollution with antropogenic ^{137}Cs in the southern Baltic Sea.*, Chemosphere 90 1760-1766
- [7] Zalewska T., Suplińska M., (2013 B). *Anthropogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the southern Baltic Sea ecosystem*, OCEANOLOGIA, 55(3),.pp. 1–33.
- [8] Grzybowska D., (1997), *Concentration of ^{137}Cs in marine fish from Southern Baltic Sea in 1990 – 1995*, Nukleonika, 42(3), pp. 665-674.

Utrzymanie systemu zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych

E. Starościak, B. Rubel, A. Fulara, M. Piekarczyk, K. Trzpił, A. Adamczyk

Praca pt. „Utrzymanie Systemu Zarządzania w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych” była realizowana w 2014 roku w Zakładzie Higieny Radiacyjnej Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej. W ramach tematu zrealizowane zostały następujące zadania:

1. Sprawowanie nadzoru nad akredytowanym Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych przez Polskie Centrum Akredytacji (PCA) – przeprowadzenie auditu w nadzorze przez ekspertów PCA:

W dniach 20 – 21 lutego 2014 r. w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych odbył się audit zewnętrzny przeprowadzony przez ekspertów Polskiego Centrum Akredytacji. Podczas oceny auditorzy stwierdzili, że Laboratorium utrzymuje kompetencje do wykonywania badań wszystkimi metodami badawczymi objętymi zakresem akredytacji. Stwierdzono tylko jedną niezgodność do której zostały zaplanowane i zrealizowane korekcje oraz działania korygujące. Przekazane do PCA dowody wykonania korekcji oraz działań korygujących zostały zaakceptowane przez auditorów. W Raporcie z oceny spisano trzy spostrzeżenia, auditorzy wskazali także silne strony Laboratorium oraz obszary do doskonalenia systemu zarządzania. Uwagi auditorów zostały wnikliwie przeanalizowane, zaplanowano i zrealizowano działania zapobiegawcze do spisanych spostrzeżeń.

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

W związku z doskonaleniem Systemu Zarządzania Laboratorium, uwagami auditorów PCA oraz własnymi spostrzeżeniami z przeglądu dokumentów w 2014 roku opracowano i wdrożono nowe wydania:

- Księgi Jakości, wyd. 6 z dn. 15.12.2014 r.
- Procedur i instrukcji badawczych:

QPB 2 „Oznaczenie stężenia promieniotwórczego strontu-90” – wyd. 7 z dn. 21.12.2014 r.

QIB 2.1 „Wstępne przygotowanie próbek do oznaczenia strontu-90” – wyd. 1 z dn. 21.12.2014 r.

QPB 3 „Oznaczenie stężenia promieniotwórczego trytu” – wyd. 7 z dn. 21.12.2014 r.

QIB 6.1 „Oznaczenie całkowitej promieniotwórczości beta w wodzie” – wyd. 1 z dn. 26.06.2014 r.

QIB 7.1 „Oznaczenie całkowitej promieniotwórczości alfa w wodzie” – wyd. 1 z dn. 26.06.2014 r.

- Procedury ogólnej:

QPO 3 „Zapewnienie jakości wyników badań” – wyd. 6 z dn. 14.04.2014 r.

W 2014 r. w Laboratorium odbyło się 10 szkoleń wewnętrznych zgodnie z „Planem szkoleń w roku 2014” oraz wynikających z realizacji działań korygujących i zapobiegawczych. Pracownicy Laboratorium wzięli także udział w 4 szkoleniach zewnętrznych oraz w 3 międzynarodowych spotkaniach.

W 2014 r. Laboratorium wzięło udział w jednym krajowym oraz dwóch międzynarodowych porównaniach międzylaboratoryjnych:

- PAA/IChTJ, „Pomiary porównawcze w zakresie oznaczania izotopów ^{137}Cs i ^{90}Sr przez placówki specjalistyczne prowadzące pomiary skażeń promieniotwórczych w ramach monitoringu radiacyjnego kraju” dotyczącym oznaczania stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs i ^{90}Sr w próbkach wody pitnej, wody powierzchniowej, mleka w proszku oraz piasku (gleby) – wg procedur: QPB 1, QPB 2, QPB 8;

- The IAEA-TEL-2014-04, którego przedmiotem było oznaczanie stężeń promieniotwórczych ^{137}Cs , ^{134}Cs i ^{241}Am w próbkach wody, osadów dennych i wodorostów oraz ^{234}U , ^{235}U i ^{238}U w próbkach wody – wg procedur: QPB 1, QPB 5;

- PROCOARAD 2014, którego przedmiotem było oznaczanie stężenia promieniotwórczego ^3H w próbkach wody i moczu – wg procedury: QPB 3.

Zgodnie z Planem zapewnienia jakości wyników badań na rok 2014 wykonano także potwierdzenie powtarzalności oraz odtwarzalności stosowanych

w Laboratorium metod wg obowiązujących procedur badawczych i norm.

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

Realizując Program auditów wewnętrznych na rok 2014 w Laboratorium Analiz Radiochemicznych i Spektrometrycznych przeprowadzone zostały dwa audyty wewnętrzne. W dniach 8 – 9 października 2014 r. odbył się audit wewnętrzny nr 1/2014 dotyczący obszaru technicznego systemu zarządzania. W dniach 17 – 18 listopada 2014 r. odbył się audit wewnętrzny nr 2/2014 dotyczący wymagań ogólnych systemu zarządzania. Audyty wewnętrzne przeprowadzone zostały bardzo wnikliwie. Podczas auditów auditor nie stwierdził

niezgodności. Audyty wykazały, że system zarządzania Laboratorium jest wdrożony i ciągle doskonalony.

4. Nadzór techniczny i konserwacja wyposażenia badawczego Laboratorium:

U akredytowanych producentów zapewniających spójność pomiarową został zakupiony roztwór wzorcowy ^{85}Sr oraz Mix gamma (59,5 – 1836 keV, 100 cm³). W akredytowanych Laboratoriach Wzorcujących, zapewniających spójność pomiarową wykonano wzorcowania wagi „ADVENTURER” OHAUS Typ AR 3130 oraz wagi analitycznej XA 60/220. Wykonane zostało okresowe sprawdzanie aparatury oraz wyposażenia pomocniczego Laboratorium.



ZAKŁAD DOZYMETRII



Pomiary skażeń promieniotwórczych w aerozolach atmosferycznych na terenie Polski w roku 2014

K. Isajenko, I. Kwiatkowska, B. Piotrowska

Wprowadzenie

W roku 2014 stacje typu ASS-500 do poboru i pomiaru aerosoli w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego pracowały w Warszawie, Białymstoku, Katowicach, Krakowie, Lublinie, Gdyni, Wrocławiu, Szczecinie, Sanoku, Toruniu, Łodzi i Zielonej Górze (12 stacji). Wszystkie stacje były wyposażone w detektor scyntylacyjny NaI(Tl) umieszczony nad filtrem. Widmo promieniowania gamma oraz inne parametry, jak np. wielkość przepływu powietrza przez filtr, były przesyłane do komputera stacyjnego i następnie do CLOR. Filtry z trzech stacji: ze Szczecina, Torunia i Zielonej Góry były mierzone w Zakładzie Dozymetrii CLOR. Sieć stacji ASS-500 jest częścią Systemu Wczesnego Ostrzegania o Skażeniach.

Wyniki

Wszystkie stacje pracowały bez dłuższych przerw. Efektem tego było zebranie 607 tygodniowych próbek aerosoli ze wszystkich stacji przez cały rok 2014. Filtry z zebranymi aerosolami, tzn. pyłami zawierającymi aerozole, były przez minimum dwa dni po zdjęciu ze stacji przetrzymywane w temperaturze pokojowej, potem prasowane do dysku o średnicy 50 mm i następnie mierzone na detektorach germanowych HPGe współpracujących z analizatorem wielokanałowym. Wydajności detektorów wykorzystywanych do tych pomiarów zawierały się w zakresie od kilku do 40%. Grubości sprasowanych filtrów zawierały się w granicach 2,9 – 8,6 mm. W sytuacjach alarmo-

wych filtr może być mierzony bezpośrednio po zdjęciu ze stacji.

W 2014 roku średnia masa pyłu zebranego przez tydzień na filtrze wynosiła 3.3 g przy zakresie zmian 0,4 – 8,1 g. Średnia ilość powietrza, z jakiego została pobrana tygodniowa próbka aerosoli wyniosła 79352 m³, przy zakresie 12965 – 121367 m³. Takie zróżnicowanie w ilościach zebranego pyłu oraz przefiltrowanego powietrza mogły być spowodowane używaniem stacji z wentylatorami o różnych mocach, a także zróżnicowaniem w zapyleniu i wilgotności powietrza w poszczególnych tygodniach.

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

Wartości średnie stężeń wszystkich mierzonych radionuklidów wraz z informacjami o miejscach i tygodniach wystąpienia maksymalnych stężeń dla przyziemnej warstwy powietrza atmosferycznego oraz dla pyłów w powietrzu zostały przedstawione w Tabelach 1 oraz 2.

Na rysunku 1 przedstawiono wykres obrazujący działanie systemu on-line w stacji pracującej w Toruniu (Uniwersytet Mikołaja Kopernika) za cały rok 2014. Krzywe znajdujące się na wykresie pokazują jak zmieniały się liczby zliczeń w kanale cezowym i jodowym w widmach zarejestrowanych przez sondę NaI(Tl) znajdującą się nad filtrem powietrza w stacji.

Tabela 1. Stężenia radionuklidów w przyziemnej warstwie powietrza atmosferycznego, Polska, 2014 rok. Roczne podsumowanie.

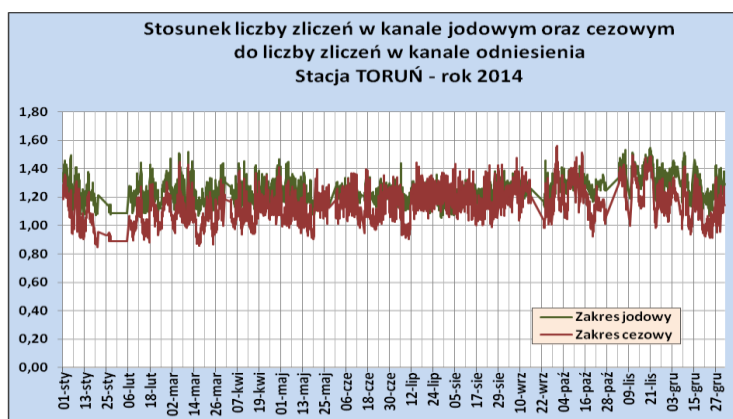
Radionuklid	Stężenie w powietrzu [$\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$]	Liczba oznaczeń	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
	Wartość średnia (zakres)		
^{137}Cs	$0,8 \pm 0,06$ (<0,1 ÷ 9,4)	607	Białystok, 14.04 - 22.04
^{131}I	$0,6 \pm 0,02$ (<0,04 ÷ <6,0)	607	Lublin, 31.03 - 7.04
^7Be	3370 ± 60 (520 ÷ 12510)	607	Szczecin, 3.02 - 10.02
^{40}K	$14,9 \pm 0,6$ (<1,5 ÷ 179,5)	607	Toruń, 28.07 - 4.08
^{210}Pb	590 ± 16 (54 ÷ 2478)	607	Szczecin, 24.02 - 3.03
^{226}Ra	$6,7 \pm 0,3$ (<1,0 ÷ <48,6)	607	Kraków, 3.02 - 10.02
^{228}Ra	$1,4 \pm 0,1$ (0,1 ÷ 32,9)	607	Lublin, 28.07 - 4.08

Liczba oznaczeń = ilość wyników otrzymanych w ciągu roku ze wszystkich stacji.

Tabela 2. Stężenia radionuklidów w całkowitym pyłe, Polska, 2014 rok. Roczne podsumowanie.

Radionuklid	Stężenie w pyłe całkowitym [$\text{Bq}\cdot\text{g}^{-1}$]	Liczba oznaczeń	Miejscowość i okres wystąpienia maksymalnego stężenia
	Wartość średnia (zakres)		
^{137}Cs	$0,02 \pm 0,00$ (<0,001-0,2)	607	Białystok, 14.04 - 22.04
^{131}I	$0,01 \pm 0,00$ (<0,001 - <0,1)	607	Lublin, 7.04 - 14.04
^7Be	$86,54 \pm 1,78$ (11,88-259,1)	607	Zielona Góra, 25.08 - 1.09
^{40}K	$0,4 \pm 0,01$ (<0,03-4,0)	607	Zielona Góra, 21.07 - 28.07
^{210}Pb	$14,3 \pm 0,3$ (1,6-50,7)	607	Lublin, 17.11 - 24.11
^{226}Ra	$0,17 \pm 0,01$ (<0,02 - <1,1)	607	Kraków, 11.08 - 18.08
^{228}Ra	$0,03 \pm 0,00$ (<0,001-0,7)	607	Lublin, 28.07 - 4.08

Liczba oznaczeń = ilość wyników otrzymanych w ciągu roku ze wszystkich stacji.



Rysunek 1. Stacja Toruń – obraz z systemu on-line.

Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2012 – 2013 oraz 2014 – 2015

K. Isajenko, B. Piotrowska

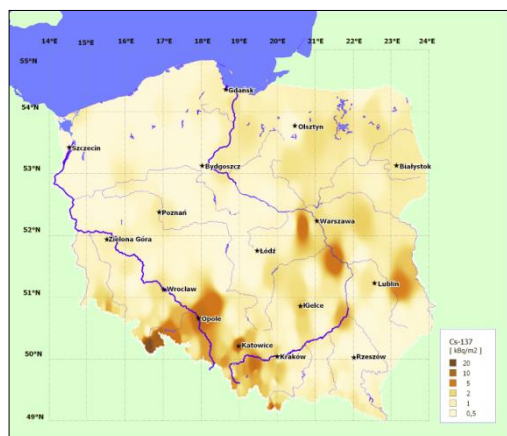
Wprowadzenie

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

Wyniki

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

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



Rysunek 1. Powierzchniowe stężenie cezu ^{137}Cs w 10 cm warstwie gleby w Polsce, w październiku 2012 roku.

W każdym punkcie poboru, pobrano próbki (w październiku 2012 roku) za pomocą specjalnych wykrojników o średnicy 7 cm. Próbkę pobiera się z powierzchniowej warstwy gleby o głębokości 10 cm w sześciu miejscach leżących na obwodzie koła o średnicy 2 metrów oraz z siódmego miejsca leżącego w środku tego koła. Pomiar zawartości radionuklidów w glebie są wykonywane przy użyciu spektrometrów z detektorami półprzewodnikowymi HPGe, umieszczonymi w niskotłowych ołowianych domkach osłonnych. Czas każdego pomiaru wynosi 80000 sekund.

Średnia wartość powierzchniowego stężenia ^{137}Cs w Polsce wynosi $1.53 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$, przy zakresie od 0.22 do $17.97 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. Radiologiczna mapa powierzchniowego stężenia cezu ^{137}Cs (mapa rastrowa) została przedstawiona na Rysunku 1. Taki rozkład cezu ^{137}Cs w Polsce został spowodowany warunkami atmosferycznymi – w szczególności opadami deszczu – w Polsce w maju 1986 roku, tzn. w okresie bezpośrednio po awarii w elektrowni jądrowej w Czarnobylu (w okresie gdy nad Polską przemieszczały się masy skażonego powietrza). Wszystkie wyniki pomiarów podane są na dzień poboru próbek w październiku 2012 roku.

Średnie wartości stężeń naturalnych radionuklidów w glebach w Polsce wynoszą:

- dla radu ^{226}Ra – 24,8, dla aktynu ^{228}Ac – 23,8 i dla potasu ^{40}K – 415 [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$], tzn. są niższe od średnich stężeń na świecie wynoszących odpowiednio 33, 45 i 420 [$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$] [1].

Najwyższe stężenia radu ^{226}Ra oraz aktynu ^{228}Ac zmierzono w południowych częściach Polski – jest to związane ze strukturą geologiczną naszego kraju. Dla przykładu w próbce pobranej w Jakuszycach stężenia tych dwóch radionuklidów wynoszą odpowiednio: $128,3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ^{226}Ra oraz $91,4 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dla ^{228}Ac .

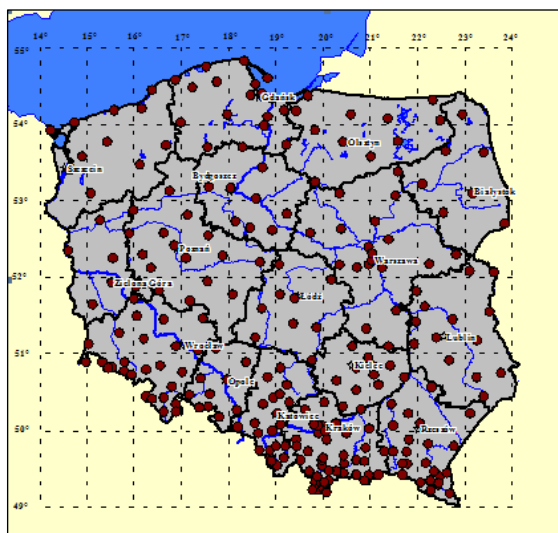
Tabela 1. Punkty poboru gleby (październik 2014 r.) w podziale na województwa.

L.p.	Województwo	Ilość pobranych próbek
1.	Dolnośląskie	27
2.	Kujawsko-pomorskie	10
3.	Lubelskie	15
4.	Lubuskie	6
5.	Łódzkie	9
6.	Małopolskie	43
7.	Mazowieckie	20
8.	Opolskie	10
9.	Podkarpackie	24
10.	Podlaskie	8
11.	Pomorskie	19
12.	Śląskie	22
13.	Świętokrzyskie	12
14.	Warmińsko-mazurskie	11
15.	Wielkopolskie	17
16.	Zachodniopomorskie	11
RAZEM – POLSKA:		264

W roku 2014 została zakończona praca „Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2012-2013”. Jesienią tego samego roku rozpoczął się następny etap pracy („Monitoring stężenia ^{137}Cs w glebie w latach 2014-2015”).

W ramach tego tematu w roku 2014 wykonano następujące prace:

- wykonano pobór 264 próbek gleby w 254 punktach (254 próbki z warstwy 10 cm oraz 10 próbek z warstwy 25 cm) – Tabela 1;
- prowadzono koordynację poboru próbek;



Rysunek 2. Rozmieszczenie punktów poboru próbek gleby (październik 2014) na terenie Polski.

- opracowano sprawozdanie zawierające opis przeprowadzenia poboru prób (metodykę poboru, terminy pobrania poszczególnych próbek, opis sposobu transportu i przechowywania próbek).

Finansowanie

Wszystkie prace z tej tematyki są finansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

Literatura

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

Opracowanie i wdrożenie do prac pomiarowych prototypu przenośnej stacji do poboru aerozoli atmosferycznych i gazowej postaci jodu

K. Isajenko, A. Boratyński, M. Fojak

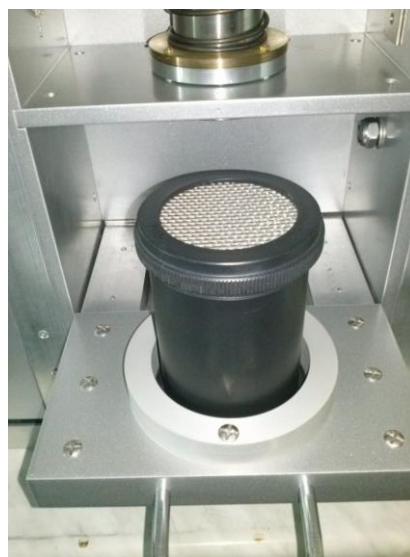
Wprowadzenie

W roku 2011 w ramach projektu Narodowego Centrum Badania i Rozwoju (NCBiR) Zakład Dozymetrii CLOR rozpoczął prace nad opracowaniem i wyprodukowaniem przenośnej stacji do poboru aerozoli atmosferycznych i gazowej postaci jodu.

Według planów miały powstać dwa modele stacji – jeden pracujący jako samodzielne urządzenie, które w razie wystąpienia awarii radiacyjnej będzie mogło zostać wywiezione do dowolnej lokalizacji w celu przeprowadzenia w interesującym nas miejscu poboru próbek aerozoli i gazowej postaci jodu na odpowiednie filtry, które potem zostaną zmierzone w warunkach laboratoryjnych. Drugi egzemplarz stacji będzie to samodzielny moduł, który zostanie docelowo zamontowany do pracujących w naszym kraju stacji ASS-500, rozszerzając funkcjonalność tych stacji o możliwość poboru (w razie sytuacji awaryjnej) gazowych frakcji jodu z powietrza atmosferycznego. Oczywiście moduł ten będzie uruchamiany tylko w momencie wystąpienia sytuacji awaryjnej. Docelowo stacja pracująca jako samodzielna aparatura, ma zostać zgłoszona do Urzędu Patentowego jako nowatorskie urządzenie, które jak dotychczas nigdzie w Polsce nie pracuje.

Wyniki

W stacjach jako absorbent został zastosowany węgiel aktywny impregnowany TEDA (1,5 – 2%) (triethylene diamine) z jodkiem potasu KI (1,5 – 2%) o wielkości ziaren 8 x16 mesh, który cechuje dużą wydajność absorpcji dla CH₃I. Absorbent ten został umieszczony w filtrze węglowym o masie ok. 220 g i objętości 450ml (objętość została tak dobrana, aby cały węgiel z cartridge'a mógł być mierzony



Rysunek 1. Cartridge z węglem.

w geometrii pojemnika Marinelli) i został zamontowany w stacji w geometrii walca o średnicy 73 mm i wysokości 107 mm (Rysunek 1).

Ściana boczna cartridge'a z filtrem została wykonana ze stopów aluminium pokrytego 15-sto mikronową warstwą teflonu, która nie wchodzi w reakcje z jodem i jego związkami. Tak duża grubość filtru pozwoliła praktycznie na całkowite uniezależnienie się od wpływu wilgotności powietrza na absorpcję jodu oraz utrzymanie czasu przebywania na poziomie min. 0,2 s w złożu (przy przepływie powietrza rzędu 15 m³·h⁻¹), a w konsekwencji na zapewnieniu wydajności absorpcji na poziomie 90 – 100%

Stacja zapewnia wykrywalność jodu w powietrzu przy jego stężeniu na poziomie 10 mBq·m⁻³, co jest wynikiem w pełni akceptowalnym dla tego typu stacji. Wynik ten można zdecydowanie polepszyć (obniżyć) przedłużając czas poboru powietrza (podana granica wykrywalności jest określona przy czasie poboru rzędu 1 godziny) i/lub czas pomiaru cartridge'a z węglem.



Rysunek 2. Widok ogólny stacji jodowej będącej samodzielnym urządzeniem pomiarowym.

Na wiosnę 2014 roku zostały wykonane pierwsze testy prawidłowości pracy stacji. Testy przeprowadzono w Centrum Onkologii – Instytucie im. Marii Skłodowskiej-Curie w Warszawie na sali, gdzie przebywają chorzy, którym zaaplikowano lecznicze dawki jodu radioaktywnego. Testy wypadły zgodnie z oczekiwaniami (testowane były różne typy węgla umieszczone warstwowo w jednym cartridge'u).

W ramach pracy (która zakończyła się we wrześniu 2014 roku) powstał jeszcze drugi



Rysunek 3. Stacja będąca częścią składową stacji ASS-500.

egzemplarz stacji (Rysunek 3), który jest modułem służącym w razie potrzeby do zamontowania w stacjach ASS-500 pracujących w systemie wczesnego wykrywania skażeń.

Sporządzono także pełną dokumentację techniczną dla obydwu stacji pomiarowych.

Planujemy zgłoszenie stacji (egzemplarza stanowiącego samodzielne urządzenie przewoźne) jako wynalazku do Urzędu Patentowego RP. Robocza nazwa nowo powstałej stacji, to MISS (Mobile Iodine Sampling Station – Przewoźna Stacja do Poboru Jodu).

Analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980 – 2014

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

Wprowadzenie

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 ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{228}Th w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów. Rozporządzenie to klasyfikuje możliwość zastosowania różnych surowców i materiałów budowlanych w różnych typach budownictwa poprzez określenie dwóch parametrów:

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

W 2014 roku Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej wykonało badania i opracowało opinie dotyczące zastosowania materiałów i surowców budowlanych dla 52 próbek nadesłanych z różnych regionów kraju. Były to m.in.

mieszaniny popiołowo-żużlowe (29 próbek), kruszywo naturalne (11 próbek), żużel (5 próbek), pozostałe 7 próbek – różne.

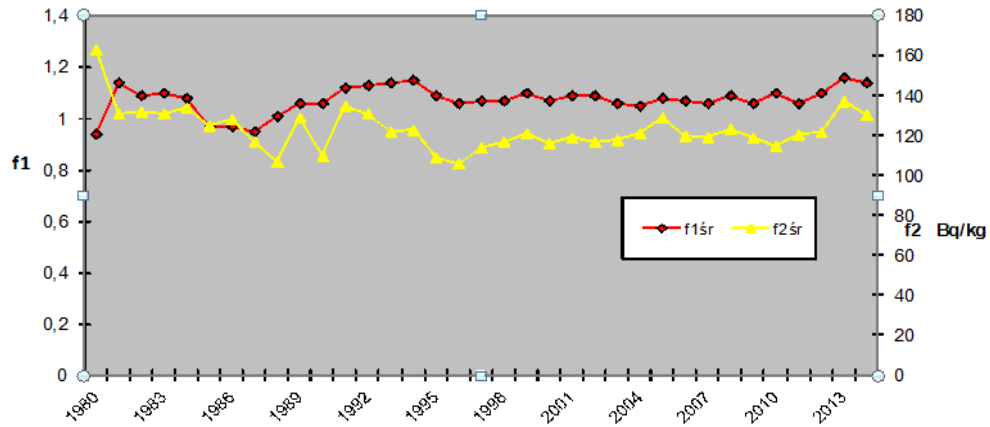
Od 1980 roku do końca 2014 roku do ogólnopolskiej bazy danych surowców i materiałów budowlanych zostało wprowadzonych danych dla 44250 próbek. W samym 2014 roku wprowadzono do bazy wyniki dla 1200 próbek, w tym:

- wyniki surowców budowlanych pochodzenia naturalnego: 30;
- wyniki surowców budowlanych pochodzenia przemysłowego: 1070;
- wyniki materiałów budowlanych: 100.

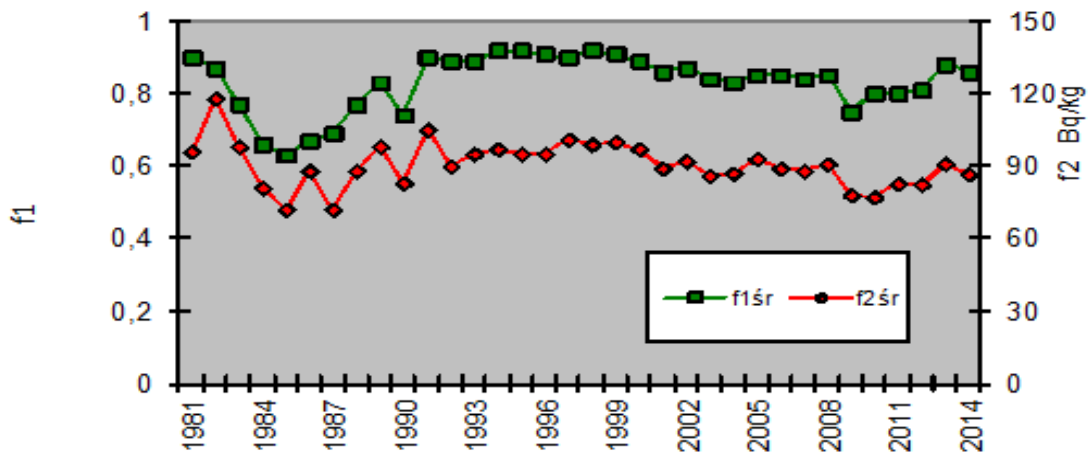
Wyniki

W 2014 roku zarejestrowano większą 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 41,0% partii popiołów lotnych oraz 62% partii popiołów bez odsiarczania spalin.

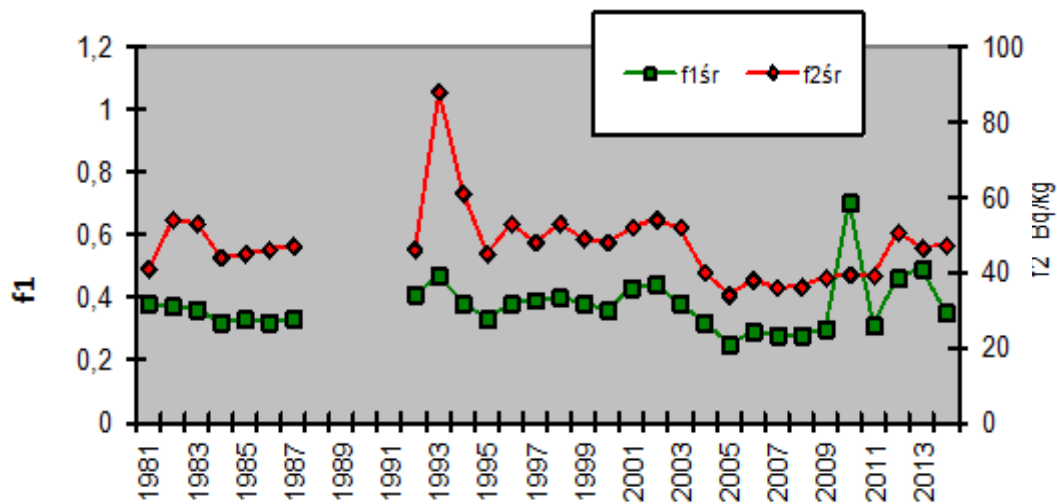
Na rysunkach 1 – 5 przedstawiono zmiany średniej wartości wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla kilku wybranych surowców i materiałów budowlanych: Rysunek 1 – popioły, Rysunek 2 – żużle kotłowe, Rysunek 3 – cementy, Rysunek 4 – betony, Rysunek 5 – ceramika budowlana) w latach 1980 – 2014.



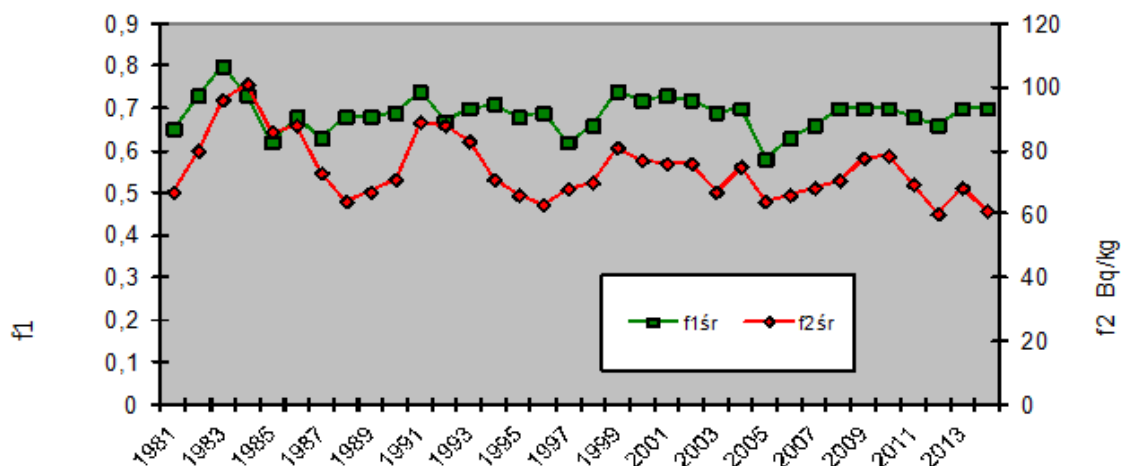
Rysunek 1. Wartości f_1 (średnie) i f_2 (średnie) dla popiołów w latach 1980-2014.



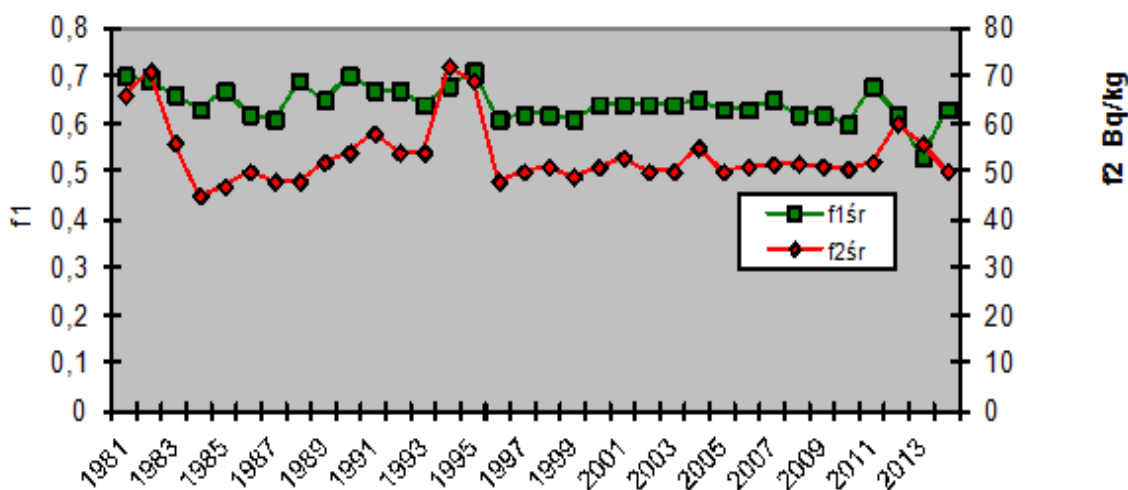
Rysunek 2. Wartości f_1 (średnie) i f_2 (średnie) dla żuźli kotłowych w latach 1980-2014.



Rysunek 3. Wartości f_1 (średnie) i f_2 (średnie) dla cementów w latach 1980-2014.



Rysunek 4. Wartości f_1 (średnie) i f_2 (średnie) dla betonów lekkich i komórkowych w latach 1980-2013.



Rysunek 5. Wartości f_1 (średnie) i f_2 (średnie) dla ceramiki budowlanej w latach 1980-2013.

Wnioski

Analizując średnie wartości wskaźników aktywności f_1 oraz f_2 z całej bazy określonych dla budownictwa mieszkaniowego i użyteczności publicznej w latach 1980-2014 należy stwierdzić, że:

- od kilku lat utrzymuje się stała tendencja wartości średnich wyznaczanych wskaźników aktywności f_1 i f_2 dla surowców i materiałów budowlanych;
- w 2014 roku 100% surowców pochodzenia naturalnego mogło mieć zastosowanie

w budownictwie mieszkaniowym (podobnie jak w latach poprzednich);

- w przypadku surowców pochodzenia przemysłowego w 2014 roku słabymi wskaźnikami aktywności pod względem dopuszczalności ich do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym charakteryzowały się popioły lotne i popioły bez odsiarczenia spalin;
- z gotowych materiałów budowlanych wyprodukowanych w 2014 roku 100% została dopuszczona do zastosowania w budownictwie mieszkaniowym.

Określenie wielkości i promieniotwórczości naturalnej surowców i materiałów budowlanych metodą spektrometrii promieniowania gamma przy użyciu detektora HPGe

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

Laboratorium Promieniotwórczości Naturalnej jest laboratorium akredytowanym na wykonywanie badań promieniotwórczości naturalnej w próbkach surowców i materiałów budowlanych zgodnie z Rozporządzeniem RM z dn. 2 stycznia 2007 roku (Dziennik Ustaw Nr 4 poz. 29) w sprawie wymagań dotyczących zawartości naturalnych izotopów promieniotwórczych potasu ^{40}K , radu ^{226}Ra i toru ^{228}Th w surowcach i materiałach stosowanych w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi i inwentarza żywego, a także w odpadach przemysłowych stosowanych w budownictwie, oraz kontroli zawartości tych izotopów.

Zanim zdecydowaliśmy się na obecne rozwiązanie Laboratorium miało do dyspozycji dwa komplety aparatury badawczej typu AZAR-90 i jeden komplet typu MAZAR-95. W trakcie pracy dwa komplety typu AZAR-90 uległy poważnemu uszkodzeniu. Z uwagi na przestarzałą aparaturę nieopłacalną stała się naprawa w/w aparatury. W związku z tym zdecydowaliśmy się na zaadoptowanie jednego zestawu aparatury z detektorem HPGe do badań promieniotwórczości naturalnej w surowcach i materiałach budowlanych i tym samym wdrożenie metody opartej na pomiarach przy użyciu detektora HPGe. Podczas testowania metody badawczej uległ uszkodzeniu detektor HPGe. Z podobnych względów naprawa detektora również okazała się nieopłacalna (detektor 29-letni). W związku z tym zakupiono nowy detektor HPGe i rozpoczęto na nowo analizę i testowanie metody badawczej.

Dostępność wykonywania badań surowców i materiałów budowlanych z oceną ich możliwości

zastosowania w budownictwie metodą spektrometrii promieniowania gamma z wykorzystaniem detektora HPGe umożliwia, ze względu na wysoką rozdzielczość detektora HPGe dokładne i jednoznaczne określanie stężeń promieniotwórczych oznaczanych izotopów.

W 2014 roku wykonano 2 komplety wzorców do kalibracji zestawu aparaturowego z detektorem HPGe i detektorem scyntylicyjnym. W ramach pracy zostało wykonane kilka pomiarów sprawdzających i wyznaczających aktywność właściwą kompletu wzorców na scharakteryzowanym detektorze XTRa oraz dostępnym analizatorze wielokanałowym typu MAZAR z detektorem scyntylicyjnym. Przyjęto aktywności całkowitą i właściwą wyznaczone na podstawie pomiarów porównawczych na analizatorze typu MAZAR z detektorem scyntylicyjnym. Po wyznaczeniu aktywności wykonano wielokrotny pomiar próbek żużli i popiołów oraz nowych wzorców na dwóch zestawach aparaturowych w celu walidacji metody badawczej. Porównano wyniki pomiarów i oceniono zgodność wprowadzanej metody w stosunku do metody akredytowanej. Ponadto, przeprowadzono analizę składowych niepewności pomiarowych i stworzono formularz w programie Excel do obliczania stężeń promieniotwórczości i wskaźników aktywności wraz z niepewnością.

Procedura metody badawczej oraz wyznaczenie dolnego progu detekcji są na etapie opracowywania.

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

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

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie w 2014 roku skupiła się na:

- wykonaniu badań radioaktywności gamma wód źródłanych pobranych jeden raz w roku w trzech punktach pomiarowych umożliwiających wykrycie sztucznych izotopów gamma promieniotwórczych o zawartości $> 0,1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$, pomiarów całkowitej zawartości cezu (^{134}Cs i ^{137}Cs) i trytu (^3H) $> 0,4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ i pomiaru zawartości strontu (^{90}Sr) w 1 próbce zbiorczej;

- wykonaniu badań: całkowitej aktywności beta wód gruntowych pobranych za pomocą piezometrów w ośmiu punktach dwa razy w roku - przy przekroczeniu $1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ - wykonanie pomiaru zawartości potasu (^{40}K) oraz określeniu zawartości trytu (^3H) $> 0,4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;

- wykonaniu pomiarów mocy dawki w pięciu punktach i pobraniu gleby dwa razy w roku oraz wykonaniu badań promieniowania gamma próbek gleby z określeniem zawartości izotopów gamma promieniotwórczych: sztucznych $> 0,7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$ i naturalnych $> 2,5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$;

- pobraniu trawy dwa razy w roku w miejscach poboru gleby oraz wykonaniu badań promieniowania gamma próbek gleby z określeniem zawartości izotopów gamma promieniotwórczych: sztucznych $> 1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$ i naturalnych $> 2 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$;

Ocena sytuacji radiacyjnej w otoczeniu Ośrodka w Świerku w 2014 roku skupiła się na:

- badaniach radioaktywności gamma umożliwiających wykrycie sztucznych izotopów gamma promieniotwórczych wody z rzeki Świder o zawartości $> 0,1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ (pobór z dwóch punktów dwa razy w roku) oraz pomiarze całkowitej zawartości cezu (^{134}Cs i ^{137}Cs), strontu (^{90}Sr) i trytu $^3\text{H} > 0,4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;

- badaniach radioaktywności gamma wody z Oczyszczalni Ścieków w Otwocku z jednego punktu dwa razy w roku i pomiar całkowitej zawartości cezu (^{134}Cs i ^{137}Cs) $> 0,4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;

- badaniach promieniowania gamma umożliwiających wykrycie sztucznych izotopów w wodzie studziennej pobranych z dwóch punktów dwa razy w roku o zawartości $> 0,1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ oraz pomiarach całkowitej zawartości cezu (^{134}Cs i ^{137}Cs) i zawartości trytu (^3H) w każdej próbce $> 0,4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$, a także pomiarach zawartości strontu (^{90}Sr) $> 0,4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ w dwóch próbkach zbiorczych (dla dwóch punktów).

- wykonaniu pomiarów mocy dawki w pięciu punktach oraz pobraniu trawy i gleby do badań promieniowania gamma wraz z określeniem zawartości izotopów gamma promieniotwórczych:

- sztucznych: $> 1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ - dla trawy s.m.;
 $> 0,7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ - dla gleby s.m.;
- naturalnych: $> 20 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ - dla trawy s.m.;
 $> 2,5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.

Otoczenie Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie

Woda źródłana

Z badań otoczenia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie, w analizie spektrometrycznej promieniowania jonizującego w próbkach wody źródlanej z trzech punktów (Z-1, Z-2 Z-3):

- nie zarejestrowano izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o stężeniu powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;

- największą zawartość trytu zarejestrowano w próbce wody oznaczonej jako Z-1 tzn. $2,2 \pm 0,3 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;

- największą zawartość cezu ^{134}Cs i ^{137}Cs zarejestrowano w próbce wody źródlanej oznaczonej jako Z-2, tzn. $4,97 \pm 0,56 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

- zbiorczej próbce wody źródlanej zarejestrowano ^{90}Sr o aktywności $1,82 \pm 0,20 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Woda gruntowa

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

- największą zawartość trytu zmierzono w próbce oznaczonej jako:
 - P-2 (w poborze letnim), która wynosiła $8,7 \pm 1,3 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$,
 - P-2 (w poborze jesiennym), która wynosiła $7,9 \pm 1,2 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- największą całkowitą radioaktywność beta w próbce oznaczonej jako:
 - P-4 (dla poboru letniego), która wynosiła $0,19 \pm 0,02 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
 - P-4 (dla poboru jesiennego), która wynosiła $0,16 \pm 0,02 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Gleba

Badanie spektrometryczne promieniowania gamma próbek gleby z otoczenia KSOP w Różanie wykazały, że sztucznych izotopów, jedynie obecność cezu ^{137}Cs . Największe jego stężenie w poborze majowym zmierzono w próbce pobranej w punkcie D-1. Stężenie to wynosiło $39,6 \pm 0,7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. W poborze wrześniowym najwyższe stężenie, wynoszące $33,4 \pm 0,6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ zostało zarejestrowane w próbce pobranej w punkcie D-2.

Trawa

W analizie widm promieniowania gamma próbek trawy pobranych z otoczenia KSOP w Różanie z izotopów promieniotwórczych pochodzenia sztucznego zarejestrowano tylko cez ^{137}Cs . Jego stężenia zawierały się w granicach od $0,62 \pm 0,11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$ (dla próbki pobranej w maju w punkcie D-1) do $352 \pm 6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$ (dla próbki pobranej we wrześniu w punkcie D-4). W punkcie D-4 w pomiarze próbki pobranej w maju 2014 r. zmierzono cez ^{137}Cs na poziomie $3,26 \pm 0,23 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{s.m.}}$, a więc dużo niższym niż we wrześniu. Oznacza to, że stężenie cezu w tym miejscu wzrosło pomiędzy tymi dwoma poborami, a więc w okresie maj-wrzesień 2014 r.

Moc dawki ekspozycyjnej

Moc dawki promieniowania w otoczeniu KSOP w Różanie kształtowała się w granicach od $69,90 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie D-4 (w pomiarach przeprowadzonych w maju) do wartości $265,43 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie D-1 w pomiarze przeprowadzonym w maju. Średnia wartość mocy dawki określona dla otoczenia KSOP w Różanie wyniosła:

- $111,46 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ dla pomiarów przeprowadzonych w maju 2014 r.
- $78,97 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ dla pomiarów przeprowadzonych we wrześniu 2014 r.

Całoroczna średnia wartość mocy dawki (obliczona dla wszystkich pomiarów wykonanych w otoczeniu KSOP w Różanie – zarówno w maju jak i we wrześniu) wyniosła $95,22 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$.

Otoczenie Ośrodka w Świerku

Woda

Z badań otoczenia Ośrodka w Świerku, po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach wody (woda z rzeki Świder: próbki WS-1, WS-2 i woda studzienna: próbki G-106 i G-108) nie stwierdzono obecności izotopów gamma promieniotwórczych pochodzenia sztucznego o zawartości powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

W wodzie pobranej z oczyszczalni ścieków w Otwocku: próbki WOS stwierdzono obecność izotopu gamma promieniotwórczego pochodzenia sztucznego o zawartości powyżej $0,1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ dla próbki pobranej we wrześniu.

Maksymalne stężenie jodu ^{131}I zarejestrowano w próbce WOS (próbka pobrana w oczyszczalni ścieków w Otwocku we wrześniu 2014 r.). Wynosiło ono $0,149 \pm 0,006 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

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

- w wodzie rzecznej, oznaczonej jako WS-1 $3,0 \pm 0,5 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- w wodzie rzecznej, oznaczonej jako WS-2 $0,7 \pm 0,3 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;

- w wodzie studziennej, oznaczonej jako G-106: $< 0,5 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- w wodzie studziennej, oznaczonej jako G-108: $< 0,5 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- w wodzie z oczyszczalni ścieków w Otwocku, oznaczonej jako WOS: $< 0,5 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Badanie zawartości cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ w próbkach wody metodą polegającą na selektywnej sorpcji cezu na złożu fosfomolibdenianu amonu (AMP) i pomiarze aktywności β preparatu wykazało, że we wszystkich próbkach poziom aktywności cezu jest na niskim poziomie. Największą średnią zawartość cezu $^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$ zarejestrowano w wodzie z oczyszczalni ścieków w Otwocku, oznaczonej jako WOS (pobór wrześniowy). Stężenie cezów w tej próbce wynosiło $11,93 \pm 1,24 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

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

- w wodzie rzecznej, oznaczonej jako WS-1: $2,24 \pm 0,27 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- w wodzie rzecznej, oznaczonej jako WS-2: $2,43 \pm 0,32 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- w wodzie studziennej, oznaczonej jako G-106: $3,43 \pm 0,41 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- w wodzie studziennej, oznaczonej jako G-108: $6,64 \pm 0,73 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- w wodzie z oczyszczalni w Otwocku WOS: $8,11 \pm 0,87 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

W badaniach oznaczeń ^{90}Sr w zbiorczych próbkach wody studziennej z poboru wiosennego i jesienno tj. G-106 i G-108 oraz wody rzecznej tj. WS-1 i WS-2 zarejestrowano obecność strontu ^{90}Sr ,

z większą jego zawartością w próbce G-108, wynoszącą $21,84 \pm 4,37 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Gleba

Po przeprowadzeniu analizy spektrometrycznej promieniowania gamma w próbkach gleby z otoczenia Ośrodka w Świerku stwierdzono:

- z izotopów sztucznych – obecność cezu ^{137}Cs we wszystkich próbkach;
- maksymalną zawartość cezu ^{137}Cs w próbce z punktu pomiarowego MD-03, która wyniosła $8,4 \pm 0,3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$;
- najmniejsze stężenie cezu ^{137}Cs w próbce MD-04 równe $0,51 \pm 0,12 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Trawa

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

- z izotopów sztucznych – obecność cezu ^{137}Cs w czterech próbkach;
- maksymalną zawartość cezu ^{137}Cs w próbce z punktu pomiarowego MD-02, która wyniosła $2,58 \pm 0,13 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy;
- najmniejsze stężenie cezu ^{137}Cs w próbce MD-04 poniżej $< 0,14 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{s.m.}$.

Moc dawki ekspozycyjnej

Moc dawki w otoczeniu Ośrodka w Świerku kształtuje się w przedziale od $48,9 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie MD-05 do wartości $64,7 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ w punkcie MD-02 z wartością średnią równą $59,34 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$.

Projekt „EDEN” – testy i ćwiczenia CBRNE determinowane potrzebami uczestników procesu zarządzania kryzysowego

K. Wojtkowski, K. Ciupek

Projekt EDEN ma na celu zebranie narzędzi i oprogramowania wspierającego działanie służb ratowniczych w następstwie zdarzeń CBRN (Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Threat). Jednym z takich następstw mogą być zdarzenia radiacyjne w przypadku m.in. awarii elektrowni jądrowej lub wybuchu brudnej bomby. Narzędzia te zebrane zostały na platformie internetowej, dostępnej dla poszczególnych instytucji i konsorcjów. W ramach projektu EDEN zostały zorganizowane warsztaty i szkolenia z zakresu CBRN. Celem warsztatów było zapoznanie uczestników z dostępnymi narzędziami do modelowania sytuacji awaryjnych elektrowni jądrowej, opracowanie przykładowych scenariuszy reagowania w przypadku awarii elektrowni jądrowej przy konkretnych założeniach i zadanych warunkach. Modelem ćwiczeniowym było hipotetyczne państwo Dunkelstein o ściśle określonym położeniu i strukturze geopolitycznej. Znane były również zależności administracyjne i jednostki odpowiedzialne w przypadku ewentualnego reagowania. W Dunkelsteinie istniała jedna elektrownia jądrowa, gdzie doszło do awarii.

W ramach ćwiczeń odbyła się symulacja zdarzenia na jej terenie oraz podczas zdarzenia transportowego z udziałem wypalonego paliwa jądrowego. Uczestnicy zostali podzieleni na 4 grupy gdzie opracowywali konkretne scenariusze. Scenariusz pierwszy obejmował zamach terrorystyczny na terenie obiektu z użyciem małego ładunku wybuchowego w wyniku którego nastąpiło uszkodzenie pojedynczej pętli chłodniczego obiegu pierwotnego (mały ładunek wybuchowy, brak uszkodzenia samego reaktora) oraz wyciek skażonej wody z systemu chłodniczego reaktora. Ponadto nastąpiło rozprzestrzenienie zagrożenia jedynie w obrębie pojedynczego bloku elektrowni. Sytuacja w skali INES została oceniona na 2.

Scenariusz drugi obejmował zamach terrorystyczny na terenie obiektu z użyciem dużego ładunku kumulacyjnego oraz uszkodzenie rdzenia reaktora wraz z obiegiem wody. Wystąpił brak możliwości wpuszczenia prętów kontrolnych, a także wyciek skażonej wody z systemu chłodniczego reaktora. Nastąpił wzrost temperatury rdzenia poza kontrolą oraz seria detonacji i pożarów, które wynikły z pojawienia się H₂. zagrożenie rozprzestrzeniło się niedaleko poza elektrownię.

Scenariusz trzeci obejmował naturalną katastrofę (wysoka i nagle fala powodziowa z terenów górskich). Nastąpiło uszkodzenie wszystkich źródeł zasilania poprzez zalanie i całkowite uszkodzenie obiegu chłodziwa, czego efektem było stopienie prętów, wybuch H₂ i ostatecznie pożar. Powstała chmura radioaktywna wraz z siłą wiatru przemieszczała się w dalsze tereny Dunkelsteinu. W wyniku uszkodzenia reaktora nastąpił wyciek skażonej wody z systemu chłodniczego reaktora i jej zmieszanie się wraz z falą powodziową. Zagrożenie rozprzestrzeniło się poza elektrownię i zostało ocenione w skali INES na 5.

Scenariusz czwarty obejmował duży wypadek komunikacyjny w transporcie kolejowym. Transport obejmował przewóz wypalonego paliwa z reaktora w kotlinie Dunkelstein. Do wypadku doszło przez najechanie dużego składu pociągu z wypalonym paliwem jądrowym na tył pociągu wiozącego paliwa płynne. Efektem było rozlewisko materiałów palnych, pożar, wybuchy BLEVE oraz uwolnienie dużych ilości nuklidów radioaktywnych w postaci par i dymów pożarowych. W skali INES zagrożenie zostało ocenione na 6. Scenariusz był napisany na podstawie zdarzenia jakie miało miejsce w Białymstoku 8 listopada 2010 roku.

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, A. Kiełbasińska, A. Ząbek, I. Kwiatkowska, M. Kuczbajska

W ramach utrzymania akredytacji Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej w zakresie określania stężeń promieniotwórczych radu ^{226}Ra , toru ^{228}Th i potasu ^{40}K skupiono się na następujących aspektach: nadzór techniczny nad wyposażeniem, doskonalenie systemu zarządzania, przeprowadzanie audytów wewnętrznych i zewnętrznych oraz przeglądów zarządzania.

Nadzór techniczny nad wyposażeniem obejmował przede wszystkim działania zgodne z planem kontroli aparatury na rok 2014 oraz pomiary testowe próbek na torze spektrometrycznym z detektorem germanowym (HPGe) o wydajności względnej 15%. W ramach okresowych sprawdzeń wykonano następujące czynności: codzienna kontrola temperatury i wilgotności w pomieszczeniu z analizatorem MAZAR-95, sprawdzanie analizatora MAZAR-95 za pomocą objętościowych wzorców kalibracyjnych, w ustalonej kolejności – raz na tydzień pomiar jednej z próbek wzorcowych (K056, Ra056, Th056, walec 1600A, CLOR W3P5, popiół wzorcowy Koszyce), sprawdzanie po pomiarze próbki na analizatorze, jaka jest tendencja aktywności właściwych radu, toru i potasu w okresie trzech miesięcy, kalibracja analizatora MAZAR-95 w grudniu 2014 r. Ponadto dwa razy wykonano sprawdzenie dwóch wag elektronicznych. Wyniki wszystkich pomiarów sprawdzających były zadowalające.

Rozpoczęto pomiary testowe oraz tworzenie procedury pomiaru stężeń radu, toru i potasu w surowcach i materiałach budowlanych na torze spektrometrycznym z detektorem germanowym. Celem zadania jest porównanie z wynikami otrzymanymi dla analizatora MAZAR-95 i ewentualnie wdrożenie metody badania stężeń

promieniotwórczych, a nawet zastąpienie metody pomiaru za pomocą analizatora MAZAR-95.

W roku 2014 wykonano także w laboratorium akredytowanym (GUM) wzorcowanie dwóch wag elektronicznych i termohigrometru.

W ramach doskonalenia pracownicy Laboratorium wzięli udział w szkoleniach z następujących tematów: analiza i ocena zmian radioaktywności surowców i materiałów budowlanych stosowanych w Polsce w latach 1980 – 2013, nadzór nad dokumentami, działania korygujące i zapobiegawcze, nadzorowanie niezgodnych z wymaganiami badań i/lub wzorcowań i szkolenie BHP. Przeprowadzono szkolenia z pomiarów stężenia radu, toru i potasu w surowcach i materiałach budowlanych w laboratoriach zewnętrznych, zajmujących się takimi badaniami.

Ponadto podsumowano sprawdzenia i kalibracje aparatury oraz szkolenia przeprowadzone w roku 2013. Od października, kiedy w Laboratorium dokonano zmiany kierownika ds. jakości, rozpoczęło się poprawianie, aktualizowanie i uzupełnianie procedur i instrukcji ogólnych i badawczych, formularzy, Księgi Jakości oraz Księgi Metody Badawczej oraz inne działania związane z audytem w nadzorze PCA i doraźnym przeglądem zarządzania.

Dnia 10 kwietnia 2014 r. odbył się audyt wewnętrzny techniczny, podczas którego odnotowano jedną niezgodność. Korekcja i działania korygujące zostały wdrożone.

Audyt wewnętrzny systemowy został przełożony na następny rok z powodu zmiany kierownika ds. jakości oraz zaplanowanych znacznych poprawek i aktualizacji dokumentacji systemu zarządzania.

Dnia 30 maja 2014 r. odbył się audyt w nadzorze PCA, podczas którego odnotowano trzy niezgodności oraz sześć spostrzeżeń dotyczących systemu. Nie było niezgodności ani spostrzeżeń w obszarze technicznym. W stosunku do niezgodności przeprowadzono korekcję i działania korygujące, o czym powiadomiono audytorów. Działania zostały uznane za zakończone. Laboratorium Pomiarów Promieniotwórczości Naturalnej utrzymało akredytację. W „Zakresie akredytacji” na wniosek Laboratorium został zmieniony zakres stężeń aktywności potasu, radu i toru, wprowadzono korektę opisu dla wskaźników aktywności f_1 i f_2 . Ponadto zrezygnowano z wydawania dodatkowych opinii i interpretacji dla klientów. Obecnie sprawozdanie zawiera wyniki badań wraz z analizą, wielkości graniczne podane w odpowiednich normach i przepisach, wnioski z porównania wyników z tymi wielkościami oraz

ewentualnie wskazówki postępowania i informację o wymaganej częstotliwości wykonywania badań kontrolnych próbek materiałów budowlanych.

W 2014 roku odbyły się dwa przeglądy zarządzania. Rutynowy przegląd zarządzania miał miejsce 28.05.2014 r. Omówiono na nim m.in. problemy techniczne i funkcjonowanie systemu zarządzania, cele z poprzedniego przeglądu oraz zadania do wykonania do następnego przeglądu zarządzania. Doraźny przegląd zarządzania miał miejsce 16.09.2014 r. Omówiono na nim następujące tematy: ocena działań zapobiegawczych po poprzednich audytach wewnętrznych oraz ocenie PCA nr AB/713/2013, status i ocena działań korygujących i sprawy personalne. Stworzono także długą listę spraw do załatwienia do czasu kolejnego audytu zewnętrznego w maju 2015 r.

ZAKŁAD KONTROLI DAWEK I WZORCOWANIA



Maksymalna względna skuteczność biologiczna neutronów roszczepialnych z badawczego reaktora MARIA w indukcji dicentryków w limfocytach ludzkich

M. Kowalska

Wprowadzenie

W latach 2011 – 2014 był realizowany w CLOR projekt badawczy, którego celem było przystosowanie testu dicentrycznego w limfocytach obwodowych do potrzeb dozymetrii biologicznej neutronów powstających w reaktorach jądrowych. Wypadki z udziałem reaktorów są znacznie rzadsze od wypadków spowodowanych przez inne urządzenia wytwarzające promieniowanie jonizujące. Są jednak dużo bardziej niebezpieczne, ponieważ powodują napromienienie ciała człowieka nie tylko przez neutrony, ale także przez fotony promieniowania gamma. Te dwa rodzaje promieniowania znacząco różnią się swoimi właściwościami fizycznymi (LET) i radiobiologicznymi (RBE). Stąd potrzeba wyznaczenia nie tylko całkowitej dawki pochłoniętej, ale również jej neutronowej składowej.

Realizacja projektu przewidywała wykorzystanie reaktora badawczego MARIA do napromienienia próbek krwi w polu promieniowania mieszanego, składającego się głównie z fotonów gamma i neutronów termicznych. Do przeprowadzenia napromienienia wykorzystano kanał poziomy H8 oraz znajdujące się tam segmenty stanowiska radiografii neutronowej i gamma (SRNG), czyli: źródło neutronów (reaktor), stolik oraz układ zasłon przed niepożądanym promieniowaniem jonizującym.

Z powodu dużej zmienności składu i energii neutronów w polach mieszanego promieniowania ($n + \gamma$), badanie odpowiedzi ludzkich limfocytów krwi obwodowej na działanie neutronów musiało zostać poprzedzone dokładną charakteryzacją wiązki neutronowej kanału H8. Znajomość parametrów dozymetrycznych była bowiem potrzebna do wyznaczenia czasów napromieniania próbek i przygotowania układu monitorowania dawek podczas napromieniania. Z powodu różnic względnej skuteczności biologicznej (RBE)

neutronów i fotonów, wyznaczono także udział neutronów i fotonów promieniowania gamma w dawce całkowitej oraz rekombinacyjny wskaźnik jakości promieniowania (RIQ) dla wiązki promieniowania mieszanego oraz neutronów. Wszystkie pomiary wykonane zostały przez Dozymetryczne Laboratorium Promieniowania Mieszanego w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

Do wyznaczenia całkowitej mocy kermi tkankowej zastosowano dwie niezależne metody pomiarowe: metodę dwóch detektorów o różnej czułości neutronowej oraz metodę opartą na pomiarze rekombinacyjnego współczynnika jakości promieniowania. W obu tych metodach zostały wykorzystane rekombinacyjne komory jonizacyjne, wzorcowane w polu promieniowania gamma izotopu ^{137}Cs . Ustalono, że w dniu pomiaru w punkcie umieszczania próbek krwi moc kermi tkankowej wynosiła $577 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$. Udział kermi od promieniowania gamma w kermie całkowitej był dominujący i wynosił 92%. Udział kermi od promieniowania neutronowego wynosił zatem 8% kermi całkowitej. W wiązce neutronów kanału H8 najczęściej było neutronów termicznych (86,1%) o energiach do 0,1 eV. Neutrony epitermiczne o energiach w zakresie 0,1 eV – 1 MeV i neutrony prędkie o energiach powyżej 1 MeV stanowiły odpowiednio 9,7% oraz 4,2%.

Wartość RIQ w badanej wiązce kanału H8 wynosiła $1.87 \pm 0,7$, a w wiązce neutronów $12 \pm 0,5$. RIQ dla fotonów gamma z definicji wynosi 1. Rekombinacyjny wskaźnik jakości promieniowania jest wielkością bezpośrednio związaną z fizycznym oddziaływaniem promieniowania na organizm człowieka. Jest bowiem oparty na zjawisku rekombinacji jonów w gazach równoważnych tkance, a wielkość mierzona, czyli prąd nasycenia komory, jest związana bezpośrednio z lokalną gęstością jonizacji, która jest mała w przypadku

pierwotnych i wtórnych cząstek naładowanych o niskim liniowym przekazywaniu energii w ośrodku (LET) i duża w przypadku cząstek o wysokim LET.

Wyniki

Materiał do badań stanowiły limfocyty krwi obwodowej sześciu dawców napromienione w mieszanym polu reaktora MARIA dawkami 0,1 Gy, 0,25 Gy, 0,5 Gy, 0,75 Gy, 0,9 Gy, 1,5 Gy i 2,0 Gy. W wyniku przeprowadzonej analizy dicentryków otrzymano ciąg wyników eksperymentalnych, do którego dopasowana została oczekiwana krzywa trendu. Ze względu na 92% udział promieniowania gamma w dawce pochłoniętej, uzyskane wyniki opisywała liniowo-kwadratowa zależność dawka-skutek ($Y=c+\alpha D+\beta D^2$). W celu wyznaczenia liczbowych wartości parametrów krzywej dawka-skutek posłużono się metodą estymacji parametrycznej, nazywaną metodą największej wiarygodności oraz programem komputerowym CABAS (Chromosomal Aberrations Calculation Software). W jej wyniku otrzymano następującą zależność dawka-skutek dla indukcji dicentryków w limfocytach napromienianych *in vitro* w polu promieniowania n + γ :

$$Y = (0,001 \pm 0,0005) + (0,038 \pm 0,004)D + (0,048 \pm 0,003)D^2$$

Zależność dawka-skutek dla indukcji dicentryków przez fotonową składową pola promieniowania reaktora MARIA była liniową funkcją dawki od neutronów o współczynniku $\alpha \pm SD$ równym $0,354 \pm 0,029$.

Do wyznaczenia granicznej, maksymalnej wartości RBE mieszanego promieniowania n + γ

oraz jego składowej neutronowej wykorzystano wartości współczynników α odpowiednich zależności dawka-skutek ($RBE_M = \alpha/\alpha_X$). Promieniowaniem referencyjnym było promieniowanie X o energii 122 keV. Do opracowania zależność dawka-skutek dla promieniowania X również użyte zostały limfocyty 6 różnych dawców. Współczynnik α dla tej krzywej miał wartość $0,036 \pm 0,003$ dicentryków na komórkę na Gy^{-1} . Zatem wartości RBE_M dla mieszanego promieniowania n + γ oraz samych neutronów wynosiły odpowiednio $1,12 \pm 0,22$ i $10,41 \pm 1,7$.

Otrzymane wartości RBE były bardzo zbliżone do wartości RIQ dla mieszanej wiązki reaktora MARIA $1,87 \pm 0,7$ i wiązki neutronów $12 \pm 0,5$.

Wnioski

Maksymalna skuteczność biologiczna małych dawek promieniowania (RBE_M) o różnych wartościach LET do indukcji dicentryków w limfocytach obwodowych człowieka okazała się być bardzo dobrym wskaźnikiem względnej skuteczności biologicznej neutronów. Otrzymane wartości RBE_M są bardzo zbliżone do wartości rekombinacyjnego wskaźnika jakości promieniowania (RIQ), który jest najczęściej używany do oceny współczynnika jakości promieniowania (Q) i równoważnika dawki dla mieszanego promieniowania n + γ . Przedstawiona metodologia oceny maksymalnej skuteczności biologicznej (RBE_M) wiązki reaktora jądrowego i jego neutronowej składowej może okazać się przydatna do oceny skuteczności biologicznej terapeutycznych wiązek neutronów oraz wiązek neutronów wykorzystywanych w terapii borowo-neutronowej.

Zbadanie zależności dawka-skutek dla chromosomów dicentrycznych indukowanych *in vitro* przez monoenergetyczne protony w poszerzonym piku Bragga

M. Kowalska

Wprowadzenie

Terapia protonowa jest nieinwazyjną metodą leczenia głęboko usytuowanych guzów nowotworowych. Wykorzystanie wysokoenergetycznych protonów do napromieniania komórek nowotworowych podyktowane jest dobrą znajomością ich zasięgu w tkance oraz odmiennym niż w przypadku słabo jonizujących fotonów X i γ przebiegiem zależności energii wiązki od głębokości penetracji w tkance, charakteryzującym się powstawaniem piku Bragga. Dzięki zasięgowemu oddziaływaniu protonów z materią, maksymalna dawka pochłonięta występuje w piku Bragga, spadając do zera zaraz za pikiem. Oznacza to, że protony dostarczone na docelową głębokość w ciele pacjenta niszczą tkankę nowotworową, oszczędzając zdrowe tkanki otaczające guz nowotworowy. Na tym właśnie polega przewaga terapii protonowej nad konwencjonalną radioterapią rentgenowską.

Lokalizacja piku Bragga oraz jego wysokość zależy od początkowej energii protonu. Dla protonów o energii 50 – 70 MeV pik ten tworzy się na głębokości ok. 30 mm, która odpowiada średnicy gałki ocznej. Jednakową dawkę w całej napromienionej objętości guza nowotworowego uzyskuje się dzięki sumowaniu serii pojedynczych pików Bragga dla wiązek o odpowiednio zmniejszonej energii. Technika ta nazywana jest rozproszaniem piku Bragga (spread out Bragg peak – SOBP).

W ramach zrealizowanego zadania badawczego zbadano zależność dawka-skutek dla indukcji chromosomów dicentrycznych w ludzkich limfocytach krwi obwodowej napromienionych

in vitro przez protony o energii 60 – 70 MeV. Protony pochodziły z cyklotronu Proteus C235 w Centrum Cyklotronowym Bronowice (CCB). Wiązki protonów o tej energii stosowane są do leczenia nowotworów oka. Parametry wiązki protonowej, wytwarzanej w tym cyklotronie, pozwalają na napromienienie guzów zlokalizowanych w dowolnym miejscu wewnątrz gałki ocznej.

W czasie napromieniania, próbki pełnej krwi obwodowej, o objętości 2 ml, znajdowały się w probówkach typu Eppendorff, umieszczonych w fantomie wykonanym z polimetylu metaacrylatowego (PMMA). Fantom był w taki sposób usytuowany w izocentrum stanowiska do radioterapii, że środek próbki znajdował się w połowie rozproszanego piku Bragga. Próbki były napromieniane dawkami: 0,25; 0,5; 0,75; 1; 2 i 4 [Gy]. Moc dawki w czasie napromieniania wynosiła $0,07 \text{ Gy}\cdot\text{s}^{-1}$. Napromienianie odbywało się w temperaturze pokojowej. Próbkę porównawczą stanowiły nie-napromienione limfocyty obwodowe tej samej osoby.

Hodowla limfocytów oraz przygotowanie preparatów chromosomowych odbywały się zgodnie z ogólnie akceptowaną procedurą analizy aberracji chromosomowych w limfocytach krwi obwodowej. Preparaty chromosomowe z napromienionych różnymi dawkami limfocytów były barwione roztworem barwnika Giemzy i analizowane ręcznie, przy powiększeniu 1000 x, za pomocą mikroskopu świetlnego Nikon Exlipse 2000. W wyniku przeprowadzonej analizy chromosomów dicentrycznych otrzymano ciąg wyników, do którego została dopasowana oczekiwana krzywa trendu dawka-skutek.

Wyniki

Uzyskane wyniki analizy chromosomów dicentrycznych najlepiej opisywała liniowo-kwadratowa zależność dawka-skutek:

$$Y = C + \alpha D + \beta D^2$$

gdzie Y oznacza obserwowaną częstość dicentryków na komórkę, D – dawkę od protonów, zaś C – spontaniczną częstość dicentryków w próbce kontrolnej. Zgodnie z mikrodozymetrycznym modelem indukcji dicentrycznych aberracji chromosomowych, liniowy człon równania dawka-skutek opisuje częstość dicentryków powstających w wyniku przejścia przez jądro komórki jednego protonu, a człon kwadratowy – częstość dicentryków powstających w wyniku przejścia dwóch różnych protonów. Dla limfocytów napromieniowanych *in vitro* w obszarze rozproszonego piku Bragga, wyznaczone wartości współczynników zależności dawka-skutek są następujące: $C = 0,0010 \pm 0,0004$, $\alpha = 0,054 \pm 0,004 \text{ Gy}^{-1}$ i $\beta = 0,024 \pm 0,001 \text{ Gy}^{-2}$. Dla porównania wartości liniowych i kwadratowych współczynników dla dicentryków indukowanych *in vitro* przez fotony X o energii 122 keV wynoszą, odpowiednio, $\alpha = 0,040 \pm 0,003 \text{ Gy}^{-1}$ i $\beta = 0,064 \pm 0,004$. Obserwowane różnice między wartościami współczynników α dla protonów i promieniowania X pokazują, że wysokoenergetyczne protony są bardziej skuteczne niż fotony w indukcji dicentrycznych aberracji chromosomowych w limfocytach krwi człowieka.

W celu określenia skuteczności protonów w indukcji aberracji chromosomowych w prawidłowych komórkach ludzkich posłużono się parametrem określanym jako względna skuteczność biologiczna (ang. relative biological effectiveness, RBE). RBE jest stosunkiem dawek pochłoniętych dwóch różnych rodzajów promieniowania, które wywołują taki sam skutek biologiczny. Promieniowaniem odniesienia jest najczęściej promieniowanie X. Powód, dla którego wartość RBE zależy od rodzaju promieniowania, leży w różnym liniowym przekazywaniu energii (ang. linear energy transfer, LET) promieniowania. RBE nie jest jednak wielkością stałą i zależy od wielu parametrów fizycznych (rodzaj cząstki, energia, LET, frakcjonowanie dawki) oraz biologicznych (typ komórki, faza cyklu komórkowego, utlenianie). Wartość RBE wzrasta w miarę redukcji wartości

dawki, osiągając maksimum w obszarze bardzo małych dawek. Do wyznaczenia granicznej, maksymalnej wartości RBE protonów wykorzystuje się wartości liniowych współczynników zależności dawka-skutek ($\text{RBE}_M = \alpha_P / \alpha_X$) dla indukcji dicentryków przez protony i promieniowanie X. Współczynnik α jest bezpośrednio związanym z depozycją energii cząstki w objętości porównywalnej z objętością jądra komórkowego. Wartość RBE_M odzwierciedla zatem mikrodozymetryczne właściwości cząstek danego typu. Dla badanej wiązki protonów wartość RBE_M została oszacowana na $1,35 \pm 0,20$. Wynik ten pokazuje, że protony w rejonie piku Bragga są bardziej skuteczne w indukcji aberracji chromosomowych niż fotony promieniowania X.

Na poziomie komórkowym powodem większej skuteczności biologicznej protonów jest deponowanie maksymalnej ilości energii na końcu jego toru w tkance (lub innym ośrodku pochłaniającym). W obszarze piku Bragga początkowa, niska wartość LET protonów ($\sim 0,4 \text{ keV} \cdot \mu\text{m}^{-1}$) wzrasta do ok. $100 \text{ keV} \cdot \mu\text{m}^{-1}$. Przy tej wartości strat energii odległość między zjonizowanymi atomami jest porównywalna ze średnicą helisy DNA, co skutkuje gwałtownym wzrostem ilości pęknięć obu nici DNA (ang. double strand breaks, DSBs).

Główną przyczyną powstawania dicentrycznych aberracji chromosomowych w napromienionych komórkach ludzkich jest błędna naprawa DNA DSBs. Chromosomy dicentryczne mogą powstawać także na skutek błędnej naprawy uszkodzonych zasad azotowych. Do powstania dicentryka konieczne są dwa uszkodzenia DNA, po jednym w każdym nie-duplikowanym chromosomie, który zawiera jedną podwójną helisę DNA. Oprócz DSBs protony wywołują także pojedyncze uszkodzenia zasady oraz pęknięcia pojedynczej nici DNA. Jednak najważniejsze jest tworzenie się obszarów z wieloma różnymi uszkodzeniami na obu przeciwległych niciach DNA. Obserwuje się dwa rodzaje takich klastrów (ang. cluster region). Pierwszy rodzaj zawiera głównie pęknięcie obu nici DNA oraz miejsca pozbawione zasad azotowych. Natomiast drugi rodzaj klastrów składa się głównie z utlenionych zasad azotowych. Powstawanie klastrów uważa się za główną przyczynę letalnych i mutagennych skutków działania protonów na komórki organizm człowieka, wyjaśniając tym

samym większą skuteczność biologiczną protonów w porównaniu do fotonów. Podwyższona biologiczna skuteczność wiązki protonów przy końcu toru w objętości guza nowotworowego, stanowi kolejną zaletę terapii protonowej w porównaniu do konwencjonalnej radioterapii rentgenowskiej.

Ze względu na wysoką, początkową energię, wiązki rozpędzonych protonów zaliczane są do promieniowania o niskim LET. Uzyskane wyniki pokazują jednak, że w obszarze piku Bragga mechanizmy biologicznego działania protonów różnią się od mechanizmów biologicznego działania fotonów promieniowania X. Jest to zgodne z nowym paradygmatem radiobiologii, według którego przyspieszane do wysokich energii protony nie powinny być dłużej uważane za podobne do fotonów o porównywalnym LET.

Wnioski

Otrzymane wyniki posiadają głównie wysoką wartość poznawczą w zakresie oddziaływania wysokoenergetycznych protonów z limfocytami krwi obwodowej człowieka. Jednak test dicentryczny i opracowana in vitro krzywa dawka-skutek dla indukcji dicentryków przez terapeutyczną wiązkę protonów może służyć do oceny niezamierzonego podania dawek zdrowym tkankom po bliższej stronie rejonu guza. Taka informacja jest szczególnie ważna w przypadku leczenia dzieci, ze względu na ich wysokie ryzyko pojawienia się drugorzędowych nowotworów oraz wystąpienia ostrych odczynów popromiennych w postaci nudności, osłabienia oraz spadku liczby komórek krwi obwodowej.

Opracowanie metody wyznaczania neutronowej i fotonowej składowej dawki promieniowania mieszanego $n+\gamma$ za pomocą statystyki Bayesowskiej

I. Pacyniak, M. Kowalska

Promieniowanie jonizujące pochodzące z reaktorów jądrowych jest promieniowaniem mieszanym i najczęściej obejmuje promieniowanie neutronowe i gamma, $n + \gamma$. Te dwa typy promieniowania mają zupełnie inną naturę oraz skuteczność biologiczną. W przypadku napromieniowania osób mających do czynienia z tego rodzaju mieszanym promieniowaniem ważne jest więc oszacowanie nie tylko całkowitej dawki pochłoniętej, ale także neutronowej i fotonowej składowej.

Do wyznaczenia dawki pochłoniętej u przypadkowo narażonej osoby w sytuacji braku dozymetru osobistego lub braku możliwości wykonania pomiarów fizycznych, najpowszechniej wykorzystuje się cytogenetyczną dozymetrię biologiczną [1, 2, 3]. Polega ona na oznaczeniu częstości występowania chromosomów dicentrycznych w limfocytach krwi obwodowej napromieniowanej osoby. Obserwowana częstość dicentryków jest następnie przekształcana na wartość dawki pochłoniętej, przy użyciu współczynników dopasowania krzywych dawka-skutek, wyznaczonych drogą *in vitro* dla poszczególnych rodzajów promieniowania. Oszacowanie częstości dicentryków pochodzących oddzielnie od promieniowania neutronowego i od fotonowego jest możliwe przy użyciu tzw. metody iteracyjnej [1, 2, 3], która może być stosowana tylko wtedy, kiedy znany jest z pomiarów fizycznych stosunek dawki od neutronów i kwantów gamma, $\rho = D_n/D_\gamma$. W przypadku braku takiej wiedzy skutecznym narzędziem do obliczenia dawek okazała się być statystyka Bayesowska, co wykazali w swojej pracy Brame i Groer [4, 5]. Statystyka Bayesowska zakłada przyjęcie rozkładu prawdopodobieństwa, tzw. *prioru*, na wielkość, która nie jest precyzyjnie znana z doświadczenia, w tym przypadku jest to stosunek dawek od obu składowych. Gdy stosunek dawki od neutronów

i kwantów gamma jest znany, opisujący go rozkład prawdopodobieństwa określa się jako informatywny. Natomiast kiedy nie ma żadnych wskazań, co do wartości stosunku składowych dawki całkowitej, wówczas prior nazywany jest nieinformatywnym, ponieważ niesie tylko bardzo ogólne założenia dotyczące rozważanego parametru. Zastosowanie priorów informatywnych do obliczeń składowych dawki pochłoniętej od promieniowania $n + \gamma$, bardzo dobrze odzwierciedla rzeczywiste wartości dawek. Prior wyrażony rozkładem Gaussa, Beta, czy Gamma ze znaną wartością oczekiwaną parametru, daje wyniki porównywalne z wynikami otrzymanymi metodą iteracyjną. Jak się jednak okazuje, także mniej precyzyjne priory nieinformatywne, mogą dawać bardzo dobre wyniki [6].

Literatura

- [1] IAEA, *Cytogenetic Dosimetry: Applications in preparedness for and response to radiation emergencies*, Vienna, 2011.
- [2] M. Szłuińska, A. A. Edwards, D. C. Lloyd, *Chromosomal Alterations: Statistical Methods for Biological Dosimetry*, Springer Berlin Heidelberg: 351 – 370, 2007.
- [3] M. Kowalska, *Symetryczne aberracje chromosomowe jako biologiczny dozymetr promieniowania jonizującego*, Postępy Techniki Jądrowej, tom 45, zeszyt.1, str. 33-41, Warszawa, 2002.
- [4] R. S. Brame, P.G Groer, *Bayesian methods for chromosome dosimetry following a criticality accident*, Radiation Protection Dosimetry 104: 61-63, 2003.
- [5] K. W. Fornalski, *Alternative statistical methods for cytogenetic radiation biological dosimetry*, Cornell University Library, arXiv.org/abs/1412.2048, 2014.

[6] I. Pacyniak, M. Kowalska, *Zastosowanie statystyki Bayesowskiej w dozymetrii biologicznej promieniowania mieszanego $n + \gamma$* . A. Bartłomiejczyk (red.), *Metody matematyczne*

w zastosowaniach 3 (s. 157-185). Gdańsk: Centrum Zastosowań Matematyki, Politechnika Gdańska, 2015.

Opracowanie metody dopasowania krzywych do punktów pomiarowych za pomocą statystyki Bayesowskiej – zastosowanie w dozymetrii biologicznej

I. Pacyniak, M. Kowalska

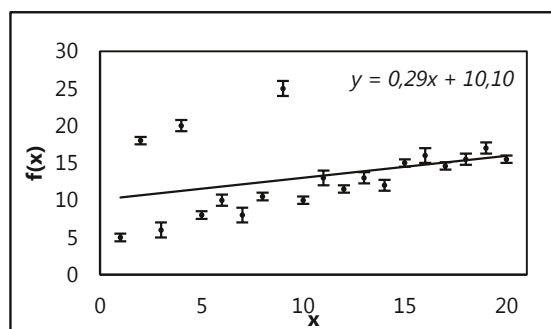
W analizie danych najpowszechniej wykorzystywaną metodą dopasowania krzywych do punktów doświadczalnych jest metoda najmniejszych kwadratów χ^2 , która jednak, jak udowodniono eksperymentalnie [1], nie zawsze dobrze się sprawdza. W przypadku danych zawierających wybicia, tzw. *outliers* lub też punkty o znacznym rozmyciu, metoda najmniejszych kwadratów nie odzwierciedla rzeczywistego trendu. W takich sytuacjach dużo lepsze dopasowanie krzywych teoretycznych umożliwia analiza Bayesowska, która jest odporna (ang. *robust*) na punkty znacznie odbiegające od średniej, jak i niedokładności modeli probabilistycznych zjawisk losowych [2]. Metoda Bayesowska pozwala na wyznaczenie krzywej, która odzwierciedla rzeczywisty trend punktów doświadczalnych, pomijając w analizie wybicia, które są mniejszością. W przypadku braku punktów odstających metoda bayesowska jest porównywalna z tradycyjnie stosowaną metodą najmniejszych kwadratów.

Analiza Bayesowska umożliwia także dokonanie wyboru najbardziej prawdopodobnego modelu krzywej [1, 2]. Kiedy punkty doświadczalne na wykresie wyraźnie wykazują określoną zależność i łatwo określić, czy układają się one w linię prostą, czy np. w parabolę, wówczas wystarczy zastosować odpowiedni model do wyznaczenia współczynników krzywej. Natomiast jeśli nie można założyć z góry kształtu krzywej teoretycznej, ponieważ obie możliwości wydają się pasować, wówczas metoda Bayesowska pozwala na określenie bardziej prawdopodobnego modelu, przez porównanie ich wiarygodności [2].

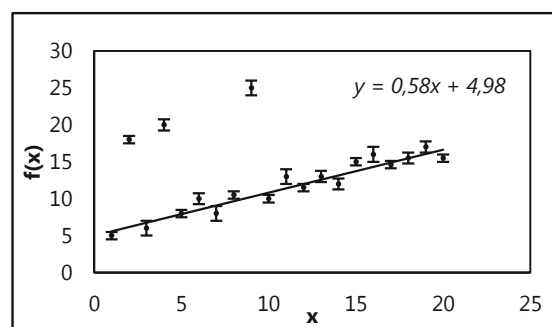
W przykładzie poniżej przedstawiono dopasowanie krzywych metodą najmniejszych kwadratów (Rysunek 1) oraz Bayesowską (Rysunek 2) do wysymulowanych punktów doświadczalnych.

Analizując rysunki można stwierdzić, że metoda MNK nie odzwierciedla rzeczywistego trendu

danych, przez wyraźne uwzględnienie punktów wybitych. Metoda bayesowska nie uwzględnia w dopasowaniu punktów znacznie odstających od średniej, przypisując im bardzo małe wagi, wobec czego odzwierciedla rzeczywisty trend pozostałych punktów.



Rysunek 1. Wynik dopasowania krzywej MNK.



Rysunek 2. Wynik dopasowania krzywej metodą Bayesowską.

Literatura

- [1] K. W. Fornalski, *Zastosowanie twierdzenia Bayesa do analizy niepewnych danych doświadczalnych*, Postępy Fizyki, tom 61, zeszyt 5, rok 2010, str. 178-192
- [2] Fornalski K. W. *Applications of the robust Bayesian regression analysis*. International Journal of Society Systems Science, 7(4): 314 – 333, 2015.

Opracowanie i wdrożenie systemu kontroli i zapewnienia jakości metod dozymetrii promieniowania gamma i beta – Secondary Standard Dosimetry Laboratory w CLOR

K. Szewczak

W ramach zrealizowanych prac w roku 2013 została rozszerzona działalność LWPDiR o procedury w zakresie wzorcowania przyrządów pomiarowych stosowanych do określenia mocy dawki i dawki oraz detektorów pasywnych wzorcowymi dawkami promieniowania beta oraz promieniowania mieszanego. Procedura ta została włączona do zakresu akredytacji Laboratorium po pozytywnym audycie zewnętrznym przeprowadzonym przez Polskie Centrum Akredytacji. W celu rozszerzenia akredytacji Laboratorium uczestniczyło w porównaniach międzylaboratoryjnych w zakresie promieniowania beta. Uzyskano pozytywny wynik porównania, $En < 1$. Na stanowisku kalibracyjnym Beta Secondary Standard 2 wykorzystywane są dwa źródła β -promieniotwórcze ^{90}Sr oraz ^{85}Kr .

Laboratorium w ramach zaplanowanych prac zorganizowało porównania międzylaboratoryjne

dla laboratoriów wzorcujących w zakresie promieniowania gamma. W porównaniach wzięto udział trzech uczestników z Polski. Porównania polegały na określeniu współczynnika wzorcowania przyrządu podróującego którym był radiometr FH40G. Wzorcowanie odbywało się w wiązce promieniowania gamma od źródła ^{137}Cs w zakresie mocy przestrzennego równoważnika dawki od 1 do $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. Kryterium oceny była liczba En , przy czym za pozytywny wynik przyjęto otrzymanie liczby $En < 1$. Wszyscy uczestnicy uzyskali pozytywny wynik porównań. Wartość liczby En wynosiła od 0,17 do 0,55.

Finansowanie

Praca została zrealizowana w ramach projektu NCBiR 6 Etap 14.

Ocena narażenia radiologicznego w badaniach fuzyjnych na układzie PF-1000

K. Szewczak

Zaprezentowane zostały wyniki oceny narażenia na promieniowanie jonizujące osób uczestniczących w pracach eksperymentalnych prowadzonych dotychczas na kładzie PF-1000 wykorzystując specjalnie opracowane metody dozymetryczne. Z punktu widzenia ochrony radiologicznej, układ traktowany jest jako źródło wysokoenergetycznego promieniowania neutronowego oraz elektromagnetycznego, ponieważ tylko takie promieniowanie może przenikać przez ścianę komory próżniowej układu.

Rozprawa omawia problem narażenia personelu w trakcie wyładowań plazmowych oraz w okresie pomiędzy sesjami eksperymentalnymi. Dokonano rozgraniczenia na promieniowanie pierwotne, które pojawia się w trakcie wyładowania oraz wtórne, które jest emitowane w okresie pomiędzy sesjami eksperymentalnymi. Promieniowanie wtórne emitowane jest przez pierwiastki promieniotwórcze,

które powstają w wyniku neutronowej aktywacji materiału konstrukcyjnego komory próżniowej. Ocenę narażenia na promieniowanie pierwotne przeprowadzono na podstawie pomiarów dozymetrycznych zrealizowanych zgodnie z opracowaną metodyką. Wpływ promieniowania wtórnego oceniono na podstawie obliczeń aktywności nuklidów powstających w procesie aktywacji. Niezależne pomiary pierwotnego promieniowania elektromagnetycznego i neutronów przeprowadzono w czterech punktach referencyjnych. Pomiary promieniowania elektromagnetycznego przeprowadzone zostały dwoma metodami: aktywną i pasywną. Pomiary składowej neutronowej wykonano tylko przy użyciu metody aktywnej. Otrzymane wyniki odniesione zostały do limitu dawki określonego w zezwoleniu wydanym przez Państwową Agencję Atomistyki.

Wpływ przechowywania węgla opałowego na stężenie radonu w powietrzu w domach

Z. Jarosz, K. Szewczak

Powszechnie znanym faktem jest, że w kopalniach węgla występują duże stężenia radonu i produktów jego rozpadu. Jest to głównie spowodowane obecnością naturalnych pierwiastków promieniotwórczych, zwłaszcza uranu i radu. Ponadto zaobserwowano, że podczas spalania węgla uwalniane są znaczne ilości radonu.

Najnowsze badania wskazują że temperatura otoczenia ma wpływ na ilość uwalnianego radonu z węgla. W trakcie ogrzewania węgla ilość uwalnianego radonu zwiększa się kilkakrotnie. Dotychczas przeprowadzono liczne pomiary dotyczące stężenia radonu w domach, piwnicach,

kopalniach, jaskiniach, itd., mało jest natomiast informacji o naturalnym uwalnianiu radonu z węgla.

Celem projektu było zbadanie stężenia radonu w pomieszczeniach, gdzie przechowywany jest węgiel stosowany do celów opałowych.

Do badań wykorzystano pasywne metody pomiaru radonu: detektory PicoRad z węglem aktywnym oraz detektory śladowe CR-39.

Detektory umieszczano na odpowiednio długi czas w pomieszczeniach domów jednorodzinnych, w pobliżu miejsc przechowywania i spalania węgla. Badania przeprowadzone były w dwóch lokalizacjach w Polsce.

Ocena ryzyka narażenia pracowników oraz osób z ogółu ludności na działanie promieniowania jonizującego przy zastosowaniu aparatów RTG do celów weterynaryjnych

K. Wołoszczuk, D. Aksamit, H. Will

Wprowadzenie

Celem proponowanego projektu było określenie ryzyka jakie może wynikać z działalności weterynaryjnych pracowni CT, zarówno badanie indywidualnego narażenia na promieniowanie jonizujące wśród weterynarzy oraz personelu technicznego wykonującego ekspozycje, jak wykonanie pomiarów rozkładu wiązki promieniowania w pomieszczeniach, w których wykonywane są ekspozycje w celu potwierdzenia braku narażenia osób z ogółu ludności.

Wyniki

Objęto kontrolą dawek indywidualnych lekarzy weterynarii dwóch warszawskich klinik weterynaryjnych wyposażonych w tomografy komputerowe. Do wyznaczenia indywidualnych równoważników dawek wykorzystano dozymetry termoluminescencyjne (TLD) pierścinkowe i na całe ciało, umożliwiające pomiary dawek od promieniowania rentgenowskiego w zakresie od 0,1 mSv do 2 Sv w zakresie energii powyżej 30 keV co odpowiada zakresom energii wytwarzanym przez aparaty rentgenowskie wykorzystywane w weterynarii. Dodatkowo w każdej przychodni weterynaryjnej objętej kontrolą umieszczono dozymetry środowiskowe umożliwiające pomiar rozkładu dawki.

Wykonano dwa trzymiesięczne pomiary indywidualnego równoważnika dawki powierzchniowej Hp(0,07) i indywidualnego równoważnika dawki głębokiej Hp(10). Zgromadzono dane na temat tomografów komputerowych wykorzystywanych w pracowniach, znajomość zasad ochrony radiologicznej oraz opinię weterynarzy na temat obowiązujących ich zasad pracy z CT.

Wnioski

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że zdecydowana większość dawek otrzymanych przez personel była na poziomie naturalnego tła promieniowania jonizującego.

Wyniki uzyskane w czasie wykonywanych badań wykorzystane zostały do dyskusji z Państwową Agencją Atomistyki na temat przestrzegania zasad ochrony radiologicznej w pracowniach weterynaryjnych i luk prawnych dotyczących tematu weterynarzy w obowiązującej ustawie Prawo atomowe.

Wykonawcy badań są w trakcie pisania artykułu „*Assessment of occupational radiation exposure from X-ray unit's and CT in veterinary clinics*” bazującego na uzyskanych wynikach. Planowane jest zgłoszenie artykułu do czasopisma o tematyce związanej z ochroną radiologiczną.

Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych dla potrzeb ochrony radiologicznej w 2014 roku

K. Wołoszczuk, A. Wiśniewski

W 2014 roku Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych otrzymało 719 zleceń na wywzorcowanie ponad 50-ciu typów przyrządów. Wystawiono:

- przeprowadzono 272 wzorcowań przyrządów z licznikami wewnętrznymi i sondami do pomiarów skażeń powierzchniowych promieniowania α i β ;
- sporządzono 22 protokołów niezdatności;
- 586 wzorcowań przyrządów dozymetrycznych na moc dawki promieniowania gamma;
- 76 wzorcowań przyrządów dozymetrycznych dla promieniowania X;
- 12 wzorcowań na stanowisku radonowym;
- 9 wzorcowań na stanowisku neutronowym;

- 1 wzorcowanie na stanowisku kalibracyjnym beta.

Najczęściej wzorcowanymi:

- miernikami mocy dawki były: RK-67, EKO-C i RKP-1;
 - dawkomierzami indywidualnymi były: ISOTRAK i Pm 1203;
 - przyrządami posiadającymi komorę jonizacyjną były: EKO-K, RGD i VICTOREEN;
 - przyrządami posiadającymi licznik proporcjonalny były mierniki typu FH;
 - sondą licznikiem scyntylacyjnym była SSA-1P.
- Około 80% przyrządów wzorcowanych w LWPDiR wyposażone były w licznik Geigera-Müllera.

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

K. Wołoszczuk, R. Czekała

Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych funkcjonuje w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej od 1967 r., kiedy to zostało upoważnione przez prezesa CUJM do kalibracji dawkomierzy stosowanych w ochronie radiologicznej. W latach 1995 – 1999, została zrealizowana inwestycja pt. „Modernizacja Laboratorium Wzorcowania dla uzyskania poziomu Dozymetrycznego Laboratorium Wzorców Wtórnych”, która umożliwiła spełnienie wymagań określonych dla Dozymetrycznych Laboratoriów Wzorców Wtórnych działających w sieci Secondary Standard Dosimetry Laboratories (SSDL) pod auspicjami IAEA/WHO.

W 2003 roku Laboratorium uzyskuje Certyfikat Akredytacji Laboratorium Wzorcującego Nr AP 057 potwierdzony przez Polskie Centrum Akredytacji. Od tego czasu wykonuje wzorcowania 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.

Jest to jedyne w Polsce laboratorium wzorcujące o tak szerokim zakresie oferowanych usług pomiarowych.

Laboratorium jest akredytowane przez Polskie Centrum Akredytacji w trzech poddziedzinach:

18.01 Wielkości dozymetryczne

- promieniowanie gamma (źródła ^{137}Cs , ^{60}Co i ^{241}Am)
- promieniowanie beta ($^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{85}Kr)
- promieniowanie X (seria widm wąskich N-40 do N-250)

18.02 Powierzchniowa emisja promieniowania

- źródło alfa-promieniotwórcze – ^{241}Am
- źródła betapromieniotwórcze – ^{90}Sr , ^{14}C , ^{36}Cl

18.03 Pomiary radonu

- stężenie radonu
- stężenie energii potencjalnej alfa

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 α produktów rozpadu radonu. Laboratorium prowadzi również prace w zakresie napromieniania wzorcowymi dawkami pasywnych dawkomierzy – filmowych i termoluminescencyjnych (TLD).

Laboratorium wyposażone jest w nowoczesne stanowiska kalibracyjne promieniowania X, gamma, beta, skażeń powierzchniowych oraz największą w Polsce komorę radonową, umożliwiającą wzorowanie instrumentów radonowych.

Stanowisko Kalibracyjne Gamma

Możliwość wzorcowania w zakresie mocy dawki i dawki, w trzech widmach promieniowania gamma:

- ^{241}Am (59,54 keV) – zakres pomiarowy $0,5 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ – $20 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$
- ^{137}Cs (662 keV) – zakres pomiarowy $0,5 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ – $100 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$
- ^{60}Co (1250 keV) – zakres pomiarowy $0,5 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ – $5 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$

Stanowisko Kalibracyjne RTG

Stanowisko wyposażone w układ umożliwiający wytwarzanie skolimowanej wiązki promieniowania X przy napięciach od 40 do 250 kV. Możliwość generowania wiązek serii widm wąskich zgodnych z normą PN-ISO 4037:1 od N-40 do N-250.

Stanowisko Kalibracyjne Skażeń Powierzchniowych

Stanowisko wyposażone jest w zestaw wzorcowych źródeł powierzchniowych promieniowania: alfa ^{241}Am i beta ^{14}C , ^{36}Cl , ^{90}Sr o wymiarze 100 cm x 150 cm. Wartości odniesienia wyznaczone zostały w Deutscher Kalibrierdienst (DKD/Niemcy).

Stanowisko Kalibracyjne Radonowe

LWPDiR wyposażone jest w nowoczesną radonową komorę kalibracyjną, która daje możliwość wytwarzania wzorcowych wartości stężeń radonu oraz jego produktów rozpadu, pozwala również określić rozkład wielkości aerozoli będących nośnikami pochodnych radonu. Dzięki temu możliwe jest poprawne oszacowanie dawki efektywnej od promieniowania α radonu na układ oddechowy.

Radonowe stanowisko kalibracyjne jest komorą klimatyczną pozwalającą na automatyczne sterowanie temperaturą w granicach od -30°C do $+60^{\circ}\text{C}$ i wilgotnością względną w granicach od 10% do 95%. Stwarza to możliwość wzorcowania przyrządów i metod w różnych warunkach klimatycznych i badanie wpływu tych warunków na ich funkcjonowanie.

Komora ma objętość $12,35\text{ m}^3$. Wewnętrzne powierzchnie komory ($33,9\text{ m}^2$) są przewodzące, wykonane z nierdzewnej stali, żeby nie sprzyjały gromadzeniu się ładunków elektrycznych i nie zwiększały w ten sposób zjawiska plateau (osadzanie się naładowanych produktów rozpadu radonu na powierzchniach). Daje to możliwość osiągnięcia większego zakresu stopnia równowagi promieniotwórczej między radonem i jego pochodnymi.

Objętość komory jest na tyle duża, żeby można było kalibrować jednocześnie wiele detektorów z węglem aktywowanym absorbującym radon lub kilka przyrządów opartych na aktywnych metodach pomiaru, tzn. wymagających przeciągania badanego powietrza przez filtr, z czym związany jest w ograniczonej objętości efekt czyszczenia atmosfery z produktów rozpadu. Komora wyposażona jest w system wentylacyjny z filtrami węglowymi, co daje możliwość uzyskania bardzo czystej pod względem zawartości radonu i aerozoli atmosfery wewnątrz komory.

Radon może być wprowadzany do komory z zewnątrz lub wewnątrz w zamkniętym obiegu,

przy użyciu jednym z dwóch atestowanych źródeł przepływowych radonu ($A=137\text{ kBq}$, $A=502,5\text{ kBq}$).

Komora radonowa może pełnić funkcję stanowiska wzorcowego zarówno w metrologii radonu i jego produktów rozpadu w różnych warunkach klimatycznych jak i, dzięki wyposażeniu w aparaturę aerozolową, w dozymetrii radonowej.

Stężenie radonu mierzone jest w sposób ciągły referencyjnym przyrządem AlphaGUARD firmy Genitron Instruments GmbH działającym na zasadzie dyfuzyjnej komory jonizacyjnej.

Stężenie energii potencjalnej α monitorowane jest za pomocą 3 przyrządów: WLx firmy Pylon, modułu Radon WL Meter firmy Thomson & Nielsen Electronics współpracującego z AlphaGUARD'em oraz australijskiego spektrometru średnic aktywnych aerozoli RPPSS-Mk2 produkcji ARPANSA. Spektrometr RPPSS oblicza ponadto współczynnik konwersji stężenia energii potencjalnej α na dawkę efektywną z uwzględnieniem rozkładu średnic w zakresie od 0,6 nm do 2494 nm. Daje też możliwość badania rozkładu aktywności w zależności od wielkości średnic aerozoli. Dodatkowo komora jest wyposażona w licznik neutralnych jąder kondensacji RICH 100 CN oraz generatory aerozoli.

Stanowisko Kalibracyjne Beta

Stanowisko wzorca wtórnego promieniowania beta BBS-2 (Beta Secondary Standard Type 2), wyposażone jest w zestaw dwóch źródeł objętych akredytacją: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (średnia energia promieniowania beta $E_{\beta} = 0,8\text{ MeV}$) oraz ^{85}Kr ($E_{\beta} = 0,24\text{ MeV}$).

Dodatkowo, poza zakresem akredytacji, posiadamy również źródło ^{141}Pm ($E_{\beta} = 0,06\text{ MeV}$).

Kalibracyjne Stanowisko Neutronowe

Stanowisko wyposażone w izotopowe źródło promieniowania neutronowego Am/Be. Emisja neutronów wynosi $1,1 \times 10^7\text{ n}\cdot\text{s}^{-1}$.

Wykaz procedur wzorcowania stosowanych w LWPDiR

QPP 1G – Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych z zastosowaniem promieniowania gamma.

QPP 3G – Napromienianie Wzorcowymi Dawkami Promieniowania Gamma Dawkomierzy Indywidualnych Filmowych i Termoluminescencyjnych.

QPP 1R – Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych z zastosowaniem promieniowania rentgenowskiego.

QPP 2R – Napromienianie wzorcowymi dawkami promieniowania rentgenowskiego dawkomierzy indywidualnych filmowych i termoluminescencyjnych.

QPP 2S – Wzorcowanie mierników i monitorów powierzchniowej emisji promieniowania emiterami alfa i beta.

QPP B – Wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych oraz napromienianie dawkomierzy

pasywnych i aktywnych z zastosowaniem promieniowania beta.

QPP 1WRn – Wzorcowanie przyrządów i ekspozowanie wzorcowymi stężeniami detektorów i przyrządów do pomiaru stężenia radonu w powietrzu.

QPP 2WRn – Wzorcowanie przyrządów do pomiaru stężenia energii potencjalnej α krótkożytych pochodnych radonu.

Sprawozdanie z seminarium Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych

A. Kudynowska

W dniu 08.04.2015 r. odbyło się seminarium pt. „Zapewnienie i utrzymanie systemu jakości w Laboratorium Wzorcowania Przyrządów Dozymetrycznych i Radonowych (LWPDiR) dla potrzeb ochrony radiologicznej” – część systemowa.

Temat referowała Pani A. Kudynowska. Omówione zostały następujące zagadnienia:

1. Struktura organizacyjna LWPDiR.
2. Personel LWPDiR.
3. Zakres akredytacji LWPDiR.
4. Dokumentacja LWPDiR.
5. Przegląd zarządzania.
6. Cele i zadania na okres 2013/2014 (omówienie realizacji) oraz na okres 2014/2015 (przygotowanie).
7. Wyniki Auditów wewnętrznych i zewnętrznych.
8. Informacje zwrotne od Klientów.
9. Realizacja szkoleń.
10. Ocena przez organizacje zewnętrzne – Polskie Centrum Akredytacji (PCA).
11. Silne strony i wskazanie obszarów do doskonalenia.

Na wstępie zaprezentowano strukturę organizacyjną 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, Opiekun stanowiska - w odniesieniu do pięciu stanowisk (Gamma, RTG, Radonu, Skażeń i Beta).

Odnosząc się do zagadnienia nr 2 stwierdzono, że w 2014 r. dokonano zmian personalnych w Laboratorium, w odniesieniu do roku poprzedniego. Funkcję Kierownika LWPDiR pełniła Pani mgr Katarzyna Wołoszczuk a jej zastępcą (do końca września) był Pan Krzysztof Ciupek, później funkcję tę przejął Pan Szewczak. Funkcję Kierownika ds. jakości (bez zmiany) pełniła Pani Alicja Kudynowska. Pani Wołoszczuk sprawowała również funkcję Kierownika technicznego (z-ca Pan

Szewczak). Z dniem 01.01.2014 odeszła Pani dr Magdalenę Piekarcz – opiekun st. Radonowego, do pracy na st. radonowym z dniem 01.03.2014 przyjęto Panią Zuzannę Jarosz. Laboratorium zatrudniło również pracownika wzorcującego z dn. 01.01.2014 – Panią Małgorzatę Andrzejewską. Zapisy dotyczące personelu potwierdzają kompetencje, przypisaną odpowiedzialność i uprawnienia.

W ramach 3 zagadnienia poinformowano, iż w dniu 23 – 24.06.2014 r. odbył się audit w nadzorze nr 1/AP-931/2014. Dotychczasowy zakres akredytacji AP 057 LWPDiR uległ zmianie. Dokonano rozszerzenia zakresu akredytacji w poddziedzinie 18.01 o przyrządy dozymetryczne do pomiaru promieniowania β ; dawkomierze TLD – według procedury QPP B a także uaktualniono zakres akredytacji.

Obowiązujący zakres akredytacji po zmianach, to wydanie nr 13 z dnia 01 października 2014 r. 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 doskonała”. W 2014 r. wprowadzono 15 wydanie Księgi Jakości oraz dokonano zmian w procedurach ogólnych, technicznych oraz formularzach.

W 2014 r. było utrzymywanych 18 procedur ogólnych, 6 procedur wzorcowania oraz 11 instrukcji technicznych, których wykaz znajduje się w załączniku 6.2 do KJ.

Bardzo szeroko omówionym zagadnieniem był „Przegląd zarządzania”, który został przeprowadzony w dniu 03.06.2014 r. zgodnie z procedurą QPO10, przez Dyrektora CLOR dr-a Pawła Krajewskiego, według Planu przeglądu zarządzania. Tematyką obejmował wszystkie elementy systemu zarządzania podane w wymaganiach normy.

Szczegółowo omówiono (zag. nr 6) „Cele i zadania na okres 2013/2014”, tj. 7 wyznaczonych

celów ze szczególnym uwzględnieniem przyczyny niezrealizowanych celów dla tych, których nie udało się zrealizować w ustalonym terminie.

Przypomniano, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2014/2015) 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 2013 – maj 2014 Laboratorium uzyskało od klientów 24 ankiety i przeprowadziło ich analizę.

WNIOSKI Z ANALIZY WYNIKÓW ANKIET

- Laboratorium spełnia potrzeby i oczekiwania swoich Klientów, czego dowodem jest fakt, że 100% ankietowanych wyraża swoją gotowość polecenia go innym Klientom.

- Czynniki najbardziej wpływającymi na zadowolenie Klientów są: miła atmosfera oraz obsługa podczas załatwiania spraw, doradztwo, fachowość, szybki czas realizacji, rzetelność, profesjonalizm, dobre wsparcie merytoryczne.

- Czynniki decydującymi o wyborze LWPDiR są: bardzo dobra współpraca, solidna i fachowa obsługa, renoma firmy, terminowość załatwiania spraw, doświadczenie, jakość, doradztwo merytoryczne.

Najwyższą notę LWPDiR otrzymało na za:

- jakość wykonywanych usług – 100% ankietowanych oceniło na 5 (w skali 1 – 5)
- wiedzę merytoryczną pracowników – 100%
- kompetencje i profesjonalizm pracowników – 100%
- terminowość załatwiania spraw – 100%

Nie było skarg i reklamacji.

Zaprezentowano realizację szkoleń w 2014 r., formułując następujące zapisy:

Potrzeby szkoleniowe zostały zidentyfikowane na podstawie prognoz i ustaleń z przeglądu zarządzania. Sporządzono plan szkoleń na 2014 r. jak również opracowano formularz dla szkoleń pozaplanowych. Zaplanowano i zrealizowano 10 szkoleń, w tym 2 zewnętrzne.

Udokumentowano 6 szkoleń pozaplanowych, które dotyczyły głównie nowo zatrudnionych pracowników.

Przedstawiono również wyniki auditów wewnętrznych i zewnętrznych:

- Audit wewnętrzny Nr 1/2014 z dnia 29.04.2014 – auditor: Małgorzata Adamowicz – nie stwierdzono niezgodności i nie odnotowano spostrzeżeń.

- Audit wewnętrzny Nr 2/2014 z dnia 30.04.2014 – auditor: Małgorzata Adamowicz – stwierdzono; 1N i 1 S.

Laboratorium zrealizowało działania korygujące w odniesieniu do stwierdzonej niezgodności, dokumentując to w KPIMDzK jak również przeprowadziło analizę i ocenę ryzyka w stosunku do udokumentowanego spostrzeżenia.

- Audit w nadzorze nr 1/AP-931/2014 z dnia 23-24.06.2014 – zespół oceniający: Elżbieta Krodkiewska-Skoczylas (auditor wiodący), Bogusław Michalik (ekspert techniczny)

- W raporcie audytora wiodącego odnotowano 1N i 4 spostrzeżenia. Niezgodność dotyczyła procedury QPP1N (omów. na aud. tech) natomiast 2 spostrzeżenia dot auditów (kryteria auditu, kryteria wyboru auditorów) a pozostałe 2 dot. protokołu z przeglądu zarządzania (prot. Z przeglądu wymaga doskonalenia, nie uwzględniono skarg Auditor techniczny odnotował 1 niezgodności i 6 spostrzeżeń.

- Podjęte działania zostaną omówione na seminarium z zakresu technicznego.

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

W dniu 23-24.06.2014 odbyła się ocena PCA, w ramach której zespół oceniający nie wskazał elementów wymagających zwrócenia szczególnej uwagi podczas następnej oceny. Wykazane zostały silne i słabe strony laboratorium.

Silne strony: zaangażowanie najwyższego kierownictwa, staranne utrzymywanie dokumentacji systemowej i prowadzonych zapisów, profesjonalizm pracowników podkreślony również w informacjach od klientów.

Słabe strony: zarządzanie programem auditów wewnętrznych.

Na zakończenie było zadane pytanie przez Panią Barbarę Rubel, które dotyczyło jednego ze spostrzeżeń. Referująca udzieliła na nie satysfakcjonującej odpowiedzi.

Sprawozdanie z seminarium Pracowni Dawek Indywidualnych i Środowiskowych

A. Kudynowska, H. Feder, H. Will

W dniu 18.04.2015 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 A. Kudynowska, a referowane zagadnienia to:

1. Struktura organizacyjna PDIŚ.
2. Personel PDIŚ.
3. Zakres akredytacji PDIŚ.
4. Dokumentacja laboratorium.
5. Przegląd zarządzania.
6. Cele i zadania na okres 2013/2014 (omówienie realizacji) oraz na okres 2014/2015 (plan).
7. Wyniki Auditów wewnętrznych/zewnętrznych.
8. Informacje zwrotne od Klientów
9. Realizacja szkoleń.
10. Ocena przez organizację 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 3 stanowisk: stanowisko kontroli dawek metodą TLD – st. nr 1, stanowisko monitoringu jodu – st. nr 2, stanowisko cytogenetycznej rekonstrukcji dawek – st. nr 3.

Odnosząc się do personelu PDIŚ stwierdzono, że w odniesieniu do roku poprzedniego, w 2014 r. dokonano zmian personalnych w Laboratorium. Funkcję Kierownika PDIŚ pełniła Pani mgr Grażyna Krajewska, a jej zastępcą był Pan Szewczak. Funkcję Kierownika ds. jakości pełniła Pani Alicja Kudynowska. Pan Kamil Szewczak pełnił również funkcję KLT.

Przyjęto nowy personel: został zatrudniony Pan Dariusz Aksamit – opiekun st. nr 1, a zarazem zastępca KLT, Pani Agata Wyszowska – prac.

wykonujący badania TLD na st. nr 1 oraz Pani Iwona Pacyniak – pracownik wykonujący badania na stanowisku nr 3.

Zapisy dotyczące personelu potwierdzają kompetencje, przypisaną odpowiedzialność i uprawnienia.

Co się tyczy zakresu akredytacji to 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.
- Tarczycza człowieka - Metoda spektrometrii gamma.
- Limfocyty krwi obwodowej człowieka – metoda cytogenetycznej dozymetrii biologicznej.

Dokumentacja PDIŚ jest na bieżąco nadzorowana i doskonalona. Wprowadzono 07 wydanie Księgi Jakości z dnia 15.04.2014 r. Utrzymywano: 17 procedur ogólnych, 4 procedury badawcze i 11 instrukcji badawcze. Dokonano zmian w procedurach ogólnych, technicznych oraz formularzach.

Bardzo szeroko omówionym zagadnieniem było zagadnienie nr 5, „Przegląd zarządzania”, który został przeprowadzony w dniu 03.06.2014 r. zgodnie z procedurą QPO10 przez Dyrektora CLOR, dr-a Pawła Krajewskiego, według Planu przeglądu zarządzania. Tematyką obejmował wszystkie elementy systemu zarządzania podane w wymaganiach normy.

Szczegółowo omówiono (zag. nr 6) „Cele i zadania na okres 2013/2014”, tj. 6 wyznaczonych celów ze szczególnym uwzględnieniem przyczyny niezrealizowanych celów dla tych, których nie udało się zrealizować w ustalonym terminie.

Przypomniano, że na niniejszym przeglądzie zostały przygotowane cele i zadania na następny okres (2014/2015) co zaprezentowano na slajdach.

Przedstawiono i omówiono wyniki audytów wewnętrznych i zewnętrznych, a mianowicie:

- Audit wewnętrzny Nr 1/2014 z dnia 27.05.2014 – auditor: Katarzyna Wołoszczuk – odnotowano 1 spostrzeżenie.

- Audit wewnętrzny Nr 2/2014 z dnia 30.05.2014 – auditor: Katarzyna Wołoszczuk – stwierdzono 1 niezgodność.

Laboratorium zrealizowało działania korygujące w odniesieniu do stwierdzonej niezgodności, dokumentując to w KPiMDzK jak również przeprowadziło analizę i ocenę ryzyka w stosunku do udokumentowanego spostrzeżenia.

- Audit w nadzorze AB 1059/2014 z dnia 04.07.2014 – zespół oceniający: Katarzyna Szymańska (auditor wiodący), Sylwester Sommer (ekspert techniczny).

W raporcie audytora wiodącego odnotowano 3 spostrzeżenia:

- zbyt ogólne specyf. kryteriów w odniesieniu do zakupów;

- raporty z aud. wew. niejed. wskazują obserwację badań ;

- realizowane monitorowanie i analizowanie wyników działań realizowanych w ramach wewnętrznego jak i zewnętrznego zapewnienia jakości wyników badań jest bardzo ogólne i nie wykorzystuje wszystkich możliwości tego narzędzia systemowego.

Poinformowano, że auditor techniczny odnotował 2 niezgodności i 1 spostrzeżenie, co zostało pozostawione do omówienia w II części tego seminarium (z zakresu technicznego).

Następnie omówionym zagadnieniem były informacje zwrotne od klientów.

Laboratorium otrzymuje informacje zwrotne od Klientów w postaci ANKIET STOPNIA ZADOWOLENIA KLIENTA.

W okresie lipiec 2014 – czerwiec 2014 Laboratorium uzyskało od klientów 19 ankiet

i przeprowadziło ich analizę, z której wynikają następujące wnioski:

- Laboratorium spełnia oczekiwania i potrzeby Klientów.

- Stopień zadowolenia utrzymuje się na stałym poziomie w stosunku do poprzednio ankietowanego okresu.

- Najwyższą notę PDIŚ otrzymało za dotrzymywanie terminów realizacji umów i jakość sprawozdań z badań.

- W okresie ankietowanym został skrócony czas oczek. na wykonywanie usług wraz z wydaniem sprawozdań z badań, co przełożyło się na zadowolenie klienta.

- Ilości powracających corocznie tych samych Klientów oraz zlecenia od nowych Klientów, przekonują o wysokim zadowoleniu klienta z jakości wykonywanych badań.

Pozostają jeszcze jednak płaszczyzny do doskonalenia – Klienci umieścili następujące prośby i sygnały:

- szybsza aktualizacja danych w profilu internetowym;

- prośba o wysyłanie gotowych kopert z adresem.

W ankietowanym okresie nie wniesiono skarg i reklamacji.

PDIŚ realizowało również potrzeby szkoleniowe, które zostały zidentyfikowane na podstawie prognoz i ustaleń z przeglądu zarządzania. Sporządzono plan szkoleń na 2014 r. jak również opracowano formularz dla szkoleń pozaplanowych. Zaplanowano 10 szkoleń, w tym 2 zewnętrzne. Odbyły się również 2 szkolenia pozaplanowe.

Na koniec I części seminarium zapoznano uczestników z oceną Laboratorium przez Organizacje zewnętrzne – PCA.

W dniu 04.07.2014 odbyła się ocena PCA, w ramach której, zostały wskazane w niezgodnościach elementy wymagające poprawy. Zespół oceniający nie wskazał elementów wymagających zwrócenia szczególnej uwagi podczas następnej oceny. Nie wykazano żadnych słabych jak i silnych stron laboratorium.

Działalność naukowa i dydaktyczna w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania w roku 2014

K. Szewczak

W 2014 roku w Zakładzie Kontroli Dawek i Wzorcowania CLOR poza podstawową działalnością statutową podjęto szereg zadań ukierunkowanych na rozwój naukowy kadry Zakładu oraz współpracę dydaktyczną z uczelniami wyższymi. Odzwierciedleniem prowadzonej działalności naukowej był zbiór prac, jakie zostały opublikowane w czasopismach o zasięgu międzynarodowym. Łącznie w 2014 roku pracownicy Zakładu byli współautorami 11 publikacji, dziewięć publikacji ukazało się w czasopismach posiadających współczynnik wpływu (Impact Factor). Jedna praca opublikowana została w czasopiśmie nie posiadającym współczynnika wpływu oraz jedna praca została zamieszczona w materiałach pokonferencyjnych.

Sumaryczny IF wyniósł 9,41 zaś liczba punktów na podstawie wykazu czasopism Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego wyniosła 182.

W zakresie dydaktycznym Zakład współpracował w 2014 roku głównie z Politechniką Warszawską oraz Uniwersytetem Warszawskim. W ramach tej współpracy 18 studentów odbyło swoje praktyki zawodowe. Pracownicy Zakładu byli opiekunami 9 prac inżynierskich oraz trzech prac magisterskich. Tematyka praktyk oraz prac dyplomowych obejmowała całą działalność Zakładu tj. wzorcowanie przyrządów dozymetrycznych, pasywna dozymetria termoluminescencyjna, dozymetria biologiczna oraz wewnętrzna a także symulacje metodą Monte Carlo.

Utrzymanie systemu zarządzania – Działalność techniczna PDIŚ

K. Szewczak

W zakresie technicznym w Pracowni na okres 2014/2015 zaplanowano dwa cele. Pierwszy dotyczył modernizacji systemu elektronicznej kontroli dawek (e-SKD), drugi cel dotyczył przygotowania dokumentacji na potrzeby rozszerzenia zakresy akredytacji o aktywne metody pomiaru dawki w środowisku narażenia na promieniowanie jonizujące oraz w środowisku naturalnym. W 2014 roku Pracownia uczestniczyła w dwóch porównaniach międzylaboratoryjnych, w zakresie metody TLD oraz dozymetrii

biologicznej. W ramach działalności otrzymano rozszerzenie o nową procedurę badawczą poświęconą pomiarom dawki efektywnej w polach mieszanych gamma-neutrony metodą dozymetrii biologicznej. W 2014 roku zatrudniona została jedna osoba w pełnym wymiarze etatu. W stosunku do lat ubiegłych nie uległy zmianie zarówno ilość stanowisk pomiarowych jak i warunki lokalowe. Na rok 2014 zaplanowano 10 szkoleń, zrealizowanych zostało 7 z nich w tym jedno zewnętrzne.

DZIAŁ SZKOLENIA I INFORMACJI



Realizacja prac Działu Szkolenia i Informacji CLOR w 2014 - zadania Komitetu Technicznego 246 ds. ochrony radiologicznej

K. Ciupek

Dział Szkolenia i Informacji w CLOR w zakresie swoich zadań ma:

- prowadzenie szkoleń ochrony radiologicznej,
- opracowywanie programów szkolenia i przygotowywanie materiałów dydaktycznych,
- prowadzenie działalności wydawniczej oraz upowszechnianie dorobku naukowego pracowników CLOR,
- nadzór nad archiwum CLOR,
- nadzór nad biblioteką CLOR,
- koordynacja działań CLOR w zakresie opracowywania i opiniowania norm i przepisów krajowych i międzynarodowych,
- prowadzenie sekretariatu KT ds. Ochrony radiologicznej.

W roku 2014 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 osób posiadających takie uprawnienia. Innym rodzajem kursów organizowanych w CLOR są dwudniowe szkolenia „stanowiskowe” dla operatorów akceleratorów oraz urządzeń do brachyterapii ze źródłami promieniotwórczymi. Sumarycznie wydano około 200 zaświadczeń dla kandydatów na zdobycie wyżej wymienionych uprawnień.

16 grudnia 2014 r. odbyła się kontrola przedstawiciela Archiwum Akt Nowych w Archiwum CLOR. W wyniku kontroli ustalono:

1. W terminie do 30 czerwca 2015 r. zostaną przesłane do zatwierdzenia projekty przepisów kancelaryjnych i archiwalnych.

2. Po wprowadzeniu w CLOR przepisów kancelaryjnych i archiwalnych przeprowadzone zostanie szkolenie w zakresie prawidłowego postępowania z dokumentacją wytwarzaną w toku bieżącej działalności.
3. Przekazanie przez komórki organizacyjne CLOR do archiwum zakładowego dokumentacji zgodnej z zatwierdzonymi przepisami kancelaryjnymi i archiwalnymi CLOR do dnia 31 grudnia 2015 r.
4. Do 31 grudnia 2015 przygotowane zostaną do przekazania do AAN materiały archiwalne CLOR wytworzone w latach 1957-1989.

CLOR uczestniczy w pracach normalizacyjnych w dwóch Komitetach technicznych:

- a) 246 ds. ochrony radiologicznej, którego Przewodniczącym jest Dyrektor CLOR, dr Paweł Krajewski a prowadzeniem sekretariatu zajmuje się mgr inż. Krzysztof Ciupek.
- b) 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 chyba że nastąpi ich nowelizacja. Ze względów finansowych nie przeprowadzono tłumaczenia całych treści norm a jedynie tytułów i zakresów nowo wprowadzanych dokumentów.

We wrześniu 2014 roku Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej uczestniczyło w XVIII Festiwalu Nauki „SAPERE AUDE” w Domu Zjazdów i Konferencji PAN w Jabłonie.

Foreword

This report comprises a preview of main Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) achievements in 2014 that are exemplified by specific examples, abstracts and figures. It complements information on Institute activities directly available on the ours website as well as accessible in CLOR expert papers and other technical publications issued in the course of CLOR mission.

Similarly to previous years, CLOR's research activity in 2014 was mainly linked to the State obligations issued in the Nuclear Power Program in Poland that updated version was accepted by Council Ministry (Decision No 15/2014) and dealt with requirement of modernization and practical implementation of the country radiological protection system in order to fulfill requirement of extended standards and recommendation of European Commission as well as International Atomic Energy Agency (IAEA).

Indeed, since 2011, CLOR has been coordinator of new project "THE DEVELOPMENT OF METHODS TO ENSURE NUCLEAR SAFETY AND RADIOLOGICAL PROTECTION FOR CURRENT AND PROSPECTIVE REQUIREMENTS OF NUCLEAR POWER" conducted in a frame of strategic program of The National Centre for Research and Development (NCBiR) entitled "TECHNOLOGIES FOR SAFETY NUCLEAR ENERGY". This project has been performed by Scientific Network of four foremost Institutes, that also had played important role in implementation of the first polish Nuclear Power program in the eighties. These institutions constitute core public research and assessments organizations that contribute significantly to the state-of-the-art in nuclear safety and radiological protection. These are namely: Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR), Institute of Nuclear Chemistry and Technology (ICHTJ), National Centre of Nuclear Research (NCBJ) and The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Sciences.

Besides the general coordination of the entire program and participation in several work packages, the main CLOR input to the program consists in design and implementation of new prototype mobile device for sampling and measurements of various forms of radioiodine. This is the first this type device in Poland, irreplaceable for advanced monitoring of radioactive iodines released from NPP stacks. It complements a notable CLOR activity, as it is known as producer of patent-right ultrasensitive stations for monitoring airborne radioactive contaminants. This activity is still in development, for instance: in 2013 the last prototype of mobile station NASS-1000 got patent license P.3 87609 "Station for collection of large volume contaminated air samples".

Particularly, in order to increase the performance of "in the field" measurements, that is important during nuclear accident or terrorist attack, during the 2014 year, a further improvement of the stations belonging to the country monitoring network has been continued. The main task focused to extend a number of measured radionuclides for radioactive iodines (I-131, I-132) and noble gases Kr-85 and Xe-135. The yearly agreement with National Atomic Energy Agency on monitoring air borne contamination in vicinity of reactor Maria and POLATOM Radioisotope Centre is foreseen to setup in the next year. Moreover, in a frame of strategic program of The National Centre for Research and Development (NCBiR), Task 3 entitled "Meeting the Polish nuclear power engineering's demand for fuel – fundamental aspects (research network leader – University of Warsaw)", in 2014, CLOR carried out research on environmental impact due to extended concentrations of uranium U-238 and radium Ra-226 in selected location in Poland, namely closed uranium mines and uranium dumps and adjacent meadows and grazing lands in Karkonosze region.

Having well educated and longtime experienced staff as well as an unique test equipment and methods to quantify radionuclides contents in human body and environmental samples methodic, CLOR is able to carry on both research study as well as operational tasks. Acting as essential element of National Monitoring System, CLOR designs and implements prototype devices for environmental monitoring in area of nuclear facilities, carries out projects on methods for assessment human and biota exposures in a case of acute and prolonged releases of radioactive substances to the environment, for instance: in Police for Grupa Azoty Zakłady Chemiczne "Police" SA, where elevated level of U-238, U-234, Ra-226, Pb-210, Po-210 in environmental samples was reported.

Taking in to account expectation of society, CLOR significantly contributes to popularization of state-of-the-art knowledge about radiation, also provides training courses for Radiation Protection officers and participate in Technical Committee of Standardization.

In terms of support of CLOR's statutory duties, since 2010 (amendment Polish Atomic Law Dz. U. 2014, p. 1512), it has been partly founded by Nuclear Energy Department of Ministry of Economy, particularly activities related to the standardization of dosimetry devices and individual occupational hazard control. Both are carried out by accredited CLOR laboratories and are essential constituents of the program of maintenance high standard of radio- diagnostic devices and high protection level of occupational hazard in medical units as well as in others industry companies where radioactive sources are applied (according to Directives EC 93/47/EUROATOM and EC 96/29/EURATOM).

Another key part of CLOR's activity is monitoring of radionuclides concentrations in foodstuff and drinking water, which has been carried out since 1970 r by accredited Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis (AB 1215). It guarantees that polish export of food products fulfils international requirements (Directive EC 93/47/EURATOM and CODEX ALIMENTARIUS WHO) and also prevent against introduction into market contaminated stuff from abroad. In 2014 the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis starts implementation of new methods, for example: measurements of C-14 and organic bound tritium OBT in different environmental matrixes, as monitoring these radionuclides is necessary in vicinity of NPPs.

In terms of legal matter, the CLOR mission as Technical and Scientific Support Organizations (TSOs) has been confirmed in 3rd April 2012 by the outline Agreement with National Atomic Energy Agency (NAEA). Within this frame, CLOR has performed the various tasks for NAEA, inter alia:

- routine monitoring of radioactive contamination in atmospheric aerosols in Poland in a frame of maintaining early warning network for NAEA requirement†
- routine evaluation of radiation impact in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan and around of the "MARIA" reactor in Świerk†
- determination of radiological parameters of drinking water in large cities as well as measurements of activity concentration in daily meals and in food products†
- monitoring of radioactive contamination of the Baltic Southern Sea coordinated by Helsinki Commission†
- proficiency tests with in framework of radiation monitoring of the country.

In the context of the Nuclear Power Program in Poland, the significant role play methods of radiobiological dosimetry and especially research on interaction of ionizing radiation with human beings organisms, in particular:

- because the biological dosimetry enables to reconstruct individual doses from past exposures that might rise a public trust and acceptance of nuclear energy and also responds to public concern in a case of terrorist attack on nuclear objects and attack with radioactive substances or fission materials.
- there are legal aspects that oblige authorities responsible for radiation protection system in member states to develop and maintain biological dosimetry methods and staff as it would be only method to evaluate and verify doses to members of the public as well as occupational hazard.

From view of CLOR progress strategy, aside from the rate of implementing nuclear power in Poland, urgent straightening of nuclear safety and radiation protection system is obligatory, primary because of growing number of nuclear installations in vicinity of polish borders and increasing number of users of radioactive sources especially in the medical sector where rapid development of new therapy and diagnostic techniques has occurred. Also, new international recommendations result in raise standards of working conditions and environment protection.

Although previously neglected in eighties of XX century, it is necessary to come back to research focused on prevention in a case malicious act or else military attack with nuclear or radioactive material.

The credit of the attainment in 2014 the high professional level and operational abilities as well as good financial profit is shared by all CLOR's team, and I would like to take this opportunity to thank them all for their commitment and loyalty to the CLOR's core values: knowledge, independence and accessibility.

Director
Central Laboratory
for Radiological Protection



PhD Paweł Krajewski

DEPARTMENT OF RADIATION

HYGIENE



Determination of radiological parameters of drinking water in large cities, and evaluation of doses received by its consumption for people of different age categories

A. Fulara, A. Adamczyk

Introduction

The investigations of tap water radioactivity in 2014 were performed in three large cities of Poland. We studied water originating from Olsztyn, Poznan and Rzeszow.

The origin of most water samples was from surface water, infiltration water and deep water.

In each sampling point a quantity of 20 liters of water was taken.

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

Collected and analyzes were performed in the waters coming from 9 water treatment plants.

Results

The results of ^{137}Cs and ^{90}Sr determinations in drinking water collected in three cities indicate, that both ^{137}Cs and ^{90}Sr concentrations were at low level, for ^{137}Cs ranging from values below detection limit $<0.41\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (water treatment plant Kortowo in Olsztyn) to $4.29 \pm 0.53\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (water treatment plant Likusy in Olsztyn). The average concentration of ^{137}Cs calculated for the examined water samples was $2.18 \pm 1.39\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$.

In case of ^{90}Sr that range was from $1.79 \pm 0.36\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (water treatment plant Zachod in Olsztyn) to $5.40 \pm 0.81\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (water treatment plant ul. Wisniowa 13 in Poznań). The average concentration of radioactive ^{90}Sr in drinking water tested was $3.47 \pm 1.18\text{ mBq}\cdot\text{l}^{-1}$.

The tritium concentration in drinking water ranged from values below detection limit ($0.5\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$) to $1.5 \pm 0.2\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. The average concentration of tritium calculated for all water samples tested this year was $0.65 \pm 0.52\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

The total beta radioactivity in investigated water samples was very low and ranged from $0.06 \pm 0.01\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ to $0.22 \pm 0.03\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. The average total beta radioactivity in investigated water samples was $0.16 \pm 0.05\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

The total radioactivity exceeded the detection limit of α (0.015 Bq/l) in the case of water taken from the Water Treatment Plant Jaroty in Olsztyn. According to the Ministry of Health regulations issued on 29th of March 2007, concerning the quality of drinking water designed for public consumption, tritium concentration in drinking water must not exceed $100\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ and total permissible dose is 0.1 mSv/y . The dose is not exceeded if the total alfa radioactivity does not exceed $0.1\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ and total beta radioactivity does not exceed $1\text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

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

The total indicative dose from yearly ingested ^{137}Cs with drinking water for three investigated cities are in range from $0.008\text{ }\mu\text{Sv/y}$ for children aged 1-10 years, to $0.021\text{ }\mu\text{Sv/y}$ for adults. While from yearly ingested ^{90}Sr these doses are from $0.071\text{ }\mu\text{Sv/y}$ for adults, to $0.200\text{ }\mu\text{Sv/y}$ for children younger than 1 year old.

Conclusions

The results of these work indicate that calculated doses are neglectedly low and the water supply of water in all cities studied meet the requirements specified in the Regulation of the Minister of Health on 29 March 2007.

Funding

The work has been performed for National Atomic Energy Agency (Cotract 12/OR/2014/167).

Monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments

M. Kardaś, A. Fulara, B. Rubel, M. Suplińska, A. Adamczyk, M. Kosiorek

Introduction

In the frame of monitoring of radioactive contamination of surface waters and bottom sediments in year 2014, samples of water and bottom sediment were collected twice a year (in spring and autumn) in 18 sampling points. These sampling points were located along the Vistula river (7 sampling points), and along the Odra river (5 sampling points). Six sampling points were located in the selected Polish lakes.

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

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

Results

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

The average activity concentrations of ^{137}Cs in water from basins of the Vistula River and Odra River and from Polish lakes were on an even level and ranged from 2.74 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (Vistula river basin) to 3.76 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ (Odra river basin). The average activity

concentrations of ^{90}Sr ranged from 4.02 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ for Odra river basin – 5.70 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ for basin of the Vistula River.

In bottom sediments of rivers and lakes, large variations in the activity concentrations of ^{137}Cs and $^{239, 240}\text{Pu}$ were observed. The largest difference was observed in the basin of the Odra River, where concentrations differed about 40 times in the case of cesium and 20 times in the case of plutonium. The smallest differences in concentrations of these isotopes were observed in the bottom sediments for basin of the Vistula River (Table 2).

The average activity concentrations of ^{137}Cs in bottom sediments were varied also: the lowest was observed in the basin of the Vistula (4.48 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$), and the highest for lakes (7.35 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$).

In case of plutonium, its annual average activity concentrations in bottom sediments were similar for both rivers and amounted to 33.47 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ for the basin of Vistula River, 36.20 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ for Odra River Basin and significantly lower for lakes – 14.64 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Table 2).

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

Conclusions

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

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

Table 1. Annual average concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr and their concentration ranges in the water of the basin of the Vistula, Odra and lakes.

Location of samples (number of samples)	^{137}Cs [mBq·l ⁻¹] average annual	^{137}Cs [mBq·l ⁻¹] range	^{90}Sr [mBq·l ⁻¹] average annual	^{90}Sr [mBq·l ⁻¹] range
Basin of the Vistula (7) ^(a)	2.74 ± 1.99 ^(b) (14)	1.34 ÷ 4.50	5.70 ± 3.44 (14)	2.81 ÷ 16.15
Basin of the Odra (5)	3.76 ± 1.89 (10)	1.37 ÷ 7.67	4.02 ± 0.80 (10)	2.59 ÷ 5.02
Lakes (6)	3.35 ± 1.70 (12)	1.53 ÷ 6.69	4.06 ± 2.33 (12)	1.51 ÷ 8.89
Average overall (18)	3.22 ± 1.58(36)	1.34 ÷ 7.67	4.69 ± 2.63 (36)	1.51 ÷ 16.15

^{a)} number of samples ^{b)} Average value ± Standard deviation (SD)

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

Location of samples (number of samples)	^{137}Cs [Bq·kg ⁻¹] average annual	^{137}Cs [Bq·kg ⁻¹] range	$^{239,240}\text{Pu}$ [mBq·kg ⁻¹] average annual	$^{239,240}\text{Pu}$ [mBq·kg ⁻¹] range
Basin of the Vistula (7) ^(a)	4.48 ± 3.54 ^(b) (14)	0.78 ÷ 11.25	33.47 ± 24.54 (14)	10.24 ÷ 93.63
Basin of the Odra (5)	5.42 ± 4.95 (10)	0.35 ÷ 13.75	36.20 ± 34.34 (10)	4.96 ÷ 104.05
Lakes (6)	7.35 ± 6.42 (12)	1.56 ÷ 23.02	14.64 ± 16.09 (12)	2.68 ÷ 53.54
Average overall (18)	5.68 ± 4.68 (36)	0.35 ÷ 23.02	27.95 ± 23.23 (36)	2.68 ÷ 104.05

^{a)} number of samples ^{b)} Average value ± Standard deviation (SD)

Funding

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

Radiological evaluation of exposure of the post-mining areas, waste landfills and low-percentage uranium mineralization

M. Kardaś, M. Suplińska, K. Ciupek, P. Krajewski

Introduction

Radiological assessment of post-mining areas (i.e. closed mines, the post-uranium shafts and heaps) as well as of adjacent meadows and pastures in the area of the Giant Mountains was performed.

In the first stage of the study the environmental samples (i.e. soil, water, vegetation) were collected and then a series of dosimetric measurements of gamma dose were performed.

The aim of these measurements was predicting the location, within which it might be the biggest threat to the environment and to the people living in these areas. The second stage of the research was focused on the selected areas and developed scenarios of the possible exposure of the human and non-human biota were examined. Two programs were used in modeling: ERICA Tool to estimate exposure to plants and animals, and RESRAD to assess human exposure. Conservative approach in these scenarios enable calculation of the maximum doses that are possible to receive by the organisms. Doses calculations were also carried out on the basis of the international organizations studies such as the UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) and the IAEA (International Atomic Energy Agency).

Results and conclusions

In the study area water, soil and mineral material from the shafts and samples of vegetation: grass, alfalfa and birch leaves were sampled. In addition, cow's milk in one of the locations was obtained. Analogous samples were taken also in agricultural areas of the Central Poland which were regarded as a reference level.

Samples taken from the shafts and heaps of both soil and plants were characterized by significantly higher contents of ^{238}U and ^{226}Ra than samples taken in the vicinity of these areas. However, the determined concentrations of radioactive ^{238}U and ^{226}Ra in the Mazovia region (grassland in Nowaki, grassland in Parciaki), confirm the elevated levels of these radionuclides in all examined areas.

For most of the plant samples, a good correlation between the concentration of studied radionuclides (^{238}U and ^{226}Ra) in plants and soil was found.

The concentrations of ^{226}Ra in plants were significantly higher than concentrations of ^{238}U although the concentrations of the isotops in the soil were at similar level. This confirms, that the ^{226}Ra bioavailability to plants is higher than that of ^{238}U , which is shown by higher transfer factor calculated for ^{226}Ra ($\text{TF}_{\text{Ra-226}}$) than for ^{238}U ($\text{TF}_{\text{U-238}}$).

Exposure assessment of the non-human biota conducted in ERICA Tool software shows levels unlikely to exceed doses above which any affect on abundance or reproduction of individual reference organisms could be observed. Major contribution to the dose comes from ^{226}Ra .

Human exposure assessment has been made for the areas: Kopaniec 'Polishheap' and the Heap no. 19 were the highest activity concentrations were measured. The investigated areas, due to their accessibility, may contribute to the exposure increase caused by ionizing radiation. The simulations and calculations based on the international guidelines as well as on the RESRAD indicate the possibility of exceeding the natural background levels by a factor of 50 which may suggest considering these areas to be under permanent monitoring.

Tabela 1. Radioactivity concentration of ^{238}U and ^{226}Ra soil, grass and birch leaves in selected locations and the corresponding transfer factors plant / soil.

Sampling site	Soil	Grass	Birch leaves	TF _{grass}	TF _{birch}
^{238}U [Bq·kg⁻¹_{dw}]					
Nowaki meadow	5.76	0.049	0.041	0.0085	0.0071
Parciaki meadow	6.57	0.046	-	0.0070	
Heap drifts No8 (1/3 H)	53.5	0.087	0.057	0.0016	0.0011
Grzmiąca meadow	61.0	0.116	-	0.0019	
Grzmiąca heap	1160		0.474		0.0041
Kopaniec meadow	64.8	0.257	0.275	0.0040	0.0042
Kopaniec grassland (entrance to adit)	486	0.766	-	0.0016	
Kopaniec 'Polish Heap' pk.1	1587	7.65		0.0048	
Kopaniec 'Polish Heap' pk.2	15564	16.0	1.23	0.0010	0.0001
Heap No 19 pk.1	853	1.59	0.401	0.0019	0.0005
Radoniów heap 2	3117	2.46		0.0008	
^{226}Ra [Bq·kg⁻¹_{dw}]					
Nowaki meadow	5.48	0.290	1.52	0.0529	0.2774
Parciaki meadow	11.66	0.309	-	0.0265	-
Heap drifts No8 (1/3 H)	72.0	6.85	5.18	0.0951	0.0719
Grzmiąca meadow	68.5	5.22	-	0.0762	-
Grzmiąca heap	3864	-	331	-	0.0857
Kopaniec meadow	113	2.89	14.5	0.0255	0.1281
Kopaniec grassland (entrance to adit)	837	106	-	0.1267	-
Kopaniec 'Polish Heap' pk.1	1697	148	-	0.0872	-
Kopaniec 'Polish Heap' pk.2	14621	141	2393	0.0096	0.1637
Heap No 19 pk.1	1032	96.4	141	0.0934	0.1369
Radoniów heap 2	5424	364	2236	0.0671	0.4122

Funding

The work carried out under the project NCBiR – „Technologies Supporting Development of Safe

Nuclear Power Engineering”; Task 3: Meeting the Polish nuclear power engineering’s demand for fuel – fundamental aspects.

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

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

Introduction

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

Results

Milk powder and tap water with spike of ^{137}Cs isotope were used as a control material (required activity concentration of ^{137}Cs in milk powder – natural, in tap water in the range $0.5 \div 1.5 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$).

Calibration of gamma spectrometers (Canberra spectrometers with HPGe detectors and Genie 2000 software) was checked. The accuracy of calibration was earlier verified on the reference materials in framework of international program ALMERA 2014 and on reference materials IAEA-414 and IAEA-321.

50 kg of powder milk from the same dairy, the same data production was purchased. Tap water was taken from water supply in Central Laboratory for Radiological Protection. The activity concentration of ^{137}Cs in milk and water was determined. Also homogeneity of samples was checked. Material was homogenous.

The samples were prepared as follows: (a) 30 samples of 5 liters of water and 34 samples of milk powder, (b) samples of tap water were spike with ^{137}Cs isotope, (c) the activity concentration of ^{137}Cs in selected samples was measured. The results showed that reference material is homogenous and the activity concentration of ^{137}Cs is consistent with requirements: milk: powder $2.65 \pm 0.36 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ and tap water: $1.30 \pm 0.13 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$.

In the final stage 31 samples of milk powder and 28 of tap water were delivered to basic units

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

Results of measurements of activity concentration of ^{137}Cs of the control samples were received from 31 units: 39 results of milk powder and 34 results of tap water. The only spectrometric method was used by 27 units, only radiochemical determination was performed by 12 units, and 8 units used both methods to determine activity concentration of ^{137}Cs in samples. The results were in range: (a) milk powder from $1.22 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ to $3.96 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, (b) tap water from $0.83 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$ to $1.30 \text{ Bq}\cdot\text{l}^{-1}$. The results bellow detection limit were not taken into account.

Conclusions

The submitted measurement results were recorded, compared to reference values and statistical analysis was performed. A number of results in the range of $\pm 30\%$ of reference values was equal 56 (77% of a total number of received). Also parameter „Z” was determined. Its absolute value $Z \leq 2$ was observed for 55 results which means that the result does not significantly differ from the reference value, for 3 results value $Z > 3$ it means that the result significantly differ from the reference value. The accuracy and precision of results provided by the units was assessed based on IAEA criteria. The results were accepted if they meet both criteria and 40 results satisfy this requirement.

Funding

Contract PAA, no 08/OR/144/2014, date 30.05.2014.

Measurements of activity concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in food products

B. Rubel, M. Kardaś, M. Piekarz, K. Trzpił, M. Kosiorek

Introduction

Radioactivity in foodstuffs is an important indicator of the radionuclides transfer from the environment to people.

This paper deals with the dose assessment based on the ingestion of food product purchased in markets in the Poznań and Rzeszów area. Radiochemical and spectrometric methods were applied to determine activity of ^{137}Cs in food products.

Results

For spectrometric measurement a gamma spectrometer with HPGe detector was used. Measurements were performed in the Marinelli geometry after homogenization of products and, in ash samples in a geometry of a flat cylinder placed on the detector. For radiochemical analyses

the samples were dissolved and then filtered through a radiochemical funnel with ammonium molybdeno-phosphate (AMP) bed, selective for cesium. The activity of cesium in the AMP bed was measured using Low Level GM Multicounter system (manufactured by Risø, Denmark). Strontium-90 was determined from beta radiation of ^{90}Y after reaching equilibrium in the $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$ system.

Foodstuffs (separate products) were purchased in hypermarkets located on the outskirts of Poznań and Rzeszów. Products were collected from July to October 2014. Products sold in such stores originate from all districts of Poland. In the selection of samples and sampling frequency we have taken into account the share and importance of respective products in an average diet, based on the Annual Statistical Book. The activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in the examined food products is shown in Table 1 and 2.

Table 1. The activity concentration of ^{137}Cs in selected food products in Poznań and Rzeszów in 2014.

Products	Poznań	Rzeszów
	Activity concentration of ^{137}Cs [Bq·kg ⁻¹ , Bq·l ⁻¹]	Activity concentration of ^{137}Cs [Bq·kg ⁻¹ , Bq·l ⁻¹]
Milk	0.23 ± 0.04	0.17 ± 0.03
Meat	0.37 ± 0.06	0.19 ± 0.03
Poultry	0.20 ± 0.03	0.18 ± 0.03
Eggs	0.14 ± 0.02	0.15 ± 0.02
Fish: Trout	0.31 ± 0.02	0.37 ± 0.04
Flounder	3.16 ± 0.34	1.63 ± 0.42
Fruit	0.11 ± 0.02	0.10 ± 0.02
Vegetables	0.14 ± 0.02	0.19 ± 0.02
Potatoes	0.14 ± 0.03	0.14 ± 0.03
Cereals products	0.23 ± 0.03	0.21 ± 0.03

Table 2. The activity concentration of ^{90}Sr in selected food products in Poznań and Rzeszów in 2014.

Products	Poznań	Rzeszów
	Activity concentration of ^{90}Sr [Bq·kg ⁻¹ , Bq·l ⁻¹]	Activity concentration of ^{90}Sr [Bq·kg ⁻¹ , Bq·l ⁻¹]
Milk	0.02 ± 12.4%	0.03 ± 12.8%
Meat	<0.02	<0.01
Poultry	<0.01	<0.01
Eggs	<0.01	<0.01
Fish: Trout	<0.02	<0.01
Flounder	0.15 ± 11.4%	0.10 ± 11.5%
Fruit	0.03 ± 12.2%	0.03 ± 13.5%
Vegetables	0.07 ± 11.3%	0.08 ± 10.9%
Potatoes	<0.01	0.02 ± 15.0%
Cereals products	0.05 ± 12.4%	0.04 ± 12.0%

Differences in concentrations of ^{137}Cs in food products available in Poznań and Rzeszów were observed in samples of meat, milk and flounder. The concentration of radioactive ^{137}Cs in a sample of meat depends on level of this isotope content in beef and veal. The difference in the concentration of ^{137}Cs in flounder may be due to the size (correlated with fish age) or location of fish catch. The concentration of radioactive ^{137}Cs in milk may be varied depending on the area of origin of the milk. Also in the milk coming from the same dairy differences may be significant. Concentrations of radioactive ^{90}Sr in food products from Poznań and Rzeszów are at the same level. On the basis of the results of measurements of radioactive ^{137}Cs and ^{90}Sr in individual groups of foods can be concluded that these concentrations are at a similar level and place of purchase is irrelevant. Annual intake of isotopes with food was estimated on the basis of the concentration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in various food product and the data of annual consumption given by central statistical Office. Individual consumption of food products in Podkarpacki Wielkopolska region and their contribution to the national average consumption was taken into account for the calculations. On the basis of the content of isotopes ^{137}Cs and ^{90}Sr in a food from Poznań and Rzeszów residents estimated dose received by the population of these cities as a result of eating foods analyzed. For the calculations, the following factors: for ^{137}Cs – $1.3 \cdot 10^{-8} \text{ Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$, and for ^{90}Sr – $2.8 \cdot 10^{-8} \text{ Sv}\cdot\text{Bq}^{-1}$ were taken [3]. The data obtained are summarized in Table 3.

Table 3. Effective dose received by people due to food consumption in Poznań and Rzeszów [μSv].

Town	^{137}Cs	^{90}Sr
	[μSv]	[μSv]
Poznań	1.6	0.5
Rzeszów	1.5	0.7

Conclusions

The study has shown that the annual dose from of ^{137}Cs and ^{90}Sr received by the population of different towns of Poland: Poznań (west) and Rzeszów (south-east) is on a fairly low level.

Literatura

- [1] Grabowski D., Rubel B., Świetochocka J., Kurowski W., Muszyński, Jankowska S., Petrykowska M., *Metodyki radiochemicznego oznaczania izotopów cezu i Sr-90 w produktach żywnościowych i wodzie*, Raport CLOR nr 13/2004, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa, 2004.
- [2] *Household Budget Survey in 2012* CSO, Warsaw, 2013 r.
- [3] *Rynek wewnętrzny w 2013 r.*, GUS, Warszawa, 2014 r.
- [4] *Regulation of the Council of Ministry of 18 January 2005 on ionizing radiation dose limits*. Dz.U. no 20, poz.168, 2005.

Funding

Contract PAA no 10/OR/2014/179 date 21.07.2014.

The influence of landfill wastes post-production of Chemical Plant in Police on concentration of natural radionuclides (^{226}Ra , ^{210}Po and U) on the environment in the nearest neighborhood

E. Starościak, L. Rosiak, A. Adamczyk

Introduction

Landfill waste post-production in the Police Chemical Plant this is residues of phosphogypsum from the production of phosphoric acid. The landfill is still open, and for many years the collected waste formed pile, called White Mountain. Because the pile has not yet been subjected to reclamation (no vegetation growing on it, and the mountain is not artificially irrigated) winds can move dust containing, the natural radionuclides (uranium, radium and polonium) on the neighborhood of plant.

The aim of the study was to determine the activity concentrations of uranium, radium and polonium in water and plants approx. 2 km from the border of Police Chemical Plant in the line of the most frequent winds and compare them with the concentrations for the same components of the environment from areas distant from the Plant.

Results

From the expertise developed by the IMGW shows that around Szczecin winds frequently blow from the south – west approx. 35%. For sampling of water and plants selected four points lying on the line of most frequent winds (Bogusławie, Olszanka Reserve, Stepniczka and Budzień) and 3 points above (Trzebież Harbor, Ujście, Podgrodzie – far away) and 3 below (Police Harbor, Święta, Głębokie Lake - far away) Plant in Police. Samples of water, grass and willow (found in most selected places) were collected.

Determined activity concentrations of radium-226 in water and uranium-234, 235 and 238

in water and grass are presented in Table 1. The concentrations of ^{234}U in water are in the range of 1.91 to 11.39 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$ and for ^{238}U from 1.60 to 8.14 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$. For samples of grass for ^{234}U from 18.92 to 72.78 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$ and for ^{238}U from 3.60 to 38.66 $\text{mBq}\cdot\text{kg}^{-1}$. In case of ^{235}U receive values are below or at the limit of detection. The highest concentration of ^{226}Ra were obtained for the water of Głębokie Lake (16.0 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$), lying at a considerable distance below the Plant, in other points these values are similar (7.0-14.0 $\text{mBq}\cdot\text{l}^{-1}$).

Table 2 shows the results of activity concentrations of ^{210}Po and ^{210}Pb obtained for water, grass and willow. In the case of water, the highest values were obtained for the Trzebież Harbor, Bogusławie and Olszanka Reserve. Bogusławie and Olszanka Reserve are the points lying on a line most frequent winds, closest heaps White Mountain. For samples of grass and willow also were obtained at these points higher concentrations of ^{210}Po and ^{210}Pb , but also for further lying Głębokie Lake.

Conclusions

The values of activity concentrations of tested isotopes show little dependence on space of sampling. Only for ^{210}Po and ^{210}Pb can be seen higher values for points on the winds line in the vicinity of the heap (Bogusławie, Olszanka). Phosphogypsum landfill of Chemical Plants in Police do not have much effect on the increase in the concentrations of the isotopes in the environment surrounding Plant.

Table 1. The activity concentrations of ^{226}Ra and ^{234}U , ^{235}U and ^{238}U in the tested components of environment.

	WATER				GRASS		
	^{226}Ra [mBq·l ⁻¹]	^{234}U [mBq·l ⁻¹]	^{235}U [mBq·l ⁻¹]	^{238}U [mBq·l ⁻¹]	^{234}U [mBq·kg ⁻¹]*	^{235}U [mBq·kg ⁻¹]*	^{238}U [mBq·kg ⁻¹]*
Trzebież Harbor	11.0 ± 3.0	10.26 ± 0.92	< 0.5	7.43 ± 0.76	-	-	-
Podgrodzie	-	11.39 ± 1.17	0.50 ± 0.34	7.55 ± 0.94	-	-	-
Police Harbor	-	9.23 ± 1.36	< 0.5	8.14 ± 1.28	72.78 ± 5.77	4.31 ± 1.95	38.66 ± 4.07
Stepniczka	7.0 ± 3.0	6.37 ± 0.60	< 0.5	4.98 ± 0.52	45.93 ± 4.19	< 1	7.75 ± 1.94
Święta	14.0 ± 3.0	8.64 ± 2.84	0.58 ± 0.42	7.14 ± 2.70	42.20 ± 3.54	1.61 ± 1.05	35.01 ± 3.18
Ujście	13.0 ± 3.0	11.37 ± 1.84	0.55 ± 0.39	7.61 ± 1.56	69.59 ± 10.91	1.40 ± 0.75	25.71 ± 7.32
Głębokie Lake	16.0 ± 5.0	7.25 ± 1.59	< 0.5	5.13 ± 1.47	42.17 ± 3.96	< 1	35.43 ± 3.60
Budzień	11.0 ± 3.0	1.91 ± 0.84	< 0.5	1.60 ± 0.91	45.23 ± 3.31	< 1	4.83 ± 1.20
Bogusławie	9.0 ± 3.0	9.96 ± 1.60	< 0.5	7.15 ± 1.36	36.30 ± 6.41	1.33 ± 0.63	17.48 ± 4.93
Olszanka	8.0 ± 3.0	4.11 ± 1.03	< 0.5	2.84 ± 0.91	18.92 ± 2.40	< 1	3.60 ± 1.32

* kg fresh weight

Table 2. The activity concentrations of ^{210}Po and ^{210}Pb in the tested components of the environment.

	^{210}Po [mBq·l ⁻¹] or [mBq·kg ⁻¹]*			^{210}Pb [mBq·l ⁻¹] or [mBq·kg ⁻¹]*		
	WATER	GRASS	WILLOW	WATER	GRASS	WILLOW
Trzebież Harbor	40.52 ± 1.73	-	-	51.49 ± 2.16	-	-
Podgrodzie	2.61 ± 0.22	-	-	5.14 ± 0.32	-	-
Police Harbor	1.68 ± 0.19	1768.10 ± 66.09	412.69 ± 10.79	2.66 ± 0.27	228.97 ± 7.33	11.72 ± 1.03
Stepniczka	1.39 ± 0.18	293.20 ± 7.13	94.38 ± 4.60	4.33 ± 0.29	574.40 ± 11.55	264.45 ± 9.26
Święta	1.17 ± 0.16	1468.51 ± 30.32	641.17 ± 17.93	2.17 ± 0.16	1198.12 ± 16.77	1613.16 ± 25.81
Ujście	5.54 ± 0.28	1487.23 ± 29.82	822.93 ± 20.16	4.87 ± 0.32	1628.61 ± 19.54	2512.10 ± 32.66
Głębokie Lake	2.05 ± 0.17	1744.03 ± 33.94	1328.00 ± 28.65	3.38 ± 0.22	1596.29 ± 22.35	7851.79 ± 47.11
Budzień	2.54 ± 0.19	366.67 ± 9.18	442.46 ± 11.55	1.76 ± 0.12	545.19 ± 12.54	254.95 ± 5.86
Bogusławie	1.35 ± 0.10	1590.34 ± 30.88	4478.06 ± 80.68	26.46 ± 1.22	1828.12 ± 20.11	2654.58 ± 26.55
Olszanka	17.64 ± 0.60	1710.86 ± 35.55	81.50 ± 3.19	11.46 ± 0.56	1545.27 ± 20.09	85.35 ± 3.33

* kg fresh weight

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

M. Suplińska, A. Adamczyk

Introduction

Studies on Baltic Sea environment are coordinated by Helsinki Commission and carried out by all Baltic States. The data on radioactive contamination are submitted to the Data Bank of Helsinki Commission each year. Measurements of radioactive contamination of the Baltic Sea carried out in CLOR include determination of radioactive substances in the two components of the marine environment: sediments and biota (fish).

In 2014 determinations of ^{137}Cs and ^{40}K were performed in six sediment core samples (72 subsamples), determination of ^{238}Pu and $^{239,240}\text{Pu}$ were done in two chosen sediment core samples (24 subsamples). Strontium-90 were performed in the pooled samples for each core (6 samples). In biota, determination of ^{137}Cs , ^{40}K and ^{226}Ra were performed in four fish species: cod, herring, sprat and plaice (22 samples). Also ^{137}Cs , ^{40}K and ^{226}Ra were determined in six water samples taken from surface water layer.

For determination of isotopes the same methods as in previous years were used: ^{137}Cs , ^{40}K – by gamma spectrometry, plutonium isotopes – radiochemical method and alpha spectrometry, ^{226}Ra – by emanation method [1]. Determination of ^{90}Sr was performed using radiochemical method and the measurement of ^{90}Y activity concentration after establishing the radioactive equilibration of ^{90}Sr - ^{90}Y [2].

Results

- Bottom sediments

Bottom sediment samples were taken from six locations of Southern Baltic Sea (Figure 1). Sediment core samples were divided into 12 layers, in which determination of analyzed isotopes were performed.

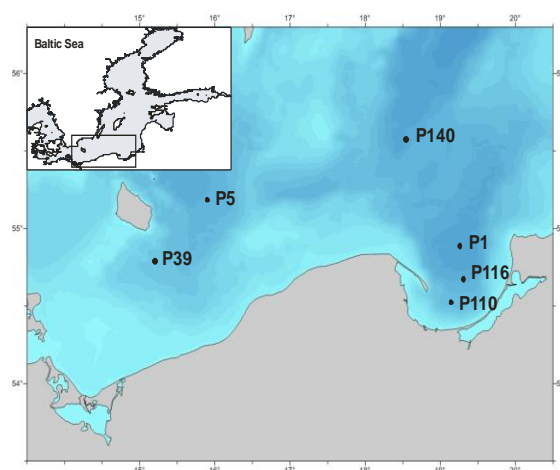


Figure 1. Bottom sediment and water sampling stations in 2014.

The highest ^{137}Cs activity concentrations were found in the upper sediment layers, the same as in previous years [3, 4]. Concentrations of ^{137}Cs , in the layers from 0 to 5 cm: in Gulf of Gdansk (P110 and P116) ranged from $139 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ to $227 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$, in Bornholm Deep (P5) they ranged from $41.8 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ to $47.6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$. ^{137}Cs concentrations decrease along the sediment profiles to single Bq. The vertical distribution of ^{137}Cs activity concentration in bottom sediments is shown in Figure 2.

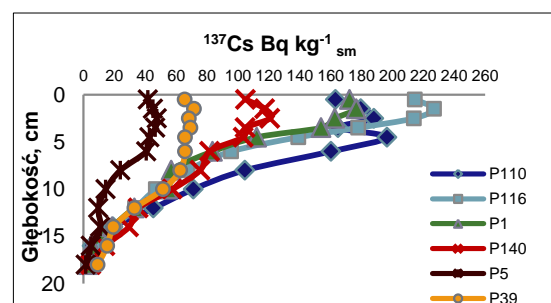


Figure 2. Vertical distribution of ^{137}Cs activity concentration in bottom sediments from Southern Baltic Sea.

Determination of plutonium in bottom sediments are carried out every three years. In 2014, plutonium determinations were performed in sampling stations: P110 (Gulf of Gdansk) and P1 (Gdansk Deep). Activity concentrations of plutonium were evidently higher in the Gulf of Gdansk than in Gdansk Deep (Fig. 3) as in previous years [3, 5].

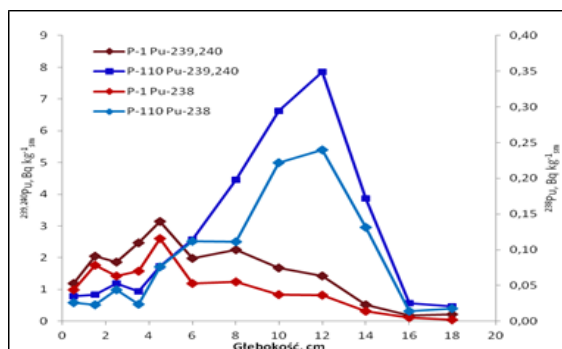


Figure 3. Activity concentration of $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{238}Pu in the function of depth in bottom sediments from two selected sampling stations (P110 and P1).

In the Gulf of Gdansk (P110) $^{239,240}\text{Pu}$ activity concentrations increase from $0.79 \pm 0.05 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ determined in the first upper layer to the maximum concentration of $7.60 \pm 0.05 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ in the 11-13 cm layer. The activity concentration of ^{238}Pu ranged from $0.014 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ to $0.222 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$. In Gdansk Deep (P1) $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations increased from $1.20 \pm 0.11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ in the first layer to $3.15 \pm 0.12 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ in the layer of 4-5cm. Concentration of ^{238}Pu were in the range $0.014 - 0.116 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$. The rate of ^{238}Pu to $^{239,240}\text{Pu}$ in both locations ranged from 0.022 to 0.044 being similar to that determined for the fallout from nuclear weapons tests.

Determination of ^{90}Sr were performed in the pooled samples for each location (0-19 cm layer). These activity concentrations of ^{90}Sr ranged from $2.15 \pm 0.28 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ in P110 to $3.30 \pm 0.32 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ in P39, being 10-30 times lower than ^{137}Cs concentrations recalculated for the same layer (from $21.2 \pm 0.9 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ in Bornholm Deep – P5 to $65.8 \pm 1.5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{dw}}$ in Gulf of Gdansk – P110).

Total amount of ^{137}Cs in bottom sediments differ between sub-regions, and ranged from $0.96 \pm 0.03 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ in Bornholm Deep P5 to $4.23 \pm 0.09 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ Gulf of Gdansk P110. These differences observed for years are primarily

associated with the uneven isotope contamination of the Baltic Sea environment (as a result of the Chernobyl reactor accident), different sedimentation rates and the different properties of the sediments in the various regions. Total amount of $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{238}Pu in P1 were: $54.8 \pm 1.9 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ and $1.46 \pm 0.12 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$, respectively. In P 110 total amount of plutonium isotopes were $198 \pm 3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ ($^{239,240}\text{Pu}$) and $5.68 \pm 0.32 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ (^{238}Pu). Total amounts of ^{90}Sr in bottom sediments were in the range from $94.9 \pm 13 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ in P116, to $148 \pm 14 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-2}$ in P39 (Figure 4), and were less varied comparing with ^{137}Cs and plutonium isotopes. In the Baltic Sea region ^{90}Sr comes mainly from fallout after nuclear test explosions (years 1950-1980), which in this area was rather uniform.

Total amount of natural isotope – ^{40}K (in the layer of 0-19 cm) ranged from $31.7 \pm 0.7 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ in P116 to $53.6 \pm 1.0 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$ in P5, being about one order higher than ^{137}Cs , and at least two orders higher than $^{239,240}\text{Pu}$ or ^{90}Sr .

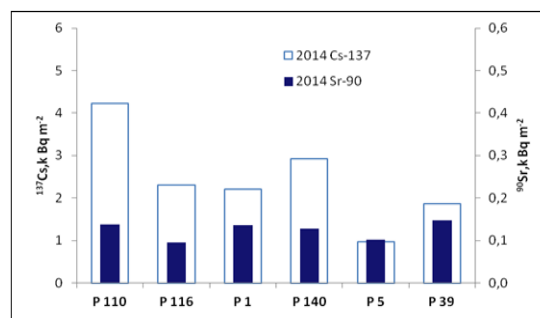


Figure 4. Total amount of ^{137}Cs and ^{90}Sr in sub-regions of Baltic Sea.

- Fish

Samples of fish (herring, cod, plaice and sprat) came from commercial fishing, trapping of the known sites. Determination of radionuclides were carried out in the fish fillets with the exception of sprat which analyzed whole fish without a head. The same like in previous years [6, 7], the highest average activity concentration of ^{137}Cs was found in cod – $4.89 \pm 0.77 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$, and for other species were very similar (herring – $3.14 \pm 0.54 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$, sprat – $3.39 \pm 0.26 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$, plaice – $3.48 \pm 0.11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$) – Table 1.

Activity concentrations of ^{226}Ra were more varied, the highest was specified in cod – $91 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$ and the lowest in herring – $27 \text{ mBq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$.

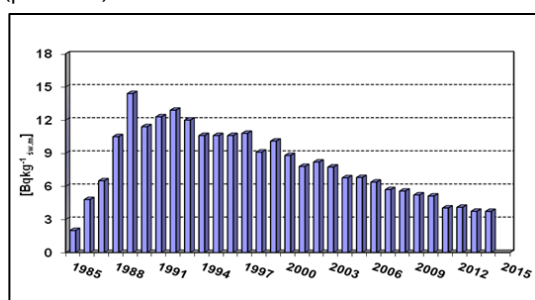
Table 1. The average concentrations of ^{137}Cs and ^{226}Ra in Baltic Sea fish flesh in 2014.

Species (number of samples)	Number of fish, total	Fish length [cm]	^{137}Cs [Bq·kg ⁻¹ _{ww}]	^{40}K [Bq·kg ⁻¹ _{ww}]	^{226}Ra [Bq·kg ⁻¹ _{ww}]
Cod (6)	23	25-38	4.89 ± 0.77*	118 ± 11	0.091 ± 0.007
Herring (6)	122	16-25	3.14 ± 0.54	110 ± 16	0.027 ± 0.002
Sprat** (5)	243	7-13	3.39 ± 0.26	108 ± 3	0.062 ± 0.003
Plaice (5)	38	22-28	3.48 ± 0.11	101 ± 7	0.053 ± 0.006

* standard deviation

** whole fish without a head

The average concentrations of ^{137}Cs calculated for the four species of the Baltic Sea in 2014 is $3.73 \pm 0.79 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}_{\text{ww}}$. Activity concentration of ^{137}Cs in the Baltic sea fish has decreased in years (Fig. 5), but it is still almost two times higher than before the Chernobyl accident [8]. The effective half-life ($T_{1/2\text{eff}}$) of ^{137}Cs in fish depends on the fish species being equal to about 12.4 years for herring (planktonophagous) and 15.4 years for cod (predator).



Rysunek 5. The average activity concentration of ^{137}Cs in Baltic Sea fish in years 1985-2014.

- Water

The activity concentration of ^{137}Cs in surface layer of Baltic Sea water ranged from $25.0 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $32.3 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, with an average of $27.7 \pm 3.0 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, being comparable to those from previous years. The average activity concentration of ^{40}K was $2724 \pm 255 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Lower values were observed in the Gulf of Gdansk ($2442 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$; $2460 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) and the largest in the Bornholm Deep and Bornholm Basin ($2873 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$; $3106 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, respectively). The differences in the concentrations of this isotope between the Gulf of Gdansk and Bornholm Basin show a clear effect of freshwater inflow water inflows Vistula and water inflows of higher salinity

of the North Sea. The activity concentration of ^{226}Ra in the southern part of the Baltic Sea were aligned and ranged from $2.78 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $3.44 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, with an average concentration of $3.13 \pm 0.24 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, (similar to the year 2013 – $3.09 \pm 0.16 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$).

Conclusions

1. Determination of ^{137}Cs , ^{90}Sr and plutonium isotopes in sediments confirm that in the South Baltic were not observed new contamination of anthropogenic radionuclides. The main sources of contamination are still: fallout after the Chernobyl accident (^{137}Cs) and nuclear weapons test the most intense in the years 1961-1962 (isotope of plutonium and ^{90}Sr).

2. Contamination of sediments in the Southern Baltic caused by anthropogenic radionuclides is uneven. The concentration of radioactive ^{137}Cs and plutonium isotopes and their total amount were higher in the Gdansk Basin than in the Bornholm Basin. The spatial distribution of ^{90}Sr in the South Baltic is more homogeneous than the distribution of ^{137}Cs and plutonium

3. Contamination in fish due to cesium-137 was reduced more than 3 times comparing with maximum observed in 1989, but is still almost two times higher than before the Chernobyl accident.

4. The activity concentrations of ^{137}Cs and ^{226}Ra in fish depends on their species, mainly due to the kind of nutrition, in cod – predatory fish is higher than in the herring and plaice – planktivorous fish. The effective half-life ($T_{1/2\text{eff}}$) of ^{137}Cs in fish depends on the fish species and is lower for planktivorous fish (herring), and higher for predatory fish (cod).

Funding

Performed under an agreement PAA Nr 9/OR/2014/152.

Literature

- [1] Suplińska M., Grzybowska D., (2000) *Monitoring of radioactive contamination in selected components of the ecosystem of the Southern Baltic Sea*. Advances of Nuclear Technology Vol. 43 (3) 35-44.
- [2] Volchok, H.,L., et al, (1957). *Determination of ^{90}Sr and ^{140}Ba in bone, dairy products, vegetation and soil*. Ann. N. Y. Acad. Sci. 71, 293-304.
- [3] Suplińska M, Pietrzak-Flis Z., (2008), *Sedimentation rates and dating in bottom sediments in the Southern Baltic Sea region*. Nukleonika 53, S105-S111.
- [4] Suplińska M., Adamczyk A., (2013). *Distribution of selected radionuclides in bottom sediments of the Southern Baltic Sea, 2011-2012.*, XVI Congress of Polish Radiation Research Society, Białowieża, 23-26.09.2013.
- [5] Suplińska M. (2002) *Vertical distribution of ^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{226}Ra and $^{238,240}\text{Pu}$ in bottom sediments from Southern Baltic Sea in the years 1998-2000*. Nukleonika 47 (2): 45-52.
- [6] Zalewska T., Suplińska M., (2013 A). *Fish pollution with anthropogenic ^{137}Cs in the southern Baltic Sea.*, Chemosphere 90 1760-1766.
- [7] Zalewska T., Suplińska M., (2013 B). *Anthropogenic radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in the southern Baltic Sea ecosystem*, OCEANOLOGIA, 55 (3), pp. 1–33.
- [8] Grzybowska D., (1997), *Concentration of ^{137}Cs in marine fish from Southern Baltic Sea in 1990-1995*, Nukleonika, 42 (3), pp. 665-674.

Maintaining the management system in Laboratory of Radiochemical and Spectrometric analysis

E. Starościak, B. Rubel, A. Fulara, M. Piekarz, K. Trzpił, A. Adamczyk

„Maintaining the management system in Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis” was carried out in the Radiation Hygiene Department of the Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) in 2014, the following subjects were realized:

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

In the Laboratory took place an external audit carried out by experts from Polish Centre for Accreditation on February 20 – 21.2014. During the audit auditors wrote down 1 card of incompatibilities and 3 observations. The Laboratory has taken corrective and preventive actions in relation to incompatibility and observations. The evidence of realized corrections and corrective actions were accepted by the PCA’s auditors. Auditors also identified strong points and areas for Laboratory management system improvement. Observations and comments have been carefully analyzed.

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

Due to the improvement of the management system, observations of PCA auditors and own insights from the document review in 2014 were prepared and implemented new editions of:

- Quality Paper – edition 6 of 15.12.2014;
- Procedures and Instructions for Research:

QPB 2 „Determination of activity concentration of ^{90}Sr ” – edition 7 of 21.12.2014,

QIB 2.1 „Pretreatment of samples for determination of ^{90}Sr ” – edition 1 of 21.12.2014.

QPB 3 „Determination of activity concentration of tritium” – edition 7 of 21.12.2014.

QIB 6.1 „Determination of total beta activity in the water” – edition 1 of 21.12.2014.

QIB 7.1 „Determination of total alpha activity in the water” – edition 1 of 21.12.2014;

- General Procedure:

QPO 3 „The quality assurance of research results”.

According to the „Training Plan 2014” and corrective and preventive actions in the Laboratory took place 10 internal trainings. The Laboratory staff also participated in 4 external trainings and 3 international meetings.

Following the PCA recommendation on participation in proficiency tests and interlaboratory comparisons (DA-05) the Laboratory participated in 2014 in international and national interlaboratory comparisons organized by:

- International Atomic Energy Agency: The IAEA-TEL-2014-04; worldwide open proficiency test on the determination of radionuclides: ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{241}Am in samples of water, bottom sediments and seaweed and ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U in samples of water – according to the procedures: QPB 1, QPB 5.

- PROCORAD 2014 Radiotoxicological Intercomparisons, France, whose subject was the determination of the activity concentration of H-3 in water and urine samples - according to the procedure: QPB 3;

- National Atomic Energy Agency (PAA) and Institute of Nuclear Chemistry and Technology (IChTJ): Comparison measurements of determination of ^{137}Cs and ^{90}Sr activity concentration in samples of drinking water, surface water, milk powder and sand (soil) - according to procedures: QPB 1, QPB 2, QPB 8.

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

According to a „Program of audits for the year 2014” two internal audits were conducted in the Laboratory of Radiochemical and Spectrometric Analysis. Internal audit No. 1/2014 checking the technical area of management system and internal audit No. 2/2014 concerning general

requirements of management system. Internal audits were carried out very carefully. Auditor has not found incompatibilities during the audit. Audits have shown that the Laboratory management system is implemented and continuously improved.

4. Technical supervision and repair of Laboratory research equipment:

In accredited producers standard solution of Sr-85 and Mix gamma (59,5 – 1836 keV, 100 cm³) were

purchased. In accredited Calibration Laboratories the following calibrations were done: „ADVENTURER" Ohaus Type AR 3130 weight and 60/220 XA analytical weight. Periodically checking of Laboratory research equipment and auxiliary equipment were done.

DOSIMETRY DEPARTMENT



Measurements of radioactive contamination in atmospheric aerosols in Poland in the year 2014

K. Isajenko, I. Kwiatkowska, B. Piotrowska

Introduction

In 2014 the ASS-500 aerosol sampling stations were located in Warsaw, Białystok, Katowice, Kraków, Lublin, Gdynia, Wrocław, Szczecin, Sanok, Toruń, Łódź and Zielona Góra (12 stations). All stations are equipped with NaI(Tl) detectors placed above the filter. The gamma spectra and other parameters, eg. the air flow rate through the filter, were transmitted to the station computer and sent to CLOR. Filters from three stations: in Szczecin, Toruń and Zielona Góra are measured in Dosimetry Department in CLOR. The network of ASS-500 stations belongs to the Polish Early Warning System.

Results and conclusions

The all stations were working without longer breaks. This resulted in collecting of 607 weekly aerosol samples throughout the year. Filters with the deposited aerosol, i.e. the total dust, were kept for at least 2 days in room temperature, then pressed into tablets 50 mm in diameter, and measured with HPGe detectors and multichannel analyzers. The effectivities of the detectors were in the range from several to 40%. The thickness of the tablets was in the range of 2.9-8.6 mm. In

emergency situations the filters are to be measured immediately after collecting the aerosols.

In 2014 the average mass of the weekly sampled total dust was 3.3 g with a range of 0.4-8.1 g. The average volume of filtered air was 79352 m³, ranging 12965-121367 m³. The wide ranges of the weekly samples of total dust and filtered air resulted from using ASS-500 stations of different electric power, as well as from different dustiness at the particular sites.

In computing and analysing the results of concentrations of radionuclides in the ground-level air it was assumed, that concentrations lower than the lower detection limit, LLD (confidence level 70%), were at the LLD values, instead of the zero ones.

The mean values of all measured concentrations of radionuclides along with information about places and weeks of the maximum of concentration in ground level air and for dust in the air are presented in Tables 1 and 2.

Figure 1 shows a graph illustrating the effect of the system on-line in a station operating in Toruń (Nicolaus Copernicus University) for the full year 2014. Curves located on the graph shows the change in the number of counts in the cesium – and iodine – channel in the spectra recorded by the NaI(Tl) detector located over the air filter in the station.

Table 1. Radionuclide concentrations in ground-level air, Poland, 2014. Annual summaries.

Radionuclide	Concentration [$\mu\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$] Mean \pm σ/\sqrt{n} (Range)	n	Maximum of concentration, Location, period
¹³⁷ Cs	0.8 \pm 0.06 (<0.1 ÷ 9.4)	607	Białystok, 14.04 - 22.04
¹³¹ I	0.6 \pm 0.02 (<0.04 ÷ <6.0)	607	Lublin, 31.03 - 7.04
⁷ Be	3370 \pm 60 (520 ÷ 12510)	607	Szczecin, 3.02 - 10.02
⁴⁰ K	14.9 \pm 0.6 (<1.5 ÷ 179.5)	607	Toruń, 28.07 - 4.08
²¹⁰ Pb	590 \pm 16 (54 ÷ 2478)	607	Szczecin, 24.02 - 3.03
²²⁶ Ra	6.7 \pm 0.3 (<1.0 ÷ <48.6)	607	Kraków, 3.02 - 10.02
²²⁸ Ra	1.4 \pm 0.1 (0.1 ÷ 32.9)	607	Lublin, 28.07 - 4.08

n = number of results obtained at all sampling site

Table 2. Radionuclide concentrations in total dust, Poland, 2014. Annual summaries.

Radionuclide	Concentration in dust [Bq·g ⁻¹] Mean ± σ/√n (Range)	n	Maximum of concentration, Location, period
¹³⁷ Cs	0.02±0.00 (<0.001-0.2)	607	Białystok, 14.04 - 22.04
¹³¹ I	0.01±0.00 (<0.001-<0.1)	607	Lublin, 7.04 - 14.04
⁷ Be	86.54±1.78 (11.88-259.1)	607	Zielona Góra, 25.08 - 1.09
⁴⁰ K	0.4±0.01 (<0.03-4.0)	607	Zielona Góra, 21.07 - 28.07
²¹⁰ Pb	14.3±0.3 (1.6-50.7)	607	Lublin, 17.11 - 24.11
²²⁶ Ra	0.17±0.01 (<0.02-<1.1)	607	Kraków, 11.08 - 18.08
²²⁸ Ra	0.03±0.00 (<0.001-0.7)	607	Lublin, 28.07 - 4.08

n = number of results obtained at all sampling sites

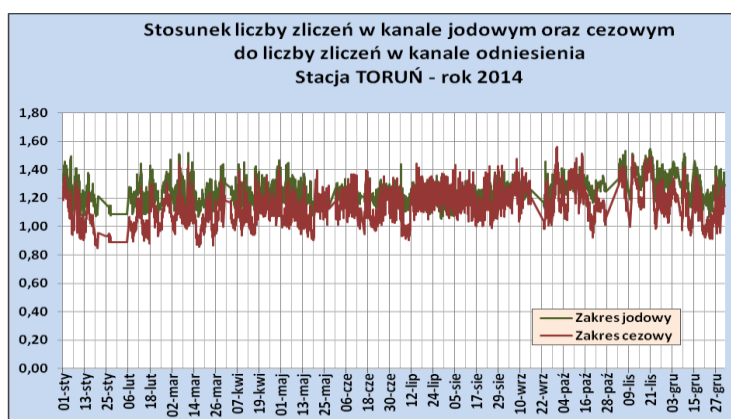


Figure 1. Station Toruń – an image of the on-line system.

Monitoring of ^{137}Cs concentration in soli, 2012 – 2013 and 2014 – 2015

K. Isajenko, B. Piotrowska

Introduction

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

Results and conclusions

The results of the measurements of soil samples are used for the all-country computerized radiological data base and for preparation of radiological maps of Poland produced in MapInfo 8.5 PL system. This system visualizes results of the investigation at the sampling points as circle cartodiagrams or extrapolates results of the point measurements to the whole area of Poland.

In the 254 points soil samples were collected to determine concentration of the caesium ^{137}Cs and natural radionuclides (radium ^{226}Ra , actinium ^{228}Ac and potassium ^{40}K) by means of the spectrometric analysis.

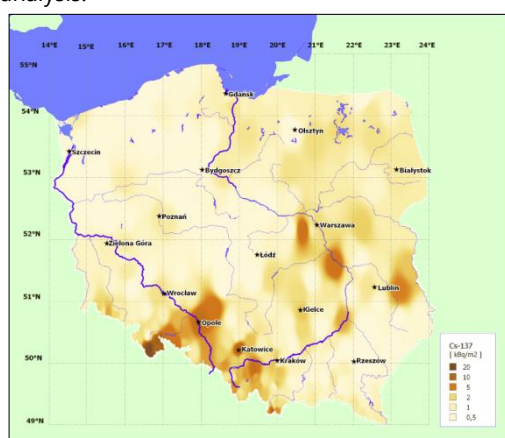


Figure 1. ^{137}Cs deposition in the 10 cm surface layer of soil in Poland, in October 2012.

In each point the samples of soil were taken in October 2012 with a knife-edge pipe of 7 cm diameter from the 10 cm thick surface layer at six

places, at the circumference of the circle of 2 m radius, and in the centre of the circle. The measurements of radionuclide concentrations in soil samples were made using spectrometers with HPGe detectors, located in low-background lead shielding houses. The time of each measurement was 80000 s.

The mean value of ^{137}Cs deposition density in Poland is $1.53 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$, ranging from 0.22 to $17.97 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. The radiological map of ^{137}Cs deposition density (raster map) is presented in Fig.1. Such distribution of ^{137}Cs was mainly due to the weather conditions – in particular rainfall - in Poland in May 1986, i.e. in the period immediately after the Chernobyl accident. All results refer to soil samples taken in October 2012.

The mean values of concentrations of natural radionuclides in soil in Poland are: for ^{226}Ra – 24.8, for ^{228}Ac – 23.8 and for ^{40}K – $415 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. This values are lower than the world average concentrations ranging 33, 45 and $420 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectively [1].

In each point the samples of soil were taken in October 2012 with a knife-edge pipe of 7 cm diameter from the 10 cm thick surface layer at six places, at the circumference of the circle of 2 m radius, and in the centre of the circle. The measurements of radionuclide concentrations in soil samples were made using spectrometers with HPGe detectors, located in low-background lead shielding houses. The time of each measurement was 80000 s.

The mean value of ^{137}Cs deposition density in Poland is $1.53 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$, ranging from 0.22 to $17.97 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-2}$. The radiological map of ^{137}Cs deposition density (raster map) is presented in Fig.1. Such distribution of ^{137}Cs was mainly due to the weather conditions – in particular rainfall – in Poland in May 1986, i.e. in the period immediately after the Chernobyl accident. All results refer to soil samples taken in October 2012.

The mean values of concentrations of natural radionuclides in soil in Poland are: for ^{226}Ra - 24.8, for ^{228}Ac - 23.8 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ and for ^{40}K - 415 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$. This values are lower than the world average concentrations ranging 33, 45 and 420 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectively [1].

Table 1. Collecting of the soil points (October 2014) by Provence.

L.p.	Province	Number of samples taken
1.	Dolnośląskie	27
2.	Kujawsko-pomorskie	10
3.	Lubelskie	15
4.	Lubuskie	6
5.	Łódzkie	9
6.	Małopolskie	43
7.	Mazowieckie	20
8.	Opolskie	10
9.	Podkarpackie	24
10.	Podlaskie	8
11.	Pomorskie	19
12.	Śląskie	22
13.	Świętokrzyskie	12
14.	Warmińsko-mazurskie	11
15.	Wielkopolskie	17
16.	Zachodniopomorskie	11
TOTAL – POLAND:		264

The highest mean concentrations of ^{226}Ra and ^{228}Ac occur in the southern parts of Poland, depending on the geological structure of the country. For instance in a soil sample taken in Jakuszyce the concentrations are: 128.3 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ of ^{226}Ra and 91.4 $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ of ^{228}Ac .

In 2014, work was completed „Monitoring of the concentration of ^{137}Cs in the soil in 2012-2013.” In the autumn of the same year began the next phase of the work („Monitoring of the concentration of ^{137}Cs in the soil in 2014-2015”).

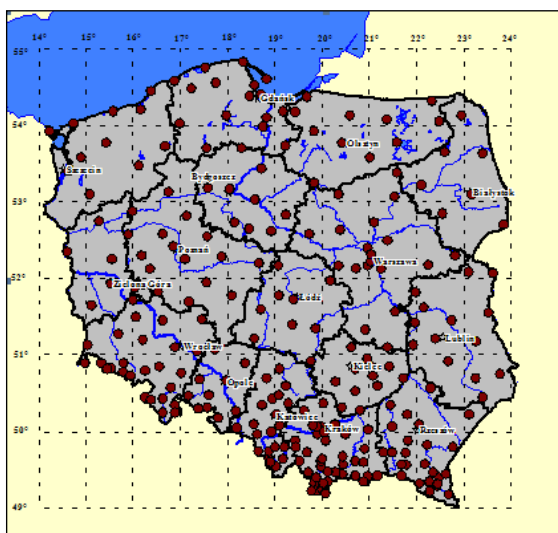


Figure 2. Location of sampling points of the soil (October 2014) in Polish territory.

As part of this theme in 2014 was performed the following work:

collection of 264 soil samples in 254 points (254 samples from the layer of 10 cm and 10 samples from the layer 25 cm) – Table 1;

coordination sampling was carried out;

developed a report containing a description of the conduct sampling (collecting methodology, terms of individual trial downloads, a description of how the transport and storage of samples).

Funding

All works on this topic are funded by the National Environmental Protection and Water Management Fund.

Literature

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

Development and implementation of the prototype of the portable measuring workstation for the collection of atmospheric aerosol and gas form of iodine

K. Isajenko, A. Boratyński, M. Fujak

Introduction

In the year 2011, Dosimetry Department of CLOR began the work (in the project of the National Centre for Research and Development - NCRD) on the development and manufacture of mobile stations for collection of atmospheric aerosols and gaseous iodine.

According to the plans we are produce two models of the station – one working as a stand-alone device, which in the case of the radiation accident will be able to be transported to any location to sampling of aerosols and gaseous iodine in the appropriate filters. Then the filters will be measured in the laboratory.

The second station will be a stand-alone module that will ultimately mounted to working in our country station ASS-500, extending the functionality of these stations with the possibility of collection (in case of emergency) of the gas fraction of iodine from the atmosphere. Of course, this module will run only at the time of an emergency. The station working as an independent apparatus, are to be reported to the Patent Office as an innovative device that so far anywhere in Poland is not working.

Results and conclusions

The second station will be a stand-alone module that will ultimately mounted to working in our country station ASS-500, extending the functionality of these stations with the possibility of collection (in case of emergency) of the gas fraction of iodine from the atmosphere. Of course, this module will run only at the time of an emergency. The station working as an independent apparatus, are to be reported to the Patent Office as an innovative device that so far anywhere in Poland is not working.

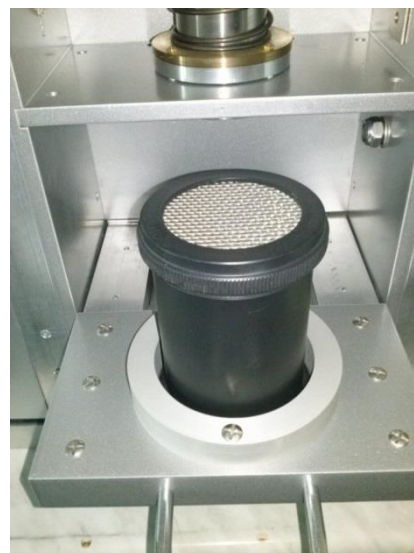


Figure 1. Cartridge with coal.

In the stations has been used as an absorbent impregnated activated carbon TEDA (1.5-2%) (Triethylene di-amine) with the potassium iodide KI (1.5-2%) with a particle size of 8x16 mesh, which is characterized by a high absorption efficiency for CH₃I. The absorbent is contained in the carbon filter of approximately 220 g weight and volume of 450 ml (volume was chosen so that all the carbon from cartridge'a could be measured in the geometry of the Marinelli container) and is mounted in the station in the geometry of a cylinder with a diameter of 73 mm and a height of 107 mm (Fig. 1).

Wall side of the cartridge with the filter is made of aluminum alloy with 15-micron layer of Teflon, which does not react with iodine and its compounds. Such a large thickness of the filter allowed for independence from the influence of air humidity on the absorption of iodine and maintenance of the residence time at minimum. 0.2 s in a cartridge (air flow at the order of 15 m³·h⁻¹) and, consequently, to ensure absorption efficiency at 90-100%.

The station detect gas iodine in the air at a concentration level of $10 \text{ mBq}\cdot\text{m}^{-3}$, which is a fully acceptable result for this type of station. This result can be dramatically improved (lower) prolonging the collection time of air (indicated limit of detection is determined at the time of collection of one hour) and/or the measurement time of the carbon cartridge.

In the Spring 2014 were made the first tests the accuracy of the work of the station. The tests were conducted in the Cancer Centre – Institute of Maria Skłodowska-Curie in Warsaw in the room where they are sick people, which was applied therapeutic doses of radioactive iodine. Tests were as expected

(tested were different types of coals arranged in layers in one cartridge).

As part of the work (which ended in September 2014) has created a second copy of the station (Figure 3), which is a module that will, if necessary to mount in the ASS-500 stations, which operate in the system for early detection of contamination.

Done well as full technical documentation for both measuring stations.

We plan to station application (device which stand-alone station) as the invention to the Polish Patent Office. The working name of the newly created station, the MISS (Mobile Iodine Sampling Station).



Figure 2. General view of the stand-alone iodine station.



Figure 3. The iodine station, which is the part of the ASS-500 station.

Analysis and evaluation of the radioactivity of raw and building materials used in Poland in years 1980-2014

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

Introduction

To the evaluation of raw and building materials in terms of the presence of radioactivity concentration shall apply the criteria published in the Ordinance of the Council of Ministers of 2 January 2007, (Journal of laws No 4 poz. 29) „on the requirements regarding the content of natural isotopes of potassium, ^{40}K , radium ^{226}Ra and thorium ^{228}Th in the raw materials and the materials used in buildings intended for the dwelling of people and livestock, and also in the industrial waste used in buildings and control the content of these isotopes". The regulation classifies the possibility to apply different raw materials and building materials in different types of housing by specifying two parameters:

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

In 2014 the Laboratory for Measurements Natural Radioactivity completed studies and developed opinions on application of building and

raw materials for the 52 samples were from different regions of the country. They were e.g. mixture ash-slag (29 samples), boiler slag (11 samples) and mixtures of dust-slag (5 samples) and another 7 samples.

From 1980 to the end of 2014 to a polish national database of raw and building materials has been entered for 44250 samples. In the same year entered to the database results for 1200 samples, including:

- the results of raw materials of natural origin: 30;
- the results of the building materials industrial origin: 1070;
- the results of building materials: 100.

Results

In 2014 the year was registered more excess of the limit values are defined the qualification coefficients of $f_1 = 1.2$ or $f_2 = 240 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ for housing and utilities, compared to the previous year. Overshoot recorded for 41,0 %, ashes and 62% gas desulphurisation products.

In figures 1-5 shows the changes in the average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for several selected raw and building materials (Fig. 1 – ashes, Fig. 2 – ash-slag boiler, Fig. 3 – cement, Fig. 4 – concrete, Fig. 5 – ceramics building) in the years 1980-2014.

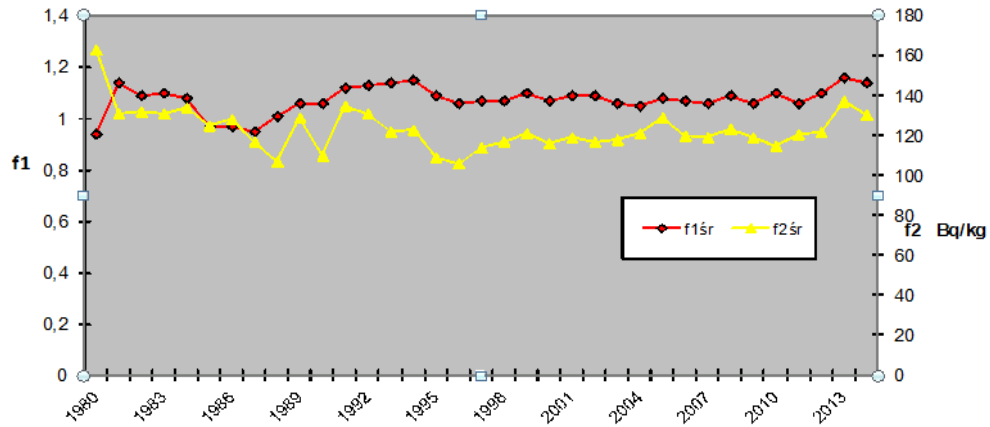


Figure 1. Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for ashes in the year 1980-2013.

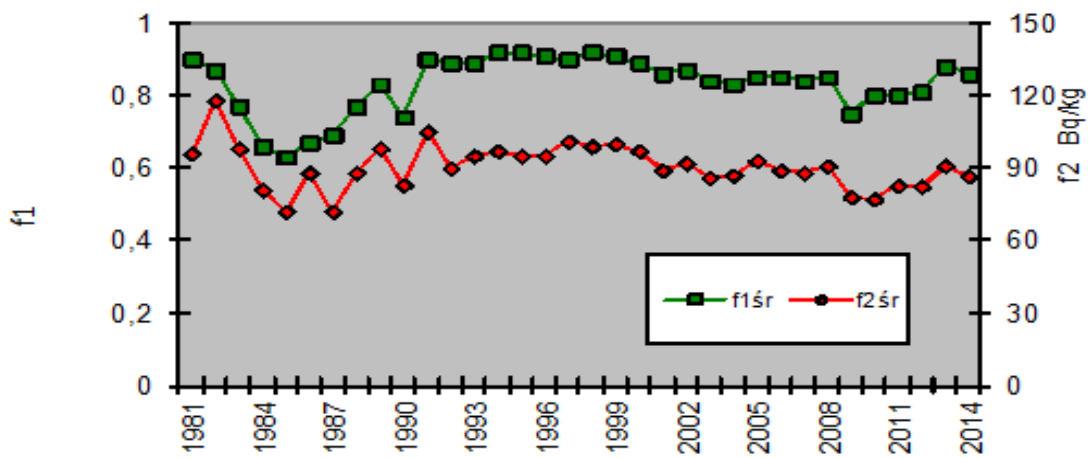


Figure 2. Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for ash-slag boiler in the year 1980-2013.

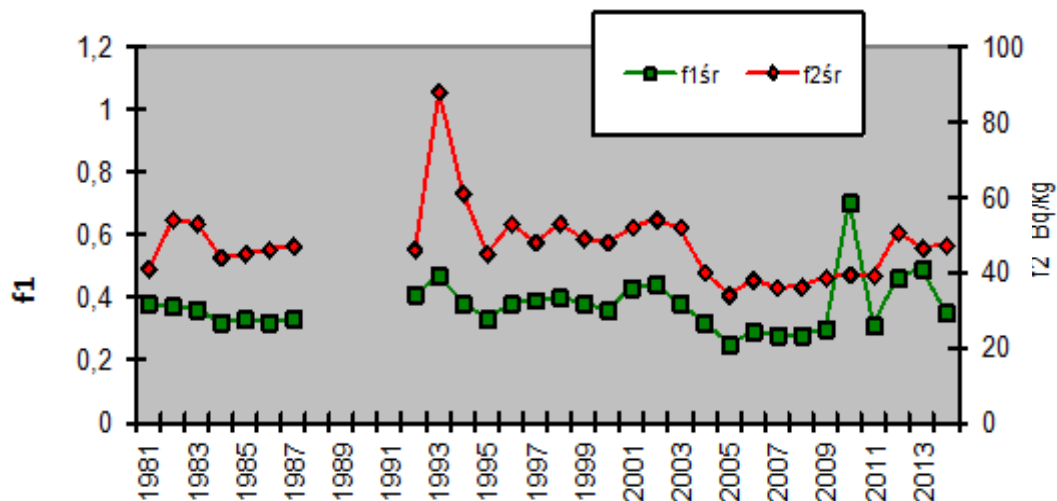


Figure 3. Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for cement in the year 1980-2013.

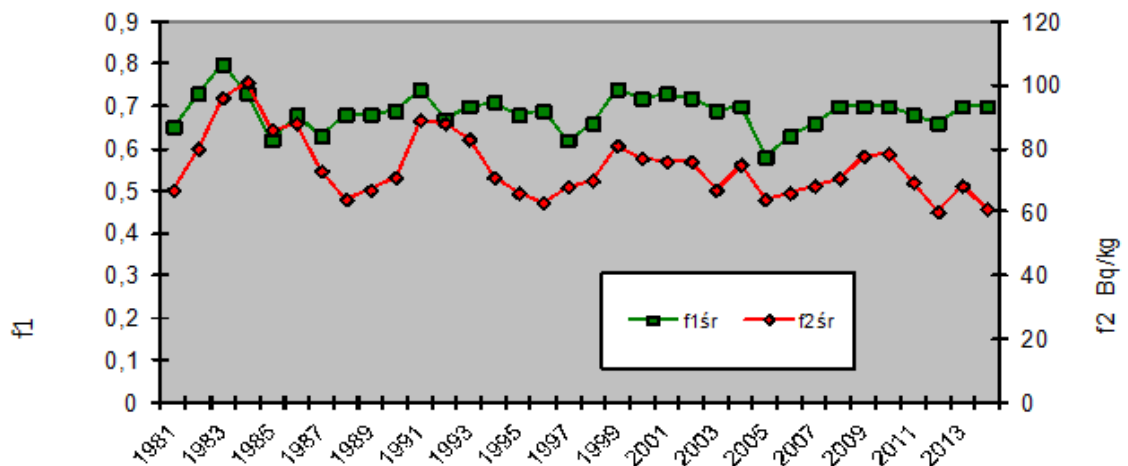


Figure 4. Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for concrete in the year 1980-2013.

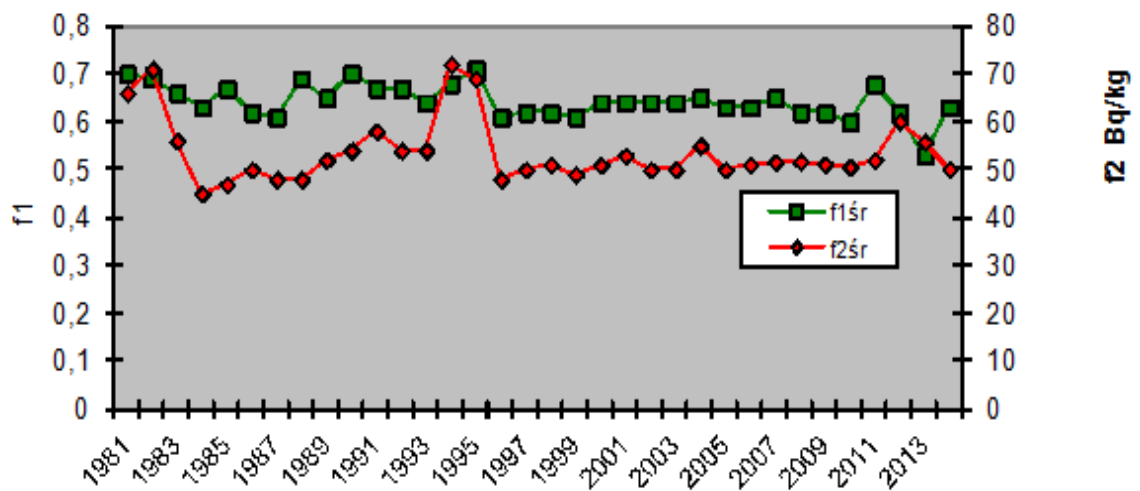


Figure 5. Average value of the activity coefficients f_1 and f_2 for ceramics building in the year 1980-2013.

Conclusions

By analyzing the average values of the qualification coefficients of f_1 and f_2 of the entire database is specified for housing construction and public service in the years 1980-2014 it should be stated that:

- several years has remained constant, the trend of average values measured the qualification coefficients of f_1 and f_2 for raw and building materials;

- in 2014 year 100% raw materials of natural origin would apply in building residential (as in previous years);
- in the case of raw materials of industrial origin in 2014 weak the qualification coefficients in terms of the admissibility of their application in building housing were characterized by ash;
- from the ended building materials produced in 2014 year 100% materials have been authorized for use in building housing.

Determination of natural radioactivity of raw and building materials gamma radiation spectrometry using HPGe detector

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

Measurements of Natural Radioactivity Laboratory is accredited to carry out laboratory studies of natural radioactivity in samples of raw and building materials in accordance with the Ordinance of the Council of Ministers of 2 January 2007, (Journal of laws No 4 pos. 29) „on the requirements regarding the content of natural isotopes of potassium, ^{40}K , radium, ^{226}Ra and thorium, ^{228}Th in the raw materials and the materials used in buildings intended for the dwelling of people and livestock, and also in the industrial waste used in buildings and control the content of these isotopes”.

Before we decided on the current solution Laboratory had to get two sets of three – channels analizators AZAR-90 and one set of type MAZAR-95. In operation, two sets of type AZAR-90 were seriously damaged. Due to outdated equipment became uneconomical repair those the apparatus. Therefore we decided to adopt a HPGe detector for testing natural radioactivity in the raw and building materials and thus the implementation of the method based on measurements using a HPGe detector. During testing, research method HPGe detector was damaged. For similar reasons, the repair of the detector also proved unprofitable (detector is 29 years old). Therefore Laboratory purchased new HPGe detector and started new analysis and testing of the research method.

Availability of raw materials testing and construction materials to the assessment of their

potential use in construction by gamma-ray spectrometry using HPGe detector allows due to its high resolution HPGe detector for precise and unambiguous determination of the radioactive isotopes concentrations.

During 2014, we made two sets of standards for apparatus HPGe detector and a scintillation detector callibration. As part of the work has been done several test measurements and setting out the concentration of a set of patterns on the XTRa characterized detector and a multichannel analyzer MAZAR-type with scintillation detector. We assumed total activity and concentration determined on the basis of comparative measurements on the analyzer type scintillation detector MAZAR. After determination of the activity multiple measurements were made using slag and fly ash samples and new patterns on the two sets of apparatus in order to validate the test method. We compared the results of measurements and assessed compliance input method to the method accredited. In addition, an analysis of the uncertainty of measurement was done and Laboratory created a form in Excel program to calculate the concentrations of radioactivity and activity indicators, together with uncertainty.

The procedure of the research method and determination of the lower limit of detection are still in development.

The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan and around Institute in Świerk

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

The estimate of the situation of the radiation in the vicinity of the National Radioactive waste landfills (KSOP) Różan in 2014 y. focused on:

- realization of research activity of gamma spring waters taken once a year in the three measuring points which allow the detection of artificial isotopes gamma radioactive content, $> 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$, measuring the total content of caesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) and tritium (^3H) $> 0.4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- realization of research: the total activity beta ground water collected by piezometers in eight points twice a year-when exceeding $1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ is a measurement of content of potassium (^{40}K) and determining the content of tritium (^3H) $> 0.4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$,
- realization of measurements by the dose rate in the five points and the collection of the soil twice a year and the realization of the study of gamma radiation samples of the soil with the define isotopes gamma radioactive: artificial $> 0.7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (dry mass) and natural $> 2.5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (dry mass),

The estimate of the situation of radiation in around Institute in Świerk in 2014 y. focused on:

- research activity of gamma to enable detection of artificial isotopes gamma radioactive water from the River Świder content $> 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ (collection of two points two times per year) and measuring the total content of caesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) and tritium (^3H) $> 0.4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$,
- research activity of gamma water from sewage treatment plant in Otwock from one point twice a year and the measurement of the total content of caesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) $> 0.4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- studies of gamma radiation to detect artificial isotopes in well water taken from two points twice a year for content $> 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ and measurements of the total content of caesium

(^{134}Cs and ^{137}Cs) and content of tritium (^3H) in each sample $> 0.4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ as well as the measurement of a strontium content (^{90}Sr) $> 0.4 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ in two samples of collection (for two points),

- realization of measurements by the dose rate in the five points, and a collection of grass and soil test of gamma radiation with gamma radioactive isotopes:
 - artificial: $> 1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ is for grass (dry mass); $> 0.7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ for a soil (dry mass);
 - -natural: $> 20 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ is for grass (dry mass); $> 2.5 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (dry mass).

Surroundings National Landfill of radioactive waste (KSOP) in Różan

Spring water

Study environment the National Radioactive waste landfills (KSOP) in Różan, in the analysis of spectrometry of ionizing radiation in samples of spring water with three points (Z-1, Z-2, Z-3):

- not registered gamma radioactive isotope artificial concentration $> 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- maximum content of tritium was recorded in a sample of water from point Z-1: $2.2 \pm 0.3 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- maximum content of caesium (^{134}Cs and ^{137}Cs) was registered in spring water from point Z-3: $4.97 \pm 0.56 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Groundwater

Analysis of the beta ray in samples of ground water from around KSOP in Różan showed:

- maximum content of tritium in the sample marked P-2: $8.7 \pm 1.3 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ – collection of spring, and P-2: $7.9 \pm 1.2 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ – collection of autumn;

- the largest total radioactivity beta ray $0.19 \pm 0.02 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ (sample P-4 collection of spring) and $0.16 \pm 0.02 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ (sample collecting of autumn).

Soil

Spectrometric study of gamma radiation samples of soil from the surroundings KSOP in Różan have shown with artificial isotopes – the presence of caesium (^{137}Cs); with more content in June sample marked D-1 and in September sample marked D-2. Concentration detected activity amounted to ^{137}Cs : $39.6 \pm 0.7 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ and $33.4 \pm 0.6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectively.

Grass

In the analysis of spectrometry of gamma radiation in samples of grass in the KSOP Różan have shown with artificial isotopes – the presence of caesium (^{137}Cs). Concentrations of activity of the isotope have been between $0.62 \pm 0.11 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dry mass (in May sample marked D-1) to $352 \pm 6 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ dry mass (in September sample marked D-4).

Exposition dose rate

Exposition dose rate of radiation in the environment in the KSOP Różan is between $69.90 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point D-4 (measurement in May) to $265.43 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point D-1 (measurement in May).

The average exposition dose rate for surroundings KSOP in Różan is:

- $111.46 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ for measurements in May;
- $78.97 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ for measurements in September.

Average exposition dose rate (for all measurements) is $95.22 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$.

Surroundings Institute in Świerk

Water

Study environment by Institute in Świerk, after analysis of the spectrometry of gamma radiation in samples of water from the River Świder (WS-1 and WS-2 samples) and the water from well (G-106 and

G-108) was not found the presence of radioactive isotopes gamma artificial content $> 0.1 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

In samples of water from the Canal outlet of sewage treatment plant in Otwock (RSD) been registered gamma radiation from the isotope of iodine (^{131}I) and both in the collection of the spring and autumn, the maximum activity on the day of collection of water from the Canal outlet of sewage treatment plant in Otwock at: $0.149 \pm 0.006 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$ (September collection).

Measurement of content for tritium (^3H) in samples of well water and water from the River Świder method of enrichment of tritium electrolytic method and measurement of the activity of beta ray by means of spectrometry LSC showed the presence of tritium at low level. The average value of the concentrations of tritium in water taken from the surrounding area Institute in Świerk amounted:

- in water river WS-1: $3.0 \pm 0.5 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- in water, river WS-2: $0.7 \pm 0.3 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- in well water G-106: $< 0.5 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- in well water G-108: $< 0.5 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Measurement of content for caesium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) in samples of water by method of selective sorption of caesium on a fluid quinoline ammonium (AMP) and measuring the activity of β ray preparation has shown that in all samples the caesium activity level is low. The largest average content of caesium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) was registered in water from the sewage treatment plant in Otwock.

The average value of the activity concentration of caesium ($^{134}\text{Cs} + ^{137}\text{Cs}$) in samples of water were, respectively:

- in water river WS-1: $2.24 \pm 0.27 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- in water, river WS-2: $2.43 \pm 0.32 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- in well water G-106: $3.43 \pm 0.41 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- in well water G-108: $6.64 \pm 0.73 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$;
- in water from the sewage treatment plant: $8.11 \pm 0.87 \text{ Bq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

In determinations ^{90}Sr in two bulk samples of well water from the Spring and autumn collection. G-106, G-108 and WS-1 and WS-2 recorded the presence of strontium (^{90}Sr), with more content in sample G-108 of values: $21.84 \pm 4.37 \text{ mBq}\cdot\text{dm}^{-3}$.

Grass

In the analysis of spectrometry of gamma radiation in samples of grass from surrounding institute in Świerk found in four samples the presence of caesium (^{137}Cs) in the range from $< 0.14 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (sample MD-04) to $2.58 \pm 0.13 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (sample MD-02).

Exposition dose rate

Exposition dose rate in around institute Świerk is in range from $48.9 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ in point MD-05 to the value $64.7 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ point MD-02 with mean value equal to $59.34 \text{ nGy}\cdot\text{h}^{-1}$.

Soil

After the analysis of the spectrometry of gamma radiation in soil samples from the around institute in Świerk found:

- the presence of caesium (^{137}Cs) in all samples;
- maximum activity of caesium (^{137}Cs): $8.4 \pm 0.3 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (point MD-03);
- minimum activity of caesium (^{137}Cs): $0.51 \pm 0.12 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ (sample MD-04).

Project „EDEN” – tests and exercises CBRNE determined by needs of participants of crisis management

K. Wojtkowski, K. Ciupek

The EDEN project aims to bring together the tools and software to support the emergency services operation in case of CBRN (Chemical, Biological, Radiological and Nuclear Threat) events for example nuclear power plant accident or a dirty bomb explosion. These tools have been collected on the platform accessible to individual institutions and consortia. The project EDEN workshops were organized as well as practical training in the field of CBRN. The aim of the workshop was to familiarize participants with available tools for modeling nuclear power plant emergencies, development of sample scenarios to react in case of accident at a nuclear power plant specific assumptions. The exercise model was Dunkelstein – a hypothetical country with a strictly defined geopolitical and administration structure. In Dunkelstein there was one nuclear power plant, where the radiation emergencies took place. As part of the exercise a simulation of virtual events within the nuclear power plant and during transportation of spent nuclear fuel was discussed. The participants were divided into 4 groups which worked on specific scenarios. The first scenario included the terrorist attack with a small explosive which caused damage to the cooling system of the primary circuit (small explosive, no damage to the reactor) and the leakage of contaminated water from the reactor cooling system. The spread of the risk was only within the unit. The situation in the INES scale was

assessed on the 2nd. The second scenario included a terrorist attack on the property with a large hollow explosive material and damage to the reactor core with water circulation causing no possibility to control rods and the leakage of contaminated water from the reactor cooling system. The increase of core temperature was out of control leading to distribution of water vapor and a series of explosions and fires. In the end, contamination spread far beyond the plant. The third scenario included a natural disaster (high and sudden flood wave from mountainous areas) failure of all power sources by flooding, the total damage to the coolant circuit, which resulted in melting of the rods, explosion H₂ and finally fire. The radioactive cloud was spread above the other territories in Dunkelstein. As a result of reactor damage leakage of contaminated water from the reactor cooling system mixed with local water that caused qualification of this event as level 5 on INES scale. The fourth scenario was big traffic accident during railway transport of spent fuel from the reactor. The accident occurred by moving of a large train set with spent nuclear fuel into the back of the train taking liquid fuels. In result fire, BLEVE explosions and the release of large amounts of radioactive nuclides in the form of vapor and smoke occurred. The INES scale threat was rated at 6. The script was written based on events that took place in Bialystok, November 8, 2010 year.

Maintenance of accreditation in measurements of natural radioactivity laboratory in scope of ^{226}Ra , ^{228}Th and ^{40}K radioactive concentration determination in raw and building materials

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

Regarding of the accreditation's maintenance in Measurements of Natural Radioactivity Laboratory in scope of ^{226}Ra , ^{228}Th and ^{40}K radioactive concentration determination we focused on the following aspects: equipment's technical supervision, improvement of management system, conducting of management reviews, internal and external audits.

Technical supervision over the equipment covered actions included in devices' control Schedule for year 2014 and testing measurements of the samples on spectrometer with High Purity Germanium Detector (HPGe, relative efficiency – 15%). Laboratory made the following periodic checking actions: daily control of temperature and humidity in room with MAZAR-95 analyser, checking of MAZAR-95 analyser by volumetric calibration standards, in given order – once a week measurement of one standard sample (K056, Ra056, Th056, cylinder 1600A, CLOR W3P5, standard Koszyce ash), checking after the measurement on analyser, what is the trend of radium, thorium and potassium concentration during last three months, calibration of MAZAR-95 analyser in December 2014. Besides two electronic weights were checked twice a year. Results of all checking measurements were acceptable.

Laboratory started testing measurements and making the procedure for measurement of radium, thorium and potassium concentration in raw and building materials on spectrometer with High Purity Germanium Detector. The aim of this task is comparing the results given by both methods and possibly implementation of radioactive concentration determination's method or even replace the method of measurements on MAZAR-95 analyser.

In 2014 two electronic weights and hytherograph have been calibrated in accredited laboratory.

Regarding of the improvement of management system the employees of the Laboratory took part in trainings on the following subjects: analysis and evaluation of the changes of radioactivity of raw and building materials applied (used) in Poland in 1980-2013, documents' supervision, corrective and preventive actions and researches' incompatible with the requirements supervision. Some trainings of measurements of radium, thorium and potassium concentration in raw and building materials have been conducted in external laboratories. Moreover checks, calibrations and trainings conducted in 2013 have been summarized. In October 2014 new quality manager started making corrections, updating and completing of procedures, instructions, forms, Quality Manual and Research Method Manual. Also other actions connected with external audit and additional management review were done.

In April 2014 internal technical audit took place. During this audit one disagreement was noted. Correction and corrective actions have been implemented.

Internal system audit was postponed for the next year because of planned by new quality manager meaning corrections and updates of management system's documentation.

In May 2014 in Laboratory the external audit took place. During this meeting three disagreements and six observations were noted in the system part.

There were no disagreements or observations in technical field. Correction and corrective actions were done to remove the disagreements. The auditors have been informed about them and the

actions were accepted. Measurements of Natural Radioactivity Laboratory maintain the accreditation. For the proposal of the Laboratory in „*The scope of accreditation*“ range of activity of potassium, radium and thorium was changed and correction of activity coefficients f_1 and f_2 description was done. Besides Laboratory doesn't make extra opinions and interpretations for the clients anymore. Currently the report includes the results, comparing of the results with limited quantities given in corresponding norms and regulations, further advices and information about frequency of building materials' research.

In 2014 two management reviews took place. Routine management review was conducted in May 2014. Technical problems, functioning of the management system, purposes noticed on the last management review and tasks to do for the next management review were discussed. Additional management review took place in September 2014. During this meeting opinions about preventive and corrective actions after earlier internal and external audits and personal matters were discussed. A long list of things to do till external audit in May 2015 was also done.

DEPARTMENT OF MONITORING AND CALIBRATION

Maximum relative biological effectiveness (RBE_M) of fission neutrons from research reactor MARIA for inducing of dicentrics in human lymphocytes

M. Kowalska

Introduction

In 2011-2014, Central Laboratory for Radiological Protection was involved in realisation of the scientific project on implementation of the lymphocyte dicentric chromosome assay for biological dosimetry of fission neutrons. In a case of accidental exposure to neutrons from the nuclear fission reactions a human body is irradiated not only by neutrons but also by γ -rays, resulting from neutron interactions with the nuclei of atoms. Since neutrons and γ -ray photons have markedly different physical and radiobiological properties, there is a need to determine the total absorbed dose and the separate doses due to the two types of radiation. The project included simulation of acute whole body exposure in radiation fields of a nuclear reactor, to examine the induction of dicentrics in human peripheral blood lymphocytes (HPBL) irradiated in vitro with different doses of mixed ($n+\gamma$) radiation. A simple facility for irradiation of biological samples was arranged at the horizontal channel No.8 of the research reactor MARIA in the National Centre for Nuclear Research in Swierk. The radiation field on the table prepared for the irradiation of blood samples was composed mostly of gamma radiation, with expected neutron contribution to the absorbed dose below 10% of the total dose. Because the dicentric yield from fission neutron exposure is strongly dependent on both the neutron energy spectrum and the neutron contribution to the absorbed dose, it was very important to determine the neutron dose with good accuracy.

In order to determine the total absorbed dose in blood samples as well as its neutron and gamma components, two measuring techniques were applied – twin detector method and recombination method based on analysis of the shape of the saturation curve [1]. To measure total tissue kerma

rate the same F1 type of ionisation chambers was used for both methods. Neutron and gamma components of the total tissue kerma were determined using two ionisation chambers of different neutron sensitivity – a C-CO₂ chamber of G5 type and tissue equivalent chamber of F1 type. Additionally, recombination index of radiation quality (RIQ) of the mixed radiation beam and its neutron component was measured by the combined recombination method using a concept of recombination microdosimetric method (RMM) [2].

The total tissue kerma rate in blood samples was measured to be $577.6 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$. The value recommended as contribution of gamma radiation to tissue kerma was 0.925 ± 0.025 . Therefore, the corresponding contribution of neutrons to tissue kerma was 0.075 ± 0.015 . The measured values of recombination index of radiation quality (RIQ) for fission neutrons alone and mixed ($n+\gamma$) beam were 12 ± 0.5 and 1.87 ± 0.7 , respectively. The neutron energy spectrum consisted mostly of thermal neutrons. The thermal neutron flux, integrated over the neutron energy was equal to $2.2\cdot 10^8 \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, while integrated flux of fast neutrons was $2.45\cdot 10^5 \text{ n}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Flux of epithermal neutrons was negligibly small. Characterisation of the mixed radiation beam was performed by Laboratory for Mixed Radiation Dosimetry at the NCNR in Świerk. More detail concerning measuring methods and measurements can be found in publication [1] and [2].

Results

To establish dose-response relationships for the mixed ($n+\gamma$) beam from the MARIA research reactor (MRR) and its fission neutron component, whole blood samples obtained from six healthy donors were irradiated with total doses: 0.1, 0.25, 0.5, 0.75,

1, 1.5 and 2 Gy. The respective dose contribution from fission neutrons was as follows: 0.008; 0.02; 0.04; 0.06; 0.08; 0.12 and 0.16 Gy. After irradiation blood samples were transported to CLOR, where 3 cultures per dose were established for each donor and incubated for 48-50 h at 37°C. Chromosome preparations and Giemsa staining were performed according to standard procedures recommended by IAEA for chromosomal aberration analysis for dose assessment [3]. Dicentric chromosome analysis was carried out exclusively in complete first division metaphases.

The obtained dicentric yield (Y) has been shown to best fit to a linear-quadratic model ($Y=\alpha D+\beta D^2+c$), where D is the dose of mixed ($n+\gamma$) radiation, α and β are dose-yield coefficients and C is the spontaneous dicentric frequency at zero dose. Thus, the best-fit coefficients ($\pm SE$) determined by maximum likelihood method are $C=0.0010 \pm 0.0004$ dicentrics per cell, $\alpha=0.038 \pm 0.004$ dicentrics per cell per Gy and $\beta=0.048 \pm 0.003$ dicentrics per cell per Gy². The dose-response data for fission neutrons alone best fit to the linear model ($Y=\alpha D$) over a dose range from 0.008 to 0.16 Gy [4]. The value of the best-fit coefficient ($\pm SE$) is $\alpha=0.354 \pm 0.029$ dicentrics per cell per Gy⁻¹. The both dose-response relationships are consistent with a dependency on a linear energy transfer (LET) for the induction of dicentrics in human lymphocytes [3, 4].

The aim of present study was to assess a biological effectiveness the mixed beam from MRR and fission neutrons alone in the induction of dicentrics in human peripheral blood lymphocytes.

The effectiveness of different types of radiation for inducing a particular biological end-point is commonly represented by the term called relative biological effectiveness (RBE) [5, 6]. Mathematically, RBE is the ratio of the absorbed dose of low-LET radiation (usually X-rays) necessary to cause the same level of the same biological effect as that of high-LET radiation (neutrons, protons, α -particles, heavy ions). It is well known that the RBE of neutrons increases as the dose is reduced, and reaches a constant value at doses where the dose-response curves for neutrons and reference X-ray radiation become indistinguishable from their tangents at the origin. This limiting value of the experimentally obtained RBE is denoted as maximum RBE (RBE_M) and is derived from the ratio

of the initial slopes of the dose-response curves for the neutrons and the reference radiation, which correspond to values of the α coefficients [5, 6].

In order to assess the RBE_M value of the mixed beam from MRR and fission neutrons alone, X-rays with the effective energy of 122 keV were used as the reference radiation. For the reference X-rays, the linear coefficient of the dose-response relationship was 0.036 ± 0.003 dicentrics per cell per Gy⁻¹. Then, the corresponding values of RBE_M for the mixed beam and its neutron component were 1.12 ± 0.22 and 10.41 ± 1.7 , respectively.

The RBE_M values determined in this study for the induction of dicentrics in human lymphocytes irradiated in vitro in radiation fields of the MRR agree very well with values of recombination index of radiation quality (RIQ) for the mixed beam ($RIQ_{n+\gamma}=1.87 \pm 0.7$) and fission neutrons alone ($RIQ_n=12 \pm 0.5$). The RIQ was measured under conditions of the initial recombination of ions that occurs in single tracks of ionising particle [2]. Such recombination is considerably greater in tracks of particles with high LET, than in low-LET tracks. Therefore, values of RIQ reflect local ionisation density of investigated radiation and can be correlated with its quality (Q) defined as the structure of the track of an ionising particle [2].

Conclusions

The RBE_M for the induction of the chromosome damage in HPBL appears to be very valuable factor in the prediction of the maximum relative biological effectiveness of low doses of neutrons. Values of the RBE_M are very similar to values of the RIQ, which is mostly used for determination of radiation quality factor (Q) and dose equivalent in any mixed radiation fields. Therefore, the present methodology for the assessment of the RBE_M of the reactor beam and its neutron components by the lymphocyte dicentric assay can be also employed for the prediction of biological efficiency of the therapeutic neutrons used in external beam therapy and boron neutron therapy.

Literature

- [1] Golnik N., Gryziński M.A., Kowalska M., Meronka K., Tulik P., *Characterisation of radiation field for irradiation of biological*

-
- samples at nuclear reactor-comparison of twin-detectors and recombination methods.* Radiation Protection Dosimetry Dosimetry, (online) doi: 10.1093/rpd/nct341, 2013.
- [2] Zielczynski M., Golnik N. *Recombination index of radiation quality-measuring and applications.* Radiation Protection Dosimetry, 52, 419-422, 1994.
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Cytogenetic Dosimetry: Applications in preparedness for and response to radiation emergencies.* (IAEA), Vienna, 2011.
- [4] Kellerer A.M., Rossi H.H., *A generalized formulation of dual radiation action.* Radiation Research, 75, 471- 488, 1978.
- [5] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, *Recommendations of the International Commission on radiological Protection.* ICRP Publication 60. Annals of the ICRP, 21, Pergamon Press, Elmsford, New York, 1991.
- [6] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, *Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor (w_R).* ICRP Publication 92. Annals of the ICRP, Pergamon Press, Oxford, 2003.

Development of dose response relationship for induction of dicentrics in human lymphocytes by high energy protons in the spread out Bragg peak region

M. Kowalska

Introduction

Nowadays the use of high-energy proton beams is a promising, non-invasive method for the treatment of specific types of tumours. Protons accelerated to energy 60-70 MeV are successfully used to treat ocular tumour patients. The therapeutic use of proton beams is motivated by their inverted depth-dose profile compared to X-rays. Protons show an increasing energy deposition with penetration distance, leading to a maximum (called the Bragg peak) near the end of range of the proton beam [1, 2]. Thus, the damage induced in healthy tissues surrounding the tumour is limited. The intensity and width of the Bragg peak as well as the depth of maximum dose depend on the mean proton energy and the energy spread of a therapeutic proton beam. For protons with the energy range of 50 – 70 MeV, the full width of the Bragg peak increases from 1.53 mm to 2.59 mm [1]. In order to achieve the prescribed dose in a volume as large as the eyeball (~30 mm), several beams of different energy have to be combined, resulting in the production of the spread-out Bragg peak (SOBP).

Understanding of the interactions between high-energy protons and cellular DNA is critical for optimisation of the proton therapy and prediction of its potential risk. In this regard, it is important to investigate biological response induced in cells and tissues by proton beams used for cancer therapy. In order to study the chromosome damage following in vitro exposure to a therapeutic proton beam, human peripheral blood lymphocytes (HPBL) are a valuable cellular model. Because the lymphocytes are able to leave the peripheral blood, pass through different organs of the body, and again enter the blood circulation, radiation-induced chromosome aberrations in HPBL may reflect

cellular damage to surrounding normal tissues during clinical radiotherapy.

It is well recognised that such chromosome-type aberrations as dicentric chromosomes (in brief: dicentrics) are the result of mistakes by cellular repair mechanisms during rejoining the free ends of two radiation-induced DNA double strand breaks [3]. In order to produce a dicentric aberration, two double strand breaks (DSBs) in two unduplicated chromosomes are required, and these two DSBs may arise from one or two tracks of charged particles and/or their delta rays [4]. It is also assumed that the formation of chromosome aberrations is proportional to the square of the local energy concentrations, while the production of DNA lesions is independent of energy concentrations, and thus is simply proportional to an absorbed dose [4]. This then leads directly to an explanation of the linear and quadratic dependency on the absorbed dose, with the linear component being dominant at low doses particularly for high LET radiation, and the quadratic component being dominant at high doses particularly for low LET radiation. According to above microdosimetric concepts dicentrics produced by interaction of DNA lesions produced by one and the same particle track have a frequency per cell that is proportional to a linear function of absorbed dose (βD). While the frequency of dicentrics occurred due to rejoining of lesion produced by different charged particles is proportional to the square of the absorbed dose (βD^2).

Under that scenario, all densely ionising radiations (such as neutrons, α particles and heavy ions) will have a linear dose-response relationship over the relevant dose range [3, 4]. For sparsely ionising radiations (like X- and γ -rays), the dose-response relationship will be a combination of linear and quadratic components ($Y = \alpha D + \beta D^2$), and the ratio of the α and β coefficients will be equal to

the dose where one-track action and two-track action contribute equally to the formation of dicentric [4]. Many studies report that β coefficient is not largely dependent on the quality of radiation. However the value of α coefficient varies with particle type, kinetic energy, linear energy transfer (LET), cell type, cell cycle phase and oxygenation level [3].

Generally, charged particles with values of LET above $10 \text{ keV}\cdot\mu\text{m}^{-1}$ are more efficient in producing chromosome damage in the cell than low LET photons. The increased effectiveness of charged particles compared to photons is quantified by the relative biological effectiveness (RBE), defined as the ratio of photon and charged particle doses resulting in the same dicentric frequency in cells of the same type. Irradiation of HPBL in vitro and in vivo produces similar level of dicentrics per cGy [3]. For this reason the lymphocyte dicentric assay is widely used to examine dose-response relationships and RBE values of different types of radiation.

The objective of the present study was to obtain a dose-response relationship for the induction of dicentrics in HPBL irradiated in vitro by a therapeutic proton beam used for radiotherapy of patients with ocular tumours. The beam was delivered by Proteus C 235 isochronous cyclotron at the Cyclotron Centre Bronowice / Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Science in Krakow [5].

Peripheral lymphocytes were taken from a healthy female donor, who was already involved in the experiment designated to determine the in vitro dose – response relationship for the induction of dicentrics by X-rays. In the present experiment, whole blood samples, in the amount of 1.5 ml, were irradiated in the middle of SOBPA with doses of 0.25; 0.50; 0.75; 1; 2 and 4 Gy [5]. Blood samples in Ependorff vials of 2 cm length were irradiated in a specially designated poly(methyl methacrylate) phantom located at the isocentre. During irradiation the average dose rate was $0.075 \text{ Gy}\cdot\text{s}^{-1}$. All irradiations were carried out at room temperature. A part of non-irradiated peripheral blood sample was used as a control sample at a zero dose.

Following irradiation blood samples were transported to CLOR where 3 cultures per dose were established, and incubated for 48-50 h at 37°C . The cell culture procedure and chromosome preparations

were based on the internationally accepted protocol for lymphocyte chromosome aberration analysis [3]. Microscopic slides were made for each dose, stained with 5% Giemsa solution, and scored manually under a Nikon Exlispse 200 microscope at 1000 x magnification.

The obtained dicentric data were analysed as a function of the absorbed dose of proton radiation. The resulted in vitro dose-response relationship was then used for assessing a maximum value of experimentally determined RBE of low doses of protons [6, 7]. This RBE_M value was derived from the ratio of the α coefficients for protons and reference X-ray photons. Due to the use of HPBL of the same blood donor, it was possible to avoid the interindividual variations in sensitivity of lymphocytes.

Results

The obtained dicentric data (Y) has been shown to best fit to a linear-quadratic model ($Y=\alpha D+\beta D^2+C$), where D is the proton dose, α and β are dose-yield coefficients and C is the spontaneous dicentric frequency at zero dose. Thus, the best-fit coefficients ($\pm\text{SE}$) determined by maximum likelihood method are $C=0.0010\pm 0.0004$ dicentrics per cell, $\alpha=0.054\pm 0.004$ dicentrics per cell per Gy and $\beta=0.024\pm 0.001$ dicentrics per cell per Gy^2 . The linear and quadratic coefficients for the reference X-rays are as follow: $\alpha=0.040\pm 0.003$ dicentrics per cell per Gy and $\beta=0.064\pm 0.004$ dicentrics per cell per Gy^2 .

Due to the linear-quadratic relationship for the production of dicentrics in HPBL irradiated with high-energy protons, these protons could be considered as a photon-like low LET radiation. However, the β coefficient is lower than the α coefficient, resulting in the ratio of α/β equal to 2.25 ± 0.26 Gy. For X-rays, the ratio of α/β is 0.63 ± 0.06 Gy. This difference clearly indicates the predominance of the one-track action of protons in the Bragg peak region in comparison to photons.

The maximum value of the experimentally determined relative biological effectiveness ($\text{RBE}_M=\alpha_P/\alpha_X$) of protons is 1.35 ± 0.20 , and shows a slightly increased effectiveness of protons compared to photons in producing the dicentrics in HPBL. In addition to the physical advantages (Bragg peak), enhanced RBE of protons compared to photons is one of the major advantages of the

practical proton therapy compared to the conventional X-ray radiotherapy.

Different response of HPBL to high-energy protons compared to photons can be associated with the increased linear energy transfer (LET) when protons come to stop. Approaching the Bragg peak, the LET of protons increases up to $\sim 100 \text{ keV}\cdot\mu\text{m}^{-1}$. At $100 \text{ keV}\cdot\mu\text{m}^{-1}$, the spatial separation of ionisations along the track of a single proton ($\sim 2 \text{ nm}$) is optimally spaced to induce an increased number of closely spaced DNA lesions, which form a cluster of DNA damage [2].

Theoretical and experimental studies support the induction of DNA clustered damaged sites by a single particle track and not by multiple track events [2, 8, 9]. This complex damage is defined as two or more lesions on opposite DNA strands within one to two helical turns of DNA [8]. That clustered damage can be made up of DNA double strand breaks (DSBs) with associated base lesions or abasic sites, and non-DSB clusters comprised of oxidized base lesions. Compared to isolated damages, certain clustered DNA damage sites are processes within the cell to form additional DSBs. In fact, increased induction of DSBs was observed in plasmid DNA after irradiation with protons in the Bragg peak region in comparison to γ -rays [9]. Generally clustered DNA damage is considered as repair-resistant and non-reparable. Such repair-resistant clusters could persist in human cells for substantial time after irradiation, resulting in the formation of mutations and genetic instability in normal tissue. On the other hand, the delayed repair of clustered DNA damage leads to cell killing in tumour cells, resulting in RBE values significantly above 1 [2]. Therefore, formation of clustered DNA damage is considered as a highly significant biological endpoint and a signature of high LET radiation.

Taken together, these preliminary results confirm the existence of distinct differences between physical and radiobiological properties of high-energy protons and photons. They also agree well with the new approach, according to which high-energy protons should no longer be considered as a photon-like low LET radiation [2].

Conclusions

Using the lymphocyte dicentric assay and the in vitro dose-response relationship for the induction

of dicentrics after proton irradiation it would be possible to estimate doses received in healthy tissue of cancer patients during proton therapy. Such information is particularly important for the treatment of pediatric patients due to their risk of severe side effects (such as low blood counts, fatigue and nausea) as well as secondary cancers.

Literature

- [1] Konefał A, Szaflik P., Zipper W.: *Influence of the energy spectrum and spatial spread of proton beams used in eye tumour treatment on the depth-dose characteristics*. NUKLEONIKA; 55(3): 313–316, 2010.
- [2] Tomassino F., Durante M. *Proton Radiobiology*. Cancers 2015, 7, 353-381; doi:10.3390/cancers7010353.
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, *Cytogenetic Dosimetry: Applications in preparedness for and response to radiation emergencies*. (IAEA), Vienna, 2011.
- [4] Kellerer A. M., Rossi H. H., *A generalized formulation of dual radiation action*. Radiation Research, 75, 471- 488, 1978.
- [5] Swakoń J., *Radioterapia protonowa nowotworów oka w IFJ PAN, Review of research activity at IFJ PAN 2011-2013*.
- [6] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, *Recommendations of the International Commission on radiological Protection*. ICRP Publication 60. Annals of the ICRP, 21, Pergamon Press, Elmsford, New York, 1991.
- [7] INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, *Relative biological effectiveness (RBE), quality factor (Q), and radiation weighting factor (w_R)*. ICRP Publication 92. Annals of the ICRP, Pergamon Press, Oxford, 2003.
- [8] Hada M., Georgakilas A. G., *Formation of clustered DNA damage after high-LET irradiation: A review*. Journal of Radiation Research, 49 (3), 203-210, DOI: 10.1269/jrr.07123.
- [9] Sui L., Wang Y., Wang X., Kong F.Q., Liu J.C., Zhou P., K. *Clustered DNA damage induced by protons radiation in plasmid DNA*. Chinese Science Bulletin. 58, 3217-3223, 2013. DOI:10.1007/s11434-013-5940X.

Development of a method for determining the neutron and photon dose component of mixed $n + \gamma$ radiation using Bayesian statistical method

I. Pacyniak, M. Kowalska

Ionizing radiation from the nuclear reactors is a mixed radiation composed mostly of gamma and neutron components, $n + \gamma$. These two types of ionizing radiation have completely different nature and biological effectiveness. Therefore, in the case of overexposures of people to this mixed $n + \gamma$ radiation, it is very important to assess not only the total absorbed dose but its neutron and gamma components, separately.

To determine the absorbed doses in accidentally exposed person in the case of the personal dosimeter absence and if the physical measurements were unavailable, the most commonly used method is *cytogenetic biological dosimetry* [1, 2, 3]. It involves to determine the dicentric chromosomes frequency in peripheral blood lymphocytes of irradiated person. The observed yield of dicentric is then converted into the absorbed dose, using the fitting coefficients of dose-response calibration curves. The assessment of dicentric frequency from neutrons and gamma radiation separately is possible, using *the iterative method* [1, 2, 3], which can be used only, if the ratio of neutron to gamma dose components, $\rho = D_n/D_\gamma$, is known. In the situation of lack of such knowledge, the effective method to calculate doses proved to be a *Bayesian statistical method*, what Brame and Groer depict in their work [4, 5]. The aim of this study was to develop the method for calculating the absorbed doses from neutron and gamma radiation using Bayesian approach. It assumes to assign the probability distribution, called *prior*, to the parameter, which is not precisely known from experimental, here it is the ratio of dose components. If the ratio of doses is known,

the probability distribution is defined as *informative*. If not, the *uninformative* prior might be used. Informative priors which were used to calculate the absorbed dose components, reflect very well the real value of doses. Priors such as Gaussian, beta or gamma distribution with known expect value of parameter, gave comparable results to those obtained by iterative method. But as it turns out, the less precise uninformative priors can also give very good results.

Literature

- [1] IAEA, *Cytogenetic Dosimetry: Applications in preparedness for and response to radiation emergencies*, Vienna, 2011.
- [2] M. Szłuińska, A. A. Edwards, D. C. Lloyd, *Chromosomal Alterations: Statistical Methods for Biological Dosimetry*, Springer Berlin Heidelberg: 351 – 370, 2007.
- [3] M. Kowalska, *Symetryczne aberracje chromosomowe jako biologiczny dozometr promieniowania jonizującego*, Postępy Techniki Jądrowej, tom 45, zeszyt.1, str. 33-41, Warszawa, 2002.
- [4] R. S. Brame, P.G Groer, *Bayesian methods for chromosome dosimetry following a criticality accident*, Radiation Protection Dosimetry 104: 61-63, 2003.
- [5] K. W. Fornalski, *Alternative statistical methods for cytogenetic radiation biological dosimetry*, Cornell University Library, arXiv.org/abs/1412.2048, 2014.

Development of the curve fitting method to the experimental data using the bayesian statistic - application in biological dosimetry

I. Pacyniak, M. Kowalska

In the data analysis the most common used method of curves fitting to the experimental data points is the least squares method χ^2 , which, as proven [1, 2], not always gives a good results. In the case of data with the outliers or scattered points, the least squares method does not reflect the actual trend of points. In such situation much better proved to be the Bayesian analysis, which is robust on the significantly different points from the average [3]. The Bayesian method allows to determine the curve which reflects the actual trend of the experimental data point omitting the outliers points, which are minority. In situation of lack of the outliers the Bayesian method is comparable with the most popular used least squares method.

The Bayesian analysis except the curve fitting allows also to find the best fit (to select the most likely model curve) [1, 3]. If data points on the graph clearly indicating a trend and it is easy to confirm whether this trend is linear or quadratic, then it is enough to apply the proper model to determine the fitting parameters. But if there are difficulties with the classification the shape of curve, because e.g. both possibilities seems to be correct, then the Bayesian method allows to indicate the most likely model by comparing credibility of proposed models [3].

Literature

[1] K. W. Fornalski, *Zastosowanie twierdzenia Bayesa do analizy niepewnych danych doświadczalnych*, Postępy Fizyki, tom 61, zeszyt 5, rok 2010, str. 178-192.

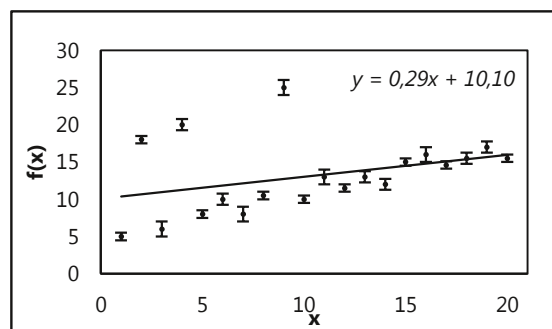


Figure 1. Curve fitting by the least squares method.

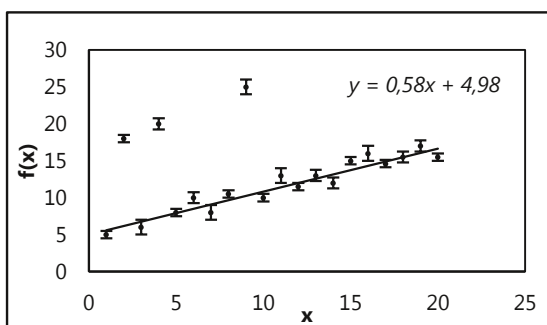


Figure 2. Curve fitting by the Bayesian method.

- [2] K. W. Fornalski, Dobrzyński L, *Pooled Bayesian analysis of twenty-eight studies on radon induced lung cancers*, Health Physics, vol. 10, no. 3, 265-273, 2011.
- [3] Fornalski K.W. *Applications of the robust Bayesian regression analysis*. International Journal of Society Systems Science, 2015 (accepted for publication).

Development and implementation of quality control and assurance system for gamma and beta dosimetry methods - Secondary Standard Dosimetry Laboratory in CLOR

K. Szewczak

As part of the work completed in 2013 the LWPDiR activity has been extended by calibration procedures for instruments used to determine the dose rate and dose from beta and mixed beta-gamma radiation. This procedure was included in the accreditation certificate of the Laboratory after a positive external audit conducted by the Polish Centre for Accreditation. In order to extend the accreditation the Laboratory participated in the intercomparison for beta radiation devices calibration. A positive result of the comparison, $En < 1$ was received. The Beta Secondary Standard 2 calibration stand was equipped with two β -radioactive sources; ^{90}Sr and ^{85}Kr .

As a part of the planned activities the Laboratory organized interlaboratory comparisons for national calibration laboratories in the field of

gamma radiation devices calibration. In the comparison three participants from Poland were participated. Comparisons included the determination of the calibration factor of the traveling radiometer FH40G. Calibration was carried out in the gamma-ray beam from the source of ^{137}Cs in the range of ambient dose equivalent from 1 to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. The evaluation criterion was the En number, for positive result were adopted to obtain the $En < 1$. All participants had a positive results. The obtained value of En vary from 0.17 to 0.55.

Funding

The work was realized in the framework of the project NCBiR 6 Stage 14.

Occupational exposure assessment during fusion research on PF-1000 unit

K. Szewczak

The thesis presents results of occupational exposure assessment to ionizing radiation for persons involved in experiments performed so far with the PF-1000 facility using a special designed dosimetry methods. In context of a radiological protection the PF-1000 is treated as a source of high-energy neutrons and electromagnetic radiation, because only such radiation can penetrate the wall of the vacuum chamber.

The thesis considers the problem of a personnel's exposure during plasma discharges and in the period between experimental sessions. Therefore, a distinction was made between the primary radiation appearing during the discharge, and the secondary radiation, which is emitted in the period between the experimental sessions. This secondary radiation is a results of the neutron activation of the constructional material of the

vacuum chamber. An assessment of the exposure to the primary radiation was carried out on the basis of dosimetric measurements realized by developed methodology. An impact of the secondary radiation was estimated from activity calculations performed for radioisotopes produced during the activation process. Independent measurements of the primary electromagnetic- and neutron-radiation were carried out in four selected points. For electromagnetic radiation measurements the use was made of two methods: active and passive one. The neutron component measurements were performed using the active method only. The obtained results were compared with the dose limit specified in the permission for using the PF-1000 facility, as issued by the National Atomic Energy Agency.

The effect of coal storage on indoor radon concentration

Z. Jarosz, K. Szewczak

In the coal mines there are high concentrations of radon and its decay products caused by the presence of natural radionuclides, especially uranium and radium. It was observed that during the combustion of coal, significant amounts of radon are released to the atmosphere.

The recently performed research shows that the ambient temperature have significant influence for the amount of radon released from the coal. So far, there have been many measurements of the concentration of radon in basements, mines, caves,

etc., but there are only few studies about the natural release of radon from coal.

The aim of the project is to investigate the radon concentration in places where coal for heating purposes is stored.

In this studies two types of passive radon detectors were used: PicoRad detectors with activated charcoal and solid track detectors CR-39.

Detectors were placed on a sufficiently long period of time in places of houses where the coal have been stored. The measurements were performed in two location in Poland.

Assessment of occupational radiation exposure from CT in veterinary clinics

K. Wołoszczuk, D. Aksamit, H. Will

Radiation protection in Poland is regulated by the Atomic Law Act which constitutes a restrictive demands for both: gaining permission for use and routine use of equipment creating ionizing radiation. The act is no so restrictive in the field of veterinary use of X-ray and CT equipment. Differently from human radiography or tomography the animal study does not require inspections of radiation protection officer nor special requirements for study work-room. The only requirement for veterinary clinic is to conduct ambient measurements every three months (but still without supervision of radiation protection officer). In consequence there is no reliable data on occupational exposure of veterinary staff nor on animal owner exposure that assist the studies.

The aim of our study was to provide such data. Measurements using thermoluminescent dosimeters LiF:Mg,Cu,P were performed in few clinics to assess ambient dose equivalent $H^*(10)$, individual dose equivalent $Hp(10)$ and $Hp(0,07)$. Measurements were supplemented with inquiry form for clinic staff about radiological procedures and safety.

Measurements using thermoluminescent dosimeters LiF:Mg,Cu,P were performed in few veterinary clinics to assess ambient dose equivalent $H^*(10)$, individual dose equivalent $Hp(10)$ and $Hp(0,07)$.

Calibration dosimeters for radiation protection purpose in 2014

K. Wołoszczuk, R. Czekala

Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR) in the Central Laboratory for Radiological Protection is accredited since 2003. In the laboratory individual and environmental radiation measurement instruments are calibrated. Frequency of calibration is given by a decree 'Dz.U. z 2002 r. Nr 239, poz. 2032' according to which each dosimetric instrument has to be calibrated not less than:

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

Typically in a year Laboratory of Dosemeters and Radon Devices Calibration performed about 700 calibrations, most of them are devices calibrated in gamma radiation field (picture below).

In 2014 Laboratory received 719 contracts for calibration of more than 50 types of instruments:

- 586 calibration certificates for gamma dose rate,
- 272 calibration certificates for surface contamination monitors,

- 76 calibration certificates for X-ray dose rate,
- 12 calibration certificates in radon calibration stand,
- 9 calibration certificates in neutron calibration stand,
- 1 calibration certificate in for beta calibration stand,
- 22 unserviceable protocols.

Most often calibrated:

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

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

Assurance and support of the quality system in Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments Radon position technical maintenance

K. Wołoszczuk, A. Wiśniewski

On 8th of April in Central Laboratory for Radiological Protection the seminar „Assurance and support of the quality system in Laboratory for Calibration of Dosimetric and Radon Instruments (LWPDiR)” was held and presented by K. Wołoszczuk (technical requirements).

Calibration Laboratory was established in 1967 by the decision of chairman of the CUJM. In 1995-1999 was realized the investment, which allows to fulfill the requirements for Secondary Standard Dosimetry Laboratories (SSDLs). The network of SSDLs is under auspices of IAEA/WHO. Currently LWPDiR is under preparation to join the IAEA/WHO network of SSDLs.

In 2003 LWPDiR was accredited by Polish Centre for Accreditation (PCA).

It is the only in Poland calibration laboratory with such a broad range of measurement services. Calibrations for the following measuring quantities are available:

- air kerma, K_a [$Gy \cdot h^{-1}$]
- ambient equivalent dose, $H^*(10)$ [Sv]
- photon equivalent dose, H_x [Sv]
- personal dose equivalent, $H_p(d)$ [Sv]
- exposure, X [R]
- absorbed dose, D [Gy]
- radon concentration, [$Bq \cdot m^{-3}$]
- equivalent equilibrium radon concentration EEC, including its unattached fraction fp [$\mu J \cdot m^{-3}$]

The laboratory is equipped with modern calibration stands: X-ray, gamma, beta, surface contamination and the largest radon chamber in Poland, enabling calibration of radon instruments.

LWPDiR is accredited in:

18.01 Dosimetric quantities

- gamma radiation (^{137}Cs , ^{60}Co and ^{241}Am)
- beta radiation (^{90}Sr / ^{90}Y , ^{85}Kr)
- X-ray (narrow series – N-40 do N-250)

18.02 Surface emission

- alfa- radiation source – ^{241}Am ,
- beta- radiation sources – ^{90}Sr , ^{14}C , ^{36}Cl

18.03 Radon measurements.

- radon concentration,
- equivalent equilibrium radon concentration EEC.

Gamma Calibration Stand

Possibility of calibration dosimeters in three radiation fields:

- ^{241}Am (59.54 keV) – dose range $0,5 mSv \cdot h^{-1} - 20 mSv \cdot h^{-1}$
- ^{137}Cs (662 keV)- dose range $0,5 mSv \cdot h^{-1} - 100 mSv \cdot h^{-1}$
- ^{60}Co (1250 keV)- dose range $0,5 mSv \cdot h^{-1} - 5 mSv \cdot h^{-1}$

CMC (Calibration and Measurement Capability) is about 4%.

X-ray Calibration Stand

The X-ray calibration stand was designed for collimated beam generation with X-ray tube potential from 40 kV to 250 kV. The narrow beams series according to international standard PN-ISO 4037:1 from N-40 to N-250 were developed.

Surface Contamination Calibration Stand

Surface contamination stand is equipped with three β -radioactive sources (^{14}C , ^{36}Cl , ^{90}Sr) and one α -radioactive – ^{241}Am (dimensions of 100 cm x 150 cm). Reference value were defined in Deutscher Kalibrierdienst (DKD/Germany).

The Radon Calibration Chamber

The walk-in radon calibration chamber is installed at the Central Laboratory for Radiological Protection, Warsaw, Poland. The chamber body, constructed by NEMA Company, Germany, is an air-tight climatized room made of 100 mm PUR

sandwich elements covered outside with zinc coated steel and plastic, and inside with stainless steel with DVP (pressure distributing plate). Its inner overall dimensions are: 2.75 m x 2.25 m x 2.00 m and a volume of ca.12.375 m³. The chamber has an ante-room of 3.12 m³ (1.50 m x 1.04 m x 2.00 m), viewing heated window, manipulating gloves and a number of input ports which permit injecting radon gas and aerosols, sampling inside air and connecting instruments (e.g. aerosol counter) outside. The chamber is equipped with a ventilation system to remove radon outdoors after experiments.

Climatic condition: temperature and relative humidity can be steered manually or automatically. Temperature may be set up from -30°C to +60°C with the constancy in time $\pm 1^\circ\text{C}$ and relative humidity from 10% to 95% with long time constancy of $\pm 5\%$ (for the temperature range from +10 to +60°C).

To make radon atmosphere in the chamber an external radon generator, by Pylon Electronic Development Co., is connected to ports on the opposite sides of the chamber and collected radon is pumped into the chamber through half an hour. The activity of dry flow-through ²²⁶Ra source in the generator is 137.27 kBq ($\pm 4\%$). Thus the maximum achievable radon concentration in the chamber at the beginning of exposure interval can be ca.11 kBq·m⁻³ and is decreasing with the decay constant rate of radon.

Beta Radiation Calibration Stand

Beta Secondary Standard Type 2 (BSS-2) stand is equipped with two sources (in accreditation scope), i.e.: ⁹⁰Sr/⁹⁰Y (with the mean beta particle energy of $E_{\text{Mean}}=0.8 \text{ MeV}$) and ⁸⁵Kr ($E_{\text{Mean}}=0.24 \text{ MeV}$).

Additionally, calibration with the use of ¹⁴¹Pm ($E_{\text{Mean}}=0.06 \text{ MeV}$) source is possible beyond accreditation certificate.

Neutron Stand

The calibration stand was equipped with Am/Be isotopic neutron source with neutron emission $1.1 \cdot 10^7 \text{ n}\cdot\text{s}^{-1}$.

Accommodation and technical conditions:

Accessories for safe operation:

- entry to the Laboratory is secured by alarm and electrical door interlock,

- Laboratory staff is equipped in TL dosimeters,
- calibration stands are fully automated, equipped in TV cameras what allows perform calibrations in safety way,
- shielding walls,
- the infrared light beam barriers,
- flashing warning lights,
- outside of an irradiation bunker the conditions are like those for individuals of general public,
- working conditions are regularly checked by the responsible radiation protection officer,
- TV surveillance systems,
- shutter control unit in each calibration stand responsible either to cut off or release the radiation beam,
- fully automated sources hoist mechanism,
- qualified and trained personnel
- air conditioning with automatic temperature and humidity control,

Safety procedures

- control of external exposure
- measures to reduce the exposure to external radiation from the irradiation facilities to a minimum are e.g. by adequate shielding, limiting the number of individuals authorized to operate these facilities, and preventing individuals to enter into an irradiation bunker while the irradiation facilities are in operation and radiation beams are released.
- control of access
- entry from the corridor (gangway) into the control room is only through lockable door possible, which are available only to persons authorized,
- visitors are permitted only upon authorization of the chief of the laboratory to enter the control room.
- only this person who has authorization to operate the irradiation facilities is in possession of that particular key required to unlock the shielding door leading into the irradiation bunker.
- control of operation

- the number of persons authorized to operate the irradiation facilities is a practicable minimum.

Radiation safety installations:

- active radiation safety installations
 - there are two independent active radiation safety installations which interrupt the emission of ionization radiation from the units when a person would try to enter an irradiation bunker while an irradiation experiment is carried out:
 - the shielding door leading into an irradiation bunker open towards the control room (no sliding doors). It is provided with an electrically activated interlock device which ensures that the irradiation units in the bunker cannot be activated while the shielding door is open.
 - in the irradiation bunker infrared light-beam barriers are installed in such a way that the infrared light traverses the inner section of the door break (horizontally) at about 60 cm and 120 cm above the floor. If the light beam is interrupted the electrical power of the shutter mechanism of the irradiation units is switched off, and irradiations are immediately terminated. When irradiator is operated, and the power to the unit is cut off, the source in

use returns to its safe position by a battery powered safety-servo system.

- passive radiation safety installations:
 - flashing warning lights are installed inside the bunker as well outside the bunker above the door. They are activated and are flashing during the entire period the experiment is lasting and until the irradiation is terminated.
 - closed-circuit b/w TV surveillance system to each irradiation bunker. The monitor is in control room, the corresponding TV cameras inside the bunker, surveying the entire area inside the bunker.
 - during irradiation experiments are performed, the operator's work place is in the control room.

Quality management system, and its accreditation or peer review report if available;

The LWPDiR Quality System for Measurement Services is based on the ISO/IEC 17025 (General requirements for the competence of testing and calibration laboratories). Since 2003 LWPDiR has been accredited by national accreditation body-Polish Centre for Accreditation (PCA). The scope of the LWPDiR Quality System includes the delivery of calibration services. Scope of accreditation consist of 6 methods listed in point 6. The laboratory documentation consist of 18 Management Procedures and 6 Calibration Procedures.

Report of the seminar of the Laboratory of Calibrating of Dosimetric Devices and Radon

A. Kudynowska

On the day of 08.04.2015 the yr was undergone seminar Fri. „*assuring and keeping the quality system in the Laboratory of calibrating of Dosimetric Devices and Radon for the purposes of the radiological protection*” – system part.

She reported the subject to Ms A. Kudynowska. The plan of the seminar was following:

1. Organizational structure of the laboratory.
2. Staff.
3. Scope of accreditation.
4. Documentation.
5. Inspection of the management.
6. Cells and tasks for period 2013/2014 (discussing the realization) and for period 2014/2015 (preparation).
7. Results Auditów internal and outside.
8. Feedback from Customers.
9. Completion of trainings.
10. Evaluation by outside organizations - Polish Centre for Accreditation (PCA).
11. Strong sides and indicating areas for improving.

To begin with an organizational structure was presented emphasizing that the Laboratory of Calibrating of Dosimetric Devices and Radonowych are a member of a Unit of the Control of Doses and calibrating.

The following functions are being distinguished in the organizational structure of the Laboratory: KL, KLJ, KLT, the Carer of the position - with reference to five positions (Gamma, Beta, X-ray generator, of the Radon).

Referring to the issue No. 2 was stated, that in 2014r. they had made the job rotation in the Laboratory, with reference to the previous year. Laboratory served as a manager for.

Ms master Katarzyna Wołoszczuk but for her with deputy (to the end of September) Mr Krzysztof Ciupek was, later Mr Szewczak took over this function. Post of the Manager for the quality (without the change) Ms Alicja Kudynowska performed.

Ms Wołoszczuk also perfo With 01.01.2014 she walked away for you Dr. M. Piekarcz – carer of old Radonowy, for the work on the position radonowym with 01.03.2014 Ms Zuzanna Jarosz was accepted. The laboratory also employed the calibrating employee from 01.01.2014 – Ms M. Andrzejewska.

The records concerning the staff are confirming competence, the attributed responsibility and entitlements.

In frames 3 issues were informed, that on 23-24.06.2014 was held audit in the supervision No. 1/AP-931/2014. The current scope of AP 057 Laboratory accreditation changed. They effected the extension of the scope of accreditation in 18.01 subdomain against dosimetric devices for the measurement of the β radiation; TLD-dosimeters accordi applying to the scope of accreditation after changes, it is a release to No. 13 from 01 October 2014 Fields of accreditation: the ionising radiation and the radioactivity (18.01, 18.02, 18.03).ng to the QPP B procedure but also were updated scope of accreditation.

As regards documentation of the laboratory, the following contents were communicated - documentation is systematically supervised and improved. In 2014 the yr was implemented 15 giving the Book to the Quality and they changed in general, technical procedures and forms.

In 2014 18 kept general procedures, 6 procedures of calibrating and 11 technical instructions were a yr which the list is finding oneself in the attachment 6.2 to the Book of the Quality.

Very much widely he was a discussed issue „*Inspection of the management*”, which conducted on 03.06.2014 was a yr according to the QPO10 procedure by the Manager of the Central Laboratory of anti-radiation protection, Dr Paweł Krajewski. With subject matter included all elements of the management system given in requirements of the norm.

In detail they discussed „Cells and tasks for period 2013/2014“ – 7 assigned objectives with particular reference to for the ones which weren't imitated to carry causes of uncashed purposes out within a specified period of time.

They reminded that on the present review prepared cells and tasks had stayed for the next period (2014/2015) what was presented on slides.

Next a feedback was a discussed issue from customers.

The laboratory receives the feedback from Customers in the form of questionnaire forms of the Step OF SATISFYING THE CUSTOMER.

From June 2013 up to May 2014, the Laboratory got questionnaire forms from customers 24 and conducted their analysis.

Conclusions from analysis of results of polls

The laboratory is meeting needs and expectations of its Customers, of what a fact that 100% respondents are expressing their readiness of recommending it other Customers is evidence. For satisfying Customers they are factors the most affecting: the convivial atmosphere and the service while settling cause, consulting, professionalism, fast lead time, reliability, professionalism, technical better support.

About choice of the Laboratory they are determining factors: very good cooperation, reliable and professional service, goodwill, promptness of settling matters, experience, quality, technical consulting.

The laboratory received the highest evaluation on too:

- quality of performed services - assessed the 100% of respondents on 5 (in the scale 1-5)
- technical knowledge of employees – 100%
- competence and the professionalism of employees of the – 100%
- promptness of settling matters of the – 100%.

There were no complaints and customer complaint. The completion of trainings in 2014 was presented documenting, that:

- The training needs were managements identified based on forecasts and arrangements from the inspection.
- was drafted plan of trainings on 2014 as well as a form was drawn up for unscheduled trainings.

- was planned and 10 trainings were carried out, in it 2 outside.

- 6 unscheduled trainings which concerned newly employed employees mainly were substantiated with.

Results were also presented audits internal and outside:

1. Audit internal No. 1/2014 from 29.04.2014 - auditor: Małgorzata Adamowicz – an incompatibility wasn't stated and observations weren't taken note.

2. Audit internal No. 2/2014 from 30.04.2014 - auditor: Małgorzata Adamowicz – they stated; 1 disagreement and 1 observation.

The laboratory carried out action correcting with reference to the stated incompatibility as well as conducted analysis and the risk assessment towards the substantiated observation.

3. Audit in the supervision No. 1/AP-931/2014 from the day 23-24.06.2014 – evaluation team: Elżbieta Krodkiewska-Skoczylas (auditor leading), Bogusław Michalik (technical expert).

1 disagreement and 4 observations were made a note in the report of the leading auditor. The disagreement concerned the QPP1N procedure.

2 observations concerned audits (criteria of audit, criteria for the choice of auditors) and remaining 2 concerned minutes of the review of the management. Auditor technical took note of 1 disagreement and 6 observations.

Taken action will be discussed for the seminar of the technical scope.

At the end of the part of the seminar participants were acquainted with the evaluation of the Laboratory by the Polish Centre of Accreditation

On days 23 and 24 June 2014 an evaluation took place in the supervision, in frames which the evaluation team didn't show prerequisites of paying special attention during the next evaluation. They were demonstrated strong and weak points of the laboratory.

Strong sides: involving the highest executive committee, careful holding of the man and kept regulations, the professionalism of employees underlined also in information from customers.

Weak points: administration of the programme of internal audit.

Report from the college of the Studio of Individual Doses and Environmental

A. Kudynowska, H. Will, H. Feder

On the day of 18.04.2015 the yr was undergone seminar Fri. „*assuring and keeping the quality system in the Studio of Individual Doses and Environmental for needs of the radiological protection*” – system part.

She reported the subject to Ms A. Kudynowska, and report issues it:

1. Studio of individual doses and Environmental organizational structure.
2. Studio of individual doses and Environmental staff.
3. Scope of accreditation of the laboratory.
4. Documentation of the laboratory.
5. Inspection of the management.
6. Cells and tasks for period 2013/2014 (discussing the realization) and for period 2014/2015 (plan).
7. Results Auditów internal and outside.
8. Feedback from Customers.
9. Completion of trainings.
10. Evaluation by outside organizations – Polish Centre of Accreditation.

To begin with an organizational structure was presented marking, that Studio of individual doses and Environmental is a member of a Unit of the Control of Doses and calibrating. The following functions are being distinguished in the organizational structure of the Laboratory: KL, KLJ, KLT, the Carer of the position - with reference to 3 positions: position of the control of doses with TLD method – stance of No. 1, position of the monitoring of iodine - stance of No. 2, position of cytogenetic reconstruction of doses - stance of No. 3.

Referring to the PDIŚ staff they stated that with reference to the previous year, in 2014 they had made the job rotation in the Laboratory. Ms master Grażyna Krajewska served as the Manager of the Laboratory. Mr Szewczak was a deputy. Post of the Manager for performed qualities for Ms Alicja Kudynowska. Mr Szewczak also served as KLT.

A new staff was accepted: employed Mr Dariusz Aksamit stayed - old carer No. 1, and at the same time the KLT deputy, for Ms Agata Wyszowska – working of examining TLD – stance of No. 1 and for Ms Iwona Pacyniak – employee performing examinations on the stance of No. 3.

The records concerning the staff are confirming competence, the attributed responsibility and entitlements.

As for the scope it was made over to accreditation, that the current scope of AB 450 accreditation hadn't changed. The scope is subject up to identification code 0/3; 0/9 – including radiochemical examinations and radiations – objects and biological materials intended for examinations, environmental samples.

Examined objects and research methods it:

- dosimeter in the field of the ionising radiation - TLD Method;
- thyroid gland of the man – Method of gamma spectrometry;
- lymphocytes of the district blood of the man – method of the cytogenetic biological dosimetry.

Documentation of the laboratory is systematically supervised and improved They led 07 giving the Book to the Quality from 15.04.2014 They were holding: 17 general procedures, 4 test procedures and 11 instructions research. They changed in general, technical procedures and forms.

Very much widely an issue was a discussed issue No. 5, „*Inspection of the management*”, which conducted on 03.06.2014 was a yr according to the QPO10 procedure by the CLOR Director, dr Paweł Krajewski, according to the Plan of the inspection of the management. With subject matter included all elements of the management system given in requirements of the norm.

In detail they discussed (zag. No. 6) „*Cells and tasks for period 2013/2014*”, i.e. 6 assigned objectives with particular reference to for the ones

which weren't imitated to carry causes of uncashed purposes out within a specified period of time.

They reminded that on the present review prepared cells and tasks had stayed for the next period (2014 / 2015) what was presented on slides.

They presented and conclusions of internal audits were discussed and outside, that is:

1. Audit internal No. 1/2014 from 27.05.2014 – auditor: Katarzyna Wołoszczuk – 1 observation was taken note.

2. Audit internal No. 2/2014 from 30.05.2014 - auditor: Katarzyna Wołoszczuk – 1 incompatibility was stated.

The laboratory carried action correcting in the reference out to of stated incompatibility, documenting it in KPiMDzK as well as conducted analysis and the risk assessment towards the substantiated observation.

3. Audit in the AB 1059 supervision /2014 from 04.07.2014 - evaluation team: Katarzyna Szymańska (auditor leading), Sommer New Year's Eve (technical expert).

3 observations were made a note in the report of the leading auditor:

- too general specyf. of criteria with reference to the shopping
- reports from aud. internal shows observation of examinations
- monitoring carried out and analysing results of actions carried out as part of the internal as well as outside quality assurance of findings are very general and isn't exploiting all abilities of this system tool.

They advised, that auditor technical took note of 2 disagreements and 1 observation, what was left for discussing this colloquium in the II part (from the technical scope).

Next a feedback was a discussed issue from customers.

The laboratory receives the feedback from Customers in the form of questionnaire forms of the Step OF SATISFYING THE CUSTOMER.

In the period July 2014 – the Laboratory got June 2014 from customers of 19 questionnaire forms and conducted their analysis from which the following conclusions result.

- Of the laboratory is fulfilling expectations and needs of Customers.

- The step of satisfaction is keeping at a steady level towards the previously polled period.

- Received the highest note of the laboratory for fulfilling the completion dates of agreements and the quality of reports on examinations.

- A shortened waiting time stayed in the polled period for performing services along with issuing reports on examinations what was transferred for satisfying the customer.

- Of amounts returning every year of the same Customers and commissioning from new clients, are convincing about the high satisfaction of the customer from the quality of performed examinations. However plains still remain for improving - Customers put the following requests and signals:

- 1) faster updating the data in the Internet profile,

- 2) request for sending ready envelopes with the address.

In the polled period complaints and a customer complaint weren't filed.

The laboratory also carried the training needs which were identified out on for basis of forecasts and of arrangements from the inspection of the management. A plan of trainings was drafted on 2014 as well as a form was drawn up for unscheduled trainings. 10 trainings were planned, in it 2 outside. 2 unscheduled trainings also took place.

To the end and parts of the seminar participants were acquainted with the evaluation of the Laboratory through outside organizations – Polish Centre of Accreditation.

On the day of 04.07.2014 a PCA evaluation took place, in frames of which, prerequisites of the improvement were indicated in disagreements. The evaluation team didn't indicate prerequisites of paying special attention during the next evaluation. No weak as well as strong sides of the laboratory were demonstrated.

Next the voice was passed on to Mr K. Szewczak which announced that the part of the subject would be more distant reported in a week.

Scientific and didactic activity in the Department of Calibration and Doses Control in 2014

K. Szewczak

In 2014 the Department of Calibration and Doses Control beyond the basic statutory activities undertaken a number of tasks focused on scientific development of the Department's staff as well as cooperation with Universities in the didactic field. As a results of scientific activities a collection of manuscripts have been published in international journals. In 2014 employees of the Department were co-authored of 11 publications, nine publications appeared in journals with impact factor (IF). One paper was published in the journal without impact factor and one job was included in conference materials. Total IF was 9.41 and the

number of points based on journals list of Ministry of Science and Higher Education was 182.

In the framework of educational activities the Department in 2014 have cooperate with the Warsaw University of Technology and the University of Warsaw. As part of this cooperation 18 students took their apprenticeships. Employees of the Department were the custodians of 9 diplomas for engineer degree and three master's theses. Topics of theses cover all of the Department activities ie. calibration of dosimetric instruments, passive thermoluminescent dosimetry, biological and internal dosimetry as well as Monte Carlo simulations.

Maintenance management system – Technical activity PDIŚ

K. Szewczak

In the technical scope two aims have been planned in the Laboratory for the period 2014/2015. The first concerned the modernization of the system for electronic doses control (e-SKD), the second objective concerned the preparation of documentation for extension of accreditation by active methods of doses measurement in an environment of exposure to ionizing radiation and in the natural environment. In 2104 years Laboratory participated in two inter-laboratory

comparisons – TLD method and biological dosimetry. The extension for a new procedure for the effective dose measurements in the fields of mixed gamma-neutron radiation using biological dosimetry was obtained. In 2014 years one person was employed in full-time position. Comparing to previous years not changes in the number of measuring stations and housing conditions have been realized. Ten training were planned for 2014. Seven of them have been realized.

DEPARTMENT OF TRAINING AND INFORMATION

Section of Training and Information in CLOR in 2014 - tasks of the Technical Committee no. 246 for radiological protection

K. Ciupek

Section of Training and Information in CLOR tasks are:

- Providing training in a field of radiation protection,
- developing training programs and training materials,
- publishing activities and the dissemination of scientific CLOR's achievements,
- supervision of the CLOR's archive,
- supervision of the CLOR's library,
- coordination development and evaluation of standards and national and international regulations,
- secretariat management of the TC no. 246.

In 2014 two trainings lasting three weeks were conducted for candidates to gain license of the Radiation Protection Officer (IOR-1Z, IOR-1R, IOR-1, IOR-3) and five one week trainings updating the knowledge of RPO's having such permission. Another type of courses, two-day training, were organized in CLOR for operators of accelerators and devices for brachytherapy containing radioactive sources. In total, around 200 certificates were given to participants of above mentioned trainings.

On 16th of December 2014, CLOR's Archives was under control from the Central Archives of Modern Records (AAN). The audit determined:

1. By the 30th of June 2015 the draft rules of chancellery and archives will be sent for approval.

2. After entering the CLOR chancellery and archival regulations, training in the proper handling of documents will be carried out.

3. Until 31st of December 2015 archives from CLOR's departments will be approved in accordance with the approved chancellery and archival regulations.

4. Until 31 December 2015 archival documentation from years 1957-1989 will be prepared for submission to the AAN.

CLOR participates in the standardization work in two technical committees:

- a) TC no. 246 for radiological protection, whose Chairman is CLOR's Director Dr Paweł Krajewski and the secretariat that is managed by MSc. Krzysztof Ciupek.
- b) TC no. 266 for nuclear instrumentation in which CLOR is a member.

Standardisation is mainly focus on providing opinions on draft standards, the active vote on them and their review due to withdrawing the standards issued before 1994. For financial reasons, the entire content standards are not translating but only the titles and scopes of newly introduced documents.

In September 2014 Central Laboratory for Radiological Protection participated in the XVIII Festival of Science "SAPERE AUDE" in the "Dom Zjazdów i Konferencji PAN w Jabłonie".

ISBN 978-83-920940-7-4

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej