



OCHRONA RADIOLÓGICZNA W POLSCE

WOBEC WYZWAŃ

POLSKIEGO PROGRAMU ENERGETYKI JĄDROWEJ – BADANIA, ROZWÓJ, KADRY

pod redakcją Pawła Olko i Pawła Krajewskiego

Raport Polskiego Konsorcjum Ochrony Radiologicznej

OCHRONA RADIOLOGICZNA
W POLSCE
WOBEC WYZWAŃ
POLSKIEGO PROGRAMU
ENERGETYKI JĄDROWEJ –
BADANIA, ROZWÓJ, KADRY

pod redakcją Pawła Olko i Pawła Krajewskiego

czerwiec 2023

AUTORZY:

Kamil Brzóska, Paweł Biłski, Marcin Brodecki, Maciej Budzanowski,
Agnieszka Burakowska, Agnieszka Celińska, Katarzyna Deja,
Joanna Domienik-Andrzejewska, Michał Gryziński, Dominik Grzędziel,
Krzysztof Isajenko, Renata Kierepko, Renata Kopeć, Krzysztof Kozak,
Paweł Krajewski, Marcin Kruszewski, Michał Kuć, Paweł Lipiński,
Krzysztof Madaj, Jadwiga Mazur, Bogusław Michalik, Jerzy Wojciech Mietelski,
Izabela Milcewicz-Mika, Anna Mrozik, Paweł Olko, Katarzyna Osiecka,
Jakub Ośko, Sylwia Papierz, Zuzanna Pawłowska, Ewelina Pyszka,
Katarzyna Rzemek, Anna Sas-Bieniarz, Sylwester Sommer,
Grzegorz Szaciłowski, Agnieszka Szumska, Michael Waligórski,
Katarzyna Wołoszczuk

INSTYTUCJE KONSORCJUM:

Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej
Główny Instytut Górnictwa
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk
Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra med. Jerzego Nofera
Narodowe Centrum Badań Jądrowych

Fot. 1. <https://www.gov.pl/web/klimat/13-nowych-stacji-wczesnego-wykrywania-skazen-promieniotworczych>

czerwiec 2023

Spis treści

Wstęp 11

1. Organizacja ochrony radiologicznej 12
 - 1.1. Otoczenie międzynarodowe 12
 - 1.2. Ochrona radiologiczna w Polsce 14
 - 1.3. Kierunki działań 16
2. Badania naukowe dla ochrony radiologicznej w energetyce jądowej 16
 - 2.1. Europejska przestrzeń badawcza 16
 - 2.2. Badania z obszaru ochrony radiologicznej w Polsce 18
 - 2.3. Kierunki rozwoju badań naukowych z obszaru ochrony radiologicznej w Polsce 20
3. System wczesnego ostrzegania – monitoring powietrza 21
 - 3.1. Kierunki rozwoju monitoringu powietrza w Polsce 24
4. Monitoring środowiska 26
 - 4.1. Aktualna sytuacja w Polsce 27
 - 4.2. Kierunki działania 29
5. Nadzór i kontrola obiektu jądowego 30
 - 5.1. Aktualny stan monitoringu obiektów jądowych w Polsce 32
 - 5.2. Wzmocnienie sieci monitoringu wokół obiektu jądowego 34

- 6. Pomiary całkujące mocy dawki w środowisku 35
 - 6.1. Zastosowanie dawkomierzy pasywnych do pomiarów środowiskowych 36
 - 6.2. Kierunki rozwoju monitoringu w Polsce z wykorzystaniem pasywnych dawkomierzy środowiskowych 38
- 7. Reagowanie na zdarzenie radiacyjne 38
 - 7.1. Ocena sytuacji radiologicznej – modele i pomiary 39
 - 7.2. Dozymetria awaryjna 41
 - 7.3. Działania medyczne 43
 - 7.4. Kierunki działania 44
- 8. Dozymetria 46
 - 8.1. Dozymetria indywidualna 46
 - 8.2. Ocena narażenia wewnętrznego 48
 - 8.3. Dozymetria biologiczna 50
 - 8.4. Dozymetria neutronowa 52
 - 8.5. Ocena dawek dla bioty 53
 - 8.6. Kierunki rozwoju 54
- 9. System akredytacji laboratoriów badawczych i wzorcujących 55
 - 9.1. Stan obecny 56
 - 9.1.1. System pomiarów porównawczych 56
 - 9.1.2. Certyfikowane materiały odniesienia 58
 - 9.1.3. Szkolenia audytorów technicznych 59
 - 9.1.4. Akredytacja pobierania próbek 60
 - 9.2. Kierunki działań 60

| | |
|---|----|
| 10. Szkolenie kadr ochrony radiologicznej dla energetyki jądrowej | 61 |
| 10.1. Stan obecny | 62 |
| 10.1.1. Inspektorzy ochrony radiologicznej (IOR) | 62 |
| 10.1.2. Szkolenia w zakresie eksploatacji reaktorów jądrowych | 62 |
| 10.1.3. Pracownicy obiektu jądrowego | 64 |
| 10.1.4. Monitoring środowiska / obiektu jądrowego | 64 |
| 10.1.5. Kształcenie na poziomie doktorskim i poddoktorskim | 64 |
| 10.2. Kierunki działań | 65 |
| 11. Analiza krajowych przepisów prawnych | 66 |
| 11.1. Obecna sytuacja | 66 |
| 11.2. Propozycje uzupełnienia przepisów | 68 |
| 12. Podsumowanie | 69 |
| ANEKS | |
| Spis rozporządzeń krajowych i UE dotyczących OR | 72 |

Streszczenie

Budowa elektrowni jądrowych (EJ) jest jednym z najważniejszych projektów cywilizacyjnych współczesnej Polski. Ze względu na znaczenie badań naukowych dla bezpiecznego wdrożenia energetyki jądrowej polskie instytucje prowadzące badania w zakresie ochrony radiologicznej (OR) podpisały umowę powołującą Polskie Konsorcjum Ochrony Radiologicznej (PKOR).

Celem niniejszego raportu jest przedstawienie potencjału badawczego w zakresie OR w Polsce na tle krajów korzystających z energetyki jądrowej oraz identyfikacja potrzeb badawczych, organizacyjnych, prawnych i wynikających z nich niezbędnych nakładów inwestycyjnych. Raport analizuje organizację OR w Polsce, przepisy, sytuację badań naukowych oraz potrzeby związane z rozwojem poszczególnych obszarów OR w perspektywie uruchomienia w 2033 r. pierwszego reaktora energetycznego i małych reaktorów modułowych (*small modular reactor* – SMR).

Uważamy, że jednym z najważniejszych elementów strategii rozwoju energetyki jądrowej w Polsce jest konieczność zapewnienia najwyższych standardów bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (BJiOR). Obecnie działalność badawczo-rozwojowa w zakresie BJOR jest prowadzona przez niewielkie zespoły specjalistów w kilkunastu instytucjach wykorzystujących większe urządzenia badawcze (reaktor, cyklotron, wysokoaktywne źródła promieniowania jonizującego) lub działające w związku z potrzebami branżowymi (medycyna, górnictwo, obrona kraju).

Ze względu na planowane uruchomienie pierwszego reaktora za 10 lat konieczne jest przygotowanie w najbliższym czasie, przy

współdziałanie czołowych polskich instytutów naukowych i uczelni, Strategicznej Agencji Badawczej dla Ochrony Radiologicznej (SABOR). Agenda będzie podstawą polityki naukowej Polski w zakresie OR w nadchodzącej dekadzie i finansowania związanych z nią projektów badawczych. Potrzebne są integracja środowiska oraz stworzenie warunków rozwoju kadry i infrastruktury wspomagającej. Należy podkreślić, że program Polskiej Energetyki Jądrowej (PEJ) oraz strategia i polityka w zakresie rozwoju BJOR Rzeczypospolitej Polskiej nie przewidują sformalizowanego wsparcia badań z zakresu OR. Przy obecnej strukturze finansowania badań naukowych projekty naukowe w dziedzinie OR, jako interdyscyplinarne w porównaniu z projektami z obszaru tradycyjnych dyscyplin naukowych, mają ograniczone szanse uzyskania finansowania. Postulujemy przygotowanie oddzielnej ścieżki w instytucjach finansujących naukę poprzez utworzenie w Narodowym Centrum Nauki (NCN) sekcji finansującej badania w dziedzinie OR i opracowanie wieloletniego programu w Narodowym Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR). Potrzebne jest również wsparcie dla młodych badaczy polegające na przygotowaniu odpowiedniego programu stypendialnego dotyczącego kształcenia na poziomie doktorskim i podoktorskim.

Wiele obszarów OR wymaga modernizacji i rozbudowy, aby były dostosowane do wymogów pracy przy aktywnej energetyce jądrowej. Jednym z ważnych elementów działań powinno być opracowanie i wdrożenie strategii krajowego monitoringu środowiska uwzględniające kontrolowanie powietrza oraz uzupełnienie listy monitorowanych nuklidów promieniotwórczych i procedury poboru próbek z wykorzystaniem akredytowanych metod. Modernizacja sieci monitorin-

gu powietrza w Polsce powinna w szczególności obejmować (oprócz prowadzonej rozbudowy sieci stacji ciągłego monitoringu – *permanent monitoring stations* – PMS) pomiary obecności gazów szlachetnych, jako wczesnych indykatorów uszkodzenia obiektów jądrowych, oraz poziomu izotopów plutonu i strontu w opadzie atmosferycznym. Uważamy za celowe wznowienie prowadzonego w innych krajach regularnego monitoringu dawek w środowisku z użyciem systemów dozymetrii pasywnej, w dziedzinie której polskie laboratoria badawcze mają wysokie kompetencje. Potrzebne jest opracowanie systemu koordynacji i wspierania instytucji naukowych i stacji sanitarno-epidemiologicznych prowadzących monitoring radiacyjny środowiska i ludności, gdyż ich zdolności pomiarowe zależą również od ich aktualnej kondycji. Jednostki te powinny zostać rozbudowane i wzmocnione, aby mogły prowadzić monitoring radiacyjny zgodnie ze zmieniającymi się przepisami.

Jednym z największych wyzwań dotyczących organizacji OR w energetyce jądrowej jest zaplanowanie działań na wypadek zdarzeń radiacyjnych, w tym awarii instalacji jądrowych. Gotowość do działania w takich sytuacjach wymaga udoskonalenia zasad współpracy i koordynacji działań pomiędzy Państwową Agencją Atomistyki (PAA), Państwową Strażą Pożarną (PSP), Ministerstwem Obrony Narodowej (MON), urzędami wojewódzkimi, centrami zarządzania kryzysowego i jednostkami naukowymi. Potrzebne jest też rozwijanie metod prognozowania rozprzestrzeniania się skażeń, przygotowanie mobilnych laboratoriów pomiarowych, uruchomienie laboratoriów umożliwiających wprowadzenie efektywnych metod dozymetrii biologicznej i awaryjnej dla znacznej grupy poszkodowanych oraz przygotowanie metod i zaplecza medycznego do leczenia osób napromienionych

i skażonych. Nieodzowne jest poszerzenie kompetencji w obszarze dozymetrii, przede wszystkim dozymetrii neutronowej, dozymetrii awaryjnej i przy pomiarach skażeń wewnętrznych.

Jednym z kluczowych obszarów wymagających pilnych działań jest szkolenie kadr, obejmujące wypracowanie systemu umożliwiającego prowadzenia szkoleń na różnych poziomach zaawansowania: od ekspertów przez inspektorów ochrony radiologicznej (IOR) ze specjalnością w obiektach energetyki jądrowej (IOR-2) po liczne grupy pracowników elektrowni. W proces ten mogłyby zostać włączone jednostki uniwersyteckie, instytuty i towarzystwa naukowe.

Ochrona radiologiczna w Polsce związana z energetyką jądrową koordynowana jest przez PAA, nadzorowaną przez ministra klimatu i środowiska, a w zakresie ekspozycji medycznych – przez Główny Inspektorat Sanitarny (GIS), nadzorowany przez ministra zdrowia. Proponujemy powołanie forum konsultacyjnego w obszarze OR, do którego weszliby przedstawiciele PAA, GIS, środowiska naukowego, stowarzyszeń naukowych i organizacji pozarządowych. Forum to stanowiłoby miejsce dyskusji i wymiany doświadczeń w zakresie OR.

Przeгляд obecnej sytuacji w zakresie OR w kontekście planów uruchomienia EJ implikuje konieczność weryfikacji przepisów prawnych, na podstawie których funkcjonuje system OR w Polsce. Niniejszy raport wskazuje zakres prawa, który naszym zdaniem wymaga uregulowań i uzupełnień.

Wstęp

Budowa elektrowni jądrowych (EJ) jest jednym z najważniejszych projektów cywilizacyjnych współczesnej Polski. Celem programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PEJ) jest zapewnienie krajowi stabilnego, ekologicznego i niezależnego od warunków środowiskowych źródła energii elektrycznej na najbliższe kilkadziesiąt lat. Program przewiduje oddanie do eksploatacji sześciu reaktorów jądrowych o łącznej mocy do 9 GWe, z tym że pierwszy blok energetyczny firmy Westinghouse zostanie zainstalowany już w 2033 r. Polska Grupa Energetyczna (PGE) oraz ZE PAK S.A. zawarły również wstępną umowę z koreańską firmą Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP) na budowę EJ w Pątnowie. Dodatkowo KGHM Polska Miedź, grupa Tauron i PKN Orlen podjęły przygotowania do budowy małych reaktorów modułowych (*small modular reactors* – SMR), istotnych z punktu widzenia dostępności energii elektrycznej również dla procesów przemysłowych.

Jednym z najważniejszych elementów strategii rozwoju energetyki jądrowej w Polsce jest konieczność zapewnienia najwyższych standardów bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (BJiOR). Celem przyjętej przez Radę Ministrów w 2022 r. Strategii i polityki w zakresie rozwoju bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej Rzeczypospolitej Polskiej jest m.in. zwiększenie potencjału badawczego w zakresie BjiOR, jednak dokument nie precyzuje zakresu badań naukowych ani mechanizmu ich finansowania. Mając na uwadze zapisy strategii oraz znaczenie badań naukowych dla bezpiecznego wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce, polskie instytucje prowadzące badania w zakresie ochrony radiologicznej (OR) powołały Polskie Konsorcjum Ochrony Radiologicznej (PKOR). Członkowie Konsorcjum wyrażają wolę współdziałania w dziedzinie OR, w szczególności w zakresie rozwoju projektów naukowych i infrastrukturalnych wspierających bezpieczeństwo energetyki jądrowej w Polsce.

Celem niniejszego raportu jest przedstawienie potencjału badawczego w zakresie OR w Polsce na tle sytuacji w krajach dysponujących energetyką jądrową oraz identyfikacja potrzeb badawczych, organizacyjnych, prawnych, a także wynikających z nich niezbędnych nakładów inwestycyjnych, które – w opinii autorów raportu – przyczynią się do wzrostu bezpieczeństwa radiologicznego przed uruchomieniem pierwszej EJ oraz ułatwią zaakceptowanie przez społeczeństwo tego źródła energii w Polsce.

1. Organizacja ochrony radiologicznej

1.1. Otoczenie międzynarodowe

Ze względu na możliwość oddziaływania transgranicznego oraz ograniczenia wynikające z nieprolifracji broni jądrowej energetyka jądrowa jest poddana restrykcyjnym regulacjom międzynarodowym. Traktat powołujący Europejską Wspólnotę Energii Atomowej EURATOM podpisano 25 marca 1957 r. Dokument ten zobowiązuje sygnatariuszy do prowadzenia badań naukowych, rozpowszechniania informacji technicznych oraz ustanowienia podstawowych norm bezpieczeństwa dla ochrony społeczeństwa i pracowników zatrudnionych w przemyśle. Na jego podstawie Komisja Europejska (KE) zobowiązana jest do przygotowania i uaktualniania norm OR zgodnie z aktualnym stanem wiedzy naukowej. Podstawą aktualizacji przepisów są najczęściej rekomendacje międzynarodowych organizacji naukowych, w szczególności Komitetu Naukowego ONZ ds. Skutków Promieniowania Atomowego (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation – UNSCEAR), Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej (International Commission on Radiological Protection – ICRP) i Międzynarodowej Komisji Jednostek Radiacyjnych i Pomiarów (Internation-

tional Commission on Radiation Units and Measurements – ICRU). Ostatnio przyjętym dokumentem ustanawiającym podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego jest Dyrektywa Rady Europy 2013/59/EURATOM z dnia 5 grudnia 2013 r.

Współpraca międzynarodowa w zakresie energetyki jądrowej wspomagana jest przez Agencję Energii Atomowej (Nuclear Energy Agency – NEA) działającą w ramach Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD). Działania NEA ukierunkowane są na pomoc państwom członkowskim w utrzymaniu i rozwijaniu naukowych, technologicznych i prawnych podstaw bezpiecznego wykorzystania energii jądrowej do celów pokojowych. W ramach grup roboczych przygotowywane są publikacje dotyczące zagadnień OR w energetyce jądrowej.

Ujednoczenie standardów OR na świecie koordynowane jest przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency – IAEA), która wchodzi w skład Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ). Opracowany w IAEA dokument *Ogólne wymagania bezpieczeństwa (General Safety Requirements Part 3)* z 2014 r. formułuje rekomendacje dotyczące standardów OR dla państw należących do ONZ. Jego odpowiednikiem dla państw członkowskich Unii Europejskiej (UE) jest Dyrektywa 2013/59. Wymagania dotyczące standardów są uzgadniane z kluczowymi agendami ONZ i organizacjami międzynarodowymi, w tym z KE. Ogólne wymagania dotyczące bezpieczeństwa są uszczegóławiane w raportach na temat standardów (norm) i wymagań technicznych. Kluczową częścią publikacji IAEA jest seria *Safety Standards*, która formułuje podstawowe zasady, wymagania i rekomendacje dla zapewnienia BjiOR, służąc jako punkt odniesienia dla ochrony ludności i środowiska.

Standardy OR wypracowane przez IAEA stanowią rekomendacje dla państw członkowskich. Dyrektywy UE podlegają na ogół obo-

wiązkowej transpozycji do ustawodawstwa krajów członkowskich. Polska ustawa Prawo atomowe implementuje ostatnią Dyrektywę Rady Europy 2013/59/EURATOM dotyczącą całości zagadnień OR, a także szereg wymagań technicznych serii *Safety Standards* IAEA.

1.2. Ochrona radiologiczna w Polsce

Ochrona radiologiczna w Polsce jest zorganizowana zgodnie z europejskimi standardami i funkcjonuje w ścisłym powiązaniu z otoczeniem międzynarodowym.

Podstawowym aktem prawnym w Polsce, regulującym wszelkie aspekty OR, jest ustawa Prawo atomowe, uchwalona w listopadzie 2000 r. i wielokrotnie modyfikowana (ostatnio w 2021 r.), aby m.in. uwzględnić nowe dyrektywy UE. Ustawa wprowadza jednolity system zapewniający BjiOR pracowników i ogółu ludności w Polsce oraz określa zadania organów administracji rządowej odpowiedzialnych za BjiOR, m.in. związane z oceną sytuacji radiacyjnej kraju oraz postępowaniem w przypadku zdarzeń radiacyjnych. Rozporządzenia Rady Ministrów, ministra zdrowia i innych organów centralnych będące delegacjami do ustawy Prawo atomowe są systematycznie aktualizowane.

Centralnym organem administracji rządowej w Polsce do spraw BjiOR jest Państwowa Agencja Atomistyki (PAA), która reguluje i kontroluje aktywności mogące powodować narażenie na promieniowanie jonizujące, tak by były prowadzone w sposób bezpieczny dla pracowników, środowiska i społeczeństwa. Zakres zadań PAA jest bardzo szeroki i obejmuje m.in. wydawanie zezwoleń na działalność prowadzoną w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące, monitorowanie stanu BjiOR czy informowanie społeczeństwa o sytuacji radiologicznej. Poprzez Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR) Agencja stale kontroluje sytuację radiacyjną w Polsce. Cen-

trum to dysponuje na bieżąco aktualizowaną informacją o poziomach mocy dawek w Polsce pochodzącą z 52 stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych. Dziewięć stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) prowadzi ciągły monitoring w ramach sieci wczesnego ostrzegania PAA.

Ochrona radiologiczna w zakresie ekspozycji medycznych podlega Ministerstwu Zdrowia. Działania mające na celu bezpieczne stosowanie promieniowania jonizującego w celach medycznych są prowadzone przez Krajowe Centrum Ochrony Radiologicznej w Ochronie Zdrowia (KCOR). Ministrowi zdrowia podlega też Główny Inspektorat Sanitarny (GIS), który dokonuje m.in. systematycznych pomiarów skażeń promieniotwórczych wód powierzchniowych i osadów dennych, rozkładu depozycji cezu Cs-137. Jest także odpowiedzialny (w porozumieniu z okręgowymi urzędami górnictwymi) za kontrolę stanu OR w sytuacjach zagrożenia powodowanego zwiększoną promieniotwórczością naturalną.

Na szczeblu jednostek prowadzących działalność w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące odpowiedni stan OR utrzymywany jest przez inspektorów ochrony radiologicznej (IOR). System szkolenia IOR ma w Polsce długie tradycje i jest dobrze zorganizowany. Inspektorzy zrzeszeni są w aktywnie działającym Stowarzyszeniu Inspektorów Ochrony Radiologicznej (SIOR).

Ochrona radiologiczna w Polsce tworzona jest na wielu płaszczyznach, wchodząc w zakres kompetencji Ministerstwa Klimatu i Środowiska (MKiŚ), Ministerstwa Zdrowia (MZ) oraz Ministerstwa Aktywów Państwowych (MAP). Instytucje badawcze podejmujące prace naukowe w tym zakresie są finansowane ze środków ministra edukacji i nauki. Nie istnieje jednak forum umożliwiający wymianę doświadczeń dotyczących OR między przedstawicielami rządu, administracji publicznej, środowiskiem naukowym i stowarzyszeniami naukowymi.

Na początku XXI w. takim forum była działająca przy Prezisie PAA Rada ds. Atomistyki.

1.3. Kierunki działań

Proponujemy powołanie forum konsultacyjnego w obszarze OR, do którego weszliby przedstawiciele PAA, zaangażowanych ministerstw, środowiska naukowego, stowarzyszeń naukowych i organizacji pozarządowych. Forum stanowiłoby miejsce dyskusji i wymiany doświadczeń w zakresie OR.

2. Badania naukowe dla ochrony radiologicznej w energetyce jądrowej

Nowoczesna energetyka jądrowa potrzebuje wsparcia technicznego i naukowego zarówno na etapie przygotowania oraz budowy, jak i użytkowania. Skala zagrożeń wymaga działania nie tylko odpowiednio zorganizowanych służb państwowych monitorujących sytuację radiologiczną, lecz także sieci kompetentnych laboratoriów i zespołów, których ekspertyza umożliwi rozwiązanie pojawiających się problemów, a uzyskana opinia nie będzie kwestionowana na arenie międzynarodowej. Państwa dysponujące EJ dbają o rozwijanie kompetencji w zakresie OR poprzez utrzymywanie specjalistycznych instytutów, zespołów badawczych oraz finansowanie projektów badawczych.

2.1. Europejska przestrzeń badawcza

We Francji, która dysponuje największą liczbą reaktorów jądrowych w Europie, podstawowym elementem systemu OR jest Instytut Ocho-

ny Radiologicznej i Bezpieczeństwa Jądrowego (Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire – IRSN) pełniący rolę narodowego ośrodka eksperckiego w obszarze OR, w szczególności dla EJ i przemysłu jądrowego. Ośrodek podlega ministerstwom ekologii, obrony, transformacji energetycznej, nauki i zdrowia, co podkreśla interdyscyplinarność prowadzonych tam badań. Należy do czołowych instytutów badawczych w Europie w obszarze OR. Zatrudnia ponad 1500 pracowników, a w 2021 r. miał budżet 272 mln euro.

W Wielkiej Brytanii i Irlandii Północnej głównym organem ds. ochrony przed promieniowaniem jest Agencja Bezpieczeństwa Zdrowia (United Kingdom Health Security Agency – UKHSA), która odpowiada za prowadzenie badań w zakresie ochrony przed promieniowaniem, ryzyka związanego z ekspozycją na promieniowanie, świadczenie usług laboratoryjnych i technicznych, prowadzenie szkoleń, dostarczanie informacji eksperckich. Pełni też rolę doradcą dla organów regulacyjnych, rządu i opinii publicznej. Agencja dysponuje zespołami laboratoriów specjalistycznych, które prowadzą ocenę narażenia w środowisku z wykorzystaniem dozymetrii wewnętrznej, biologicznej, awaryjnej, medycznej, liczników całego ciała itp. W roku budżetowym 2021/22 otrzymała na badania 148,4 mln funtów.

W UE badania naukowe z zakresu OR prowadzone są obecnie w ramach programu Europejskiej Wspólnoty Energii Atomowej EURATOM, który uzupełnia program Horyzont Europa na lata 2021–2027. Budżet na działania podejmowane przez międzynarodowe konsorcja w zakresie energii rozszczepialnej oraz BJIOR na lata 2021–2025 to 266 mln euro.

W Europie działa wiele organizacji pozarządowych i platform badawczych wspierających badania w zakresie OR. European Radiation Dosimetry Group (EURADOS) zrzesza 80 instytucji i ponad 600 naukowców pracujących w kilkunastu grupach roboczych. Od ponad 20 lat regularnie organizuje międzynarodowe pomiary porównawcze

w dozymetrii, które odgrywają kluczową rolę w systemie akredytacji laboratoriów badawczych w Europie. Europejska platforma MELODI zrzesza 44 instytucje prowadzące badania w obszarze działania niskich dawek promieniowania jonizującego. Platforma NERIS zrzesza instytucje kompetentne w reagowaniu na poważne zagrożenia radiologiczne, także na awarie jądrowe i skutki eksplozji ładunków jądrowych. Jednostki prowadzące badania w OR w medycynie działają w EURAMED. Celem platformy ALLIANCE jest koordynacja badań w zakresie radioekologii. Misją SHARE jest pomoc społeczeństwu Europy w zrozumieniu ryzyka związanego z użytkowaniem promieniowania jonizującego. Te platformy przygotowały swoje Strategiczne Agendy Badawcze, będące podstawą do formułowania projektów badawczych w ramach projektu UE Pianoforte, europejskiego partnera dla OR i detekcji promieniowania jonizującego. Budżet projektu Pianoforte, wynoszący 45 mln euro, jest przeznaczony na dofinansowanie prac badawczych prowadzonych w krajach członkowskich UE (do 65% ponoszonych kosztów).

2.2. Badania z obszaru ochrony radiologicznej w Polsce

W 1991 r., po rezygnacji z budowy EJ Żarnowiec, OR w Polsce rozwijała się głównie pod kątem medycznych i technicznych zastosowań promieniowania jonizującego oraz zagrożenia związanego z występowaniem podwyższonej promieniotwórczości naturalnej (*naturally occurring radioactive materials* – NORM). Tylko nieliczne grupy prowadzą obecnie badania w zakresie OR dla energetyki jądrowej (pomiar i prognozowanie skażeń promieniotwórczych, dozymetria awaryjna, dozymetria neutronowa, dozymetria środowiskowa). Niestety przedstawiciele polskich instytucji uczestniczą w niewielu projektach UE i zazwyczaj nie pełnią roli koordynatorów. Zespoły badawcze są małe

i rozproszone, nie istnieje program finansowania badań w tej dziedzinie. Pośrednio utrudnia to pozyskiwanie środków na badania z programów europejskich.

Opublikowany w 2020 r. program PEJ formułuje pięć zadań mających stworzyć warunki do zbudowania i uruchomienia w Polsce do 2045 r. sześciu reaktorów jądrowych o łącznej mocy do 9 MWe. Są to:

- 1) rozwój zasobów ludzkich na potrzeby energetyki jądrowej,
- 2) rozwój infrastruktury,
- 3) wsparcie krajowego przemysłu w przygotowaniach do udziału w budowie i eksploatacji elektrowni jądrowych,
- 4) wzmocnienie dozoru jądrowego,
- 5) komunikacja i informacja społeczna.

W programie PEJ pominięto rolę badań naukowych, w tym badań z zakresu OR, co kontrastuje z polityką krajów dysponujących rozwiniętą energetyką jądrową. Koniecznym uzupełnieniem programu PEJ są systemowe rozwiązania w zakresie finansowania badań naukowych.

W maju 2022 r. rząd przyjął Strategię i politykę w zakresie rozwoju bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej Rzeczypospolitej Polskiej. Program ten uwzględnia m.in. wsparcie badań dotyczących wpływu promieniowania jonizującego na zdrowie człowieka oraz środowisko naturalne, a także rozwiązania technologiczne zwiększające BjiOR. W zakresie badań naukowych przewiduje finansowanie tylko prac dotyczących postępowania z odpadami promieniotwórczymi (10 mln zł do 2033 r.). Nie rozwiązuje to problemu finansowania innych obszarów badań związanych z rozwojem szeroko rozumianej OR w Polsce.

Badania naukowe w zakresie OR prowadzi w Polsce wiele instytutów badawczych i uczelni wyższych, choć kadra naukowa i techniczna jest stosunkowo nieliczna. W Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR), które w czasie awarii reaktora w Czarnobyliu w 1986 r. zatrudniało ponad 250 osób, pracuje obecnie 50 pracow-

ników, a roczny budżet instytucji to ok. 1,5 mln euro. Jednostki należące do w PKOR jako nieliczne instytucje w Polsce dysponują niezbędną infrastrukturą badawczą, w tym szerokim spektrum źródeł promieniowania i technik pomiarowych.

Badania naukowe w zakresie OR nie mają oddzielnego źródła finansowania. Prace badawcze są dotowane przede wszystkim ze środków pozyskiwanych doraźnie w ramach krajowych lub europejskich konkursów. W instytucjach finansujących naukę w Polsce, takich jak Narodowe Centrum Nauki (NCN), Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) czy Fundacja Nauki Polskiej (FNP), nie ma specjalnej ścieżki finansowania badań w zakresie OR. Są to badania interdyscyplinarne, ponieważ obejmują zagadnienia z obszaru fizyki, biologii, chemii, medycyny i technologii medycznych. Dlatego rzadko otrzymują wsparcie finansowe w konkursach w porównaniu z wnioskami badawczymi w tradycyjnie wyodrębnionych dyscyplinach nauki. Ponadto badania z zakresu OR nie przynoszą efektów w łatwo mierzalnych kategoriach ekonomicznych (wyjątkiem jest rozwój aparatury pomiarowej / detektorów promieniowania). Ostatni program badań przeznaczony OR *Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej* był realizowany w latach 2011–2014 i finansowany przez NCBiR (6 mln zł).

2.3. Kierunki rozwoju badań naukowych z obszaru ochrony radiologicznej w Polsce

Zapewnienie najwyższych standardów OR jest kluczowe dla sukcesu programu PEJ. Oprócz działań służb państwowych przeznaczonych do prowadzenia monitoringu radiacyjnego środowiska konieczny jest rozwój potencjału badawczego, zarówno pod względem infrastruktury badawczej, jak i kadry naukowej.

- I Uwzględniając perspektywę uruchomienia pierwszego reaktora w ciągu 10 lat, konieczne jest przygotowanie w najbliższym czasie, przy współudziale czołowych polskich instytutów naukowych i uczelni, Strategicznej Agendy Badawczej dla Ochrony Radiologicznej. Agenda byłaby podstawą polityki naukowej Polski w zakresie OR w najbliższej dekadzie i finansowania projektów badawczych w tym zakresie.
- II Na tej podstawie proponujemy powołanie w NCN sekcji zajmującej się badaniami naukowymi w zakresie OR i przygotowanie w NCBiR wieloletniego programu dotyczącego tej tematyki.
- III Postulujemy również przygotowanie wieloletniego programu stypendialnego w zakresie OR obejmującego kształcenie na poziomie doktorskim i podoktorskim. Szczegółowe propozycje w tej dziedzinie przedstawione są w kolejnych rozdziałach raportu.
- IV Postulujemy rozszerzenie kompetencji PAA w dziedzinie możliwości formułowania i finansowania badań koniecznych do wzmocnienia OR w Polsce.
- V Obecnie działalność badawczo-rozwojowa w zakresie BjiOR w Polsce prowadzona jest na ogół przez niewielkie zespoły specjalistów w kilkunastu instytucjach wykorzystujących większe urządzenia badawcze (reaktor, cyklotron, wysokoaktywne źródła promieniowania jonizującego) lub utworzone w związku z potrzebami branżowymi (medycyna, górnictwo, obrona kraju). Potrzebne jest wsparcie państwa w integracji tego środowiska, stworzenia warunków rozwoju kadry i infrastruktury wspomagającej.

3. System wczesnego ostrzegania – monitoring powietrza

Każdemu poważnemu zdarzeniu radiacyjnemu lub katastrofie jądrowej towarzyszy emisja substancji promieniotwórczych do atmosfery.

W jej wyniku zazwyczaj obserwuje się szybki transport zanieczyszczeń promieniotwórczych na duże odległości. Zasadniczym celem monitoringu powietrza jest pomiar stężenia substancji promieniotwórczych, opadu atmosferycznego oraz mocy dawki promieniowania. Pomiaru te umożliwiają ocenę narażenia radiacyjnego ludności i środowiska.

Współczesne systemy monitoringu skażeń powietrza bazują na pomiarach spektrometrycznych aktywności izotopów promieniotwórczych emitujących promienie γ . Metoda ta umożliwia jednoczesny pomiar wszystkich nuklidów promieniotwórczych emitujących promieniowanie γ obecnych w badanej próbce. Wykorzystując podobieństwo właściwości fizykochemicznych poszczególnych nuklidów, metoda spektrometrii γ może być również zastosowana do pośredniej oceny skali uwolnień substancji emitujących jedynie promieniowania β czy α .

Prowadzenie ciągłych pomiarów mocy dawki w powietrzu wynika ze zobowiązań międzynarodowych Polski, a sposób ich prowadzenia bazuje na rekomendacjach IAEA oraz ICRP i regulowany jest przepisami krajowymi. Systematyczną ocenę bieżącej sytuacji radiacyjnej w Polsce oraz ewentualną ocenę pod kątem możliwości wczesnego wykrycia skażeń promieniotwórczych w przypadku wystąpienia zdarzenia radiacyjnego prowadzi Prezes PAA poprzez CEZAR. W Polsce działa kilka sieci pomiarowych realizujących te zadania (tabela 1).

Stacje podstawowe pomiarów mocy dawki to 41 stacji PMS (*permanent monitoring station*) należących do PAA oraz dziewięć stacji o podobnych systemach pomiarowych TDPMS3 należących do IMGW. Stacje są wyposażone także w instrumenty mierzące podstawowe parametry meteorologiczne. System TDPMS3 umożliwia wykrywania wzrostu mocy dawki o wartość 25 nSv/h powyżej wartości średniej wyznaczonej w ciągu 24 godz. poprzedzających pomiar. Sieć PAA jest systematycznie rozbudowywana.

Tabela 1. Sieci stacji wczesnego ostrzeżenia i pomiaru skażeń promieniotwórczych funkcjonujące w Polsce

| Instytucja | Stacje pomiarowe | Liczba stacji | Mierzone parametry |
|------------|------------------|---------------|---|
| CLOR | ASS-500 | 14 | stężenie radionuklidów γ -promieniotwórczych w powietrzu (pobór powietrza na filtry) |
| PAA | PMS | 41 | moc dawki promieniowania γ oraz widma promieniowania γ |
| IMGW-PIB | TDPMS3 | 9 | moc dawki promieniowania γ , całkowita aktywność α i β , zawartość Cs-137 i Sr-90 w opadzie |
| MON | | 13 | moc dawki promieniowania γ |

System wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych wspomagany jest przez sieć 13 stacji pomiarowych należących do MON (stacje wspomagające), które w sposób ciągły mierzą moc dawki promieniowania γ – co 10 min wyniki pomiarów przesyłane są automatycznie i rejestrowane w Centralnym Ośrodku Analizy Skażeń (COAS).

W otoczeniu Narodowego Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), na terenie którego znajdują się m.in. reaktor MARIA i ośrodek produkcji radioizotopów OR POLATOM, oraz wokół Krajowego Składowiska

Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie prowadzone są kontrole obejmujące m.in. chwilowe pomiary stężeń radionuklidów γ -promieniotwórczych w aerozolach atmosferycznych, γ -promieniotwórczych izotopów jodu w postaci gazowej oraz γ -promieniotwórczych gazów. Wyniki wszystkich pomiarów i kontroli w formie raportów i sprawozdań przesyłane są do CEZAR w PAA.

Obecnie krajowe sieci monitoringu dostosowane są do kontroli uwolnień pochodzących z awarii reaktorów jądrowych. Ponieważ trudne w detekcji promieniotwórcze gazy szlachetne nie stanowią istotnego narażenia dla ludności, większość krajowych systemów monitoringu radiacyjnego nie prowadzi prac związanych z ich wykrywaniem, mimo że są one pierwszym sygnałem w sytuacji zagrożenia.

3.1. Kierunki rozwoju monitoringu powietrza w Polsce

- I Potrzebne jest stworzenie systemu koordynacji i finansowania działalności sieci prowadzących niezbędny monitoring radiacyjny środowiska i ludności, opartych na podmiotach pochodzących z instytutów badawczych, instytutów naukowych PAN, specjalistycznych wydziałach wyższych uczelni, ze stacji sanitarno-epidemiologicznych. Sprawność działania tej sieci nie powinna zależeć od indywidualnych zdolności pomiarowych i aktualnych możliwości finansowych tworzących ją instytucji. Wprowadzenie do użytku małych reaktorów modułowych będzie wymagało odpowiedniego zagęszczenia sieci monitoringu.
- II Wskazane jest rozszerzenie monitoringu o izotopy promieniotwórcze (tryt i promieniotwórcze izotopy gazów szlachetnych), które jako pierwsze przenikają przez różne bariery. Pozwoli to wcześniej wykrywać pojawiające się uszkodzenia szczelności obiektu jądrowego. Wskazane jest także monitorowanie poziomu izotopów plu-



Fot. 1. Stacja pomiarowa systemu wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych do oceny bieżącej sytuacji radiacyjnej w kraju, jak również sytuacji w przypadku zdarzenia radiacyjnego (fot. PAA)

tonu i strontu w opadzie atmosferycznym i pyłe zawieszonym oraz w aerozolu występujących w powietrzu.

- III Pojawiają się nowe potencjalne źródła zagrożenia radiacyjnego, np. rozwój techniki napędu jądrowego, możliwość użycia tzw. brudnej bomby lub awaria w zakładach produkcji broni jądrowej. Systemy monitorowania powinny zapewnić możliwość detekcji takich zagrożeń.

IV Proponowana przez PAA dalsza rozbudowa sieci stacji PMS do pomiarów chwilowych mocy dawki i pomiarów spektrometrycznych jest uzasadniona i powinna być kontynuowana.

4. Monitoring środowiska

Jednym z istotnych elementów OR jest kontrola występowania naturalnych i sztucznych nuklidów promieniotwórczych w środowisku człowieka. Pojęcie to obejmuje zarówno środowisko naturalne, jak i będące częściowo wytworem działalności człowieka.

W sytuacji normalnej monitoring ogranicza się do pomiarów stężenia naturalnie występujących nuklidów promieniotwórczych oraz nuklidów promieniotwórczych wprowadzonych przez człowieka do środowiska w przeszłości, np. na skutek testów broni jądrowej, awarii elektrowni jądrowych lub wypadków w obiektach jądrowych związanych z produkcją i utylizacją paliwa jądrowego. Promieniowanie tych nuklidów składa się na tło naturalne i jest punktem odniesienia dla oceny sytuacji awaryjnych.

Identyfikacja wpływu działalności człowieka na środowisko ogranicza się zwykle do pomiaru stężenia nuklidów promieniotwórczych w podstawowych komponentach środowiska i porównaniu uzyskanych wyników z prawnie określonymi limitami.

Ze względu na istotne różnice podstawowe elementy środowiska dzieli się na:

- środowisko lądowe z uwzględnieniem gleby, gruntu, produktów spożywczych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, warzyw, traw, roślin leśnych i bioindykatorów;
- środowisko wodne wód śródlądowych z uwzględnieniem wód z cieków powierzchniowych oraz jezior, osadów dennych, wód podziemnych, ujęć wody pitnej oraz fauny i flory wód śródlądowych;



Fot. 2. Detektory do monitoringu środowiska umieszczone na Kasprowym Wierchu (fot. NCBJ)

- środowisko morskie z uwzględnieniem wód morskich, przybrzeżnych i przejściowych, osadów dennych oraz fauny i flory występującej w tych wodach.

Monitoring środowiska uzupełniają badania zawartości izotopów promieniotwórczych w uśrednionej diecie oraz pochodzącej z wybranych ujęć wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi: na ich podstawie określana jest średnia dawka związana z wniknięciem izotopów do organizmu drogą pokarmową.

4.1. Aktualna sytuacja w Polsce

Podstawowy monitoring krajowy, realizowany na zlecenie PAA oraz Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOS), uzupełniony

jest kontrolą produktów spożywczych pochodzenia zwierzęcego i pasz prowadzoną przez Państwowy Instytut Weterynarii (PIWET) przy współpracy z wojewódzkimi inspektoratami weterynarii. Publikowane dane dla poszczególnych województw uwzględniają podstawowe gatunki zwierząt hodowlanych, ryb oraz mleko i jaja kurze. Uśrednione w skali kraju wyniki są uwzględniane w raportach publikowanych przez Prezesa PAA.

Na podstawie Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi prowadzone są badania wszystkich ujęć wody. Obowiązkowy zakres badań obejmuje pomiar stężenia promieniotwórczego radonu Rn-222, trytu H-3 i radu Ra-228, Ra-226. W przypadku przekroczenia zalecanych w rozporządzeniu tzw. wartości parametrycznych dla wskazanych izotopów promieniotwórczych zwiększana jest częstotliwość kontroli, wykonywane są dodatkowe pomiary stężenia promieniotwórczego typowych izotopów promieniotwórczych uwalnianych do środowiska w przypadku awarii obiektów jądrowych, wykonywane są dodatkowe pomiary stężenia polonu Po-210, ołowiu Pb-210 oraz izotopów uranu U-238 i U-234. Zebrane dane nie są uwzględniane w raportach Prezesa PAA.

W kilku ośrodkach naukowych prowadzi się badania środowiska w skali lokalnej: głównie związane z wodami przejściowymi i przybrzeżnymi Bałtyku, obszarami zwiększonej depozycji cezu po awarii w Czarnobylu czy działalnością górniczą na południu Polski oraz badania ukierunkowane na specyficzne komponenty środowiska, np. grzyby. Wyniki tych badań dostępne są w postaci publikacji naukowych i w zasadzie nie są uwzględniane w oficjalnych raportach dotyczących stanu środowiska.

W latach 2017–2020 na zlecenie PEJ sp. z o.o. zrealizowane zostały kompleksowe badania aktualnego stanu środowiska dla dwóch lokalizacji pierwszej polskiej EJ.

Nadzorowany przez PAA monitoring spełnia minimalne wymagania wynikające z obowiązku prowadzenia stałej kontroli napromieniania powietrza, wód i gleby ustalonego przez art. 35 traktatu EURATOM. Uzyskane dzięki takiemu monitoringowi dane odzwierciedlają aktualną sytuację, ale nie dostarczają informacji umożliwiających ocenę procesów zachodzących w czasie i przestrzeni związanych z migracją i ewentualną akumulacją izotopów promieniotwórczych, wyjaśnienie przyczyn ewentualnych anomalii czy przewidywanie skutków sytuacji awaryjnych.

4.2. Kierunki działania

- I Celowa jest integracja prowadzonych badań w zakresie szeroko rozumianego monitoringu środowiska (radioekologii). Uzyskane w ramach komplementarnych i spójnych badań środowiska dane mogą być wykorzystane do modelowania procesów zachodzących w środowisku w warunkach zdarzeń radiacyjnych i w rezultacie do optymalizacji zakresu oraz kosztów niezbędnego monitoringu.
- II Przy opracowaniu strategii krajowego monitoringu środowiska należy położyć nacisk na metodykę pobierania próbek i jednolity system prezentowania wyników. Powinna ona uwzględniać formy użytkowania terenu (także wód powierzchniowych), aby stworzyć skalowalny system umożliwiający zagęszczenie punktów pobierania próbek w sytuacji awaryjnej lub, w przypadku organizacji monitoringu, określenie wpływu obiektu jądrowego na środowisko.
- III Wskazane jest uściślenie listy izotopów promieniotwórczych uwzględnianych w monitoringu oraz odpowiadającym im limitów detekcji, umożliwiających interpretację wyników badań w zależności od zadeklarowanego celu. Szczególną uwagę należy zwrócić na izotopy promieniotwórcze obecne w środowisku w wyniku

naturalnych procesów oraz rutynowo uwalnianych z działającej EJ (C-14 i H-3).

- IV Konieczne jest uzupełnienie wyposażenia i wzmocnienie kadrowe laboratoriów specjalistycznych przewidzianych do prowadzenia monitoringu krajowego przez właściwego ministra. Należy również dążyć do wykorzystania danych satelitarnych (teren i sytuacja meteorologiczna) do aktualizacji planów pobierania próbek.

5. Nadzór i kontrola obiektu jądrowego

Eksploatacja obiektu jądrowego nakłada na jego operatora obowiązek prowadzenia monitoringu środowiska na terenie i wokół terenu jednostki organizacyjnej. Celem kontroli jest zarówno ocena narażenia personelu obiektu, jak i jego oddziaływania na otoczenie, w tym ocena narażenia osób mieszkających w sąsiedztwie elektrowni.

Zakres monitoringu obiektów jądrowych, w zależności od kategorii zagrożeń, do jakiej są zakwalifikowane, jest określony w przepisach wykonawczych do ustawy Prawo atomowe. Elektrownia jądrowa jako obiekt I lub II kategorii zagrożeń będzie również wymagała prowadzenia na jej terenie oraz w otoczeniu monitoringu radiacyjnego środowiska na poszczególnych etapach fazy projektowej oraz podczas eksploatacji.

- Monitoring stanu zerowego oznacza pierwszy monitoring radiacyjny terenu oraz otoczenia planowanej EJ – stanowi element oceny terenu przeznaczonego pod jej lokalizację. Zakres monitoringu stanu zerowego obejmuje badania rozkładu stężeń nuklidów promieniotwórczych w glebie i gruncie, wodach powierzchniowych, wodach podziemnych i w atmosferze oraz analizę rozkładu mocy dawki pochłoniętej promieniowania jonizującego według stanu na dzień przeprowadzania oceny terenu. Uzyskane dane są wykorzystywane do uzyskania decyzji środowiskowej i lokalizacyjnej, a po



Fot. 3. Ośrodek jądrowy Świerk pod Warszawą, bezpiecznie eksploatowany od 50 lat (fot. NCBJ)

wyborze lokalizacji – jako wartości odniesienia w dalszych fazach monitoringu obiektu jądrowego.

- Nie ma przepisów regulujących zakres monitoringu przedeksploatacyjnego (poza rekomendacjami IAEA).
- Monitoring na etapie rozruchu oraz eksploatacji polega na kontrolowaniu uwolnień substancji promieniotwórczych do środowiska i sprawdzeniu, czy roczne dawki otrzymywane wszystkimi drogami narażenia przez osoby z ogółu ludności są utrzymywane na możliwie najmniejszym osiągalnym poziomie i nie przekraczają limitów dawek.

Opis sposobu prowadzenia monitoringu radiacyjnego stanowi element wstępnego raportu bezpieczeństwa obiektu jądrowego opracowywanego przed jego uruchomieniem. W raporcie muszą się znaleźć

informacje o zewnętrznych systemach monitoringu radiologicznego, przekazujące dane do odpowiednich służb awaryjnych w CEZAR PAA, reżimu monitorowania otoczenia obiektu jądrowego w zakresie skażeń promieniotwórczych i mocy dawki promieniowania jonizującego oraz opis programu monitorowania środowiska, systemów alarmowych wymaganych w razie nieplanowanych uwolnień substancji promieniotwórczych, a także ewentualnych automatycznych urządzeń przerywających takie uwolnienia.

Dane z monitoringu radiologicznego środowiska na każdym etapie eksploatacji stanowią element dokumentacji eksploatacyjnej obiektu jądrowego.

5.1. Aktualny stan monitoringu obiektów jądrowych w Polsce

Aktualnie monitoring oddziaływania obiektu jądrowego na otoczenie jest w Polsce prowadzony wokół ośrodka jądrowego Świerk, gdzie znajduje się eksploatowany przez NCBJ reaktor badawczy MARIA oraz eksploatowany przez Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP) reaktor badawczy EWA (obiekt jądrowy w stanie likwidacji). Oba obiekty są zaliczone do II kategorii zagrożenia. Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych eksploatuje również obiekty jądrowe w postaci dwóch przechowalników wypalonego paliwa jądrowego, ale nie są one klasyfikowane do I lub II kategorii zagrożeń z uwagi na brak w nich wypalonego paliwa jądrowego. Monitoring na terenie ośrodka Świerk i wokół reaktora MARIA prowadzi NCBJ, a w niektórych latach wokół ośrodka także CLOR (na zlecenie PAA). Monitoring wokół reaktora EWA (na zlecenie ZUOP) wykonywały w ostatnich latach CLOR lub NCBJ.

W dwóch potencjalnych lokalizacjach EJ – Lubiato-Kopalino i Żarnowiec – wykonano w latach 2017–2020 monitoring stanu ze-



Fot.4. Sterownia reaktora MARIA w ośrodku jądrowym Świerk (fot. NCBJ)

rowego, za który odpowiadało Śląskie Centrum Radiometrii Środowiskowej Głównego Instytutu Górnictwa (GIG). Polskie Elektrownie Jądrowe sp. z o.o. wybrały Lubiawo-Kopalino jako preferowaną lo-

kalizację pierwszej EJ. Kolejnym krokiem będzie, zgodnie z wymaganiami, wykonanie przedekspluatacyjnego monitoringu radiacyjnego na 2–3 lata przed rozruchem reaktora.

Z koniecznością przeprowadzenia podobnych badań będzie się wiązać planowana budowa reaktorów typu SMR czy reaktorów wysokotemperaturowych. Obowiązujące przepisy traktują tego typu obiekty jak inne reaktory jądrowe i dzielą je, w zależności od mocy cieplnej, na obiekty I (do 100 MW) i II (powyżej 100 MW) kategorii zagrożeń. W przypadku reaktorów zlokalizowanych blisko siebie podczas kolejnych etapów eksploatacji monitoring będzie mógł być prowadzony wspólnie dla wszystkich obiektów.

Przepisy w zakresie monitoringu obiektów jądrowych, obowiązujące od października 2022 r., w porównaniu z obowiązującymi wcześniej w istotnym stopniu poszerzają wymagania. Przewidują okres przejściowy na ich wdrożenie (do października 2025 r.) dla instytucji aktualnie prowadzących taki monitoring (NCBJ i ZUOP). Trwają prace nad wdrożeniem wymaganego zakresu monitoringu w obu instytucjach eksploatujących obiekty II kategorii zagrożeń.

5.2. Wzmocnienie sieci monitoringu wokół obiektu jądrowego

- I Istnieje potrzeba uzupełnienia zapisów Prawa atomowego i przepisów wykonawczych w zakresie monitoringu obiektów jądrowych. Propozycje te przedstawione są w rozdziale 12. Analiza przepisów prawnych.
- II W Polsce istnieją jednostki o odpowiednich kompetencjach w zakresie wykonywania monitoringu radiacyjnego środowiska na terenie i wokół EJ. Są to przede wszystkim laboratoria działające w strukturach dużych instytutów badawczych – GIG, Instytut Fizyki Jądrowej PAN (IFJ PAN), NCBJ i CLOR. Ich kompetencje mogą

być wspierane przez laboratoria działające w strukturach uczelni wyższych, m.in. w Akademii Górniczo-Hutniczej, Uniwersytecie Warszawskim, Uniwersytecie Marii Curii-Skłodowskiej, Politechnice Śląskiej. Wymienione laboratoria powinny zostać rozbudowane i wzmocnione, aby mogły prowadzić monitoring radiacyjny zgodnie z obowiązującymi przepisami.

6. Pomiary całkujące mocy dawki w środowisku

Całkujące dawkomierze pasywne są rutynowo stosowane w wielu krajach do monitorowania sytuacji radiacyjnej w środowisku. Do pomiaru dawek środowiskowych stosuje się na ogół dawkomierze luminescencyjne (termoluminescencja – TL, optycznie stymulowana luminescencja – OSL, radiofotoluminescencja – RPL). Promieniowanie, oddziałując z kryształami niektórych materiałów, generuje w nich stabilne zmiany. Odczyt dawkomierza polega na jego podgrzaniu lub oświetleniu laserem tak, aby wzbudzić w kryształach emisję światła proporcjonalną do pochłoniętej dawki.

Powodem powszechnego stosowania dawkomierzy pasywnych jest ich szeroki zakres pomiarowy, niska cena, niewrażliwość na impuls elektromagnetyczny i pole magnetyczne. Niektóre ich typy mogą również mierzyć dawki od promieniowania neutronowego. Brak potrzeby zapewnienia zasilania oraz niewielkie rozmiary sprawiają, że ich rozlokowywanie jest łatwiejsze. Główną ich wadą jest brak informacji o dawce w czasie rzeczywistym, ponieważ ich odczyt odbywa się w laboratorium. Pomiar środowiskowy trwa najczęściej 3–6 mies., co pozwala monitorować zależność dawki od pór roku. W przypadku zdarzeń radiacyjnych, w wyniku których podniesiony został poziom promieniowania, okres ten może zostać skrócony.

6.1. Zastosowanie dawkomierzy pasywnych do pomiarów środowiskowych

W wielu krajach, szczególnie z rozwiniętą energetyką jądrową, stosuje się dawkomierze pasywne w monitorowaniu dawek środowiskowych, zwłaszcza wokół EJ, zakładów produkcji izotopów promieniotwórczych, składowisk odpadów itp. We Francji IRSN prowadzi monitoring środowiskowy w 700 punktach na terenie całego kraju z wykorzystaniem dawkomierzy RPL. W Portugalii do pomiarów wokół Instytutu Campus Tecnológico e Nuclear w Lizbonie wykorzystuje się dawkomierze TL. W Hiszpanii prowadzi się monitoring środowiskowy, stosując dawkomierze TL w okresach kwartalnych, m.in. wokół EJ Alvarez.

W Polsce w 1973 r. w Instytucie Badań Jądrowych (IBJ) w Świerku rozpoczęto pierwsze pomiary mocy dawki w środowisku z użyciem pasywnej metody opartej na dawkomierzach TL. Obejmowały one teren IBJ (obecnie NCBJ). W latach 1975–1977 Tadeusz Niewiadomski z IFJ PAN przeprowadził rutynowe kwartalne pomiary mocy dawki z użyciem dawkomierzy TL w 300 miejscach pomiarowych na terenie całego kraju. Był to największy program pasywnego całkowitego monitoringu radiacyjnego kraju, który umożliwił ocenę sytuacji radiologicznej w Polsce i był podstawą do określenia stanu zerowego przed awarią w Czarnobylu. W latach 1989–1992, czyli trzy lata po awarii w Czarnobylu, rozpoczęto w CLOR rutynowe pomiary dawkomierzami TLD w 250 lokalizacjach. Posłużyły one do przygotowania *Radiologicznego Atlasu Polski* wydanego wspólnie przez CLOR i PAA. Od 1992 r. rutynowe pomiary dla całego obszaru kraju nie są wykonywane; przeprowadzane są jedynie lokalnie na terenie poszczególnych instytucji. W latach 2017–2019 w ramach badań lokalizacji przewidzianych dla pierwszej EJ w Polsce GIG wykonał pomiary rozkładu mocy dawki w cyklu kwartalnym za pomocą dawkomierzy sta-



Fot. 5. Pomiary mocy dawki w środowisku za pomocą pasywnych dawkomierzy TLD (fot. IFJ)

cjonarnych wyposażonych w dawkomierze TL typu MCP-N. Pomiaru wykonano w 188 i 152 punktach, odpowiednio dla lokalizacji Żarnowiec i Lubiatowo-Kopalino.

6.2. Kierunki rozwoju monitoringu w Polsce z wykorzystaniem pasywnych dawkomierzy środowiskowych

- I Postulujemy przewrócenie w Polsce stałego monitorowania dawek środowiskowych przy zastosowaniu dawkomierzy termoluminescencyjnych. Monitoring ten może być prowadzony przez kilka akredytowanych laboratoriów badawczych stosujących ujednoczoną procedurę postępowania.
- II Monitoringiem powinny być objęte w szczególności tereny na obszarach planowanej budowy zarówno dużych EJ, jak i małych elektrowni (wykorzystujących małe reaktory modułowe).

7. Reagowanie na zdarzenie radiacyjne

Zdarzenie radiacyjne (ZR) to wydarzenie lub nietypowa sytuacja związana ze źródłem promieniowania jonizującego, dla których ryzyko wystąpienia negatywnych skutków dla zdrowia ludzi, ich bezpieczeństwa, jakości życia, mienia lub środowiska jest znacznie zwiększone. Wymaga ono podjęcia natychmiastowych działań interwencyjnych. Zdarzeniami radiacyjnymi są więc w szczególności awarie EJ.

Do oceny zdarzenia pod kątem jego oddziaływania stosuje się 8-stopniową międzynarodową skalę zdarzeń jądrowych i radiologicznych (*International Nuclear Radiological Event Scale* – INES) z zakresem 0–7. W Polsce mieliśmy do czynienia tylko ze ZR w przemyśle, które nie przekraczały poziomu 1 (anomalia). Najpoważniejsze kata-

strofy w Czarnobylu (1986 r.) i Fukushima-Daichi (2011 r.), podczas których nastąpiło stopienie rdzenia reaktora i emisja do atmosfery, zaklasyfikowano jako INES 7.

7.1. Ocena sytuacji radiologicznej – modele i pomiary

W Polsce w przypadku ZR o zasięgu krajowym sposób współdziałania organów i służb biorących udział w likwidacji takich zdarzeń oraz usuwaniu ich skutków określone zostały w Prawie atomowym oraz Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 25 maja 2021 r. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (Dz.U. 2021 r., poz. 1086). Rozporządzenie to w sposób szczegółowy określa również zakres zakładowego oraz wojewódzkiego planu postępowania awaryjnego (PPA). Na podstawie wymienionych przepisów oraz analizy ewentualnych zagrożeń i ich możliwych scenariuszy każdy kierownik jednostki organizacyjnej i wojewoda opracowują PPA, który będzie realizowany w przypadku wystąpienia ZR, odpowiednio, o zasięgu ograniczonym do jednostki organizacyjnej lub do obszaru województwa. Krajowy plan postępowania awaryjnego dla zagrożeń o zasięgu krajowym opracowuje minister właściwy do spraw wewnętrznych, a następnie uzgadnia go z Prezesem PAA i ministrem właściwym do spraw administracji.

W przypadku wystąpienia ZR Centrum do spraw Zdarzeń Radiacyjnych CEZAR PAA bierze udział w ocenie sytuacji radiologicznej kraju. Dysponuje ono komputerowymi systemami wspomaganie decyzji, które służą do prognozowania i analizowania rozwoju sytuacji radiacyjnej kraju. Ośrodek ten prowadzi również ocenę zagrożenia ludności i środowiska na wypadek ZR w obiektach jądrowych, bazując na informacjach uzyskiwanych z sieci stacji pomiarowych, danych meteorologicznych oraz od partnerów zagranicznych. Państwowa

Agencja Atomistyki wdraża również nowoczesne narzędzie, Komputerowe Centrum Analizy Danych (KCAD), które będzie pomocne do bieżącej oceny oraz analizy sytuacji radiacyjnej kraju.

Modelowaniem sytuacji awaryjnych wokół ośrodka jądrowego Świerk zajmuje się centrum Doskonałości MANHAZ w NCBJ. Są w nim prowadzone analizy pogodowe, rozprzestrzeniania się uwolnień i szacowanie skutków tych uwolnień (dawek) dla środowiska i ludności w Otwocku lub, w przypadku większej awarii, w wybranym miejscu kraju. Są również przygotowane scenariusze na wypadek wystąpienia awarii, w których wskazuje się miejsca ewakuacji ludności. Centrum Doskonałości MANHAZ dysponuje znaczącym zapleczem analitycznym pozwalającym modelować odwrotne awaryjne uwolnienia niebezpiecznych substancji, które umożliwia m.in. identyfikację źródeł skażenia.

W przypadku ZR konieczne jest przeprowadzenie szybkiego monitoringu radiologicznego w celu rozpoznania skażeń środowiska na dużym terenie i określenie potencjalnych dawek dla populacji. Rozpoznanie to powinno być wykonane z wykorzystaniem odpowiednio wyposażonych mobilnych laboratoriów dozymetryczno-spektrometrycznych obsługiwanych przez profesjonalny zespół. Niezbędnymi elementami wyposażenia mobilnego laboratorium są spektrometry promieniowania γ z ciągłą rejestracją poziomów skażeń terenu izotopami promieniotwórczymi (jakościowa i ilościowa analiza widm w czasie rzeczywistym) oraz mierniki mocy dawki promieniowania γ , które wraz z systemami GPS umożliwiają tworzenie map rozkładu skażeń i mocy dawek promieniowania γ . Laboratoria takie dysponują także przenośnymi spektrometrami i radiometrami do pomiarów *in situ* (α , β , γ) oraz zestawami do poboru próbek środowiskowych (m.in. gleba, roślina, woda), w tym wydajnymi próbnikami poboru aerozoli z przyziemnej warstwy powietrza. Centra CEZAR i MANHAZ nie dysponują obecnie mobilnymi laboratoriami pomiarowymi – do

takich zadań może być częściowo wykorzystane mobilne laboratorium spektrometryczno-dozymetryczne należące do Laboratorium Ekspertyz Radiometrycznych IFJ PAN.

W sytuacjach awaryjnych wykorzystuje się również mobilne laboratoria przeznaczone do pomiarów skażeń wewnętrznych, wyposażone najczęściej w urządzenia umożliwiające pomiary aktywności emiterów promieniowania w ciele (liczniki promieniowania całego ciała) i/lub aktywności promieniotwórczych izotopów jodu w tarczycy (liczniki promieniowania tarczycy). Laboratoria takie nie są obecnie dostępne w Polsce.

Współcześnie na świecie do szybkiego monitoringu radiologicznego coraz częściej wykorzystywane są specjalistyczne bezzałogowe statki powietrzne (*unmanned aerial vehicles* – UAV), czyli drony. Umożliwiają one szybkie mapowanie obszaru pod kątem zwiększonej radioaktywności zdeponowanej na ziemi lub obecnej w powietrzu, ewentualnie także identyfikację nuklidu promieniotwórczego. Zarówno mobilne laboratoria, jak i drony muszą być wyposażone w systemy archiwizacji i transmisji danych do centrum kierowania akcją w przypadku wystąpienia ZR.

7.2. Dozymetria awaryjna

W sytuacji ZR skala i zakres działań służb będą zależeć od poziomu mocy dawki promieniowania i dawek otrzymanych przez osoby uczestniczące w zdarzeniu. Jak najszybsze przeprowadzenie pomiarów dozymetrycznych na większą niż rutynowo skalę oraz oszacowanie dawek jest niezbędne do podjęcia odpowiednich działań interwencyjnych, takich jak ewakuacja, podanie stabilnego jodu, zakaz lub ograniczenie spożycia skażonej żywności i wody, oraz zaradczych, w tym odpowiednich decyzji medycznych dotyczących poszkodowanych.



Fot. 6. Dron NCBJ wyposażony w detektor promieniowania jonizującego podczas przelotu na terenie ośrodka jądrowego Świerk (fot. NCBJ)

Właściwa reakcja personelu medycznego w pierwszych minutach i godzinach po ekspozycji ma zasadnicze znaczenie dla rokowania w przypadku osób napromieniowanych. Przeprowadzenie selekcji (triażu radiologicznego) jest kluczowe w identyfikacji osób, które otrzymały zagrażające życiu dawki powyżej 1 Gy. Na miejscu zdarzenia selekcję przeprowadza się na podstawie obserwacji objawów klinicznych charakterystycznych dla wielkości dawki (mdłości, wymioty, biegunka, rumień skóry i błony śluzowej). Bardziej precyzyjna ocena dawek dla osób nienoszących dawkomierzy powinna odbywać się za pomocą dozymetrii biologicznej, retrospektywnej dozymetrii fizycznej oraz szacowania narażenia wewnętrznego.

Dozymetria biologiczna jest jedyną metodą pozwalającą oszacować rzeczywiste skutki promieniowania w organizmie. Obecnie stosowane metody dozymetrii biologicznej dobrze spełniają swoje zadanie, lecz są bardzo pracochłonne, więc ich przepustowość jest mocno ogra-

niczona. Działające w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej (IChTJ) Laboratorium Dozymetrii Biologicznej może przebadać zaledwie kilku pacjentów miesięcznie. Istnieją rozwiązania umożliwiające zwiększenie przepustowości klasycznej dozymetrii biologicznej, lecz wiąże się one z obniżeniem precyzji badań. W IChTJ zapoczątkowano prace nad metodą dozymetrii biologicznej opartą na analizie ekspresji genów w komórkach krwi obwodowej z wykorzystaniem technik biologii molekularnej.

W przypadku zdarzeń o masowej skali w określaniu dawki pomocne mogą być również fizyczne metody retrospektywnej dozymetrii awaryjnej, wykorzystującej materiały codziennego użytku jako prowizoryczne dawkomierze promieniowania. Służą temu pomiary sygnału elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) ze szkliwa zębów, włosów czy paznokci. Mierzy się również luminescencję napromieniowanych przedmiotów codziennego użytku, takich jak elementy elektroniczne telefonów komórkowych, wyświetlacze telefonów, fragmenty ubrań, banknoty czy lekarstwa. Metoda luminescencyjna jest rozwijana w IFJ PAN we współpracy z partnerami z Europejskiej Grupy Dozymetrycznej EURADOS (WG10), lecz przepustowość laboratorium jest ograniczona do skali wymaganej dla prowadzenia badań.

7.3. Działania medyczne

Ze względu na dotkliwość skutków zdrowotnych, które mogą wystąpić w wyniku ZR, wyróżnia się trzy kategorie osób poszkodowanych:

- osoby, które z dużym prawdopodobieństwem przekroczyły dawki graniczne (kategoria I),
- osoby, które uległy ekspozycji i są skażone zewnątrznie i wewnętrznie (kategoria II),
- osoby, które otrzymały niskie dawki (kategoria III).

Jeśli to możliwe, u osób z kategorii I i II należy wykonać ocenę dawek najlepiej przy pomocy dozymetrii biologicznej, retrospektywnej dozymetrii fizycznej oraz szacowania narażenia wewnętrznego. Następnie należy wdrożyć odpowiednie postępowanie medyczne. Właściwa reakcja w pierwszych minutach i godzinach po ekspozycji ma zasadnicze znaczenie dla rokowania.

Personel medyczny powinien znać zasady udzielania pierwszej pomocy oraz wstępnego leczenia osób promieniotwórczo skażonych zewnątrz i wewnątrz lub eksponowanych na wysokie dawki od promieniowania zewnętrznego, a także zasady transportu medycznego osób wymagających leczenia specjalistycznego w medycznych centrach specjalistycznych, np. w przypadku konieczności przeszczepienia szpiku kostnego.

Osoby uczestniczące w akcji ratunkowej oraz udzielające pomocy medycznej poszkodowanym w ZR powinny być wyposażone w środki ochrony indywidualnej (ŚOI) oraz dawkomierze, najlepiej pasywne i aktywne. W ocenę dawek personelu należy włączyć fizyków medycznych oraz Inspektora Ochrony Radiologicznej (IOR) z danej placówki.

W przypadku znacznego skażenia terenu może zostać podjęta decyzja o ewakuacji, w tym ewakuacji szpitali. Po katastrofie EJ Fukushima-Daichi nie odnotowano ofiar śmiertelnych w wyniku napromienienia, lecz ponad dodatkowych 2000 zgonów wywołanych skutkami ewakuacji. Dlatego decyzja o jej ewentualnym przeprowadzeniu, szczególnie dotycząca placówek medycznych, powinna być podjęta z ogromną rozważą.

7.4. Kierunki działania

Perspektywa 10 lat wystarczy do zbudowania systemu pozwalającego na właściwe działania w przypadku awarii EJ. System powinien

obejmować metody zarządzania kryzysowego, ośrodki modelowania skażeń i oceny dawek, połączone z sieciami pomiarowymi i mobilnymi laboratoriami dozymetrycznymi, rozwinięte metody dozymetrii biologicznej i retrospektywnej dozymetrii awaryjnej o wysokiej przepustowości oraz odpowiednio przygotowane placówki medyczne, zdolne do leczenia poszkodowanych.

- I Należy doskonalić zasady współpracy i koordynacji działań pomiędzy PAA, PSP, MON, urzędami wojewódzkimi, centrami zarządzania kryzysowego, uczelniami i instytutami naukowymi.
- II Należy rozwijać istniejące metody prognozowania rozprzestrzeniania się skażeń. Celowy jest rozwój systemów modelowania dawek w sytuacjach awaryjnych z wykorzystaniem fantomów numerycznych człowieka i kodów transportu promieniowania opartych na metodzie Monte Carlo.
- III Należy wypracować koncepcję odpowiednio wyposażonych mobilnych laboratoriów spektrometryczno-dozymetrycznych oraz metody kalibracji *in situ* urządzeń pomiarowych, a także włączenie ich do systemów centrów CEZAR/MANHAZ.
- IV Jednym z priorytetów jest opracowanie wysokoprzepustowych metod dozymetrii biologicznej i retrospektywnej dozymetrii awaryjnej umożliwiających prowadzenie badań masowych (mogących znaleźć zastosowanie w warunkach polowych), które mogłyby być przeprowadzone w przypadku zdarzeń radiacyjnych o dużej skali.
- V W przypadku ZR o zasięgu krajowym potrzebny będzie zapas dawkomierzy indywidualnych, które mogą być rozprowadzane wśród służb ratowniczych, personelu medycznego i szczególnie wrażliwej części populacji (kobiety w ciąży, dzieci). Zapas ten powinien zostać wcześniej przygotowany i dostosowany do technik pomiarowych stosowanych w laboratoriach o największej przepustowości.
- VI Na poziomie krajowym należy wprowadzić rozwiązania umożliwiające leczenie osób, które otrzymały wysokie dawki promienio-

wania lub zostały skażone wewnętrznie. Lokalne szpitale powinny dysponować instrukcjami dotyczącymi reagowania na sytuacje nadzwyczajne związane ze wszystkimi rodzajami skażeń (chemicznymi, biologicznymi czy promieniotwórczymi). Należy opracować program szkoleń i ćwiczeń dla lekarzy ratownictwa medycznego dotyczący wczesnych symptomów klinicznych ekspozycji na promieniowanie jonizujące. Należy też podjąć prace nad ujednoczeniem procedur pomiarowych stosowanych w sytuacjach awaryjnych, w szczególności zasad prowadzenia triażu radiologicznego.

8. Dozymetria

Jednym z podstawowych wymagań OR, wskazanym w Prawie atomowym i przepisach międzynarodowych, jest ograniczenie dawek promieniowania otrzymywanych przez ogół ludności oraz pracowników narażonych na promieniowanie. Przepisy te określają dawki graniczne, czyli dawki, które dla danej grupy i w danym okresie nie mogą zostać przekroczone. Dawki te pochodzą od narażenia zewnętrznego i wewnętrznego (skażenia). W rzeczywistości – ze względu na ograniczone możliwości techniczne i finansowe – dla przeważającej grupy pracowników narażenie jest oceniane tylko dla ekspozycji na zewnętrzne promieniowanie γ na podstawie wskazań dawkomierza indywidualnego lub środowiskowego.

8.1. Dozymetria indywidualna

W Polsce pomiary dawek indywidualnych prowadzone są przez akredytowane laboratoria pomiarowe (serwisy dozymetryczne). Wymóg akredytacji został wprowadzony w Polsce, jako jednym z pierwszych



Fot. 7. Dozymetry pasywne stosowane do oceny narażenia personelu na promieniowanie jonizujące w ramach tzw. dozymetrii indywidualnej (fot. IMP)

krajów w Europie, na mocy Prawa atomowego z 2001 r. Po ponad 20 latach działalności pod rygorem akredytacyjnym laboratoria te są bardzo dobrze wyposażone, dysponują wysoko wykwalifikowaną kadrą i uzyskują bardzo dobre wyniki w międzynarodowych pomiarach porównawczych.

Akredytowane laboratoria działające w Polsce wykorzystują pasywne metody pomiarowe i techniki zgodne z aktualnym stanem światowej wiedzy, spełniające wszystkie wymagania dla różnych rodzajów i energii promieniowania oraz zakresów mierzonych dawek. Podstawową metodą w dozymetrii indywidualnej w Polsce jest obecnie metoda termoluminescencji, rozwijana od ponad 50 lat w IFJ PAN, gdzie prowadzone są badania nad nowymi luminescencyjnymi materiałami dozymetrycznymi. Laboratoria akredytowane stosują również dawkomierze filmowe i wprowadzają do użytku dawkomierze bazujące na metodzie OSL. Najślabiej rozwinięta jest indywidualna dozymetria neutronowa.

W warunkach rutynowej pracy dozymetry pasywne na ogół wystarczają do oceny narażenia. Na stanowiskach pracy, na których pracownik może otrzymać w krótkim czasie wysoką dawkę lub istnieje ryzyko przekroczenia określonych ograniczników dawek, stosowane są również dawkomierze elektroniczne dające informacje o dawce i mocy dawki w czasie rzeczywistym.

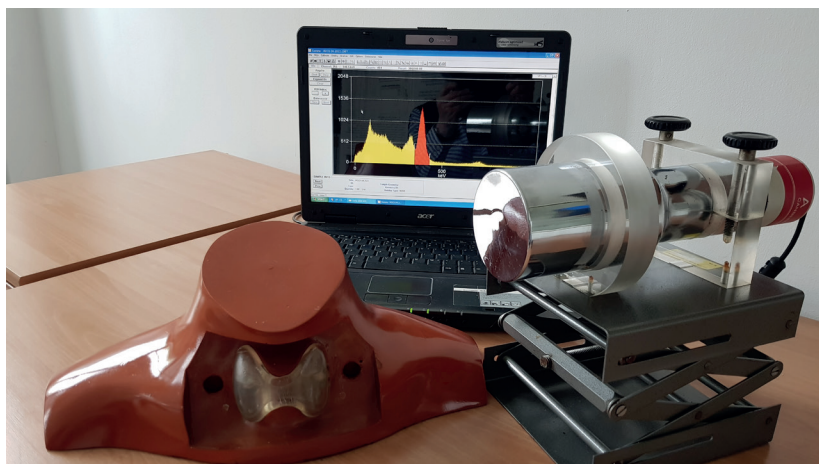
Monitoring dawek indywidualnych i środowiskowych jest integralnym elementem każdego programu OR w miejscu pracy. Wyniki pomiarów są podstawą corocznej oceny narażenia pracowników i ogółu ludności dokonywanej przez kierownika jednostki organizacyjnej prowadzącej działalność w narażeniu na promieniowania jonizujące. W Polsce funkcjonuje Centralny Rejestr Dawek (CRD) Prezesa PAA. Obowiązek przesyłania danych do rejestru dotyczy tylko pracowników zakwalifikowanych przez kierowników jednostek do kategorii narażenia A.

8.2. Ocena narażenia wewnętrznego

Ocenę narażenia wewnętrznego należy przeprowadzić, jeśli mogło wystąpić skażenie promieniotwórcze skutkujące wniknięciem substancji promieniotwórczych do organizmu człowieka drogą oddechową, pokarmową lub bezpośrednio do krwi poprzez rany skóry. Indywidualne monitorowanie skażenia prowadzi się za pomocą dwóch rodzajów metod pomiarowych:

- *in vivo* – bezpośredni pomiar aktywności izotopów promieniotwórczych w ciele człowieka, głównie skażeń całego ciała, tarczycy oraz płuc;
- *in vitro* – pomiar aktywności izotopów promieniotwórczych w pobranych próbkach, najczęściej próbkach wydaliny.

Obie metody pozwalają zmierzyć aktywność lub stężenie izotopów promieniotwórczych. Wyniki służą do obliczenia dawki (skutecznej



Fot. 8. Zestaw przenośny dla pomiarów promieniotwórczego jodu I-131 w tarczycy w przypadku awarii jądrowej (z fantomem tarczycy służącym do kalibracji aparatury) (fot. CLOR)

dawki obciążającej) przy zastosowaniu odpowiedniego scenariusza wnikięcia substancji promieniotwórczej do organizmu oraz odpowiedniego modelu metabolizmu.

Monitoringiem narażenia wewnętrznego pracowników na terenie obiektu jądrowego w Świerku zajmuje się Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych NCBJ (LPD NCBJ) posiadające akredytację Polskiego Centrum Akredytacji (PCA) w zakresie pomiarów skażeń całego ciała, tarczycy oraz aktywności izotopów promieniotwórczych wydalanych z moczem. Akredytację w zakresie monitoringu narażenia wewnętrznego w zakresie określenia skażeń tarczycy i pomiarów izotopów promieniotwórczych w moczu posiada również CLOR. Kompetencje do monitorowania skażeń wewnętrznych, nieobjęte zakresem akredytacji, ma również IFJ PAN, który dysponuje licznikiem całego ciała do pomiarów skażeń wewnętrznych. Badano na nim osoby

wracające z Japonii po katastrofie EJ Fukushima-Daichi oraz pacjentów leczonych izotopami promieniotwórczymi.

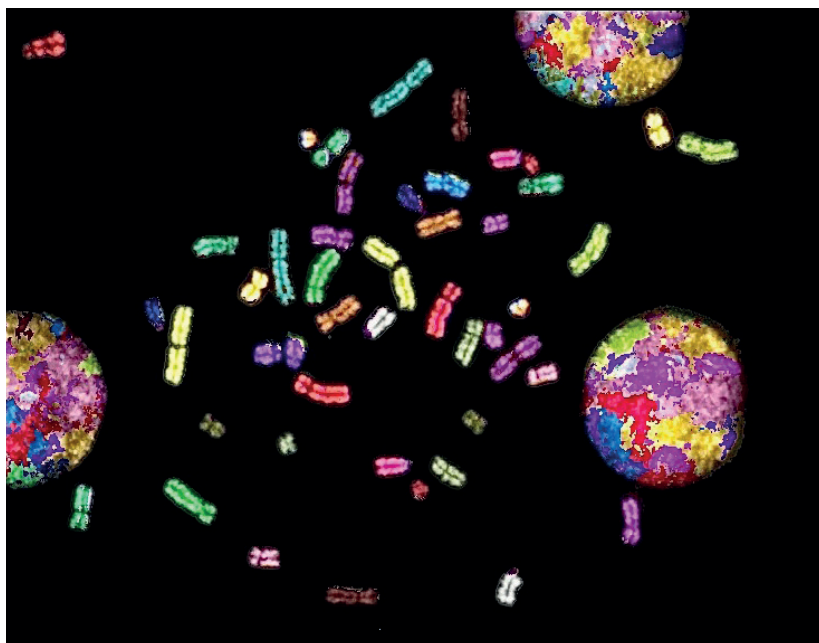
Monitoring narażenia wewnętrznego osób z ogółu populacji opiera się na danych pochodzących z monitoringu powietrza atmosferycznego i środowiska. Oprócz sporadycznie wykonywanych badań stężenia nuklidów promieniotwórczych w uśrednionej diecie obecnie w Polsce nie wykonuje się badań służących ocenie dawek u osób z ogółu ludności. Nie ma również procedur/zaleceń dotyczących tego zagadnienia.

Monitoring narażenia personelu EJ powinien obejmować zarówno monitoring narażenia zewnętrznego, jak i wewnętrznego.

8.3. Dozymetria biologiczna

Dozymetria biologiczna pozwala oszacować dawkę pochłoniętą promieniowania jonizującego na podstawie zmian w komórkach krwi osoby napromienionej. Powinna zostać zastosowana w celu potwierdzenia znacznego przekroczenia dawki wykazanego przez dawkomierz osobisty oraz w sytuacjach prawnych, w których należy rozstrzygnąć, czy narażenie na promieniowanie mogło mieć skutki zdrowotne. Ważnym zastosowaniem dozymetrii biologicznej są ZR, w których zachodzi uzasadnione podejrzenie napromienienia ludzi, które nie może zostać potwierdzone lub wykluczone za pomocą dozymetrii fizycznej. Złotym standardem dozymetrii biologicznej jest analiza częstości chromosomów dicentrycznych leukocytów krwi obwodowej.

Dozymetria biologiczna jest rozwijana we wszystkich dużych krajach dysponujących energetyką jądrową, np. we Francji (IRSN), w Wielkiej Brytanii (UKHSA) czy w Niemczech (Bundesamt für Strahlenschutz – BfS). W Polsce jest wykonywana w ICHTJ w Warszawie, w Pracowni Dozymetrii Biologicznej (PDB) posiadającej akredytację PCA na analizę dawki pochłoniętej przy pomocy częstości chromoso-



Fot. 9. Retrospektywna dozymetria biologiczna metodą m-FISH. Mikroskopowe zdjęcia zmian w strukturze DNA (fot. ICHTJ)

mów dicentrycznych. Sprzęt, kadra i stosowane procedury wystarczają do oceny dozymetrii biologicznej dla pojedynczych ekspozycji. Procedura trwa względnie długo (co najmniej sześć dni dla pojedynczego przypadku).

W ICHTJ opracowuje się też nowe metody dozymetrii biologicznej, oparte na analizie ekspresji genów w komórkach krwi obwodowej z wykorzystaniem technik biologii molekularnej – badania te nie mają jednak stabilnego finansowania. Oprócz PDB ICHTJ w Polsce działają jeszcze inne zespoły posiadające odpowiedni potencjał, wiedzę i doświadczenie umożliwiające w razie potrzeby wdrożenie dozymetrii biologicznej. Zespół ICHTJ może służyć wsparciem w tym procesie.

8.4. Dozymetria neutronowa

Pomiary dawek neutronowych należą do pomiarów najbardziej skomplikowanych ze względu na złożony sposób oddziaływania neutronów z materią i znaczne, dochodzące do 20 razy, wahania ich skuteczności biologicznej w zależności od energii. Dodatkowym utrudnieniem pomiarowym jest promieniowanie γ , które prawie zawsze towarzyszy neutronom i tworzy tzw. mieszane pole promieniowania. W praktyce dozymetria neutronowa prowadzona jest w ramach dozymetrii mieszanych pól promieniowania (neutrony z promieniowaniem γ), lecz umożliwia wydzielenie dawki pochodzącej od neutronów.

W NCBJ od wielu lat prowadzone są prace związane z dozymetrią mieszanych pól promieniowania zarówno wokół reaktora badawczego MARIA, jak również wokół liniowych akceleratorów medycznych, cyklotronów i w polach promieniowania wielkich energii. Opracowano tam również technikę rekombinacyjnych komór jonizacyjnych, użytecznych w pomiarach pól neutronowych. Opracowywane są też pasywne i aktywne systemy detekcji służących m.in. spektrometrii neutronowej. W NCBJ działa akredytowane laboratorium wzorcujące posiadające źródła neutronowe, które świadczy usługi wzorcowania przyrządów stosowanych w OR. W kraju działają także inne ośrodki, w których prowadzone są prace związane z dozymetrią neutronową w zakresie dozymetrii indywidualnej i środowiskowej. Akredytowane Laboratorium Dozymetrii Indywidualnej i Środowiskowej (LADIS) z IFJ PAN oferuje indywidualne dawkomierze neutronowe typu ALBEDO, w których stosowane są, opracowane w IFJ PAN, detektory TL.

O ile prowadzenie pomiarów dozymetrycznych w warunkach normalnej eksploatacji elektrowni jądrowej jest zazwyczaj pracą rutynową, to uruchomienie, wygaszanie, modyfikacje czy sytuacje nadzwyczajne wymagają kadry o najwyższych umiejętnościach w zakre-

sie dozymetrii neutronowej. Otoczenie reaktora badawczego MARIA stwarza doskonale warunki do prowadzenia szkoleń.

Do prawidłowych pomiarów dawek neutronowych potrzebne jest właściwe wzorcowanie aparatury pomiarowej. Wszystkie źródła i pola wzorcowe powinny mieć powiązanie metrologiczne z laboratoriami wzorców pierwotnych. Na świecie takie laboratoria dysponujące wzorcami pierwotnymi (*primary standards dosimetry laboratory* – PSDL) są częścią narodowej instytucji metrologicznej, m.in. National Physical Laboratory w Wielkiej Brytanii, Physikalisch-Technische Bundesanstalt w Niemczech czy IRSN we Francji. W Polsce nie istnieje laboratorium PSDL dla dozymetrii neutronowej.

8.5. Ocena dawek dla bioty

W OR oprócz zagrożenia dla ludzi istotna jest również ekspozycja na promieniowanie innych organizmów żywych. Zgodnie z aktualnymi zaleceniami ICRP flora, a w szczególności fauna, powinny być objęte OR niezależnie od tego, czy dany organizm ma jakikolwiek związek z człowiekiem. Analogicznie jak w przypadku oceny narażenia człowieka opracowano system wartości odniesienia wyrażonych jako dawka / moc dawki pochłoniętej. Ze względu na ogromną bioróżnorodność limity zostały określone dla wytypowanych przez ICRP 12 tzw. organizmów referencyjnych (*reference animals and plants* – RAPs) typowych dla konkretnego ekosystemu lub środowiska.

Narzędzie ERICA Assessment Tool, przygotowane na podstawie zaleceń ICRP, to system oprogramowania umożliwiający ocenę ryzyka radiologicznego dla flory i fauny lądowej, słodkowodnej i morskiej. Został on wykorzystany przez zespół GIG do przeprowadzenia oceny dawek dla bioty w ramach raportów dotyczących waloryzacji środowiska w celu wydania decyzji środowiskowej i lokalizacyjnej dla dwóch

planowanych lokalizacji pierwszej polskiej EJ. Nie jest wykluczone, że badania takie będą wymagane dla standardowej oceny oddziaływania na środowisko obiektów jądrowych.

Ocena dawek dla flory i fauny obecnie nie wchodzi w zakres prowadzonego monitoringu środowiska. Wartości referencyjne dla bioty nie zostały uwzględnione jako kryteria oceny rezultatów monitoringu środowiska. Nieliczne prowadzone w przeszłości w Polsce prace naukowe dotyczą dawek dla bioty występującej w Arktyce i na terenach zanieczyszczonych NORM lub ograniczają się do oszacowania TF (CR), głównie dla fauny Bałtyku.

8.6. Kierunki rozwoju

- I Poziom rozwoju dozymetrii w Polsce, tradycje i kompetencje zespołów badawczych i laboratoriów akredytowanych pozwolą na zaspokojenie potrzeb w zakresie dozymetrii indywidualnej dla osób zawodowo narażonych na promieniowanie. Większą uwagę należy zwrócić na indywidualną dozymetrię neutronową prowadzoną obecnie w bardzo ograniczonym zakresie.
- II Celowe jest opracowanie metod (biologicznych i fizycznych) wysokoprzepustowej dozymetrii awaryjnej umożliwiającej szybką ocenę dawek w dużej populacji pracowników narażonych na promieniowanie i dla ogółu ludności.
- III W Polsce nie ma laboratorium neutronowych wzorców pierwotnych. Powinno ono działać w ramach Głównego Urzędu Miar (GUM) lub w instytucji desygnowanej przez GUM.
- IV Celowe jest poszerzenie zakresu działania Krajowego Rejestru Dawek do rejestrowania dawek wszystkich pracowników narażonych na promieniowanie. Umożliwiłoby to prowadzenie bieżącego monitoringu uwzględniającego narażenie rozproszone, tzn. dawki



Fot. 10. Analizy radiochemiczne (fot. NCBJ)

z kilku miejsc pracy. Dostęp do takich danych umożliwiłby również prowadzenie wiarygodnych badań epidemiologicznych dotyczących skutków zdrowotnych działania promieniowania.

V Należy rozważyć wprowadzenie badania bioty do standardowej oceny oddziaływania obiektów jądrowych na środowisko.

9. System akredytacji laboratoriów badawczych i wzorcujących

Energetyka jądrowa powinna funkcjonować na podstawie certyfikowanych dostawców usług i procesów, co zapewnia zachowanie

odpowiedniej jakości realizowanych umów i zleceń. Dla prawidłowego funkcjonowania systemu OR niezbędne jest zapewnienie kontroli i zarządzania jakością badań i wzorcowań, a instytucje prowadzące analizy powinny zapewniać zachowanie dobrych praktyk laboratoryjnych, mieć wdrożone procedury, działać na podstawie wytycznych i zaleceń opisanych w normach krajowych i międzynarodowych oraz poddawać się okresowej kontroli niezależnej instytucji zewnętrznej.

Dla laboratoriów badawczych i wzorcujących instytucją certyfikującą w Polsce jest PCA, sygnatariusz odpowiednich porozumień międzynarodowych. Instytucje działające w OR mogą być dodatkowo autoryzowane przez PAA. System autoryzacji PAA nie jest oparty na konkretnych normach czy procedurach i ma charakter uznaniowy.

9.1. Stan obecny

9.1.1. System pomiarów porównawczych

Badania biegłości (*proficiency testing* – PT) i porównania międzylaboratoryjne (*interlaboratory comparisons* – ILC) są podstawowymi instrumentami obiektywnej oceny jakości wyników w laboratoriach badawczych i wzorcujących. Udział z odpowiednią częstością w tego typu porównaniach jest obligatoryjny dla laboratoriów akredytowanych oraz starających się o akredytację swoich metod pomiarowych. Rekomendowane jest uczestnictwo w programach porównań organizowanych przez akredytowanych organizatorów z wdrożonym systemem ISO 17043. Obecnie w Polsce w obszarze OR nie ma akredytowanych organizatorów PT/ILC, a porównania międzylaboratoryjne organizowane są przede wszystkim przez konsorcja i sieci naukowe, które starają się podnosić potencjał naukowy swoich partnerów. Stosunkowo łatwo dostępne są badania biegłości organizowane w ramach sieci laboratoriów badawczych ALMERA (Analytical Laboratories for



Fot. 11. Wzorcowanie aparatury dozymetrycznej w dziale kalibracji aparatury (fot. IMP)

the Measurement of Environmental Radioactivity), ale nie obejmują one dozymetrii promieniowania.

W Polsce porównania międzylaboratoryjne z zakresu monitoringu radiacyjnego są organizowane przez PAA przy współpracy z ICHTJ dla laboratoriów tworzących sieć placówek specjalistycznych oraz przez CLOR dla placówek podstawowych działających w systemie stacji sanitarno-epidemiologicznych Państwowej Inspekcji Sanitarnej (PIS) oraz laboratoriów prowadzących badania promieniotwórczości materiałów budowlanych. Główny Instytut Górnictwa sporadycznie organizuje badania bieglności w zakresie pomiarów NORM, w ramach realizowanych międzynarodowych projektów badawczych (MetroNORM, RadoNorm).

W obszarze dozymetrii indywidualnej i środowiskowej laboratoria badawcze biorą udział w programach badań organizowanych

przez organizacje międzynarodowe (np. EURADOS, IAEA, EURAMET, PROCORAD) lub uczestniczą w lokalnie realizowanych porównaniach prowadzonych m.in. przez GUM, Instytut Medycyny Pracy (IMP), CLOR. Podobna sytuacja dotyczy laboratoriów wzorcujących przyrządy dozymetryczne, które – by spełnić kryteria akredytacyjne – uczestniczą cyklicznie w PT/ILC. Nie ma natomiast w Polsce instytucji zajmującej się organizacją PT/ILC w zakresie monitoringu narażenia wewnętrznego. Laboratoria wykonujące badania w tym zakresie biorą udział w porównaniach organizowanych np. przez EURADOS, PROCORAD lub BfS, IRSN.

Ze względów formalnych wymagana jest akredytacja przynajmniej jednego podmiotu jako akredytowanego dostawcy badań biegłości (według ISO/IEC 17043).

9.1.2. *Certyfikowane materiały odniesienia*

Materiały odniesienia (*certified reference materials* – CRM) to niezbędne narzędzia do zapewnienia i kontroli jakości badań w każdym laboratorium, niezależnie od stosowanych w nim metod i oznaczeń. Są potrzebne m.in. do walidacji stosowanych procedur pomiarowych czy prowadzenia międzylaboratoryjnych badań biegłości.

Stosowane w OR metody analityczne przeważnie wymagają potwierdzenia spójności pomiarowej poprzez porównanie z wzorcami wyższego rzędu. Laboratorium desygnowane OR POLATOM posiada Państwowy Wzorzec Jednostki Miary Aktywności Promieniotwórczej Radionuklidów. Dla pomiarów wielkości fizycznych (np. moc dawki pochłoniętej) proces ten jest realizowany za pomocą przyrządów odniesienia. W Polsce funkcjonuje kilka laboratoriów akredytowanych w tym zakresie (GUM, Narodowy Instytut Onkologii dla wzorcowania dawkomierzy klinicznych). Brakuje natomiast państwowego wzorca dla neutronów.

Obecnie nie ma w Polsce organizacji akredytowanej w zakresie wytwarzania CRM dla celów badania promieniotwórczości. Poza systemem akredytacji wytwarzanie materiałów odniesienia do analiz śladowych prowadzone jest w ICHTJ. W GIG podejmowane są również próby wytwarzania CRM dla pomiarów NORM. Komercyjnie dostępne CRM dla materiałów promieniotwórczych lub wzorce przygotowane w określonej geometrii wytwarza kilka firm na świecie. Wzorce takie są drogie i ze względu na rozpad promieniotwórczy zazwyczaj nietrwałe. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej dostarcza CRM w ograniczonym zakresie, głównie w zakresie NORM, i podobnie jak w przypadku badań biegłości, materiały te wytwarzane są poza formalnym systemem akredytacji według ISO 17034.

9.1.3. Szkolenia audytorów technicznych

O ile instytucje audytujące posiadają kadre audytorów wiodących, sprawujących nadzór nad wdrożonym w laboratoriach systemem zapewnienia jakości, to w specyficznych dziedzinach, takich jak OR, liczba audytorów technicznych nie jest wystarczająca. Obecnie kompetencje audytorów technicznych w zakresie metod badawczych/wzorcowania stosowanych w OR mają osoby zatrudnione w ośrodkach/laboratoriach związanych z OR. Ze względu na niewielką liczbę takich ośrodków często dochodzi do sytuacji, kiedy organizacja, w której zatrudniony jest audytor techniczny, współpracuje/konkuruje z audytowaną organizacją, co może być źródłem wątpliwości w zakresie zachowania bezstronności. Rozwiązaniem problemu jest wyszkolenie większej liczby kompetentnych audytorów technicznych w różnych obszarach OR. Wobec planowanego rozwoju energetyki jądrowej i gwałtownego rozwoju medycyny nuklearnej stworzenie w PCA odrębnej sekcji związanej z akredytacją podmiotów działających w zakresie OR wydaje się celowe.

9.1.4. Akredytacja pobierania próbek

Proces pobierania próbek, np. środowiskowych, wymaga odpowiedniej metodyki oraz wystarczających zasobów ludzkich. Nieprawidłowo pobrana, transportowana i przechowywana próbka, nawet jeśli zostanie zbadana z należytą dokładnością, może dawać zafałszowany obraz np. rzeczywistego rozmieszczenia zanieczyszczeń. W niektórych rodzajach badań radiologicznych nadal brakuje jasnych wytycznych dotyczących metodyki poboru próbek. Możliwe rozwiązanie to przede wszystkim opracowanie standardów pobierania próbek dla konkretnych badań w zakresie OR lub adaptacja akredytowanych procedur wykorzystywanych przez laboratoria badające skażenia chemiczne.

9.2. Kierunki działań

Proponujemy następujące działania:

- I Opracowanie długofalowej strategii, planu monitoringu środowiska i programu badań naukowych w zakresie OR, które umożliwią oszacowanie i zabezpieczenie środków na proces związany z akredytacją laboratoriów badawczych i wzorcujących oraz ich późniejsze utrzymanie.
- II Wsparcie rozwoju kompetencji audytorów technicznych i budowy zaplecza umożliwiającego organizację PT/ILC oraz wytwarzanie certyfikowanych materiałów odniesienia do badań porównawczych zgodnie z wymaganiami wynikającymi z odpowiednich norm.
- III Potrzebny jest w Polsce akredytowany dostawca badań biegłości (według ISO/IEC 17043).

10. Szkolenie kadr ochrony radiologicznej dla energetyki jądrowej

Działalność szkoleniowa i edukacyjna ma na celu przygotowanie i utrzymanie wysoko kwalifikowanych kadr w dziedzinie zapewnienia BjiOR, w szczególności:

- personelu wykonującego prace związane z eksploatacją obiektu jądrowego,
- specjalistów odpowiedzialnych za wdrożenie i egzekwowanie OR w tych obiektach,
- specjalistów posiadających kompetencje umożliwiające zapewnienie skutecznej ochrony osób i środowiska, niezależnie od działalności konkretnego obiektu jądrowego.

Dyrektywa Rady 2013/59/EURATOM przewiduje zatrudnianie osób w OR dysponujących odpowiednimi kompetencjami formalnymi:

- na stanowisku inspektora ochrony radiologicznej (IOR) – osoba kompetentna w zakresie technicznych aspektów ochrony przed promieniowaniem dla danego rodzaju działalności w odniesieniu do stosowania ustaleń dotyczących ochrony przed promieniowaniem lub nadzoru nad ich stosowaniem;
- na stanowisku eksperta ochrony przed promieniowaniem – osoba / / grupa osób (zależnie od prawa krajowego) z wiedzą, przygotowaniem i doświadczeniem niezbędnym do udzielania porad w zakresie ochrony przed promieniowaniem w celu zapewnienia skutecznej ochrony osób; kompetencje w tym zakresie muszą zostać uznane przez właściwy organ;
- na stanowisku eksperta fizyki medycznej – osoba posiadająca kompetencje analogiczne jak w przypadku eksperta ochrony przed promieniowaniem w odniesieniu do narażenia medycznego.

10.1. Stan obecny

10.1.1. Inspektorzy ochrony radiologicznej (IOR)

System OR w Polsce w znacznej mierze opiera się na funkcji IOR. Ustawa Prawo atomowe oraz rozporządzenia Rady Ministrów szczegółowo regulują proces uzyskiwania uprawnień IOR oraz wymagania dotyczące instytucji szkolących. Prezes PAA posiada listę instytucji, które mogą prowadzić szkolenia przygotowujące do pełnienia/przedłużenia funkcji IOR; zatwierdza również skład kadry szkoleniowej instytucji szkolącej.

Zgodnie z aktualnymi przepisami IOR w obiekcie EJ powinni posiadać uprawnienia IOR-2. Rozporządzenie podaje wymagania dla kandydatów na inspektorów IOR-2 oraz tematykę i minimalny zakres godzinowy szkoleń. Obecnie na liście jednostek organizacyjnych uprawnionych przez Prezesa PAA do prowadzenia szkoleń dla osób ubiegających się o uprawnienia IOR znajdują się CLOR, Akademia Sztuki Wojskowej (ASW), NCBJ, SIOR oraz Urząd Dozoru Technicznego (UDT). Zgodnie z informacjami podanymi na stronie internetowej PAA żadna z tych jednostek nie prowadzi na razie szkoleń na uprawnienia IOR typu IOR-2.

10.1.2. Szkolenia w zakresie eksploatacji reaktorów jądrowych

Zapisy Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 5 marca 2021 r. w sprawie stanowiska mającego istotne znaczenie dla zapewnienia BjiOR dotyczą jedynie reaktorów badawczych:

- operator reaktora badawczego (R-O),
- dozymetrysta i starszy dozymetrysta reaktora badawczego (R-D),
- kierownik zmiany reaktora badawczego i kierownik reaktora badawczego (R-OK),
- zastępca dyrektora do spraw BjiOR w jednostce organizacyjnej posiadającej reaktor badawczy (R-OK + R-D).



Fot. 12. Źródło wzorcowe promieniowania neutronowego (fot. NCBJ)

Na liście jednostek organizacyjnych uprawnionych przez Prezesa PAA do prowadzenia szkoleń w zakresie reaktorów badawczych jest obecnie tylko NCBJ. Każdego roku NCBJ przeprowadza szkolenia kadry zatrudnionej przy eksploatacji jądrowego reaktora badawczego w celu uzyskania przez nią bądź odnowienia uprawnień. Szkolenia te nie dotyczą energetycznych reaktorów jądrowych.

10.1.3. Pracownicy obiektu jądrowego

Pracownicy obiektu jądrowego muszą posiadać odpowiednią wiedzę i umiejętności zgodnie z zapisami i art. 11 ust. 1 ustawy Prawo atomowe. Ustawa przewiduje szczegółowy program szkoleń, m.in. z użyciem symulatorów reaktora. Obecnie szczegóły organizacji takich szkoleń nie są znane – warto dodać, że szkolenie ogólne w zakresie OR powinni przechodzić wszyscy pracownicy obiektu jądrowego (ponad 1000 osób).

10.1.4. Monitoring środowiska / obiektu jądrowego

Obecnie nie prowadzi się systematycznego kształcenia w celu uzyskania kompetencji umożliwiających planowanie, organizację oraz realizację monitoringu środowiska. W GIG w ramach projektów EURATOM od kilku lat odbywają się okresowo międzynarodowe szkolenia dotyczące monitoringu środowiska w zakresie występowania promieniotwórczości naturalnej.

10.1.5. Kształcenie na poziomie doktorskim i poddoktorskim

Budowa, eksploatacja i likwidacja EJ wiąże się z wieloma niestandardowymi problemami, szczególnie przy zdarzeniach i awariach. Prowadzenie badań naukowych w zakresie OR pozwala na rozwijanie kompetencji na specjalistycznym poziomie u osób, których wiedza może być wykorzystana do optymalizacji OR i rozwiązywania pojawiających się trudności. Jednym z najważniejszych elementów rozwoju kadr naukowych jest kształcenie na poziomie doktorskim, ponieważ pozwala na uzyskanie specjalistycznych kompetencji.

Obecnie kształcenie doktorantów w Polsce odbywa się w szkołach doktorskich. Jest to zorganizowana forma kształcenia, prowadzona

w co najmniej dwóch dyscyplinach naukowych. Narodowe Centrum Badań Jądrowych wspólnie z ICHTJ utworzyły szkołę doktorską kształcąca naukowców w wielu działach fizyki i chemii, takich jak np. fizyka i chemia jądrowa, fizyka reaktorowa, radiofarmacja, fizyka jądrowa, fizyka wysokich energii, kosmologia i astrofizyka. Instytut Fizyki Jądrowej PAN koordynuje działalność Krakowskiej Interdyscyplinarnej Szkoły Doktorskiej, kształcącej m.in. w dziedzinie nauk fizycznych, chemicznych, medycznych i farmaceutycznych.

Nie ma w Polsce specjalistycznej szkoły doktorskiej kształcącej specjalistów w zakresie ochrony przed promieniowaniem. Istotnym problemem istniejących szkół doktorskich jest też bardzo ograniczone finansowanie, pozwalające na przyjęcie niewielkiej liczby doktorantów.

10.2. Kierunki działań

- I Istniejące ramy prawne pokrywają wymagania dla osób szkolonych oraz podmiotów szkolących w zakresie BjiOR dla personelu różnego szczebla zatrudnianego w elektrowni jądrowej. Pozostaje implementacja tych zapisów, m.in. przygotowanie jednostek szkolących inspektorów ochrony radiologicznej typu IOR-2; ustalenie procedur oraz stanowisk dla szkoleń na symulatorach lub specjalistycznym oprogramowaniu; przygotowanie listy jednostek szkolących operatorów/dozymetrystów/itp. energetycznych reaktorów jądrowych.
- II Brak w obecnym systemie funkcji eksperta ochrony przed promieniowaniem skutkuje ograniczoną dostępnością do specjalistów posiadających kompetencje w szeroko rozumianym kontekście monitoringu i ochrony środowiska, a w rezultacie również w zakresie ochrony radiologicznej osób z ogółu ludności. Zgodnie z wymaganiami dyrektywy Rady 2013/59/EURATOM niezbędne

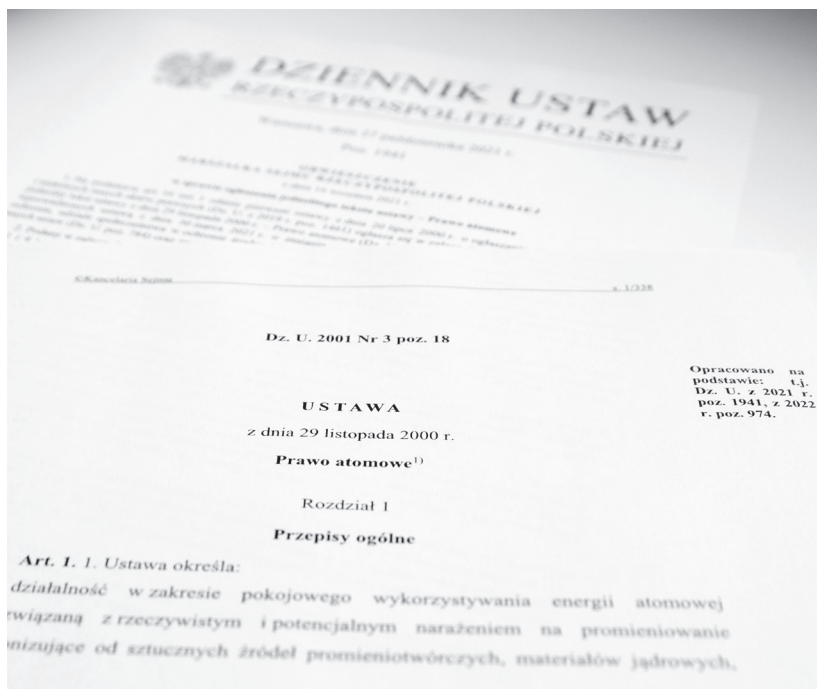
- jest wdrożenie wymogów w zakresie szkolenia i uznawania kwalifikacji eksperta ochrony przed promieniowaniem (analogicznie jak eksperta fizyki medycznej) oraz dokonanie odpowiednich ustaleń zapewniających ciągłość wiedzy fachowej tych ekspertów.
- III Należy rozważyć działania zmierzające do zapewnienia zarówno na uczelniach wyższych, jak i w instytucjach szkolących kompetentnych wykładowców posiadających doświadczenie w prowadzeniu pogłębionego kształcenia w zakresie OR, w szczególności w kontekście uruchomienia energetyki jądrowej. Może się to odbyć w programach typu *train-the-trainers*. Koordynacja takiej działalności może odbywać się przy wsparciu MEiN, MKiŚ i PAA.
- IV Powołanie Wirtualnej Szkoły Doktorskiej Ochrony Radiologicznej, która łączyłaby kompetencje wielu ośrodków i specjalistów oraz umożliwiłaby dostęp doktorantom do aparatury rozproszonej w wielu ośrodkach.
- V Finansowanie długoletniego programu stypendialnego dla doktorantów i stypendystów podoktorskich – 100 stypendiów w ciągu najbliższych 10 lat.

11. Analiza krajowych przepisów prawnych

11.1. Obecna sytuacja

Polska jako członek UE stała się jednocześnie członkiem EURATOM, przyjmując zobowiązania wynikające z członkostwa. Podstawą prawną funkcjonowania EURATOM jest traktat ustanawiający Europejską Wspólnotę Energii Atomowej, podpisany w Rzymie 25 marca 1957 r. (wersja skonsolidowana Dz.Urz. UE z 2016 r., C 203 s.1, późn. zm.).

Podstawą regulacji prawnych dotyczących OR w krajach członkowskich Unii są Dyrektywy Rady Europy, z których z punktu widzenia



Fot. 13. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz.U. z 2021 r., poz. 1941, ze zm. Dz.U. z 2022 r., poz. 974) (fot. IMP)

norm narażenia na promieniowanie jonizujące jest Dyrektywa Rady Europy 2013/59/EURATOM z dnia 5 grudnia 2013 r., wdrożona do polskiego prawa nowelizacją ustawy Prawo atomowe (Dz.U. 2019, poz. 1792) (patrz rozdział 12.6 – Europejskie ramy prawne).

Krajowe ramy prawne wprowadzają jednolity system zapewniający BjiOR pracowników i ogółu ludności (patrz Aneks: Spis rozporządzeń krajowych i UE dotyczących OR) z bardzo szerokim zakresem zadań wypełnianych przez Prezesa PAA (będącego centralnym organem administracji rządowej) wspomaganego przez odpowiednie departamenty PAA (będącej urzędem administracji rządowej). Dzięki

takiemu rozwiązaniu w Polsce istnieje jednolite podejście do wszelkich aspektów OR, bezpieczeństwa jądrowego i zabezpieczenia materiałów jądrowych i źródeł promieniotwórczych oraz funkcjonuje jeden dozór jądrowy nadzorowany przez Prezesa PAA.

11.2. Propozycje uzupełnienia przepisów

Analiza aktualnych przepisów nasuwa szereg sugestii, dotyczących zapisów szczegółowych:

- I Art. 86o ustawy Prawo atomowe nie określa, komu i kiedy przedstawiany jest Program Monitoringu Radiacyjnego prowadzonego w sytuacji normalnej i w przypadku zdarzenia radiacyjnego przez jednostki organizacyjne zaliczone do I lub II kategorii zagrożeń. Proponujemy, żeby Program Monitoringu Radiacyjnego był przedstawiany Prezesowi PAA razem ze Wstępnym Raportem Bezpieczeństwa.
- II Brakuje zapisów komu oraz jak często przedstawiane są raporty z monitoringu prowadzonego w ramach Programu Monitoringu Radiacyjnego. Raporty powinny być wysyłane do CEZAR w sytuacji normalnej co kwartał, nie później niż 60 dni po rozpoczęciu nowego kwartału; w przypadku zdarzenia radiacyjnego również do CEZAR – natychmiast po uzyskaniu wyników pomiarów.
- III W październiku 2022 r. pojawiły się w Polsce przepisy, które określają zakres monitoringu podczas eksploatacji obiektu jądrowego. Nie ma jednak podobnych przepisów odnoszących się do innych etapów eksploatacji – monitoringu przedeksploatacyjnego, fazy rozruchu i fazy likwidacji. Odpowiedni zapis artykułu ustawy Prawo atomowe mógłby pozwolić na zdefiniowanie odpowiednich zakresów monitoringu wzorem istniejącego rozporządzenia w sprawie zakresu programu monitoringu radiacyjnego środowi-

ska opracowywanego i wdrażanego przez jednostki organizacyjne zakwalifikowane do I lub II kategorii zagrożeń, odnoszącego się do etapu eksploatacji.

- IV Obowiązujące przepisy nie określają odrębnego zakresu monitoringu radiacyjnego dla reaktorów typu SMR lub HTGR. W związku z tym monitoring wokół SMR o mocy cieplnej nieznacznie przekraczającej 100 MW musi być prowadzony w identyczny sposób, jak wokół wielkoskalowej EJ.
- V Obowiązujące przepisy odnoszą się jedynie do monitoringu radiacyjnego wokół obiektu jądrowego. Nie określają natomiast zakresu monitoringu wewnątrz obiektu, np. w budynku reaktora.

12. Podsumowanie

Jedną z najważniejszych przesłanek społecznej i międzynarodowej akceptacji programu PEJ jest zapewnienie Polsce OR na najwyższym światowym poziomie. Uchwalona przez rząd w 2022 r. Strategia i polityka w zakresie rozwoju bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej Rzeczypospolitej Polskiej kreśli kierunki działań przede wszystkim administracyjno-prawnych. Dla prawidłowego funkcjonowania OR dla energetyki jądrowej ważne jest też wsparcie rutynowych działań pomiarowych poprzez silne instytucje badawcze, które mogą proponować nowe rozwiązania i rozwiązywać pojawiające się problemy.

Badania naukowe w zakresie OR prowadzi w Polsce wiele instytucji badawczych i uczelni wyższych, lecz kadra naukowa jest stosunkowo nieliczna. Badania te nie mają oddzielnego źródła finansowania i są opłacane w większości za pomocą środków pozyskiwanych doraźnie w ramach krajowych lub europejskich konkursów. Dlatego potrzebne staje się przygotowanie, przy współudziale czołowych pol-

skich instytutów naukowych i uczelni, Strategicznej Agencji Badawczej dla Ochrony Radiologicznej. Agenda byłaby podstawą prowadzenia polityki naukowej Polski w zakresie OR w najbliższej dekadzie i finansowania odpowiednich projektów badawczych. Postulujemy przygotowanie oddzielnej ścieżki finansowania badań naukowych z OR w instytucjach finansujących naukę poprzez utworzenie w NCN sekcji finansującej badania w dziedzinie OR i perspektywicznego programu w NCBiR. Potrzebne jest również wsparcie młodych badaczy poprzez przygotowanie wieloletniego programu stypendialnego kształcenia na poziomie doktorskim i poddoktorskim.

Wiele obszarów OR wymaga modernizacji i rozbudowy, aby dostosować je do wymogów pracy przy wdrożonej energetyce jądrowej. Ważnym elementem działań powinny być opracowanie i implementacja strategii krajowego monitoringu środowiska, uwzględniające monitorowanie powietrza, uściślenie listy monitorowanych nuklidów promieniotwórczych i procedury poboru próbek z wykorzystaniem akredytowanych metod. Należy wznowić regularny monitoring dawek w środowisku z użyciem systemów dozymetrii pasywnej. Potrzebne jest stworzenie systemu koordynacji i finansowania działalności sieci monitoringu niepodlegających bezpośrednio PAA.

Jednym z największych wyzwań w organizacji OR w energetyce jądrowej jest zaplanowanie działań na wypadek zdarzeń radiacyjnych, w tym awarii instalacji jądrowych. Gotowość do takich sytuacji wymaga m.in. rozwijania metod prognozowania rozprzestrzeniania się skażeń, przygotowania mobilnych laboratoriów pomiarowych, uruchomienia laboratoriów pozwalających na wprowadzenie efektywnych metod dozymetrii biologicznej i awaryjnej dla znacznej grupy poszkodowanych oraz przygotowanie metod i zaplecza medycznego do leczenia osób napromienionych i skażonych. Potrzebne jest uruchomienie prac badawczych w obszarze dozymetrii, w szczególności dozymetrii neutronowej, awaryjnej i dla pomiarów skażeń wewnętrznych.

Jednym z kluczowych obszarów wymagających pilnych działań jest szkolenie kadr obejmujące wypracowanie systemu umożliwiającego prowadzenie szkoleń na różnych poziomach zaawansowania – od treningu ekspertów przez IOR ze specjalnością w obiektach energetyki jądrowej (IOR-2) po liczne grupy pracowników elektrowni.

Proponujemy też powołanie forum konsultacyjnego w obszarze OR, na którym spotykałoby się przedstawiciele PAA, GIS, środowiska naukowego, stowarzyszeń naukowych i organizacji pozarządowych. Forum to stanowiłoby miejsce dyskusji i wymiany doświadczeń w zakresie OR.

Należy dokonać przeglądu przepisów, na podstawie których funkcjonuje system OR w Polsce. Niniejszy raport wskazuje potencjalne dziedziny wymagające uregulowań i uzupełnień, w szczególności w obszarze monitorowania obiektów jądrowych.

ANEKS

Spis rozporządzeń krajowych i UE dotyczących OR

1. Rozporządzenia Rady Ministrów:

- 1.1. w sprawie zakresu programu monitoringu radiacyjnego środowiska opracowywanego i wdrażanego przez jednostki organizacyjne zakwalifikowane do I lub II kategorii zagrożeń (Dz.U. z 2022 r., poz. 2058)
- 1.2. w sprawie ochrony przed promieniowaniem jonizującym pracowników zewnętrznych narażonych podczas pracy na terenie kontrolowanym lub nadzorowanym (Dz.U. z 2021 r., poz. 2313)
- 1.3. w sprawie rodzajów działań interwencyjnych wprowadzanych w strefie zewnętrznej oraz wartości operacyjnych poziomów interwencyjnych stanowiących podstawę do wprowadzenia w strefie zewnętrznej tych działań (Dz.U. z 2020 r., poz. 2247)
- 1.4. w sprawie wymagań dotyczących rozruchu i eksploatacji obiektów jądrowych (Dz.U. z 2013 r., poz. 281)
- 1.5. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla etapu likwidacji obiektów jądrowych oraz zawartości raportu z likwidacji obiektu jądrowego (Dz.U. z 2013 r., poz. 270)
- 1.6. w sprawie wysokości wpłaty na pokrycie kosztów końcowego postępowania z wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi oraz na pokrycie kosztów likwidacji elektrowni jądrowej dokonywanej przez jednostkę organizacyjną, która otrzymała zezwolenie na eksploatację elektrowni jądrowej (Dz.U. z 2012 r., poz. 1213)
- 1.7. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jakie ma uwzględniać projekt obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012 r., poz. 1048)
- 1.8. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania analiz bezpieczeństwa przeprowadzanych przed wystąpieniem z wnioskiem o wydanie zezwo-

- lenia na budowę obiektu jądrowego, oraz zakresu wstępnego raportu bezpieczeństwa dla obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012 r., poz. 1043)
- 1.9. w sprawie szczegółowego zakresu przeprowadzania oceny terenu przeznaczonego pod lokalizację obiektu jądrowego, przypadków wykluczających możliwość uznania terenu za spełniający wymogi lokalizacji obiektu jądrowego oraz w sprawie wymagań dotyczących raportu lokalizacyjnego dla obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012 r., poz. 1025)
 - 1.10. w sprawie czynności mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w jednostce organizacyjnej wykonującej działalność polegającą na rozruchu, eksploatacji lub likwidacji elektrowni jądrowej (Dz.U. z 2012 r., poz. 1024)
 - 1.11. w sprawie inspektorów ochrony radiologicznej (Dz.U. z 2021 r. poz. 640)
 - 1.12. w sprawie oceny okresowej bezpieczeństwa jądrowego obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012 r. poz. 556)
 - 1.13. w sprawie dotacji udzielanej w celu zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej kraju przy stosowaniu promieniowania jonizującego (Dz.U. z 2012 r., poz. 394 oraz Dz.U. z 2021 r., poz. 27)
 - 1.14. w sprawie ochrony fizycznej materiałów jądrowych i obiektów jądrowych (Dz.U. z 2008 r., poz. 1295)
 - 1.15. w sprawie wymagań dotyczących rejestracji dawek indywidualnych (Dz.U. z 2021 r., poz. 1053)
 - 1.16. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz.U. z 2022 r., poz. 722)
 - 1.17. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy ze źródłami promieniowania jonizującego (Dz.U. z 2022 r., poz. 967)
 - 1.18. w sprawie wskaźników pozwalających na wyznaczenie dawek promieniowania jonizującego stosowanych przy ocenie narażenia na promieniowanie jonizujące (Dz.U. z 2021 r., poz. 1657)
 - 1.19. w sprawie informacji wyprzedzającej dla ludności na wypadek zdarzeń radiacyjnych (Dz.U. z 2004 r., poz. 1065)

- 1.20. w sprawie udzielania zezwolenia oraz zgody na przywóz na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej, wywóz z terytorium Rzeczypospolitej Polskiej i tranzyt przez to terytorium odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz.U. z 2008 r., poz. 1402)
- 1.21. w sprawie określenia podmiotów właściwych w sprawach kontroli po zdarzeniu radiacyjnym żywności i środków żywienia zwierząt na zgodność z maksymalnymi dopuszczalnymi poziomami skażeń promieniotwórczych (Dz.U. z 2004 r., poz. 988)
- 1.22. w sprawie wartości poziomów interwencyjnych dla poszczególnych rodzajów działań interwencyjnych oraz kryteriów odwołania tych działań (Dz.U. z 2004 r., poz. 987)
- 1.23. w sprawie wymagań dotyczących sprzętu dozymetrycznego (Dz.U. z 2002 r., poz. 2032)
- 1.24. w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych (Dz.U. z 2002 r., poz. 2030)
- 1.25. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz.U. z 2022 r., poz. 1320)
- 1.26. w sprawie dokumentów wymaganych przy składaniu wniosku o wydanie zezwolenia na wykonywanie działalności związanej z narażeniem na działanie promieniowania jonizującego albo przy zgłoszeniu wykonywania tej działalności (Dz.U. z 2021 r., poz. 1667)
- 1.27. w sprawie przypadków, w których działalność związana z narażeniem na promieniowanie jonizujące nie wymaga zezwolenia, zgłoszenia albo powiadomienia, oraz przypadków, w których może być wykonywana na podstawie zgłoszenia albo powiadomienia (Dz.U. z 2021 r., poz. 796)
- 1.28. w sprawie stanowiska mającego istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (Dz.U. z 2021 r., poz. 765)
- 1.29. w sprawie zakresu analizy zagrożeń wynikających z działalności związanej z narażeniem na promieniowanie jonizujące oraz for-

my przedstawiania wniosków z analizy zagrożeń (Dz.U. z 2021 r., poz. 1059)

1.30. w sprawie planów postępowania awaryjnego w przypadku zdarzeń radiacyjnych (Dz.U. z 2021 r., poz. 1086)

1.31. w sprawie zabezpieczenia źródeł promieniotwórczych (Dz.U. z 2021 r., poz. 1958)

2. Rozporządzenie Ministra Finansów:

2.1. w sprawie minimalnej sumy gwarancyjnej obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej osoby eksploatującej urządzenie jądrowe (Dz.U. z 2011 r., poz. 1217)

3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki:

3.1. w sprawie szczegółowych zasad tworzenia i działania Lokalnych Komitetów Informacyjnych oraz współpracy w zakresie obiektów energetyki jądrowej (Dz.U. z 2012 r., poz. 861)

4. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska:

4.1. w sprawie Rady do spraw Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej (Dz.U. z 2011 r., poz. 1643)

4.2. w sprawie upoważnienia do uznawania nabytych w państwach członkowskich Unii Europejskiej kwalifikacji do wykonywania zawodów regulowanych (Dz.U. z 2016 r., poz. 2215)

4.3. w sprawie stażu adaptacyjnego i testu umiejętności w toku postępowania o uznanie kwalifikacji zawodowych nabytych w państwach członkowskich Unii Europejskiej w dziedzinie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (Dz.U. z 2017 r., poz. 28)

- 4.4. w sprawie wzoru legitymacji służbowej inspektora dozoru jądrowego (Dz.U. z 2020 r., poz. 1518)
- 4.5. zarządzenie Ministra Klimatu z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie nadania statutu Państwowej Agencji Atomistyki (Dz.Urz.MK. poz. 32) ze zm. (Dz. Urz. Min. Klim. i Środ. poz. 78)

5. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji:

- 5.1. w sprawie wykazu przejść granicznych, przez które mogą być wwożone na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej i wywożone z tego terytorium materiały jądrowe, źródła promieniotwórcze, urządzenia zawierające takie źródła, odpady promieniotwórcze i wypalone paliwo jądrowe (Dz.U. z 2011 r., poz. 513)

6. Rozporządzenia Ministra Zdrowia:

- 6.1. w sprawie badań psychiatrycznych i psychologicznych osób wykonujących czynności mające istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w jednostce organizacyjnej wykonującej działalność związaną z narażeniem, polegającą na rozruchu, eksploatacji lub likwidacji elektrowni jądrowej (Dz.U. z 2011 r., poz. 1310)
- 6.2. w sprawie nadzoru i kontroli w zakresie przestrzegania warunków ochrony radiologicznej w jednostkach organizacyjnych stosujących aparaty rentgenowskie do celów diagnostyki medycznej, radiologii zabiegowej, radioterapii powierzchniowej i radioterapii schorzeń nienowotworowych (Dz.U. z 2007 r., poz. 11)
- 6.3. w sprawie szczegółowych warunków bezpiecznej pracy z urządzeniami radiologicznymi (Dz.U. z 2006 r., poz. 1325)
- 6.4. w sprawie minimalnych wymagań dla jednostek ochrony zdrowia prowadzących działalność związaną z narażeniem w celach medycznych,

- polegającą na udzielaniu świadczeń zdrowotnych z zakresu rentgendiagnostyki, radiologii zabiegowej lub diagnostyki związanej z podawaniem pacjentom produktów radiofarmaceutycznych (Dz.U. z 2021 r., poz. 1725)
- 6.5. w sprawie szkoleń w dziedzinie ochrony radiologicznej pacjenta (Dz.U. z 2020 r., poz. 390)
 - 6.6. w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (Dz.U. z 2020 r., poz. 1139)
 - 6.7. w sprawie zlecenia na przeprowadzenie ekspozycji pozamedycznych związanych z zatrudnieniem lub ubezpieczeniem (Dz.U. z 2020 r., poz. 1568)
 - 6.8. w sprawie zakresu informacji zawartych w Centralnym Rejestrze Danych o Ekspozycjach Medycznych (Dz.U. z 2020 r., poz. 1051)
 - 6.9. w sprawie minimalnych wymagań dla jednostek ochrony zdrowia prowadzących działalność związaną z narażeniem w celach medycznych, polegającą na udzielaniu świadczeń zdrowotnych z zakresu radioterapii i leczenia za pomocą produktów radiofarmaceutycznych (Dz.U. z 2021 r., poz. 1890)
 - 6.10. w sprawie informacji zawartych w Krajowej Bazie Urządzeń Radiologicznych (Dz.U. z 2021 r., poz. 1959)
 - 6.11. w sprawie formy i szczegółowego zakresu wzorcowych medycznych procedur radiologicznych dla standardowych ekspozycji medycznych oraz szczegółowych medycznych procedur radiologicznych (Dz.U. z 2021 r., poz. 1920)
 - 6.12. w sprawie nadawania uprawnień inspektora ochrony radiologicznej sprawującego wewnętrzny nadzór nad przestrzeganiem wymagań ochrony radiologicznej w jednostkach ochrony zdrowia (Dz.U. z 2021 r., poz. 1908)
 - 6.13. w sprawie diagnostycznych poziomów referencyjnych (Dz.U. z 2022 r., poz. 2626)

- 6.14. w sprawie szczegółowego zakresu audytów klinicznych wewnętrznych oraz audytów klinicznych zewnętrznych oraz wzoru raportów z ich przeprowadzenia (Dz.U. z 2022 r., poz. 2683)
- 6.15. w sprawie kategorii oraz kryteriów kwalifikowania ekspozycji niezamierzonych i narażeń przypadkowych, działań, które należy podjąć w jednostce ochrony zdrowia po ich wystąpieniu, a także zakresu informacji objętych Centralnym Rejestrem Ekspozycji Niezamierzonych i Narażeń Przypadkowych (Dz.U. z 2022 r., poz. 2700)
- 6.16. w sprawie testów eksploatacyjnych urządzeń radiologicznych i urządzeń pomocniczych (Dz.U. z 2022 r., poz. 2759)
- 6.17. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowania jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej (Dz.U. z 2023 r., poz. 195)

7. Pozostałe ustawy:

- 7.1. o przewozie towarów niebezpiecznych (Dz.U. z 2021 r., poz. 756)
- 7.2. o bezpieczeństwie morskim (Dz.U. z 2020 r., poz. 680)
- 7.3. o dozorze technicznym (Dz.U. z 2021 r., poz. 272)
- 7.4. o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2023 r., poz. 595)
- 7.5. Ustawa z dnia 9 marca 2023 r. o zmianie ustawy o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2023 r., poz. 595) reguluje i zmienia kwestie związane z budową i funkcjonowaniem elektrowni jądrowych na terenie Polski. Z założenia, wprowadzone zmiany mają usprawnić procesy inwestycji związane z budową elektrowni jądrowych, oraz zapewnić państwu większą kontrolę nad ich przebiegiem i bezpieczeństwem.

Uporządkowane zostały kwestie dotyczące terminologii w Prawie atomowym, wprowadzono m.in. definicję „elektrowni jądrowej”. Główne zmiany obejmują zagadnienia dotyczące wydawania tzw. decyzji zasadniczych, które muszą zostać wydane przed decyzją o ustaleniu lokalizacji inwestycji. Wprowadzono wymóg przygotowania przez inwestora, wstępnego raportu lokalizacyjnego, ma on być sporządzony po dokonaniu wstępnej oceny terenu przeznaczonego pod lokalizację obiektu energetyki jądrowej.

8. Europejskie ramy prawne:

Do najistotniejszych dyrektyw obejmujących europejskie ramy prawne, związanych z bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną obiektu jądrowego należą:

- 8.1. Dyrektywa bezpieczeństwa jądrowego Rady Unii Europejskiej zobowiązuje państwa członkowskie do przyjęcia podstawowych zasad bezpieczeństwa jądrowego. Celem Dyrektywy jest utrzymanie i doskonalenie stanu bezpieczeństwa jądrowego w państwach członkowskich, które zobowiązane są do przygotowania krajowych przepisów w sposób zapewniający najwyższy poziom ochrony społeczeństwa i pracowników przed promieniowaniem jonizującym z obiektów jądrowych.
- 8.2. Dyrektywa gospodarowania wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi, której celem jest zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa i ograniczenie obciążenia przyszłych pokoleń. Dyrektywa zapewnia przejrzystość procesów związanych z gospodarowaniem wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi, potwierdza odpowiedzialność Państw Członkowskich za gospodarowanie wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi, w tym za ustanowienie i utrzymanie krajowych programów i ram prawnych, oraz za zapewnienie właściwych sił i środków na ten cel. Odpowiedzialność za bezpieczeństwo gospodarki wypalo-

nym paliwem i odpadami promieniotwórczymi spoczywa na jednostkach posiadających zezwolenie na eksploatację składowisk.

9. Rozporządzenie Rady Unii Europejskiej:

- 9.1. ustanawiające Instrument Współpracy w dziedzinie Bezpieczeństwa Jądrowego [pdf]

10. Dyrektywy Rady Unii Europejskiej:

- 10.1. zmieniająca dyrektywę 2009/71/Euratom ustanawiającą wspólnotowe ramy bezpieczeństwa jądrowego obiektów jądrowych [pdf]
- 10.2. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego oraz uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom [pdf]
- 10.3. ustanawiająca ramy wspólnotowe w zakresie odpowiedzialnego i bezpiecznego gospodarowania wypalonym paliwem jądrowym i odpadami promieniotwórczymi [pdf]
- 10.4. ustanawiająca wspólnotowe ramy bezpieczeństwa jądrowego obiektów jądrowych [pdf] (zaimplementowana)
- 10.5. w sprawie nadzoru i kontroli nad przemieszczaniem odpadów promieniotwórczych oraz wypalonego paliwa jądrowego [pdf]
- 10.6. w sprawie nadzoru i kontroli przesyłania odpadów radioaktywnych między Państwami Członkowskimi oraz do Wspólnoty i poza jej obszar [pdf]

11. Decyzje Rady Unii Europejskiej:

- 11.1. dotycząca programu szczegółowego, który ma zostać zrealizowany w formie działań bezpośrednich przez Wspólne Centrum Badawcze w ra-

mach wdrażania programu ramowego Europejskiej Wspólnoty Energii Atomowej w zakresie działań badawczych i szkoleniowych w dziedzinie jądrowej (2012–2013) [pdf]

11.2. w sprawie wspólnotowych warunków wczesnej wymiany informacji w przypadku pogotowia radiologicznego (87/600/Euratom) [pdf]

12. Zalecenia Komisji Europejskiej:

12.1. w sprawie stosowania art. 37 Traktatu Euratom (22010/635/Euratom) [pdf]

12.2. w sprawie wdrażania systemu ewidencji i kontroli materiałów jądrowych przez operatorów obiektów jądrowych (notyfikowana jako dokument nr C(2009) 785) (2009/120/Euratom) [pdf]

12.3. w sprawie kryteriów wywozu odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego do krajów trzecich (notyfikowana jako dokument nr C(2008) 7570) (2008/956/Euratom) [pdf]

12.4. w sprawie zarządzania zasobami finansowymi przeznaczonymi na likwidację instalacji jądrowych, zużytego paliwa i odpadów radioaktywnych (2006/851/Euratom) [pdf]

12.5. w sprawie wytycznych do stosowania rozporządzenia (Euratom) nr 302/2005 w sprawie stosowania zabezpieczeń przyjętych przez Euratom (notyfikowana jako dokument nr C(2005) 5127) (2006/40/Euratom) [pdf]

12.6. on a classification system for solid radioactive waste (SEC(1999) 1302 final) (1999/669/EC, Euratom) [pdf]

