

ISSN 2353-9062

4 (114) 2018

# BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA



PAŃSTWOWA  
AGENCJA  
ATOMISTYKI

Wydawca:



Redakcja: UL. Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa

TEL. 22 628 94 39

FAX 22 621 37 86

E-MAIL [biuletyn@paa.gov.pl](mailto:biuletyn@paa.gov.pl)

WWW. [paa.gov.pl](http://paa.gov.pl)

**Maciej JURKOWSKI**, Redaktor naczelny, Przewodniczący Rady Programowej

**Marek WOŹNIAK**, Redaktor techniczny

ISSN 2353-9062 (publikacja elektroniczna)

# BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA

---

BIULETYN INFORMACYJNY PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI

Nr 4 (114) 2018  
Warszawa

## Spis treści

Maciej Jurkowski Proces przygotowania PAA do roli dozoru jądrowego w energetyce . . . . .	5
Michał Koc Projekt symulacji procesu licencjonowania elektrowni jądrowej – ALEP . . . . .	14
Mateusz Piotr Sikora Energetyka jądrowa na świecie – stan w końcu 2018 roku . . . . .	20
Maciej Kulig Wykorzystanie doświadczeń eksploatacyjnych (OEF) w sektorze jądrowym – Czy efektywnie rozwiążemy problemy operacyjne? . . . . .	29
Maciej Lemiesz Metody finansowania odpowiedzialności za szkodę jądrową. . . . .	40
Rafał Dąbrowski, Tomasz Dudek Nowe stacje TDPMS3 w sieci wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych (cz. 2). . . . .	45
Dawid Frencl, Maciej Krawczyk Kontrole radiometryczne na granicy – polsko-ukraińskie ćwiczenie FTX . . . . .	52

## Szanowni Państwo

Ostatni tegoroczny numer Biuletynu poświęcony jest głównie tematyce związanej z Programem Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) i rolą Państwowej Agencji Atomistyki jako dozoru jądrowego w tym programie. Asumptem do podjęcia tej tematyki były niedawne publiczne wypowiedzi Ministra Energii, dotyczące kontynuacji PPEJ, w związku z ogłoszeniem w końcu listopada br. projektu dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.” (PEP-2040).

Numer otwiera artykuł **Macieja Jurkowskiego** przypominający działania podjęte w PAA po decyzji rządowej ze stycznia 2009 roku, by przygotować taki program. Ażeby sprostać wyzwaniu stania się dozorem jądrowym dla obiektów energetyki jądrowej, dokonano wtedy w PAA w krótkim czasie dużego wysiłku, by poszerzyć polskie ramy prawne o najnowsze europejskie przepisy i światowe wymagania dla elektrowni jądrowych oraz wzmocnić uprawnienia władcze dozoru jądrowego. W wyniku tych działań, kiedy rząd podejmował w styczniu 2014 roku decyzję o przyjęciu PPEJ do realizacji, istniała już znowelizowana ustawa Prawo atomowe z kompletem przepisów wykonawczych, a Agencja była zreorganizowana i wzmocniona kadrowo i finansowo.

W latach 2014–2018 kluczowym wyzwaniem stało się szkolenie kadr dozoru jądrowego, budowanie ich kompetencji, zwłaszcza w zakresie analiz i ocen bezpieczeństwa będących podstawą przyszłej decyzji Prezesa PAA o wydaniu zezwolenia na budowę elektrowni jądrowej. Proces ten, wymagający intensywnej współpracy międzynarodowej, opisuje w kolejnym artykule **Michał Koc**, koncentrując się na przygotowywanym od 2016 i uruchomionym przez PAA w 2018 roku, we współpracy z MAEA oraz brytyjskim i amerykańskim dozorem jądrowym, projekcie ALEP<sup>1</sup>, angażującym kilkudziesięciosobowy zespół specjalistów PAA do przeprowadzenia, pod okiem ekspertów z amerykańskiej NRC<sup>2</sup> i brytyjskiego ONR<sup>3</sup>, próbnej oceny wniosku o wydanie zezwolenia na budowę przykładowej elektrowni jądrowej w oparciu o realne, szczegółowe dane techniczne EJ i polskie procedury i wymogi bezpieczeństwa.

Kolejny artykuł poświęcony jest aktualnemu stanowi i trendom energetyki jądrowej na świecie. **Mateusz Piotr Sikora** przytacza w nim istotne informacje na ten temat z ostatniej Konferencji Generalnej MAEA we wrześniu br. i z kluczowych światowych raportów, opublikowanych w ostatnich trzech miesiącach.

Tematyce związanej z dozorem nad obiektami energetyki jądrowej poświęcony jest także artykuł **Macieja Kuliga**. Dotyczy on metod ciągłego doskonalenia bezpieczeństwa obiektu energetyki jądrowej z uwzględnieniem analizy doświadczeń operacyjnych – zdarzeń z jego eksploatacji. Autor omawia, na wybranym z praktyki eksploatacyjnej EJ przykładzie zdarzenia operacyjnego, niedoskonałości metody prowadzenia analizy przyczyn źródłowych RCA<sup>4</sup>, opierając się na tzw. modelu zdarzeniowym w porównaniu z zastosowaniem metody „mapy przyczyn”. Artykuł **Macieja Lemiesza** omawia metody zapewnienia finansowania odpowiedzialności za szkody jądrowe, wypracowane w krajach o rozwiniętej energetyce jądrowej, takie jak np. grupy specjalistycznych zakładów ubezpieczeń (*nuclear pool's, captives* itp.), oraz rolę państwa w indemnizacji szkód.

Autorzy dwóch następnych artykułów ilustrują doskonalenie się PAA w wykonywaniu zadań związanych nie tylko z PPEJ, ale również z bieżącą ochroną kraju przed zagrożeniami transgranicznymi. **Marcin Dąbrowski** i **Tomasz Dudek** omawiają wnioski z analizy wyników długoterminowych pomiarów wahań naturalnego tła promieniowania z punktu widzenia możliwości wykrywania śladowych ilości izotopów pochodzenia sztucznego (na poziomie kilku nSv/h) przez stacje monitoringowe TDPMS3 dzięki przyjętym w tych stacjach rozwiązaniom technicznym. **Dawid Frencl** i **Maciej Krawczyk** omawiają przebieg i wnioski z międzynarodowego ćwiczenia w wykrywaniu i zwalczaniu przemytu materiałów jądrowych i promieniotwórczych przez polsko-ukraińską granicę państwową, zorganizowanego w ramach amerykańskiego programu NSDD<sup>5</sup>.

Życzymy Państwu owocnej lektury, a także radosnego świętowania Bożego Narodzenia oraz wszelkiej pomyślności w nowym roku 2019.

Przewodniczący Rady Programowej  
*Maciej Jurkowski*

<sup>1</sup> *Advanced Licensing Exercise Project.*

<sup>2</sup> *Nuclear Regulatory Commission.*

<sup>3</sup> *Office of Nuclear Regulation.*

<sup>4</sup> *Root Cause Analysis.*

<sup>5</sup> *Nuclear Smuggling Detection and Deterrence.*

# Proces przygotowania PAA do roli dozoru jądrowego w energetyce

Maciej Jurkowski

## Wprowadzenie

28 stycznia 2014 r., po 5 latach przygotowań Rada Ministrów przyjęła Program Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ) – kompleksowy dokument, opisujący obszary działań, jakie należy podjąć w celu wdrożenia energetyki jądrowej w Polsce [1], nad którym prace trwały od 2009 r. Państwowa Agencja Atomistyki jest jednym z głównych interesariuszy PPEJ i pełni w nim funkcję dozoru jądrowego – będzie sprawować nadzór nad bezpieczeństwem obiektów energetyki jądrowej i działalnością w nich prowadzoną, dokonywać kontroli i oceny bezpieczeństwa, wydawać zezwolenia i nakładać ewentualne sankcje.

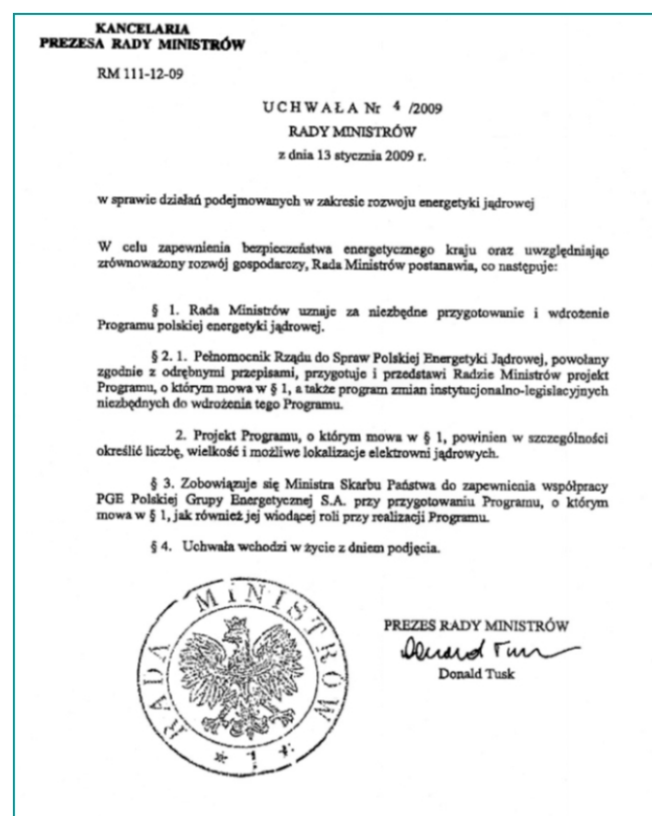
Najwyższa Izba Kontroli przeprowadziła w 2016 r. kontrolę Państwowej Agencji Atomistyki w zakresie realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ). NIK pozytywnie oceniła działania podejmowane i planowane przez PAA w latach 2014–2017 w zakresie przygotowań do pełnienia funkcji dozoru jądrowego dla energetyki jądrowej w Polsce. W wystąpieniu pokontrolnym podkreślono, że w ocenie NIK PAA jest przygotowana do pełnienia funkcji dozoru jądrowego w zakresie zgodnym z obecnym stanem realizacji PPEJ.

Wnioski NIK znalazły potwierdzenie w konkluzjach międzynarodowej misji ekspertów IRRS<sup>1</sup> Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA), która w 2017 r. dokonała zintegrowanego przeglądu dozoru jądrowego PAA.

Jak wyglądał proces dostosowania PAA do roli urzędu dozoru bezpieczeństwa jądrowego dla obiektów energetyki jądrowej i przygotowania do realizacji zadań wynikających z Programu Polskiej Energetyki Jądrowej? Przed jakimi wyzwaniem stanęła PAA, gdy w 2009 r. Rząd uznał za niezbędne opracowanie takiego programu? W jaki sposób stawiała czoło tym wyzwaniom? Niniejszy artykuł jest próbą zarysowania odpowiedzi na te pytania.

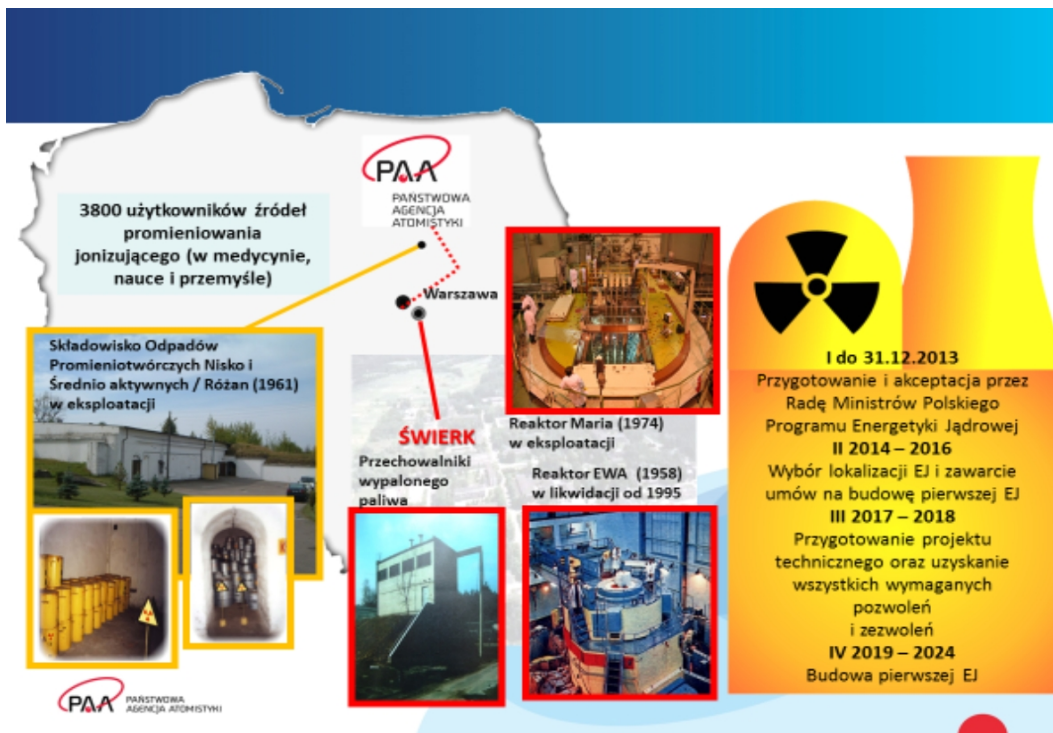
## Stan wyjściowy 2009

Uchwała rządowa nr 4 z 13 stycznia 2009 r. (rys. 1) wskazała podmiot odpowiedzialny za przygotowanie PPEJ – Pełnomocnika Rządu ds. PPEJ (powołanego w maju 2009 w randze Podsekretarza Stanu w Ministerstwie Gospodarki) oraz przyszłego realizatora programu – Polską Grupę Energetyczną, nic nie wspominając o trzecim kluczowym partnerze, niezbędnym do realizacji takiego programu, jakim jest regulator jądrowy – państwowy dozór



Rys. 1. Uchwała nr 4/2009.

<sup>1</sup> Misja Zintegrowanego Przeglądu Dozoru Jądrowego – IRRS (*Integrated Regulatory Review Services*) w 2017 r. była tzw. misją powtórzną (*follow-up mission*), sprawdzającą jak wdrożono zalecenia i sugestie pierwszej misji IRRS w Polsce w kwietniu 2013 r.



Rys. 2. Aktualny i przyszły zakres dozoru jądrowego PAA wg stanu w 2009 r. (oprac. własne na podst. [2] i [3]).

bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Wyzwaniem dla PAA stało się wykazanie, że opierając się na swoim wieloletnim doświadczeniu (od 1982 r.) w wykonywaniu funkcji dozoru jądrowego dla zastosowań promieniowania jonizującego, eksploatacji reaktorów badawczych, składowania odpadów promieniotwórczych i przechowywania wypalonego paliwa jądrowego (rys. 2), będzie zdolna rozwinąć swoje **zasoby techniczne i kadrowe** oraz **kompetencje**, by móc pełnić funkcje dozoru również w odniesieniu do obiektów energetyki jądrowej i to nie tylko na etapie ich eksploatacji, ale od początku ich powstawania aż po likwidację.

Jak już wspomniano, Państwowa Agencja Atomistyki z Prezesem jako naczelnym organem dozoru jądrowego działa w Polsce od 1982 r. Zespół dozoru, budowany przez organizatora i późniejszego pierwszego Głównego Inspektora dozoru jądrowego [4] początkowo w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej, uczestniczył w połowie lat 80. ub. wieku m.in. w przygotowaniu pierwszej polskiej ustawy Prawo atomowe oraz zezwolenia na budowę EJ Żarnowiec, a potem prowadził kontrole na jej budowie. Wówczas również, podobnie jak dziś, obejmował kontrolami zarówno obiekty jądrowe, jak i zastosowania promieniowania jonizującego. Stworzona wówczas kadra inspektorów dozoru jądrowego, mimo różnych zmian organizacyjnych, zapewniła ciągłość operacyjną sprawowania dozoru od tamtych czasów, aż do włączenia jej w strukturę PAA w 1997 r., stanowiąc trzon kadrowy departamentów „dozorowych” PAA – DBJiR i DNZPJ

i nieco później – CEZAR<sup>2</sup> i szkoląc kolejne pokolenia inspektorów. Podstawowe fakty z historii pierwszego polskiego programu jądrowego i rozwoju dozoru jądrowego ilustruje rysunek 3.

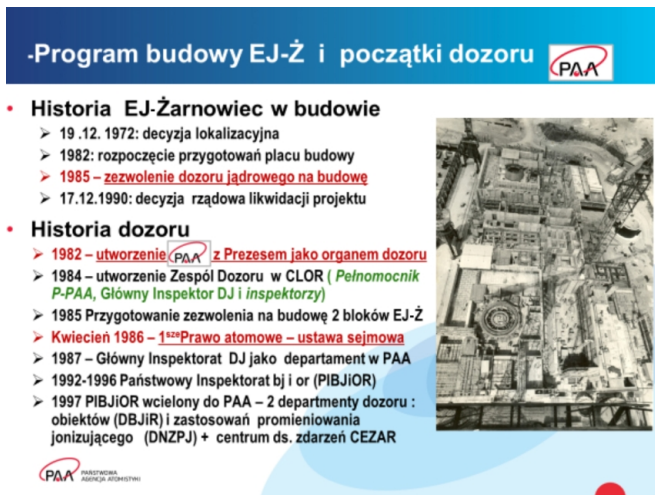
Opierając się na pierwszej ustawie z 1986 r., w końcu lat 90. ub. wieku opracowano w PAA nową, do dziś obowiązującą ustawę, przyjętą przez Sejm 29.11.2000 r. i potem wielokrotnie nowelizowaną [5].

W PAA zdawano sobie sprawę, że decyzja o przyjęciu programu jądrowego przez Rząd nie będzie mogła być podjęta, jeśli nie zaistnieją do tego czasu odpowiednio **poszerzone ramy prawne i ramy instytucjonalne** dozoru jądrowego.

Dokument MAEA INSAG-22 [6] dzieli proces powstawania programu jądrowego i jego realizacji na 5 faz (etapów), oddzielonych od siebie istotnymi kamieniami milowymi – punktami w czasie, kiedy osiągnięta zostaje gotowość przejścia do następnej fazy programu (jest to promowane przez MAEA podejście etapowe (*milestone approach*)). W 2009 roku trwały prace nad wytycznymi MAEA opartymi na tym podejściu (projekt wytycznych DS424, później wydany w 2011 roku w postaci wytycznych bezpieczeństwa SSG16) [7].

Pierwsze 3 fazy: przygotowania (faza 1) i realizacji (fazy 2, 3) programu jądrowego i stopień zaangażowania w nich kluczowych partnerów według podejścia MAEA pokazano na rysunku 4 z uwzględnieniem sytuacji w Polsce, gdzie dozór jądrowy istniał od 1982 r.

<sup>2</sup> DBJiR – departament bezpieczeństwa jądrowego i radiacyjnego – przekształcony w 2011 r. na DBJ, DNZPJ – departament nadzoru zastosowań promieniowania jonizującego – przekształcony w 2011 r. na DOR, CEZAR – centrum ds. zdarzeń radiacyjnych w PAA.



Rys. 3. Doświadczenia dozoru jądrowego PAA związane z budową elektrowni jądrowej (źródło: opracowanie własne).

Uchwała rządu z 13.01.2009 oznaczała wejście w fazę 1 **przygotowania PPEJ**, której celem było osiągnięcie gotowości do decyzji o **rozpoczęciu** programu jądrowego, podjętej 5 lat później (kamień milowy M1 na rys. 4). Uchwała ta nie określała ram czasowych PPEJ, przyjęte tempo dostosowywania istniejących ram prawnych do postępów przygotowań PPEJ wynikało z opracowanego przez Pełnomocnika i ogłoszonego w sierpniu 2009 r.

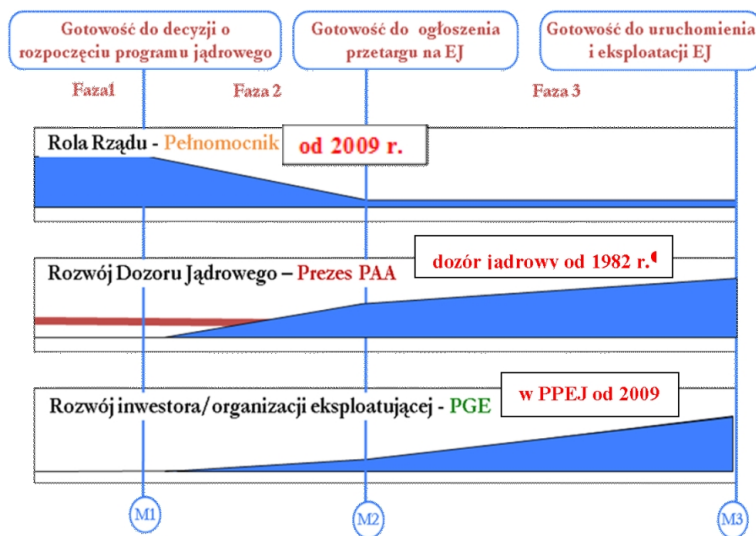
wstępnego programu ramowego PPEJ, z ograniczeniami wynikającymi z uwarunkowań czasowych polskich procedur legislacyjnych.

Dodatkowym czynnikiem, sprzyjającym wzmocnieniu tempa prac, była konieczność transpozycji do prawa krajowego dyrektywy z dnia 25 czerwca 2009 r., ustanawiającej wspólnotowe ramy bezpieczeństwa jądrowego obiektów jądrowych (2009/71/EURATOM), z terminem 22 lipca 2011 r., a więc na rok przed planowanym wówczas na połowę 2012 r. terminem przyjęcia PPEJ przez Rząd (później skorygowanym na koniec 2013 r. – rys. 2).

## Poszerzanie ram prawnych

Już w maju 2009 r. utworzono w PAA **Zespół ds. rewizji prawa atomowego**, z zadaniem transpozycji do polskiego prawa dyrektywy 2009/71/ EURATOM, uwzględnienia decyzji rządowych dotyczących wprowadzenia programu energetyki jądrowej oraz opracowania od podstaw wymagań bezpieczeństwa dla wszystkich etapów realizacji przyszłych elektrowni jądrowych (lokalizacji<sup>3</sup>, projektowania<sup>4</sup>, budowy<sup>5</sup>, rozruchu i eksploatacji<sup>6</sup>, okresowych przeglądów bezpieczeństwa<sup>7</sup> i likwidacji<sup>8</sup>).

Zespół, złożony z doświadczonych specjalistów legislacji departamentu prawnego PAA oraz inspektorów



Rys. 4. Stopień zaangażowania kluczowych partnerów w kolejnych fazach PPEJ wg tzw. "IAEA Milestones Approach" (oprac. własne na podstawie wytycznych MAEA [6]).

<sup>3</sup> Rozporządzenie Rady Ministrów z 10 sierpnia 2012 r. 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. 2012, poz. 1025).

<sup>4</sup> Rozporządzenie RM z 31 sierpnia 2012 r. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jakie ma uwzględniać **projekt** obiektu jądrowego (Dz. U. 2012, poz. 1048).

<sup>5</sup> Rozporządzenie RM z 31 sierpnia 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania **analiz bezpieczeństwa** przed wystąpieniem z wnioskiem o wydanie zezwolenia na **budowę** obiektu jądrowego, oraz zakresu wstępnego raportu bezpieczeństwa dla obiektu jądrowego (Dz. U. 2012, poz. 1043).

<sup>6</sup> Rozporządzenie RM z dnia 11 lutego 2013 r. w sprawie wymagań dotyczących **rozruchu i eksploatacji** obiektów jądrowych (Dz. U. 2013, poz. 281).

<sup>7</sup> Rozporządzenie RM z dnia 21 maja 2012 r. w sprawie **oceny okresowej bezpieczeństwa** jądrowego obiektu jądrowego (Dz. U. 2012, poz. 556).

<sup>8</sup> Rozporządzenie RM z dnia 27 lutego 2013 r. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla etapu **likwidacji** obiektów jądrowych oraz zawartości raportu z likwidacji obiektu jądrowego (Dz. U. 2013, poz. 270).

dozoru jądrowego i specjalistów z departamentów dozoru obiektów (DBJiR) i dozoru zastosowań promieniowania (DNZPJ), departamentu nauki, szkolenia i informacji społecznej DNSiS oraz centrum ds. zdarzeń radiacyjnych (CEZAR), kierowany przez wiceprezesa – Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego, opracował **propozycje zmian i uzupełnień w prawie atomowym oraz projekty 15 rozporządzeń wykonawczych**, z wykorzystaniem najnowszych, aktualnych wówczas, wymagań norm bezpieczeństwa MAEA (*IAEA Safety Standards*) oraz tzw. celów bezpieczeństwa nowych reaktorów (*Safety Objectives for New Reactors*) i referencyjnych poziomów bezpieczeństwa SRLs (*Safety Reference Levels*) opublikowanych w tym czasie przez Zachodnioeuropejskie Stowarzyszenie Dozorów Jądrowych WENRA (*Western European Nuclear Regulators Association*). Zespół brał także w swych pracach pod uwagę rozwiązania prawne zawarte w przepisach krajów posiadających energetyką jądrową.

Wprowadzone zmiany zaowocowały **wzmocnieniem pozycji dozoru i uprawnień władczych Prezesa PAA i inspektorów dozoru jądrowego**<sup>9,10</sup> w zakresie trybu wykonywania przez Prezesa nadzoru i kontroli nad jednostkami organizacyjnymi prowadzącymi działalność związaną z narażeniem na promieniowanie jonizujące, w tym **środków egzekucji decyzji** nadzorczych. Wprowadzono zmiany wysokości pieniężnych **kar administracyjnych** za delikty administracyjne, jakie mogą zostać nałożone na jednostki organizacyjne wykonujące działalność związaną z narażeniem na promieniowanie jonizujące (art. 123-127d ustawy).

Przebudowano **system udzielania zezwoleń** na obiekty jądrowe, doprecyzowano przesłanki wydawania przez Prezesa PAA zezwoleń na działalność obiektu jądrowego (art. 36a-36k) oraz tryb i terminy wydawania takich zezwoleń (art. 38g-39k). Bardzo istotną przesłanką w rozpatrywaniu wniosku o wydanie **zezwolenia na budowę** są warunki zawarte w artkułach 36b oraz 36c ust. 2 pkt 1 i 2. Warunki te **wykluczają projekty prototypowe** tzw. „FoaK” (ang. *first of a kind*) oraz zapewniają, by w Polsce były budowane jedynie nowoczesne **reaktory generacji 3 lub 3+, już sprawdzone w praktyce**, które spełniają **warunek tzw. praktycznego wykluczenia** awarii mogących prowadzić do **wczesnych lub dużych uwolnień**

substancji promieniotwórczych do otoczenia. Oznacza to, że projekty te muszą spełniać probabilistyczne kryteria bezpieczeństwa, by prawdopodobieństwo takiej awarii było mniejsze niż raz na milion lat pracy reaktora, a prawdopodobieństwo degradacji rdzenia było mniejsze, niż raz na 100 tys. lat pracy reaktora. Określono kryteria nadzoru obiektu jądrowego podczas **budowy, rozruchu i eksploatacji** (art. 37a-37e) oraz **likwidacji** (art. 38a-38c). Określono zasady i tryb **kontroli wykonawców oraz dostawców** elementów konstrukcji i wyposażenia obiektów jądrowych przez organy dozoru jądrowego (art. 37).

Ustanowiono i określono obowiązki (art.112) oraz sposób i tryb pracy **Rady ds. Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej**<sup>11</sup> jako organu doradczego i opiniotwórczego Prezesa PAA. Określono zakres i tryb **informowania społeczeństwa** o stanie bezpieczeństwa obiektów jądrowych oraz o decyzjach dozoru jądrowego dotyczących tych obiektów (art. 35a), w szczególności – określono tryb i zasady **udziału społeczeństwa w postępowaniu o wydanie zezwolenia na budowę** obiektu jądrowego (art. 39d), oraz monitorowaniu przez społeczność lokalną przy pomocy tzw. **Lokalnych Komitetów Informacyjnych**<sup>12</sup> przebiegu budowy, a następnie – wykorzystania obiektów energetyki jądrowej. Szczegółowo określono **obowiązki inwestora/operatora EJ** związane z jego pierwotną i niezbywalną odpowiedzialnością za bezpieczeństwo (art. 35), w szczególności np. obowiązek nadzoru łańcucha dostaw elementów konstrukcji i wyposażenia poprzez objęcie podwykonawców i poddostawców **zintegrowanym systemem zarządzania** (art. 36e i 36k), obowiązek przeprowadzania **okresowych ocen bezpieczeństwa** (art. 37e), czy – obowiązek **gromadzenia środków na likwidację** obiektu i postępowanie z wypalonym paliwem i odpadami promieniotwórczymi (art. 38d)<sup>13,14</sup>. Rozszerzono przepisy dotyczące **szkoleń personelu** obiektów jądrowych, a także **stanowisk w obiektach jądrowych**, których zajmowanie wymaga uprawnień nadanych przez Prezesa PAA, o wymóg wykonywania istotnych dla bezpieczeństwa **czynności**<sup>15</sup> w **obiekcie energetyki jądrowej** wyłącznie przez osoby posiadające takie uprawnienia. Określono obowiązek i zakres  **badań psychiatrycznych i psychologicznych**, którym obowiązane są

<sup>9</sup> Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 13 września 2012 r. w sprawie inspektorów dozoru jądrowego (Dz. U. 2012, poz. 1014).

<sup>10</sup> Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 listopada 2011 r. w sprawie wzoru legitymacji służbowej inspektora dozoru jądrowego (Dz. U. z 2011 r. poz. 1544).

<sup>11</sup> Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 18 listopada 2011 r. w sprawie Rady do spraw Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej (Dz. U. z 2011 r. poz. 1643).

<sup>12</sup> Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 23 lipca 2012 r. w sprawie szczegółowych zasad tworzenia i działania Lokalnych Komitetów Informacyjnych oraz współpracy w zakresie obiektów energetyki jądrowej (Dz. U. 2012, poz. 861).

<sup>13</sup> Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 października 2012 r. 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. 2012, poz. 1213).

<sup>14</sup> Rozporządzenie RM z dnia 27 grudnia 2011 r. w sprawie wzoru kwartalnego sprawozdania o wysokości uiszczony wpłaty na fundusz likwidacyjny (Dz. U. z 2012 r. poz. 43).

<sup>15</sup> Rozporządzenie RM z dnia 10 sierpnia 2012 r. 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).



poddać się osoby, ubiegające się o takie uprawnienia<sup>16</sup>. Rozszerzono i uszczegółowiono przepisy o **odpowiedzialności cywilnej za szkody jądrowe** (art. 100 do 108) w tym o **obowiązkowym ubezpieczeniu operatora obiektu jądrowego**<sup>17</sup>.

Po dokonaniu uzgodnień międzyresortowych i konsultacji społecznych, opracowane w PAA projekty aktów prawnych przekazywane były za pośrednictwem Ministra Środowiska, nadzorującego Prezesa PAA, do przyjęcia przez Stały Komitet Rady Ministrów, a następnie były akceptowane przez Rząd i notyfikowane Komisji Europejskiej (która miała 6-miesięczny termin na przedstawienie swych ewentualnych uwag). Następnie projekty te trafiały w zależności od swej rangi albo do Sejmu (gdymiały być wydane jako ustawa) albo do Rady Ministrów (jeśli miały być wydane w formie rozporządzenia Rady Ministrów, lub właściwego ministra). W wyniku działań podjętych w PAA w 2009 r. i przejściu opisanej wyżej procedury przez opracowane w PAA akty prawne:

- 13 maja 2011 – Sejm przyjął ustawę o zmianie ustawy Prawo atomowe oraz
- w latach 2011–2013 opracowano i wydano wszystkich (związanych z dozorem obiektów jądrowych) 15 nowych rozporządzeń wykonawczych do zmienionej ustawy, rozszerzając ramy prawne działalności dozoru jądrowego w stopniu wystarczającym do pełnienia funkcji regulatora (dozoru jądrowego) obiektów energetyki jądrowej.

Niebagatelną rolę w dokonaniu tego w tak krótkim czasie odegrało doświadczenie Departamentu Prawnego PAA, zdobyte przy tworzeniu ustawy Prawo atomowe z dnia 29 listopada 2000 r., która musiała już wówczas uwzględniać prawny dorobek Wspólnot Europejskich i Unii Europejskiej (*acquis communautaire*) w obszarze *nuclear safety*, ze względu na rychłe wtedy przystąpienie Polski do Unii Europejskiej w 2004 r.

## Wzmocnienie instytucjonalne

Aby przygotować Agencję do realizacji nowych zadań opracowany został w PAA w 2009 r. dokument wewnętrzny pt.: „Wytyczne do programu działań niezbędnych do podjęcia w Państwowej Agencji Atomistyki”, podejmujący kwestie **przekształcenia Agencji w urząd dozoru jądrowego**, realizujący zadania nadzorczo-kontrolne w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w kraju rozpoczynającym **wdrażanie programu energetyki jądrowej** i od wielu lat **stosującym źródła promieniowania jonizującego**, w tym reaktory badawcze (rys. 2). Wytyczne opracowano na podstawie analiz prze-

prowadzonych pod kierunkiem Dyrektora Generalnego PAA, opierając się na zaleceniach międzynarodowych, normach bezpieczeństwa Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej w Wiedniu oraz dyrektywach europejskich, w szczególności dyrektywie Rady 2009/71/EURATOM z dnia 25 czerwca 2009 r. ustawiającej wspólnotowe ramy bezpieczeństwa jądrowego obiektów jądrowych. Wnioski z tej analizy, zawarte w wytycznych, wskazały na konieczność **zmian organizacyjnych i zatrudnienia nowych pracowników**. Zmiany organizacyjne miały na celu utworzenie w PAA grup specjalistów i komórek organizacyjnych zdolnych do prowadzenia ocen bezpieczeństwa jądrowego na podstawie przedłożonej dozorowi jądrowemu dokumentacji, zawierającej analizy bezpieczeństwa przeprowadzone przez wnioskodawcę (inwestora, a potem jednostkę eksploatującą elektrownię jądrową). Mowa tu o specjalistach o wysokich kwalifikacjach, dysponujących narzędziami do prowadzenia analiz i obliczeń oraz posiadających wiedzę o funkcjonowaniu i właściwościach urządzeń, systemów technologicznych i konstrukcji budowlanych stosowanych we współczesnych elektrowniach jądrowych. Na podstawie przeprowadzonych wtedy szczegółowych analiz ustalono, że zatrudnienie w PAA powinno wzrosnąć co najmniej o 39 etatów, w tym 17 inspektorów dozoru jądrowego, 13 pracowników dokonujących analiz dokumentacji bezpieczeństwa oraz 9 prawników lub specjalistów w sprawach prawa administracyjnego. Liczby nowych etatów wynikały z analiz pracochłonności procesu licencjonowania obiektów energetyki jądrowej oraz porównań stanu kadr (ich liczebności) podobnych urzędów, działających w innych krajach, z liczebnością personelu PAA.

Proces zwiększania stanu etatowego PAA nie mógł być zrealizowany bez przyznania na ten cel stosownych **środków finansowych** z budżetu państwa, o co niemal od początku swego urzędowania zabiegał ówczesny Prezes PAA, opierając się na następujących uzasadnieniach.

Zadania dozoru jądrowego w odniesieniu do obiektów jądrowych to przede wszystkim prowadzenie procesu licencjonowania obiektów jądrowych, zakończonego wydaniem decyzji o zezwoleniu na budowę (a potem na rozruch, eksploatację i wreszcie – likwidację obiektu jądrowego). Licencjonowanie na etapie lokalizacji i oceny wniosku o zezwolenie na budowę przybiera w różnych krajach różną formę, zwykle angażując poza urzędem dozoru jądrowego wiele innych instytucji, wymagając określenia i wdrożenia odpowiednich procedur współpracy. Proces licencjonowania z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego, to w dużej części przegląd i ocena (analizowanie, sprawdzanie, weryfikowanie) obszernej i trudnej pod względem merytorycznym dokumentacji bezpieczeństwa,

<sup>16</sup>Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 29 września 2011 r. 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).

<sup>17</sup>Rozporządzenie Ministra Finansów z dnia 14 września 2011 r. w sprawie minimalnej sumy gwarancyjnej obowiązkowego ubezpieczenia odpowiedzialności cywilnej osoby eksploatującej urządzenie jądrowe (Dz. U. z 2011 r. poz. 1217).

zgodnie z wymaganiami znowelizowanej (zwłaszcza w kwestii obiektów jądrowych, w tym reaktorów energetycznych) ustawy Prawo atomowe. Opracowanie szerszych niż dotychczas, szczegółowych wymagań technicznych w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla poszczególnych etapów powstawania i wykorzystania obiektu energetyki jądrowej (w postaci rozporządzeń wykonawczych do ustawy) wymagało zaangażowania profesjonalistów w branży jądrowej. Wykonywanie nadzoru i kontroli przestrzegania przez inwestora lub organizację eksploatującą obiekt jądrowy przepisów w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej oraz prowadzenie tych kontroli na potrzeby procesu licencjonowania wymagało **zwiększenia liczby inspektorów** dozoru jądrowego i **odpowiedniego ich przeszkolenia z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym** w stosunku do etapu wdrażania PPEJ. Zatem realizacja wymienionych zadań wymagała znacznego **wzmocnienia kadrowego i finansowego** Państwowej Agencji Atomistyki bez zbędnej zwłoki.

Po zmianie ustawy Prawo atomowe w maju 2011 r. wdrożono opracowane wcześniej założenia **zmian organizacyjnych** w Państwowej Agencji Atomistyki, które znalazły odbicie w jej nowym statucie nadanym przez Ministra Środowiska w **listopadzie 2011 r.** – reorganizacja PAA stała się faktem. Niektóre zadania z obszaru ochrony radiologicznej, realizowane dotychczas w departamencie bezpieczeństwa jądrowego i radiacyjnego DBJiR (jak np. prowadzenie krajowego Centralnego Rejestru Dawek), przeniesiono do dotychczasowego departamentu nadzoru zastosowań promieniowania DNZPJ, zmieniając jego nazwę na DOR. Natomiast dotychczasowy DBJiR, rozszerzony o nowe wydziały, przyjął nazwę departamentu bezpieczeństwa jądrowego DBJ. W skład jego struktury w miejsce dwóch weszło pięć wydziałów: **analiz** obiektów jądrowych, **kontroli** obiektów jądrowych, **nieproliferaacji, odpadów promieniotwórczych, technologii reaktorowych**. W centrum ds. zdarzeń radiacyjnych CEZAR utworzono wydział ds. **zarządzania kryzysowego**.

Starania o **zwiększenie stanu zatrudnienia** w PAA zyskały wsparcie rządu i znalazły odbicie nie tylko w dokumencie PPEJ, ale w konkretnych zapisach kolejnych ustaw budżetowych, przyznających PAA **środki finansowe**, pozwalające zwiększyć stan zatrudnienia do końca 2013 r. o 19 etatów (z założeniem kontynuacji tego procesu w kolejnych latach). Stan zatrudnienia w DBJ wzrósł w tym czasie do 28 osób, a łączna liczba inspektorów dozoru jądrowego w PAA do 27. Środki finansowe przeznaczone na funkcjonowanie Agencji oraz na finansowanie zadań służby awaryjnej i krajowego punktu kontaktowego, działającego w ramach międzynarodowego systemu powiadamiania o awariach jądrowych, a także na prowadzenie monitoringu radiacyjnego kraju wzrosły z niecałych 11 mln

zł w roku 2011 do 14,5 mln zł w 2013. W tym samym czasie łączne zatrudnienie w PAA wzrosło z 86 do 105 etatów.

Prezes Agencji od chwili objęcia stanowiska w styczniu 2011 r. zintensyfikował działania na rzecz wzmocnienia instytucjonalnego PAA jako urzędu dozoru jądrowego nie tylko przez **zwiększenie poziomu zatrudnienia**, ale także – przez odciążenie Agencji przez **pozbycie się trzech dodatkowych zadań**, nie związanych z dozorem jądrowym:

1. udzielania dotacji w celu zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej kraju przy stosowaniu promieniowania jonizującego,
2. koordynacji współpracy z Europejską Organizacją Badań Jądrowych (CERN) w Genewie oraz Zjednoczonym Instytutem Badań Jądrowych (ZIBJ) w Dubnej i opłacanie składek z tytułu udziału Polski w tej współpracy,
3. koordynacji współpracy z Organizacją Traktatu o Całkowitym Zakazie Prób Jądrowych (CTBTO) w Wiedniu i opłacanie składek z tytułu udziału Polski w tej współpracy.

Pierwsze z nich przekazano ówczesnemu Ministerstwu Gospodarki, które całkowicie przejęło to zadanie od PAA od początku 2013 r. W tym samym roku drugie i trzecie z wyżej wymienionych zadań przekazano odpowiednio – Ministerstwu Nauki i Szkolnictwa Wyższego i Ministerstwu Spraw Zagranicznych.

Planując te zmiany, już podczas reorganizacji PAA w 2011 r. utworzono [8, 9] w miejsce departamentów współpracy z zagranicą (DWZ) oraz nauki, szkolenia i informacji społecznej (DNSiIS) nową komórkę w randze departamentu – Gabinet Prezesa (GP), który przejął ich zadania. W 2013 r. wydzielono w GP wydział **koordynacji współpracy międzynarodowej** (obecny Wydział Współpracy Międzynarodowej i Strategii GP), a zespół **komunikacji społecznej** w GP<sup>18</sup> przejął zadania dawnego DNSiIS w tym zakresie, natomiast kwestie związane ze szkoleniami przejął wydział **zarządzania wiedzą i informacją** utworzony w 2013 r. w Biurze Dyrektora Generalnego.

Prezes Agencji powołał także w lipcu 2012 r. Radę ds. Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej, jako swój organ doradczy i opiniodawczy w zakresie aktualnych, dozorowych zadań Agencji, w miejsce poprzedniej Rady ds. Atomistyki.

Tak więc, w chwili podjęcia w styczniu 2014 r. przez rząd decyzji o rozpoczęciu realizacji programu jądrowego (na rysunku 3 kamień milowy M1) zarówno przygotowane z dużym udziałem PAA **rozszerzenie ram prawnych**, jak i dokonane przez Prezesa PAA **zmiany instytucjonalne**, poszerzające ramy dozoru w sensie zasobów kadrowych i finansowych, stawiały PAA w pozycji urzędu dozoru jądrowego **przygotowanego do zadań wynikających z PPEJ** na początku drugiej fazy podejścia etapowego

<sup>18</sup>W 2014 roku do realizacji tych zadań utworzono w GP Wydział Komunikacji Społecznej.

MAEA (*Milestones Approach*) zmierzającej do osiągnięcia gotowości na ogłoszenie przetargu (na rysunku 3 kamień milowy M2) na dostawę Polsce elektrowni jądrowej. Taka była zresztą ocena i konkluzje zawarte w raportach dwóch misji przeglądowych MAEA, INIR i IRRS, które odwiedziły Polskę wiosną 2013 r.<sup>19</sup> Podobną opinię wyraziła w swoim raporcie Najwyższa Izba Kontroli po przeprowadzonej także w końcu 2012 r. kontroli przygotowania PAA do PPEJ w latach 2009–2012.

## Wdrożenie dyrektywy 2009/71/EURATOM

Wszystkie opisane wyżej zmiany ram prawnych i instytucjonalnych dozoru jądrowego stanowiły zarazem wdrożenie w Polsce dyrektywy 2009/71/EURATOM. ustanawiającej wspólnotowe ramy bezpieczeństwa jądrowego dla obiektów jądrowych, zwanej potocznie dyrektywą bezpieczeństwa jądrowego NSD (*Nuclear Safety Directive*). Celem ustanowienia ram wspólnotowych (*Community framework*) była „ciągła poprawa i promowanie bezpieczeństwa jądrowego i jego dozoru przez wprowadzenie odpowiednich rozwiązań krajowych zapewniających odpowiednio wysoki jego poziom” **Termin transpozycji. do 22 lipca 2011 r. został dotrzymany** uchwaleniem zmian ustawy Prawo atomowe 13 maja 2011 r. (włącznie z projektami odpowiednich rozporządzeń wykonawczych), które zawierało następujące wymagane dyrektywą rozwiązania:

- przyjęcie krajowych wymagań bezpieczeństwa jądrowego obiektów jądrowych (w tym elektrowni jądrowych),
- zapewnienie systemu wydawania zezwoleń (zakaz działalności bez zezwolenia),
- zapewnienie systemu nadzoru nad bezpieczeństwem jądrowym obiektów jądrowych (w tym elektrowni jądrowych),
- wzmocnienie egzekwowania (uprawnienie organów dozoru do zawieszenia eksploatacji lub cofnięcia zezwolenia).

Spełniono następujące zasadnicze wymogi dyrektywy dotyczące władz państw i posiadaczy zezwoleń:

**Państwa ustanawiają i utrzymują organ regulacyjny** w zakresie bezpieczeństwa jądrowego (dozór jądrowy) **kompetentny** merytorycznie, **operacyjnie oddzielony** od organizacji promujących lub wykorzystujących energię jądrową, posiadający **uprawnienia, zasoby ludzkie i finansowe**, by:

- wymagać od posiadacza zezwolenia zgodności z krajowymi przepisami i warunkami zezwolenia,
- wymagać wykazania tego w raporcie bezpieczeństwa,
- zweryfikować tę zgodność przez oceny i inspekcje dozоровe,
- wdrożyć, jeśli trzeba, postępowanie administracyjne w celu wyegzekwowania zgodności.

**Posiadacze zezwoleń** ponoszą pierwotną **odpowiedzialność za bezpieczeństwo** wykonywanej działalności, która **nie może być delegowana**:

- regularnie **oceniają, weryfikują i poprawiają** bezpieczeństwo **pod nadzorem** organów dozoru; **oceny** te uwzględniają środki **ochrony przed awariami** i łagodzenia ich skutków, w tym sprawdzanie fizycznych **barier** i administracyjnych **procedur**,
- ustanawiają i wdrażają **systemy zarządzania** nastawione na bezpieczeństwo, **podlegające weryfikacji** przez dozór jądrowy,
- utrzymują odpowiednie **zasoby ludzkie i finansowe**.

**Państwa zapewniają wymóg kształcenia i szkoleń** w zakresie bezpieczeństwa jądrowego personelu posiadaczy zezwoleń i dozoru jądrowego.

**Państwa zapewniają udostępnianie informacji** związanych z dozorem jądrowym pracownikom i ludności;

**Państwa dokonują raz na 10 lat samooceny** krajowych ram legislacyjnych i dozorowych i poddają się wzajemnemu przeglądowi zewnętrznemu (*peer review*) przynajmniej raz na 10 lat.

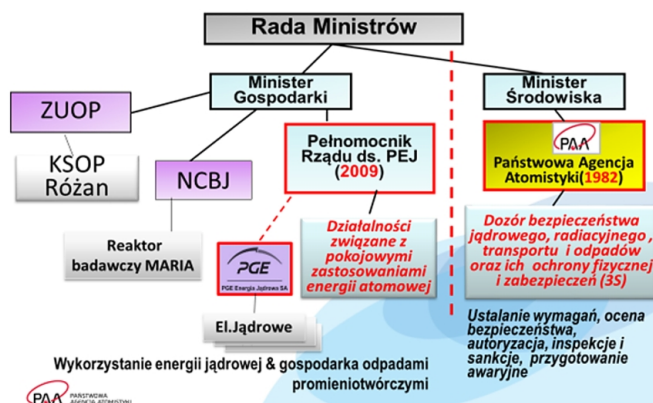
Kwestie budowania **kompetencji** merytorycznych w dozorcze jądrowym (jak i u podmiotów wykorzystujących energię jądrową w postaci ciepła lub promieniowania jonizującego) oraz związanych z tym szkoleń były i pozostają w centrum uwagi PAA. Poświęcono temu szereg artykułów na łamach Biuletynu, także jeden z artykułów w bieżącym numerze. Nie będą więc tu omawiane. Kwestia operacyjnego (a nawet strukturalnego) **rozdzielenia** urzędu i organów dozoru od instytucji czy organizacji promujących lub wykorzystujących energię jądrową związana jest z fundamentalną sprawą **niezależności dozoru**.

## Niezależność dozorowych decyzji

W związku z potencjalnym zagrożeniem dóbr o najwyższej wartości, jakimi są zdrowie i życie ludzkie, powszechnie uznanym na świecie fundamentem efektywnego systemu regulacyjnego energetyki jądrowej jest **niezależność organów dozoru jądrowego**. Konieczność jej zapewnienia wynika wprost z wiążących Polskę przepisów prawa międzynarodowego, wtórnego prawa europejskiego oraz zaleceń MAEA. Jej brak wyklucza pewność, że głównym kryterium podejmowania decyzji dozorowych jest **priorytet zapewnienia bezpieczeństwa**. Dozór jądrowy powinien być chroniony przed nieuzasadnioną ingerencją w regulacyjny proces decyzyjny zarówno ze strony podmiotów wykonujących regulowaną działalność (posiadaczy zezwoleń i organizacji za nimi stojących), jak i administracji państwowej będącej promotorem zastosowań promieniowania jonizującego (np. Ministerstwa Energii) oraz czynników politycznych (także np. „ideologicznych” przeciwników energetyki jądrowej). Jako instytucja zaufania

<sup>19</sup>W dniach 18–22 marca 2013 r. misja zintegrowanego przeglądu infrastruktury jądrowej INIR (*Integrated Nuclear Infrastructure Review*) i w dniach 15–25 kwietnia 2013 r. misja zintegrowanego przeglądu dozoru jądrowego IRRS (*Integrated Regulatory Review Service*).

publicznego dozór jądrowy nie może też prowadzić działalności promującej wykorzystywanie energii jądrowej. Niezależność dozoru jądrowego powinna być zagwarantowana zarówno za pomocą środków prawnych (gwarancje ustawowe), jak i faktycznych (interpretacja przepisów przez sądy, postawa administracji rządowej i użytkowników promieniowania jonizującego). W wyniku zmian legislacyjnych w latach 2011–2013 znacząco wzmocniono prawne gwarancje niezależności dozoru, m.in. poprzez przeniesienie dotacji na bj i or do kompetencji wówczas ministra właściwego ds. gospodarki, a obecnie – właściwego do spraw energii, wprowadzono **zakaz promowania** energii jądrowej przez PAA, ograniczono zadania dozoru jedynie do kwestii bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, zastąpiono Radę ds. Atomistyki (RdsA) przez Radę ds. BJIOR. W zakresie poza legislacyjnym podjęto decyzję o przesunięciu obowiązku wpłacania składek na organizacje międzynarodowe, których działalność nie wiąże się z bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną do kompetencji innych, właściwych organów. Utrzymano nadzór administracyjny nad Prezesem PAA przez Ministra Środowiska, który nie nadzoruje, ani nie jest organem założycielskim instytucji prowadzących działalność związaną z narażeniem na promieniowanie jonizujące (takich jak np. Narodowe Centrum Badań Jądrowych czy Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych) ani wykorzystujących bądź promujących energię jądrową (takich jak np. Polska Grupa Energetyczna, która ma być investorem, a potem operatorem elektrowni jądrowych). To nie tylko operacyjne, ale strukturalne rozdzielanie dozoru jądrowego PAA od podmiotów wykorzystujących promieniowanie bądź ciepło energii jądrowych ilustruje rysunek 5, na którym pokazano sytuację, jaka istniała w chwili decyzji o rozpoczęciu PPEJ w styczniu 2014 r.



Rys. 5. Oddzielenie operacyjne i strukturalne dozoru jądrowego PAA (nadzorowanego przez Min. Środowiska) od obszaru promocji lub wykorzystania energii jądrowej.

Trzeba nadmienić, że nikt (nawet nadzorujący Prezesa PAA minister, ani też członkowie powołanej przez niego Rady ds. Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej) nie ma prawa wpływać w jakikolwiek sposób na podejmowane przez Prezesa PAA, bądź inspektorów dozoru jądrowego decyzje w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Państwowa Agencja Atomistyki, mimo że należy do urzędów nadzorowanych przez Ministra Środowiska, ma budżet odrębny od budżetu Ministerstwa Środowiska, a Prezes PAA jest samodzielnym dysponentem środków przyznanych PAA w ustawie budżetowej.

## Podsumowanie

W artykule opisano działania prowadzone w PAA na etapie przygotowań do decyzji o rozpoczęciu Programu Polskiej Energetyki Jądrowej podjętej w styczniu 2014 r. W kolejnych latach dalej zwiększono zatrudnienie – do poziomu 120 etatów w roku 2015, oraz intensywnie szkolono kadry dozoru w kraju i zagranicą. Środki finansowe na działalność dozorową wzrosły z 14,5 mln zł w roku 2013 do ponad 17,5 mln zł w 2017. Jeszcze w latach 2011–2013, równoległe z prowadzeniem prac nad kilkunastoma rozporządzeniami wykonawczymi do prawa atomowego zmienionego 13 maja 2011 r., departament prawny PAA współuczestniczył w pracach nad transpozycją do prawa krajowego dyrektywy 2011/70/EURATOM (tzw. „dyrektywy odpadowej”) z 19 lipca 2011 r., która wymagała kolejnych zmian w ustawie Prawo atomowe, dokonanych ustawą z 4 kwietnia 2014 r. Odpowiednie rozporządzenia wykonawcze opracowano i wydano w latach 2015–2016. Co więcej, w połowie 2014 r. rozpoczęły się także prace nad transpozycją dyrektywy 2013/59/EURATOM – tzw. dyrektywy BSS<sup>20</sup> oraz 2014/87/EURATOM – doprecyzowującej i uszczegółwiającej „dyrektywę bezpieczeństwa jądrowego” NSD.

Ponieważ, przy okazji ogłoszenia w listopadzie 2018 r. założeń Polityki Energetycznej Polski do roku 2040, potwierdzono wolę kontynuacji PPEJ, warto przytoczyć istotne stwierdzenia dotyczące dozoru jądrowego, zawarte w wersji dokumentu PPEJ przyjętego przez Radę Ministrów w styczniu 2014 r. [1] (podkreślenia autora):

„Jednym z najważniejszych wyzwań stojących przed administracją rządową w zakresie bezpieczeństwa przy założeniu kontynuacji PPEJ jest **wzmocnienie dozoru jądrowego** w takim stopniu, aby mógł on skutecznie sprawować nadzór nad bezpiecznym wprowadzaniem, a następnie funkcjonowaniem energetyki jądrowej. Dalszym **wzmocnieniem dozorowej niezależności** odpowiada-

<sup>20</sup>Dyrektywa 2013/59/EURATOM – BSS (Basic Safety Standards) z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiająca podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego i uchylająca dyrektywy 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom i 2003/122/Euratom (termin transpozycji do 6 lutego 2018 roku – niedotrzymany).

jącym wymaganiom międzynarodowym byłoby wprowadzenie obowiązku **kadencyjności Prezesa PAA oraz ograniczenie możliwości jego odwołania do enumeratywnie określonych okoliczności**. Ponadto należy rozważyć **zmianę nazwy zarówno samego organu, jak i obsługującego go urzędu**. Państwowa Agencja Atomistyki nie jest bowiem agencją wykonawczą w rozumieniu przepisów ustawy o finansach publicznych, ale urzędem obsługującym centralny organ administracji rządowej, jakim jest Prezes PAA. **Prezes PAA nie jest też odpowiedzialny za całokształt zagadnień atomistyki**, w tym za promocję energetyki jądrowej, co może sugerować dotychczasowa nazwa, a **jedynie za nadzór nad bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną, ochroną fizyczną obiektów i materiałów jądrowych oraz zabezpieczeniami materiałów jądrowych**. Kolejnym niezbędnym elementem efektywnego dozoru jądrowego jest **dostęp do adekwatnych zasobów finansowych i ludzkich**, tak aby mógł on właściwie pełnić swoją rolę. Również w tym przypadku **na Państwie ciąży obowiązek zapewnienia dozorowi jądrowemu budżetu** w wysokości odpowiedniej do skali i rodzaju wykonywanych przez niego zadań oraz adekwatnych do tego zasobów kadrowych (w wymiarze ilościowym i jakościowym). Dotyczy to także **finansowych możliwości pozyskiwania eksperckiego wsparcia z zewnątrz od specjalistycznych organizacji wsparcia technicznego**. I w tym przypadku źródłami tego obowiązku są wiążące Polskę akty prawa międzynarodowego i europejskiego. Wzrost kompetencji dozoru jądrowego nierozdzielnie wiąże się z **koniecznością rozwoju zasobów kadrowych poprzez stopniowe zwiększanie personelu oraz ciągle podnoszenie kwalifikacji pracowników**. Wykształcenie kompetentnych kadr jest długotrwałe i kosztowne. Priorytetem powinno być zatem nie tylko odpowiednie przygotowanie, ale i **zatrzymanie doświadczonego personelu w dozorcze jądrowym**, a w szczególności **uniknięcie odpływu kadr do przedsiębiorców eksploatujących elektrownie jądrowe oraz do innych gałęzi przemysłu jądrowego**. W tym celu **należy stopniowo podnosić uposażenia specjalistycznej kadry dozoru jądrowego** tak, aby docelowo, wzorem podobnych instytucji w Europie i na świecie, **poziom uposażeń pracowników dozoru porównywalny był z pensjami otrzymywanymi w przemyśle jądrowym**.

Wypełnienie zobowiązań Polski w ww. zakresie nie tylko przyczyni się do przystosowania dozoru jądrowego

do właściwego sprawowania nadzoru i kontroli nad wypełnianiem wymogów bezpieczeństwa w energetyce jądrowej, ale sprawi także, że w oczach opinii publicznej będzie on postrzegany jako **wiarygodny, bezstronny organ, którego jedynym celem jest troska o bezpieczeństwo obywateli i środowiska** w kontekście wykorzystywania promieniowania jonizującego. Bez zaufania społeczeństwa do dozoru jądrowego, jako gwaranta bezpieczeństwa, uzyskanie i utrzymanie w długoterminowej perspektywie poparcia społecznego dla energetyki jądrowej będzie niemożliwe.”

#### Notka o autorze

**Mgr inż. Maciej Jurkowski** – emerytowany wiceprezes Państwowej Agencji Atomistyki, inspektor dozoru jądrowego od 1987 roku, w latach 2008–2014 Główny Inspektor Dozoru Jądrowego, w latach 2009–2010 Przewodniczący Zespołu ds. nowelizacji ustawy Prawo atomowe.

#### Literatura

1. „Program polskiej energetyki jądrowej” – Załącznik do uchwały nr 15/2014 Rady Ministrów z dnia 28 stycznia 2014 r. (Monitor Polski, Dziennik Urzędowy Rzeczypospolitej Polskiej 2014, poz. 502).
2. M. Jurkowski, „Poland goes nuclear? Challenges to the regulatory body” – Poster&Contributed paper CN177/CP34, Proceedings of an International Conference on Effective Nuclear Regulatory Systems – Further Enhancing the Global Nuclear Safety and Security Regime, Cape Town, South Africa, December 15, 2009.
3. M. Jurkowski, „Przygotowanie Państwowej Agencji Atomistyki do Programu Polskiej Energetyki Jądrowej” – wystąpienie w imieniu Prezesa PAA na konferencji „Nukleonika na początku XXI wieku – polski program energetyki jądrowej”, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, ul. Dorodna 16, Warszawa, 9 maja 2014 r.
4. M. Jurkowski, „Wspomnienie o Wacławie Dąbku”, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna” Nr 1(95)/2014, Warszawa 2014.
5. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity – Dz. U. z 2018 r. poz. 792).
6. Nuclear safety infrastructure for a national nuclear power programme supported by the IAEA Fundamental Safety Principles – INSAG-22 / a report by the International Nuclear Safety Group, IAEA, Vienna, 2008.
7. IAEA Safety Standard Series No.SSG-16 “Establishing the safety infrastructure for a nuclear power programme”, specific safety guide IAEA, Vienna 2011.
8. Zarządzenie Ministra Środowiska nr 69 z dnia 3 listopada 2011 r. (Dz. Urz. MŚiGIOŚ nr 66).
9. Zarządzenie nr 4 Prezesa PAA z dnia 4 listopada 2011 r. w sprawie regulaminu organizacyjnego Państwowej Agencji Atomistyki (Dz. Urz. PAA Nr 2, poz. 6).

# Projekt symulacji procesu licencjonowania elektrowni jądrowej – ALEP

Michał Koc  
Państwowa Agencja Atomistyki

## Wstęp

**ALEP** (ang. *Advanced Licensing Exercise Project*) jest aktualnie jednym z priorytetowych działań Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) służących budowaniu kompetencji i zdolności organizacyjnych dozoru jądrowego. Andrzej Przybycin, Prezes PAA, zdecydował o uruchomieniu we współpracy z IAEA (Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej w Wiedniu) i NRC (Komisja Dozoru Jądrowego Stanów Zjednoczonych Ameryki) projektu ALEP w 2018 r. Celem projektu jest umożliwienie przetestowania i udoskonalenia opracowanego w PAA procesu oceny wniosku o wydanie zezwolenia na budowę elektrowni jądrowej<sup>1</sup>. Rezultatem projektu ma być podniesienie poziomu gotowości PAA jako urzędu dozoru jądrowego do wypełnienia zadań nałożonych na PAA przez Radę Ministrów w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej<sup>2</sup>. Projekt ALEP jest przykładem działania realizującego zasadę ciągłego doskonalenia, immanentną cechą wysokiej kultury bezpieczeństwa jądrowego [1], [2].

## 1. Geneza projektu ALEP w kontekście Programu Polskiej Energetyki Jądrowej

Projekt ALEP wpisuje się w ciąg działań PAA podjętych po ogłoszeniu w 2009 r. przez Radę Ministrów zamiaru uruchomienia programu energetyki jądrowej w Polsce<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> System zezwoleń dla elektrowni jądrowej jest zdefiniowany w rozdz. 4 ustawy Prawo atomowe, w szczególności patrz art. 39. ust. 1 (Dz. U. 2018, poz. 792, 1669).

<sup>2</sup> PPEJ został przyjęty przez Radę Ministrów jako program wieloletni (M.P. 2014, poz. 502).

<sup>3</sup> Uchwała Nr 4/2009 Rady Ministrów z dnia 13 stycznia 2009 r.

<sup>4</sup> Misja Państwowej Agencji Atomistyki, dostępne: [http://paa.gov.pl/strona-26-misja\\_wizja\\_i\\_strategia\\_dzialania.html](http://paa.gov.pl/strona-26-misja_wizja_i_strategia_dzialania.html)

<sup>5</sup> Art. 110 pkt 6 ustawy Prawo atomowe (Dz. U. 2018, poz. 792, 1669).

## Rola PAA jako dozoru jądrowego

W celu wyjaśnienia roli PAA w programie jądrowym istotne jest przywołanie funkcji PAA w krajowym systemie administracyjnym. Agencja ma zasadniczo jedno zadanie – pełni funkcję urzędu dozoru jądrowego, który poprzez działania regulacyjne i kontrolne dąży do zapewnienia, by wszelkie działania na terenie Polski mogące powodować narażenie na promieniowanie jonizujące były prowadzone w sposób bezpieczny dla pracowników, społeczeństwa i środowiska<sup>4</sup>. Mandat PAA do nadzorowania bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej jest sankcjonowany przez państwo polskie poprzez ustawę Prawo atomowe z 2000 r., która nadaje Prezesowi PAA status centralnego organu administracji rządowej właściwego w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (tzw. bj i or). Jednocześnie przepisy prawa jasno wytyczają granicę między państwowymi organami dozoru jądrowego a organami administracji realizującymi politykę państwa w zakresie wykorzystania promieniowania do celów pokojowych (czyli w nauce, medycynie, przemyśle, energetyce i innych branżach) – takim organem jest Minister Energii. PAA zachowuje rolę neutralną i nie uczestniczy w działaniach promujących technologie jądrowe, gdyż to klóciłoby się z funkcją niezależnego organu kontrolującego<sup>5</sup>.

## Zasada niezależności

PAA z założenia nie uczestniczy bezpośrednio we wdrażaniu projektu budowy polskich elektrowni jądrowych, lecz rozszerza swoją funkcję dozoru jądrowego na przyszłe

## Mapa drogowa realizacji ALEP

### ETAP 1

Mapowanie kompetencji i zasobów PAA dla przeprowadzenia licencjonowania elektrowni jądrowej

Uzupełnianie zbioru wymogów bezpieczeństwa, procedur i wytycznych oceny dozоровej „POLREG”

### ETAP 2

Symulowana ocena dozоровa próbnego wniosku o wydanie zezwolenia na budowę elektrowni jądrowej

Ćwiczenie weryfikujące efektywność procesu licencjonowania elektrowni jądrowej

### ETAP 3

Przygotowanie raportu zawierającego wnioski z ćwiczenia

Opracowanie planu działań dla wdrożenia wniosków z ALEP

Mapa drogowa realizacji ALEP.

obiekty energetyki jądrowej. Jest to działanie wspierające politykę rozwoju państwa, lecz nienaruszające funkcji bezstronnego organu kontrolującego.

## Rola dozoru jądrowego w programie jądrowym

Charakterystyczną cechą roli dozoru jądrowego w programie jądrowym jest konieczność podjęcia szeregu działań już na wstępnym etapie programu jądrowego, co najmniej na kilka lat przed faktycznym uruchomieniem budowy pierwszej elektrowni jądrowej. Do takich działań dozoru należy zaliczyć przygotowanie zmian w prawie, które zagwarantują, że wybrana technologia jądrowa spełni wysokie wymagania bezpieczeństwa i przyszła elektrownia jądrowa zostanie zgodnie z tymi wymogami zbudowana i eksploatowana. Dozór musi się w tym okresie przygotować organizacyjnie i kompetencyjnie, by być gotowym do zweryfikowania, czy planowana inwestycja spełni ustanowione wymagania bezpieczeństwa. Następnie, przez cały okres aż do uruchomienia elektrowni jądrowej dozór będzie pilnował, by wszystkie wymagania bezpieczeństwa zostały prawidłowo wdrożone w procesie realizacji inwestycji. Wymaga to stworzenia odpowiednich procedur i zapewnienia wysoko wykwalifikowanej kadry dozoru jądrowego. Taki proces budowy zdolności organizacyjnych i kompetencyjnych trwa bardzo długo ze względu na wysoki poziom zaawansowania technologii jądrowej oraz relatywny

brak doświadczeń krajowych w branży energetyki jądrowej<sup>6</sup>.

## Działania PAA w odniesieniu do PPEJ

PAA bardzo szybko odpowiedziała na decyzję Rządu o przygotowaniu programu energetyki jądrowej. Już w 2009 r. został określony plan niezbędnych działań do podjęcia przez dozór jądrowy. W pierwszym etapie przygotowano kompleksową zmianę ustawy – Prawo atomowe i kilkanaście rozporządzeń wykonawczych do ustawy – zmiana ustawy została przyjęta w 2011 r., a rozporządzenia wykonawcze sukcesywnie między 2011 a 2013 r. Drugim etapem była rozbudowa organizacji i zasobów ludzkich PAA koniecznych do realizacji nowych zadań dozoru jądrowego. Razem z przyjęciem zmiany Prawa atomowego w 2011 r. PAA uzyskała dodatkowe 39 etatów, które zostały niemal w całości obsadzone do 2014 r. Następnie realizowane były działania mające przygotować organizacyjnie i kompetencyjnie urząd do przeprowadzenia procesu licencjonowania pierwszej elektrowni jądrowej. Zostały opracowane stosowne procedury i instrukcje, a zatrudnionym pracownikom zaoferowano intensywny program budowy kompetencji.

## Audyt międzynarodowy i krajowy

Przygotowania PAA do roli dozoru jądrowego w PPEJ były kontrolowane przez krajowe i międzynarodowe instytucje. W 2013 r. PAA przyjęła misję ekspercką Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, przeprowadzającą tzw. zintegrowane przeglądy dozoru jądrowych (IRRS, ang. *Integrated Regulatory Review Service*), która dokonała kompleksowego przeglądu systemu dozoru jądrowego w Polsce, w tym pod kątem gotowości do programu jądrowego. Wdrożenie rekomendacji z misji IRRS zostało zweryfikowane przez drugą misję IRRS w 2017 r., która potwierdziła, że PAA spełniła wszystkie rekomendacje i w bardzo dobry sposób prowadzi przygotowania do PPEJ [3]. Na gruncie krajowym przygotowania PAA do PPEJ zostały skontrolowane przez Najwyższą Izbę Kontroli w 2012 i 2016 r. Kontrole NIK również potwierdziły prawidłowość działań PAA, czego dowodem był brak jakichkolwiek zaleceń pokontrolnych w 2016 r. [4].

## Dalsze etapy przygotowań PAA do PPEJ

Zrealizowanie przez PAA opisanych działań przygotowawczych do PPEJ pozwoliło na stworzenie systemu dozoru jądrowego dla energetyki jądrowej, lecz nie zakończyło procesu budowy kompetencji i zdolności organizacyjnych PAA. Przed PAA nadal stoi wyzwanie przeprowadzenia

<sup>6</sup> Polska zgromadziła duży kapitał wiedzy i zaplecze naukowo-badawcze, a także przemysłowe w latach 80. podczas budowy elektrowni Żarnowiec. Przez 20 lat, do czasu decyzji w 2009 r. o powrocie do programu jądrowego, znaczna część krajowego potencjału jądrowego została utracona.



Zdjęcie PAA: Warsztat ALEP nr 1 z udziałem międzynarodowych ekspertów, Warszawa, 27–31 sierpnia 2018 r.

wieloletniego procesu licencjonowania elektrowni jądrowej, w trakcie którego kilkudziesięcioosobowy zespół PAA będzie przez wiele miesięcy weryfikował prawidłowość dokumentacji technicznej i kontrolował działania inwestora. Wobec tego, że taki proces zostanie zrealizowany po raz pierwszy w Polsce, PAA nie dysponuje doświadczeniem w realizacji tych zadań ani nie ma możliwości pozyskania takich doświadczeń na rynku krajowym. Wypełnienie takiej luki wymaga podjęcia dodatkowych działań w celu budowania i doskonalenia kompetencji.

#### Wykorzystanie programów międzynarodowych w budowie kompetencji dozorowych PAA

Wobec braku krajowego kapitału wiedzy niezbędne jest pozyskiwanie wiedzy i doświadczeń z udziałem partnerów międzynarodowych. PAA od wielu lat współpracuje z Międzynarodową Agencją Energii Atomowej oraz z dozorami krajów sąsiadujących. Przygotowania do programu jądrowego skłoniły PAA do rozszerzenia kręgu partnerów międzynarodowych oraz zainicjowania bardziej zaawansowanych form współpracy, dostosowanych do nowych wyzwań PAA. W 2012 r. PAA uruchomiła specjalny wieloletni projekt współpracy technicznej POL-PAA, realizowany w cyklach dwuletnich we współpracy z IAEA. W ramach POL-PAA realizowany jest program szkoleń, warsztatów i misji międzynarodowych dla pracowników PAA. Kolejnym projektem dostosowanym do potrzeb rozwojowych PAA jest rozpoczęty w 2015 r. projekt staży stanowiskowych dla pracowników PAA w zagranicznych dozorach jądrowych OJT-PAA (ang. *On-the-Job-Training*). Dzięki projektowi OJT-PAA przez 3 lata udało się zapewnić 23 pracownikom merytorycznym PAA łącznie ponad 80 miesięcy praktycznego szkolenia i obserwacji na

żywo, jak pracownicy zagranicznych urzędów dozoru jądrowego wykonują zadania nadzoru i kontroli nad elektrowniami jądrowymi. Doświadczenia zebrane przez nich podczas realizacji projektów POL-PAA i OJT-PAA umożliwiły opracowanie przy ich współpracy projektu ALEP, który stanowi zaawansowaną formę budowania gotowości dozoru jądrowego do procesu licencjonowania pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce.

## 2. Idea i korzyści projektu ALEP

#### Wyzwania związane z licencjonowaniem nowych obiektów jądrowych

Pomysł projektu ALEP opiera się na prostym założeniu: w ramach przygotowań do PPEJ został opracowany przez PAA system licencjonowania elektrowni jądrowej oparty na weryfikacji spełnienia wymogów bezpieczeństwa przez inwestora, jednak do czasu otrzymania wniosku od inwestora o decyzję dozoru jądrowego będzie to system niesprawdzony w praktyce.

Zastosowanie procesu licencjonowania po raz pierwszy będzie wyzwaniem organizacyjnym i kompetencyjnym. Do zobrazowania skali przedsięwzięcia warto wziąć pod uwagę, że dokumentacja techniczna wniosku o zezwolenie dla elektrowni jądrowej może liczyć kilka tysięcy stron, a załączniki do wniosku mogą stanowić wielokrotność jego objętości, zaś znacznie bardziej zaawansowane dozory jądrowe wydają licencje dla elektrowni jądrowej po przeprowadzeniu co najmniej kilkuletniej oceny dozorowej, angażując do takiego procesu rozbudowane zespoły doświadczonych analityków i inspektorów o niejednokrotnie trzycyfrowej liczbie uczestników.



## ALEP – proaktywne i wyprzedzające działanie

W odpowiedzi na to wyzwanie w PAA powstała idea podjęcia działania wyprzedzającego – przetestowania systemu licencjonowania elektrowni jądrowej jeszcze przed złożeniem przez inwestora wniosku do PAA o wydanie zezwolenia dla pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce<sup>7</sup>. Taki test miałby charakter ćwiczenia, przeprowadzonego przez zespół PAA wspólnie ze strategicznym partnerem zagranicznym, podczas którego zostałby zasymulowany proces oceny wniosku inwestora i dokumentacji technicznej dla elektrowni jądrowej oraz wydanie decyzji dozоровej.

### Korzyści projektu

Ćwiczenie pozwoli na weryfikację funkcjonowania systemu licencjonowania i systemu wymogów dozоровych, a w rezultacie umożliwi zidentyfikowanie działań doskonalących procedury i przepisy. Drugą kluczową korzyścią z realizacji takiego ćwiczenia będzie nabycie wyjątkowego doświadczenia merytorycznego przez zbudowany w PAA kilkudziesięcioosobowy zespół analityków i inspektorów dozoru jądrowego, który przeprowadzi w przyszłości prawdziwą ocenę dozоровą podczas licencjonowania pierwszej polskiej elektrowni jądrowej. Trzecią ważną korzyścią będzie budowanie silnej kultury bezpieczeństwa w dozore jądrowym – projekt ma w założeniu sprzyjać współpracy horyzontalnej, wzmocnić kulturę organizacji uczącej się i doskonalącej, wpłynąć pozytywnie na indywidualną gotowość do zadawania pytań, badań i odpowiedzialności za bezpieczeństwo, wreszcie rozszerzyć bazę wiedzy w PAA.

Finalną korzyścią z takiego ćwiczenia będzie wydatne zwiększenie poziomu gotowości dozoru jądrowego do kolejnych etapów PPEJ – wybór technologii, licencjonowanie i budowa EJ.

## 3. Przygotowanie projektu ALEP do uruchomienia

### Propozycja projektu

Idea przeprowadzenia ćwiczenia procesu licencjonowania elektrowni jądrowej została po raz pierwszy przedstawiona przez PAA w 2016 r. podczas spotkania Forum Współpracy Dozоровej RCF (ang. *Regulatory Cooperation Forum*)<sup>8</sup>. PAA zaproponowała, by ćwiczenie nawiązywało do filozofii brytyjskiego procesu GDA (ang. *Generic Design Assessment*)<sup>9</sup>, podczas którego brytyjski urząd dozoru jądrowego ONR (ang. *Office of Nuclear Regulation*) ocenia bezpieczeństwo wybranych technologii elektrowni jądrowej,

wych, jeszcze zanim inwestor zwróci się o zezwolenie na budowę elektrowni jądrowej w konkretnej lokalizacji. Celem PAA była, tak jak w procesie GDA, wyprzedzająca ocena technologii, z tą różnicą, że w przypadku PAA byłoby to ćwiczenie, a w przypadku ONR jest to procedura kończąca się wydaniem oficjalnej opinii dozоровej nt. danej technologii. Propozycja PAA uzyskała pozytywną opinię członków RCF i otrzymała roboczą nazwę GDAE (ang. *General Design Assessment Exercise*).

### Pozyskanie partnerów międzynarodowych

PAA przeprowadziła bilateralne rozmowy i negocjacje w celu pozyskania strategicznego partnera zagranicznego, który miałby doświadczenie w ocenie technologii reaktorowych i mógłby doradzać PAA przy realizacji projektu. Rozmowy, ze wsparciem sekretariatu RCF i IAEA, toczyły się z dozorem brytyjskim ONR i amerykańskim NRC (ang. *Nuclear Regulatory Commission*). W 2017 r. PAA uzgodniła z dozorem amerykańskim NRC i RCF/IAEA przeprowadzenie oceny możliwości wdrożenia projektu z udziałem ekspertów – emerytowanych menedżerów licencjonowania NRC i ONR. W listopadzie 2017 r. został zorganizowany przez PAA tzw. warsztat „0”, z udziałem kilkunastoosobowego zespołu merytorycznego PAA i grupy zagranicznych ekspertów z USA i Wielkiej Brytanii. Rezultatem warsztatu „0” było opracowanie założeń realizacji projektu oraz przyjęcie oficjalnej nazwy projektu: *Advanced Licensing Exercise Project (ALEP)*<sup>10</sup>.

### Uruchomienie projektu

Wraz z początkiem 2018 r. PAA uzyskała od NRC deklarację zaangażowania w projekt ALEP poprzez amerykański program wsparcia IRDP (ang. *International Regulatory Development Program*) oraz wsparcie IAEA z wykorzystaniem mechanizmu Programu Współpracy Technicznej (ang. *Technical Cooperation Programme*). W czerwcu 2018 r. ukonstytuował się zespół ALEP w PAA i rozpoczęła się realizacja projektu. W dniach 27-31 sierpnia 2018 r. został zrealizowany w Warszawie pierwszy warsztat ALEP.

## 4. Założenia implementacji ALEP

### Zespół projektowy

Jednym z kluczowych założeń projektu jest umożliwienie pracownikom PAA zdobycia doświadczenia w pracy w dużym zespole licencjonującym, współpracującym przy

<sup>7</sup> PAA od czasu przyjęcia PPEJ w 2014 r. oczekuje na dalsze decyzje rządu i inwestora prowadzące do wyboru technologii jądrowej i rozpoczęcia procesu licencjonowania i budowy elektrowni jądrowej.

<sup>8</sup> RCF jest stowarzyszeniem pod auspicjami IAEA, zrzeszającym dozory jądrowe z krajów wdrażających energetykę jądrową oraz krajów posiadających zaawansowane programy jądrowe.

<sup>9</sup> Patrz: <http://www.onr.org.uk/new-reactors/background.htm>

<sup>10</sup> Tłum. „Projekt symulacji procesu licencjonowania elektrowni jądrowej”.

ocenie realnego wniosku o zezwolenie Prezesa PAA na budowę elektrowni jądrowej. Opierając się na tym założeniu, stworzono interdyscyplinarny zespół grupujący około 30 pracowników z pięciu departamentów PAA. Z zespołem PAA stale współpracuje zespół trzech ekspertów zagranicznych, byłych menedżerów dozoru amerykańskiego NRC i brytyjskiego ONR oraz IAEA.

### Horyzont czasowy i mechanizm wdrażania

Projekt będzie wdrażany przez około 2 lata, od 2018 do 2020 r. W tym czasie członkowie zespołu PAA będą uczestniczyli w ALEP na zasadzie ciągłego działania, w układzie tygodniowych odcinków planowania i raportowania pracy oraz regularnych spotkań monitoringowych zespołu odbywających się co kilka tygodni. Dla każdego z trzech etapów projektu zostanie zorganizowany tygodniowy warsztat z udziałem ekspertów zagranicznych. W trakcie warsztatów zostaną omówione z ekspertami efekty wypracowane przez zespół PAA oraz zaplanowane kolejne działania. W okresach między warsztatami zagraniczni eksperci będą otrzymywać i opiniować z użyciem środków komunikacji elektronicznej wypracowywane przez zespół PAA efekty działania.

### Zarządzanie projektem

Projekt jest zarządzany kolegiąlnie przez grupę liderów, tworzoną przez zaangażowanych w projekcie dyrektorów departamentów i naczelników wydziałów w PAA<sup>11</sup>. Autor artykułu pełni funkcję menedżera wykonawczego projektu. Sponsorem projektu jest Prezes PAA.

### Rozwojowy charakter projektu

Projekt ALEP został uruchomiony z określonym celem, lecz bez szczegółowo znanych środków realizacji. Z tego względu ma charakter projektu kroczącego, tzn. wraz z postępem kolejnych etapów zespół ALEP uczy się, w jaki sposób może zrealizować cele projektu i identyfikuje wnioski umożliwiające uszczegółowianie planów kolejnych etapów.

## 5. Mapa drogowa realizacji ALEP

Projekt ALEP opiera się na 3 etapach wdrożeniowych, dla każdego etapu jest przewidziane wypracowanie 2 kluczowych zadań:

### Etap 1 – Przygotowanie PAA do symulacji licencjonowania

**Produkt 1.** „*Licensing Capabilities Matrix*” – mapa kompetencji i zasobów PAA do przeprowadzenia licencjonowania EJ.

Przy przygotowaniu tego zadania zostanie przeprowadzona samoocena PAA w zakresie posiadanych zasobów organizacyjnych i ludzkich, przepisów, procedur i instrukcji wewnętrznych, zapotrzebowania i dostępności zewnętrznych zasobów eksperckich (ang. *technical support organizations*).

**Produkt 2.** „*POLREG*”- zbiór wymogów bezpieczeństwa, procedur i wytycznych oceny dozorowej.

Na podstawie mapy kompetencji i zasobów zostanie przeprowadzona analiza porównawcza polskiego systemu wymagań dozorowych<sup>12</sup> z wybranymi systemami zagranicznymi. W wybranym zakresie zostaną przygotowane wewnętrzne wytyczne dla pracowników PAA zawierające instrukcje dokonywania oceny dozorowej dla poszczególnych części dokumentacji technicznej EJ.

### Etap 2 – Symulacja procesu licencjonowania

**Produkt 3.** Symulowana ocena dozorowa próbnego wniosku o wydanie zezwolenia na budowę EJ.

Na podstawie mapy zasobów dozorowych i zbioru regulacji POLREG zostanie przeprowadzona symulacja oceny dozorowej. Ocenie będzie podlegać wniosek o zezwolenie na budowę dla elektrowni jądrowej, dla wykreowanej na potrzeby ćwiczenia technologii „PL1000”. Dokumentacja wniosku będzie wykorzystywać wyselekcjonowaną dokumentację dla jednej z istniejących technologii reaktorów generacji 3+ opublikowaną w ramach procesów licencjonowania zrealizowanych w USA i Wielkiej Brytanii<sup>13</sup>. Uwzględniając ograniczenia czasowe i zasoby ludzkie, ocena będzie się skupiać na wybranych rozdziałach Wstępnego Raportu Bezpieczeństwa<sup>14</sup>. Zespół PAA oceni spełnienie polskich wymogów bezpieczeństwa przez symulowany wniosek i sporządzi raport z oceny bezpieczeństwa oraz raport zawierający spostrzeżenia z realizacji oceny.

**Produkt 4.** Ćwiczenie weryfikujące efektywność procesu licencjonowania EJ.

<sup>11</sup> W projekt zaangażowane są następujące departamenty PAA: Departament Bezpieczeństwa Jądrowego, Departament Ochrony Radiologicznej, Departament Prawny, Centrum Zdarzeń Radiacyjnych, Gabinet Prezesa.

<sup>12</sup> Na zbiór POLREG składają się przepisy ustawy Prawo atomowe, rozporządzeń wykonawczych, zaleceń organizacyjno-technicznych Prezesa PAA, procedury i instrukcje wewnętrzne PAA.

<sup>13</sup> Mowa o procesach licencjonowania: *Design Certification* (USA), *Combined License* (USA) i *Generic Design Assessment* (Wielka Brytania).

<sup>14</sup> Raport Bezpieczeństwa jest podstawowym dokumentem przekazywanym do oceny dozorowi jądrowemu. Zakres raportu bezpieczeństwa określa Załącznik do Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu przeprowadzania analiz bezpieczeństwa przed wystąpieniem z wnioskiem o wydanie zezwolenia na budowę obiektu jądrowego oraz zakresu wstępnego raportu bezpieczeństwa dla obiektu jądrowego (Dz. U. 2012, poz. 1043).

Po zakończeniu symulowanej oceny dozоровej zostanie zrealizowany warsztat z udziałem zagranicznych ekspertów, w trakcie którego zostaną przeanalizowane rezultaty oceny. Zostanie również przeprowadzone ćwiczenie symulujące zarządzanie całym procesem oceny i wydawania decyzji o zezwoleniu na budowę EJ, z uwzględnieniem realizacji harmonogramu oraz interakcji wewnętrznych i zewnętrznych w trakcie procesu.

### Etap 3 – Analiza wniosków z symulacji licencjonowania

#### **Produkt 5.** Raport zawierający wnioski z ćwiczenia ALEP.

Po zakończeniu ćwiczenia symulacyjnego zostaną sformułowane wnioski zidentyfikowane w trakcie ćwiczenia, zebrane w raport, który zostanie przedstawiony kierownikowi i pracownikom PAA.

#### **Produkt 6.** Plan działań wdrażających wnioski z ćwiczenia ALEP.

Raport z ćwiczenia ALEP zostanie wykorzystany do opracowania planu działań doskonalących i usprawniających proces licencjonowania EJ przez dozór jądrowy.

Zgodnie z ustaleniami z Forum Współpracy Dozоровej RCF doświadczenia uzyskane z realizacji projektu ALEP zostaną udostępnione przez PAA innym zainteresowanym dozorem z krajów wdrażających energetykę jądrową.

## Zakończenie

Projekt ALEP jest kompleksowym działaniem rozwojowym, które w przypadku sukcesu będzie silnie wspierać

realizację wizji nowoczesnego urzędu dozoru jądrowego, cieszącego się autorytetem, zaufaniem i sympatią społeczeństwa, partnerów instytucjonalnych i własnych pracowników. Jednakże niezależnie od tego, jakie będą dalsze losy projektu ALEP, uruchomienie takiego przedsięwzięcia jest niewątpliwie dowodem na osiągnięcie przez PAA znacznej dojrzałości w przygotowaniach do pełnienia funkcji dozoru jądrowego dla energetyki jądrowej.

### Notka o autorze

**Michał Koc** – magister stosunków międzynarodowych UW, absolwent studiów podyplomowych zarządzania na Akademii Leona Koźmińskiego oraz prawa międzynarodowego na Wydziale Prawa i Administracji UW. Urzędnik służby cywilnej, pracownik PAA od 2007 r. Zajmował szereg stanowisk, od podreferendarza do naczelnika wydziału w Departamencie Współpracy z Zagranicą i Integracji Europejskiej, Departamencie Prawnym i Gabinetie Prezesa. Odbił 2-miesięczny staż dla inspektorów dozoru jądrowego we Francji. Obecnie jest zastępcą dyrektora w Gabinetie Prezesa.

### Literatura

1. IAEA Safety Series No. 75 INSAG-4, 1991
2. NEA OECD The Safety Culture of an Effective Nuclear Regulatory Body, 2016.
3. Raport misji IRRS 2013 r., raport misji IRRS follow-up 2017 r.; dostępne: [http://paa.gov.pl/strona-61-przeglad\\_irrs.html](http://paa.gov.pl/strona-61-przeglad_irrs.html)
4. Wystąpienie pokontrolne NIK nr KGP-4101-05-02/2012; wystąpienie pokontrolne NIK nr KGP.410.005.02.2017; dostępne: <http://www.bip.paa.gov.pl/paa/kontrolne/wyniki-kontroli-przepro/9622,Kontrolne-przeprowadzane-przez-NIK.html>

# Energetyka jądrowa na świecie – stan w końcu 2018 roku

Mateusz Piotr Sikora  
Państwowa Agencja Atomistyki

## Wprowadzenie

17 września 2018 r. rozpoczynała się 62. Konferencja Generalna Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) w Wiedniu, w której uczestniczyła również Polska delegacja. Coroczne międzynarodowe spotkania są okazją do wymiany krajowych doświadczeń oraz do poruszenia kwestii związanych z bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną. Konferencja Generalna to bardzo ważny punkt dla całej branży jądrowej, dla logistyki materiałów promieniotwórczych, a także co do postępowania z odpadami promieniotwórczymi.

Również 17 września 2018 r. amerykański gigant energetyczny Exelon Generation Co. LLC poinformował o wyłączeniu najstarszego z dotychczas eksploatowanych na terenie Stanów Zjednoczonych Ameryki reaktorów wrzących (BWR- *Boiling Water Reactor*), znajdującego się w elektrowni Oyster Creek w Forked River (New Jersey). Jednostka o mocy 670 MW<sub>e</sub> była pierwszym komercyjnym reaktorem wrzącym tzw. generacji 2, typ BWR/2 z obudową bezpieczeństwa MK-1 (*Mark-1 containment*) produkcji General Electric. Elektrownia jądrowa Oyster Creek otrzymała licencję na eksploatację w kwietniu 1969 r., a komercyjną produkcję energii elektrycznej rozpoczęła 1 grudnia 1969 r.<sup>1</sup> W ciągu 49 lat swojej eksploatacji ten pojedynczy reaktor pozwolił wyprodukować około 200 milionów MWh<sup>2</sup> (ok. 200 TWh), czyli średnio rocznie około 4,1 TWh. Dla porównania, produkcja energii elektrycznej netto w 2017 r. w elektrowni Bełchatów (13 bloków energetycznych o łącznej mocy 5298 MW), największej w Polsce elektrowni konwencjonalnej opalanej węglem brunatnym osiągnęła wielkość 32,3 TWh<sup>3</sup>. Prosty rachunek wskazuje, że do produkcji tej ilości energii rocznie wystarczyłoby 8 reaktorów starego typu, o stosunkowo niewielkiej

mocy w porównaniu ze współcześnie oddawanymi do eksploatacji blokami jądrowymi o ponad dwukrotnie większej mocy. Innymi słowy 3-4 współczesne reaktory mogłyby zastąpić całą obecną produkcję energii elektrycznej elektrowni Bełchatów przez co najmniej 50 lat. Oczywiście pod warunkiem, że nie uległyby awarii. W efekcie wyłączenia reaktora Oyster Creek na terenie Stanów Zjednoczonych Ameryki pracuje obecnie 98 reaktorów w 59 elektrowniach jądrowych, nadal przewodząc zestawieniu krajów z największą liczbą reaktorów w jednym kraju.

W drugiej połowie roku 2018 pojawiły się ciekawe publikacje podsumowujące dokonania sektora energetyki jądrowej na świecie: przegląd energetyki jądrowej NPO-2018 [1] opublikowany w lipcu przez U.S. EIA (*Energy Information Administration*), raport o stanie sektora jądrowego na świecie WNPR-2018 [2] – wydany w sierpniu przez WNA (*World Nuclear Association*), jądrowe reaktory energetyczne na świecie – NPRW-2018 [3], opublikowany we wrześniu przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (IAEA), raport z września 2018 o stanie przemysłu jądrowego WNISR-2018 [4] oraz raport MITEI (*Massachusetts Institute of Technology Energy Initiative*) o przyszłości energetyki jądrowej w świecie przywiązanym do węgla FNECCW [5].

W artykule przedstawiono najważniejsze zawarte w nich informacje oraz dokonano analizy ww. raportów.

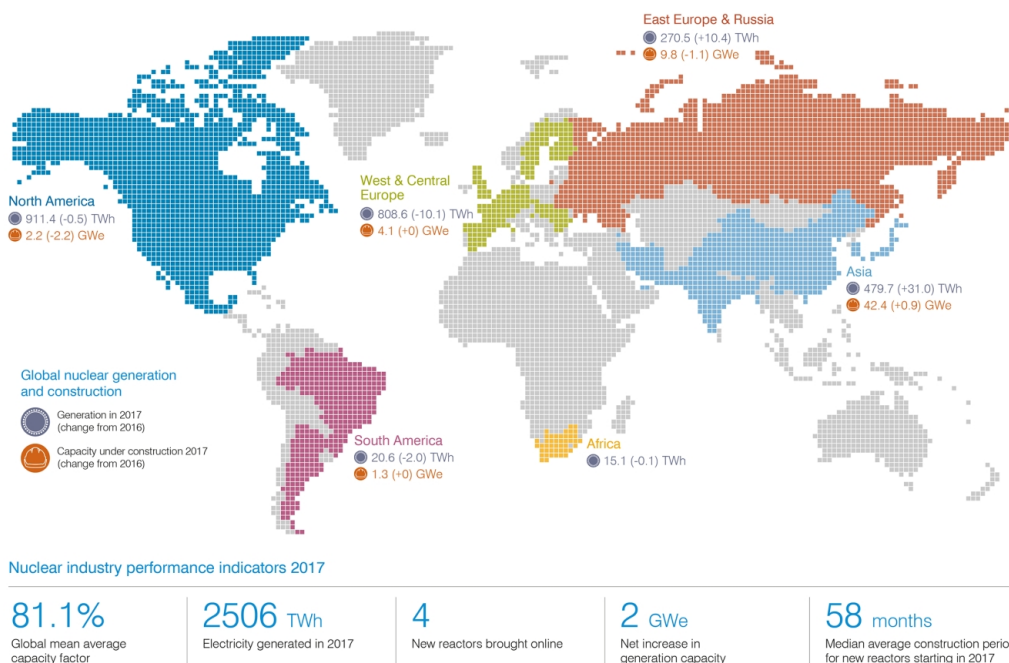
## Jądrowe moce wytwórcze na świecie

Do końca 2017 r. na świecie działało, było dostępnych (*operational*), 448 reaktorów o łącznej mocy 392 GW<sub>e</sub> (rys. 1). W porównaniu do 2016 r. to wzrost netto o 2 GW<sub>e</sub>. Cztery reaktory o łącznej mocy 3025 MWe zostały wy-

<sup>1</sup> <https://www.eia.gov/todayinenergy/detail.php?id=37055>

<sup>2</sup> <https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/latest-news/electric-power/091718-exelon-generation-permanently-shuts-oyster-creek-nuclear>

<sup>3</sup> <https://pgegiel.pl/Nasze-oddzialy/Elektrownie/Elektrownia-Belchatow>



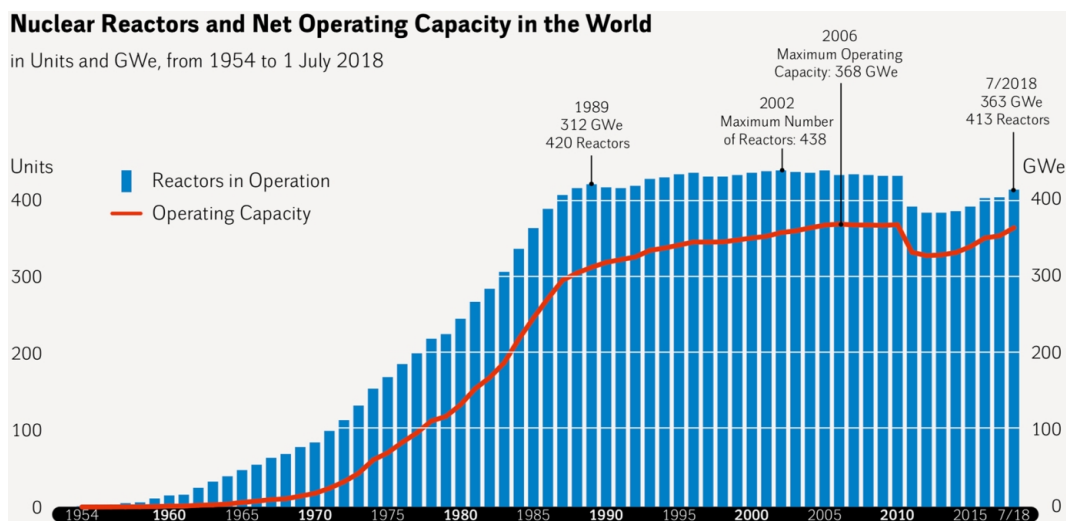
Rys. 1. Produkcja energii elektrycznej z elektrowni jądrowych oraz nowe budowane jednostki (źródło: WNA2018).

łączone, przechodząc do fazy likwidacji (*decommissioning*), natomiast kolejne 4 reaktory o łącznej mocy 3373 MWe zostały przyłączone do sieci (*grid connection*), a średni czas budowy dla tych reaktorów wyniósł 58 miesięcy. Ponadto rozpoczęto 4 budowy nowych jednostek, 2 projekty zostały zatrzymane, a 59 reaktorów pozostawało w fazie budowy.

Według danych PRIS [6] na koniec września 2018 r. 31 krajów na świecie dysponowało działającymi komercyjnymi elektrowniami jądrowymi z łączną liczbą 454 reaktorów<sup>4</sup>. Przyłączono do sieci 7 nowych reaktorów, w tym pierwszy francuski reaktor EPR (*European Pressurized Reactor*) w elektrowni Taishan w Chinach oraz pierwszy amerykański AP1000 w elektrowni Sanmen również w Chi-

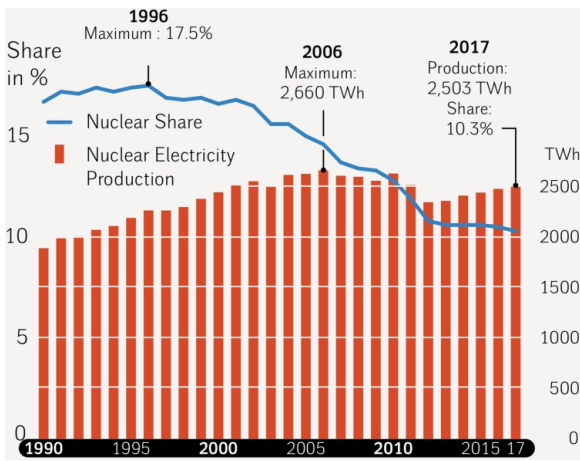
nach. Jeden reaktor został wyłączony (wspomniany we wstępie Oyster Creek), przechodząc do fazy likwidacji, a rozpoczęto budowę 3 reaktorów, w Turcji (Akkuyu-1), Bangladeszu (Rooppur-2) i Rosji (Kurks-2-1). Jednakże, na początku lipca 2018 r. produkowało energię elektryczną na świecie tylko 413 reaktorów o łącznej mocy 363 GWe. Nie pracowało 41 reaktorów pozostających w stanie długotrwałego wyłączenia LTOs (*Long-Term Outages*), głównie w Japonii. Nie jest to zaskakująca liczba, dla porównania w 1989 r. pracujących reaktorów było na świecie 420, a w 2002 r. – 438 (rys. 2).

Według WNPR2018 dostępne reaktory w 2017 r. wyprodukowały około 2503 TWh energii elektrycznej (EE) (rys. 3). Jest to wzrost produkcji o 1% (ok. 26 TWh)

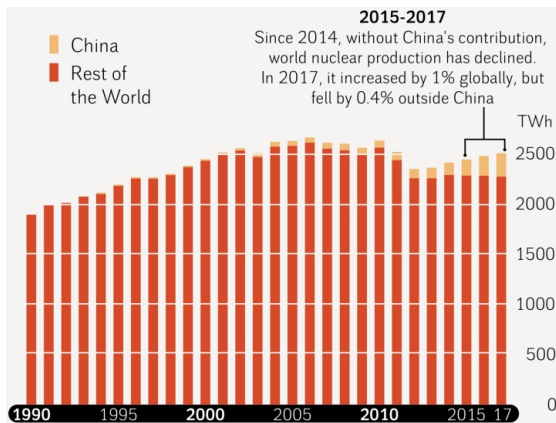


Rys. 2. Dostępne na świecie reaktory produkujące energię elektryczną (źródło: WNISR-2018). W danych na rysunku nie uwzględniono reaktorów pozostających w wyłączeniu, tzw. *Long-Term Outages* (LTOs) np. w Japonii.

<sup>4</sup> <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx> – dostęp na 30.09.2018.



Rys. 3. Produkcja energii elektrycznej z elektrowni jądrowych na świecie 1990–2017 wyrażona w TWh (netto) i jej procentowy udział w wytwarzaniu energii elektrycznej (brutto) (źródło: WNISR-2018).



Rys. 4. Produkcja energii elektrycznej z elektrowni jądrowych na świecie i w Chinach 1990–2017 wyrażona w TWh (netto) (źródło: WNISR-2018).

w porównaniu do 2016 r., lecz jest to nadal mniej o 4% w odniesieniu do rekordowej produkcji na poziomie 2660 TWh w 2006 r. Od lat spada natomiast procentowy udział energetyki jądrowej w wytwarzaniu energii elektrycznej na świecie (rys. 3). Trend spadkowy utrzymuje się od historycznego *peaku* w 1996 r., kiedy to udział ten wynosił 17,5% przy produkcji na poziomie około 2300 TWh. Od 2010 r. udział utrzymuje się na poziomie 10%, a na koniec 2017 r. wyniósł 10,3% przy produkcji na poziomie 2503 TWh.

Podobnie jak w ubiegłych latach, tzw. wielka piątka, czyli Stany Zjednoczone Ameryki, Francja, Chiny, Rosja i Korea Południowa, wyprodukowały około 70% światowej energii elektrycznej z atomu. Natomiast tylko Stany Zjednoczone Ameryki i Francja odpowiadają za produkcję około 47,5%. Analizując zebrane dane, wynika, że bez wzrostu wytwarzania energii elektrycznej w Chinach na przestrzeni ostatnich 3 lat światowa produkcja energii elektrycznej z elektrowni jądrowych zanotowałaby spadek (rys. 4). Produkcja energii jądrowej w Chinach wzrosła o 18% w 2017 r., co w efekcie spowodowało wzrost do

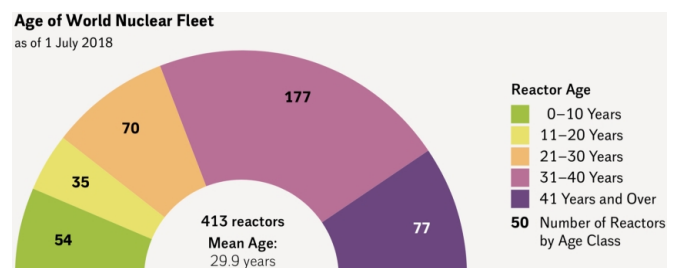
3,9% (z 3,6%) jej udziału w chińskim „miksie” energetycznym. Należy także podkreślić, że to głównie dzięki Chinom wyraźnie zauważalne jest na świecie odbicie produkcji energii jądrowej po awarii w elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi spowodowanej trzęsieniem ziemi i falą tsunami, która wydarzyła się 11 marca 2011 r. Japonia także stopniowo wraca do ponownego włączania reaktorów jądrowych (obecnie już 8 reaktorów produkuje energię elektryczną). W 2017 r. udział atomu w krajowym „miksie” energetycznym wynosił tylko 3,6%, lecz przed awarią w Fukushima udział ten wynosił 30%.

### Starzejący się technologiczny park jądrowy

Brak znaczących zmian w światowej strukturze wytwarzania EE powoduje, że średnia wieku aktualnie dostępnych jednostek wytwórczych wzrasta. Obecnie średni wiek reaktora (wykluczając reaktory pozostające w LTOs) wynosi około 30 lat. Prawie 60% z 254 reaktorów produkujących energię elektryczną pracuje 31 lub więcej lat, w tym 77 reaktorów (18,5%) pracuje 41 lub więcej lat (rys. 5).

Historycznie zakładano średni okres eksploatacji reaktorów jądrowych od 40 do 60 lat, w niektórych przypadkach mówiono nawet o 80 latach pracy. Na przykład, w Stanach Zjednoczonych Ameryki reaktory otrzymują licencje na funkcjonowanie przez 40 lat, ale operatorzy mogą się zgłosić do Komisji Dozoru Jądrowego Stanów Zjednoczonych Ameryki (NRC) z wnioskiem od odnowienie licencji na dodatkowe 20 lat. Do początku maja 2018 r. 87 z 99 działających wtedy amerykańskich reaktorów otrzymało licencję na przedłużone funkcjonowanie. Kolejne 4 aplikacje pozostają w trakcie przeglądu NRC. Co ciekawe, w USA tylko 3 z 35 jednostek, które zostały wyłączone tylko z przyczyn ekonomicznych, osiągnęły 40 lat pracy (Vermont Yankee wyłączony w grudniu 2014 po 42 latach, Fort Calhoun wyłączony w październiku 2016 po 43 latach i ostatnio Oyster Creek po 49 latach), mimo że otrzymały przedłużoną licencję do 60 lat eksploatacji.

W wielu krajach licencje nie precyzują okresu eksploatacji, np. we Francji, gdzie reaktor musi przejść dokładną inspekcję co 10 lat w celu weryfikacji poziomów bezpieczeństwa. Średni wiek francuskiego parku jądrowego wynosi 33,4 lata, a najstarszy reaktor wodny ciśnieniowy



Rys. 5. Średni wiek obecnie pracujących reaktorów na świecie (źródło: WNISR-2018).

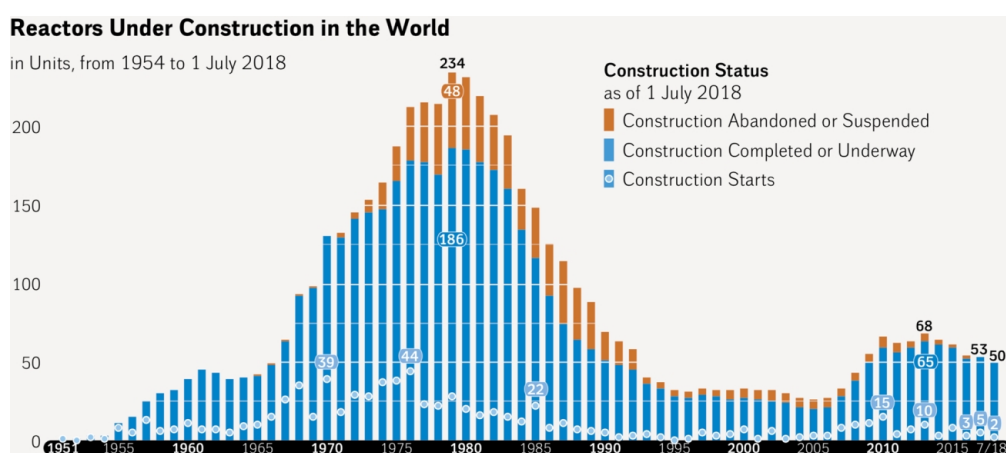
(PWR) Fassenheim 1 [10], który osiągnął krytyczność 7 marca 1977 r., otrzymał od francuskiego dozoru jądrowego (ASN) zgodę na pracę na kolejne 10 lat (do kolejnej co 10 letniej inspekcji)<sup>6</sup>. W krajach takich jak Belgia czy Korea Południowa samo prawo przewiduje, że komercyjna eksploatacja reaktora kończy się po 40 latach.

### „New-build” – nowe elektrownie jądrowe

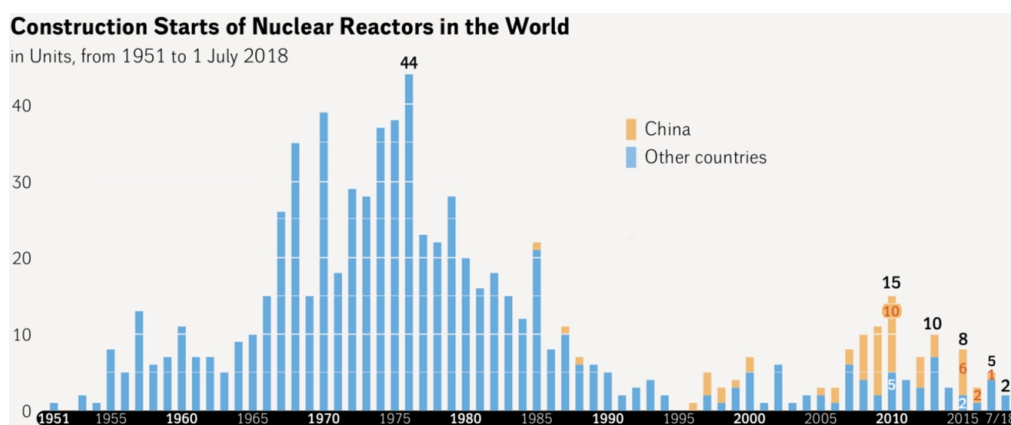
Wszystkie raporty zgodnie stwierdzają, że nie można mówić o zrównoważonej energetyce bez energii jądrowej. Jednocześnie, wszystkie podkreślają, że by utrzymać aktualny status i by móc mówić o wzroście znaczenia energetyki jądrowej, niezbędne są znaczne inwestycje w ten sektor na skalę światową.

pokazują dane, historyczny *peak* wystąpił w 1979 r., kiedy to na świecie znajdowały się 234 reaktory w budowie o łącznej mocy około 200 GW. Należy jednak podkreślić, że duża liczba tych projektów nie została ukończona. Najmniej reaktorów (26 jednostek) było w budowie w 2005 r. Obecnie nowe jednostki jądrowe budowane są w 15 krajach, 5 projektów zostało rozpoczętych w 2017 r., 2 w Indiach oraz po jednym w Chinach, Bangladeszu i Korei Południowej. Do początku lipca 2018 r. rozpoczęły się 2 nowe budowy, w Rosji i w Turcji.

Przez dekadę 1998–2007 na świecie rozpoczęto budowę 38 jednostek (z czego 3 budowy zostały przerwane), natomiast w dekadzie 2008–2017, mimo awarii w elektrowni jądrowej Fukushima Daiichi, rozpoczęto budowę 76 reaktorów na świecie (z czego 5 zostało anulowanych). Z 114 przywołanych wyżej projektów blisko połowa (51)



Rys. 6. Reaktory jądrowe w budowie na świecie (źródło: WNISR2018).



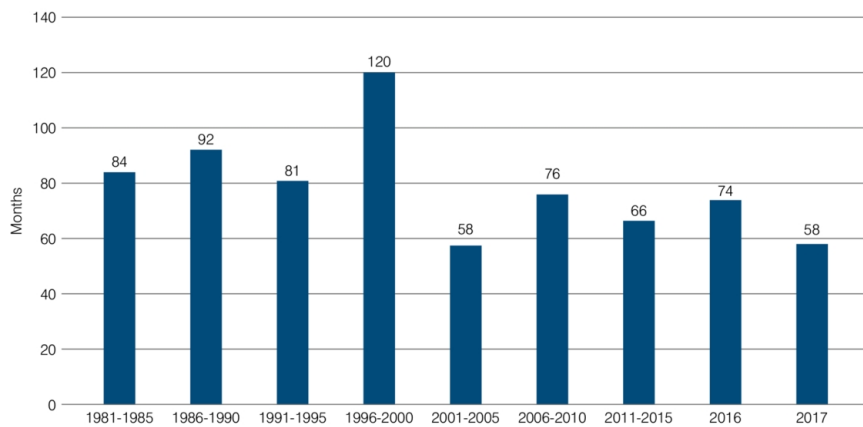
Rys. 7. Reaktory jądrowe w budowie na świecie w porównaniu z Chinami (źródło: WNISR-2018).

Na początku lipca 2018 r. 50 reaktorów było sklasyfikowanych jako znajdujące się w budowie (rys. 6), czyli mniej o 3 niż rok temu i aż o 18 mniej niż w 2013 r. Przekładając na moc, reprezentuje to około 49 GW. Jak

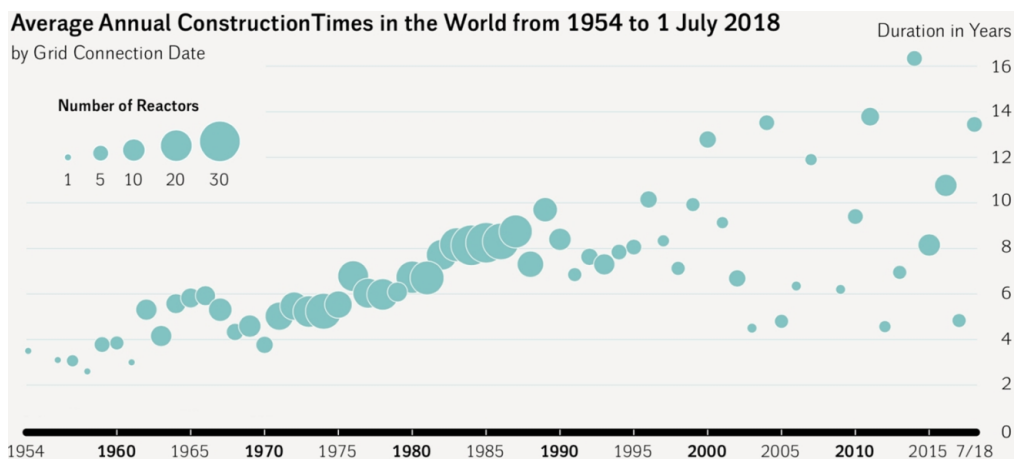
rozpoczęła się w Chinach (rys. 7). We wszystkich analizach autorzy jednoznacznie stwierdzają, że przez ostatnie lata krajem, który wiezie prym w energetyce, w tym energetyce jądrowej, są właśnie Chiny. Dzięki inwestycjom we

<sup>5</sup> Osiągnięcie krytyczności – doprowadzenie po raz pierwszy podczas rozruchu nowego reaktora do kontrolowanej reakcji łańcuchowej w jego rdzeniu.

<sup>6</sup> <http://www.french-nuclear-safety.fr/Information/News-releases/Third-ten-year-inspection-at-the-Fessenheim-and-Tricastin-plants> – dostęp na 10.11.2018.



Rys. 8. Średni czas budowy reaktorów od 1981 r. (źródło: WNA-2018).



Rys. 9. Średni czas budowy reaktorów od 1954 r. (źródło: WNISR-2018).

wszystkie możliwe technologie łącznie z powoli odchodzącymi reaktorami Candu oraz w nowe reaktory wysokotemperaturowe (HTRs) [7] Chiny wyznaczają dziś kierunek rozwoju, w jakim powinny iść kraje, którym zależy na rozwoju gospodarczym i ekonomicznym.

Jak wylicza WNA-2018, średni czas budowy w 2017 r. wyniósł 58 miesięcy i jest to spadek z 74 miesięcy w 2016 r. oraz najkrótszy czas budowy od 2001–2005 (rys. 8).

WNISR-2018 zauważa, że taki wynik był możliwy tylko dzięki projektom ukończonym przez chiński przemysł, 3 reaktory w Chinach i 1 reaktor w Pakistanie (chiński projekt). Nie bez znaczenia jest tu aspekt prawny, kulturowy oraz po prostu tańsza siła robocza. Tak krótki czas budowy powinien być traktowany jako wyjątek, a nie reguła. Średni czas budowy w krajach takich jak Stany Zjednoczone Ameryki czy kraje europejskie to zazwyczaj 10 i więcej lat (rys. 9).

### Koszty, opóźnienia, aspekt regulacyjny w kwestiach budowy nowych bloków

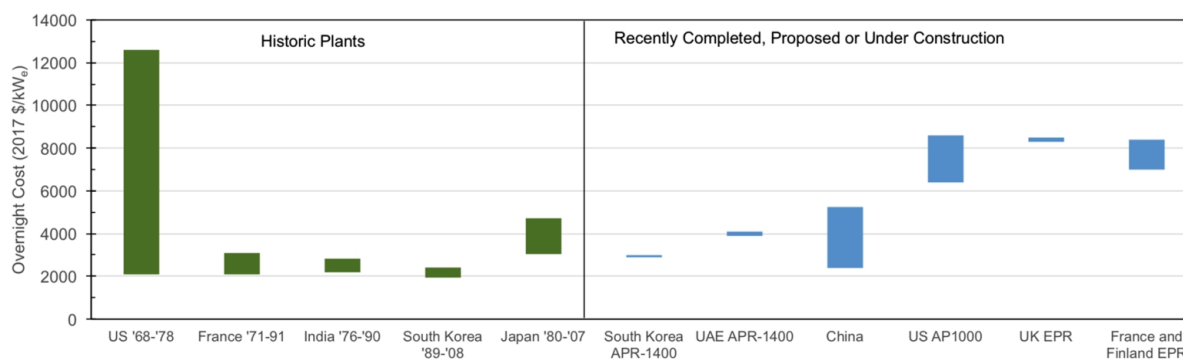
Bardzo ciekawą i ważną dla sektora jądrowego analizę dotyczącą przyszłości energetyki jądrowej opublikował zespół ekspertów z amerykańskiego Massachusetts

Institute of Technology (MIT). W swoim obszernym raporcie FNECCW autorzy postawili tezę, iż w krajach wschodnich koszty budowy nowych bloków jądrowych są znacząco niższe niż w krajach zachodnich (europejskich i Stanach Zjednoczonych Ameryki). W krajach takich jak Korea Południowa, Zjednoczone Emiraty Arabskie (elektrownia jądrowa Barakah jest budowana przez koreańskie KEPCO) czy Chiny koszty mieszczą się w przedziale od 3 do 4,5 tys. dolarów za kW mocy zainstalowanej, natomiast w krajach europejskich i USA koszty zaczynają się od 8 tys. dolarów za kW (rys. 10).

Jak wynika z analizy, różnice są ogromne, a potrzeba znacznego kapitału wraz z całym modelem finansowania dla nowej inwestycji jest obecnie traktowana jako główny hamulec rozwoju energetyki jądrowej. Należy podkreślić, że wzrastające koszty budowy były najważniejszym czynnikiem, który spowodował zaprzestanie realizacji amerykańskiego projektu V.C. Summer NPP w Południowej Karolinie [8].

By zapobiegać takim sytuacjom, autorzy raportu nakreślili m.in. obszary, które generują dodatkowe koszty i które powinny być wzięte pod uwagę przez zainteresowane kraje, by uniknąć opóźnień. Jako pierwszy podaje się wejście w proces rozpoczęcia budowy przed całkowitym ukończeniem tzw. części projektowej. Autorzy sugerują, że





Rys. 10. Historyczne i obecne koszty budowy reaktorów LWR (ang. *Light Water Reactor*) na świecie (źródło: FNECCW MITEI).

zainteresowane podmioty powinny skoncentrować się na tzw. *proven technology*, czyli na *de facto sprawdzonej technologii*. Założeniem autorów jest przykład budowanej od 2005 r. przez Francuzów elektrowni jądrowej w fińskim Olkiluoto 3.

Po drugie, należy zwrócić szczególną uwagę na **zarządzanie projektem** podczas całego cyklu budowy. Celem jest umiejętne i szybkie dostosowanie się do nowych często bardzo zmiennych warunków ekonomicznych. Tu przykładem może być właśnie projekt V.C. Summer NPP w Południowej Karolinie, który zderzył się z tzw. łupkową rewolucją [9] oraz niskimi cenami gazu ziemnego w USA.

Po trzecie **siła robocza** – należy mieć na uwadze koszty pracy (które są bardzo różne w różnych krajach) oraz **łańcuch dostaw**, czyli tzw. *supply chain*. Przy obecnych warunkach w Europie czy USA mówi się o utraceniu kompetencji i wiedzy, a porównując doświadczenie i koszty, jakie mogą osiągnąć azjatyckie firmy (głównie koreańskie i chińskie,) to właśnie z tego kierunku powinno się szukać potencjalnych dostawców.

Co bardzo ważne, w swojej analizie MIT porusza także aspekty regulacyjne oraz proces licencjonowania reaktorów. Szeroko rozumiane kwestie bezpieczeństwa, a także **podnoszenie wymogów i standardów nie są uznane przez autorów jako generujące dodatkowe koszty**. Eksperti MIT wiedzą, że bezpieczeństwo ma swoją cenę, a wydatki, jakie musi ponieść potencjalny zainteresowany rozwojem energetyki jądrowej aplikant, mają na celu zagwarantowanie elektrowni bezpiecznej dla ludzi, środowiska i całego otoczenia społeczno-gospodarczego. Ten argument o dodatkowych wysokich kosztach bezpieczeństwa jest często podnoszony przez krytyków działań i decyzji wydawanych przez fiński urząd dozoru jądrowego STUK w odniesieniu do budowanej w Finlandii elektrowni jądrowej Olkiluoto 3 typu EPR (*European Pressurized Reactor*).

<sup>7</sup> <http://atom.edu.pl/index.php/program-jadrowy-w-prl/ej-zarnowiec.html>

<sup>8</sup> <http://www.me.gov.pl/Energetyka/Polityka+energetyczna>

<sup>9</sup> Ustawa Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r. Dz.U. 1997 Nr 54 poz. 348 z późniejszymi zmianami (tj. Dz.U. z 2012 r. poz. 1059, z 2013 r. poz. 984, 1238, z 2014 r. poz. 457, 490, 900, 942, 1101, 1662, z 2015 r. poz. 151, 478, 942, 1618, 1893, 1960, 2365, z 2016 r. poz. 266, 831, 925, 1052, 1165).

<sup>10</sup><http://www.me.gov.pl/node/26574>

## Programu Polskiej Energetyki Jądrowej – status

12 sierpnia 1971 r. Prezydium Rządu podjęło decyzję dot. rozpoczęcia budowy pierwszej polskiej EJ w Żarnowcu wyposażonej w bloki energetyczne z reaktorami WWER-440 oraz wykonania prac przygotowawczych<sup>7</sup> i od tego momentu trwa „polski sen o energetyce jądrowej”.

Ostatni strategiczny dokument dla polskiego sektora energetycznego, pozostający nadal w mocy prawa, to Polityka Energetyczna Polski do 2030 r. (PEP2030), przyjęty przez Radę Ministrów jeszcze 10 listopada 2009 r.<sup>8</sup>. Według artykułu 15 ustawy Prawo energetyczne<sup>9</sup> założenie prognostyczne obejmuje okres nie krótszy niż 20 lat, a politykę energetyczną państwa opracowuje się co 4 lata. Oznacza to, że dokument jest dziś zupełnie nieaktualny i w żadnym wypadku nie jest dostosowany do panujących na światowych rynkach trendów ekonomicznych.

28 stycznia 2014 r. Rada Ministrów podjęła uchwałę w sprawie Programu Polskiej Energetyki Jądrowej (PPEJ). Przewidywała ona wybudowanie na terenie Polski dwóch elektrowni jądrowych o łącznej mocy około 6000 MW. PPEJ zakładał, iż realizując program, Polska zdecyduje się na zakup najnowocześniejszej i najbezpieczniejszej technologii. 14 października 2016 r. Rada Ministrów przyjęła sprawozdanie z realizacji PPEJ i nałożyła na Ministra Energii obowiązek przygotowania i przedstawienia zaktualizowanego harmonogramu realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej<sup>10</sup>. Program energetyki jądrowej został też zapisany w Strategii Odpowiedzialnego Rozwoju, która również zakłada przyjęcie Polityki Energetycznej Polski do 2050 r.

Przez chwilę wydawać się mogło, że taką rolę odegrał przyjęty 16 lutego 2016 r. przez Radę Ministrów „Plan na rzecz Strategii Odpowiedzialnego Rozwoju” (SOR). Dokument nie spełniał obowiązków nałożonych na Ministra Energii w ustawie Prawo energetyczne, ale w swoich

założeniach przedstawiał wyzwania, jakie stoją przed polską gospodarką. SOR zakładał kontynuację PPEJ i *przyspieszenie opóźnionego procesu wdrażania energetyki jądrowej w Polsce*<sup>11</sup>. Plan SOR spowodował również swojego rodzaju zamieszanie, gdyż jednym z projektów ww. SOR jest wdrożenie do polskiego systemu elektroenergetycznego wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych do produkcji ciepła przemysłowego<sup>12</sup>. Dodatkowo 13 września 2017 r. Ministerstwo Energii przyjęło raport resortowego zespołu, który rekomenduje wdrożenie w Polsce wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych chłodzonych gazem (*High Temperature Gas-cooled Reactors – HTGR*)<sup>13</sup>.

Odbiór takich niespójnych informacji nie może być jasny dla potencjalnych nie tylko polskich, ale i zagranicznych inwestorów. Znaczne grono eksperckie zgadza się również z tezą, iż nie powinno się mieszać założeń dla budowy klasycznej, dużej elektrowni jądrowej, z planami budowy wysokotemperaturowego reaktora badawczego i komercyjnego.

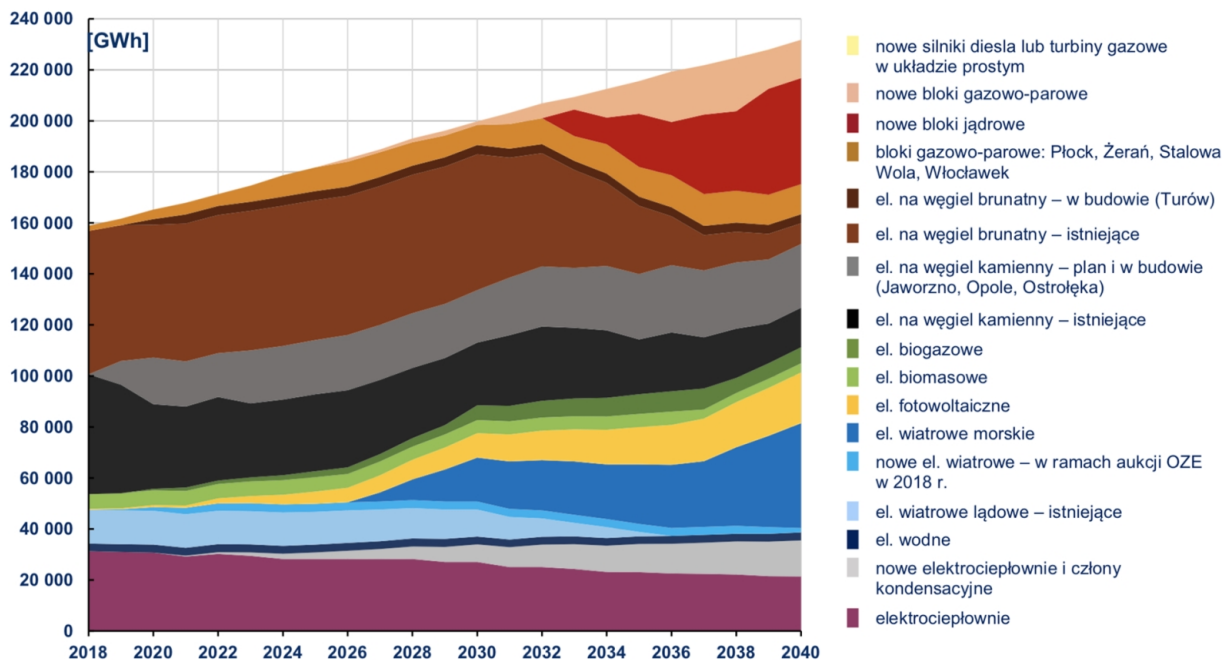
W ostatnich wypowiedziach Krzysztof Tchórzewski, Minister Energii, stwierdzał, że nieformalna decyzja o budowie elektrowni atomowej zapadła, formalnej jeszcze nie ma<sup>14</sup> – jest to wypowiedź co najmniej zastanawiająca, jeśli nie niefortunna. Jednocześnie w innym wywiadzie<sup>15</sup> minister deklarował, że w trakcie wizyty amerykańskiego sekretarza energii Ricka Perry’ego amerykańska delegacja zadeklarowała chęć zaangażowania się USA kapitałowo

w budowę elektrowni jądrowej w Polsce. Choć, jak pokazują dotychczasowe działania, Amerykanie nie byli zainteresowani wchodzeniem w projekty jądrowe z własnym kapitałem.

Do piątku 23 listopada 2018 r. cały przemysł zainteresowany ogólnie rozwojem sektora energetycznego, w tym energetyki jądrowej, funkcjonował, opierając się tylko na medialnych spekulacjach. Ministerstwo Energii zdecydowało się wreszcie opublikować i przekazać do konsultacji społecznych długo wyczekiwany projekt dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.” (PEP-2040)<sup>16</sup>.

Z analizy prognozy struktury produkcji energii elektrycznej (rys. 11) i prognozy przyrostów mocy zainstalowanej do 2040 r. (rys. 12) wynika, że uruchomienie pierwszego bloku (o mocy ok. 1–1,5 GW) pierwszej elektrowni jądrowej planuje się na 2033 r., natomiast w dość optymistycznej perspektywie zakłada się, że w kolejnych latach planowane jest uruchomienie kolejnych pięciu takich bloków (co dwa lata do 2043 r.).

Projekt ME zakłada również, że do 2020 r. zostanie podjęta ostateczna decyzja dotycząca lokalizacji pierwszego bloku elektrowni jądrowej. Co ciekawe, oprócz dyskusowanych od dużego czasu lokalizacji na wybrzeżu (Kopalino lub Żarnowiec) pojawia się także nieokreślona lokalizacja w centralnej części Polski (okolice Bełchatowa). ME planuje również ostateczny wybór technologii oraz generalnego wykonawcy pierwszej elektrowni jądrowej do 2021 r. Natomiast na najważniejsze pytanie, jak sfinansować



Rys. 11. Prognoza struktury produkcji energii elektrycznej do 2040 r. wg technologii (GWh) (źródło: projekt *Wniośków z analiz prognostycznych – zał. 1 do PEP2040 – w. 1.2*).

<sup>11</sup>Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju Warszawa 2016 projekt do konsultacji społecznych str. 256.

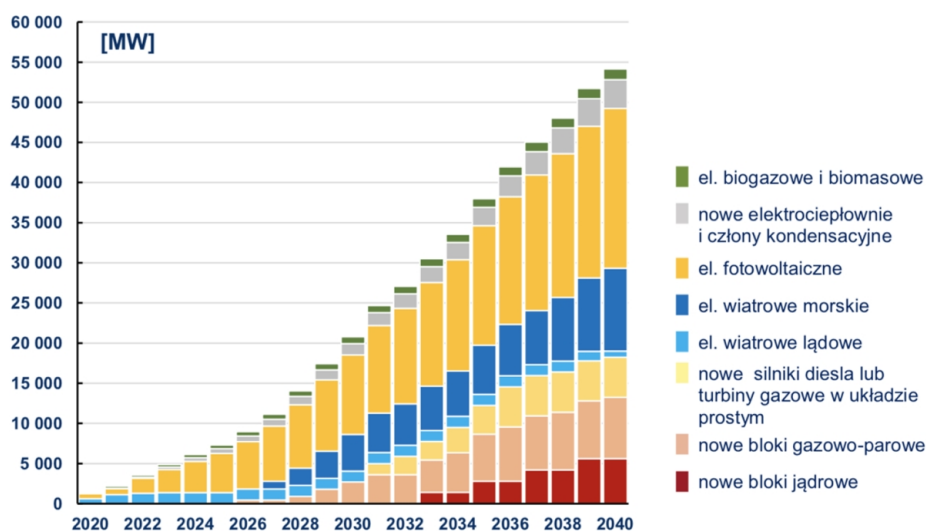
<sup>12</sup>Strategia na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju Warszawa 2016 projekt do konsultacji społecznych str. 254.

<sup>13</sup><https://www.gov.pl/web/energia/wysokotemperaturowe-reaktory-jadrowe-chlodzone-gazem-htgr>

<sup>14</sup><https://www.cire.pl/item,171597,1,0,0,0,0,0,minister-energii-nieformalna-decyzja-o-budowie-atomu-zapadla-for.html> – dostęp na 19.11.2018.

<sup>15</sup>[https://energetyka.wnp.pl/pierwsza-polska-elektrownia-atomowa-razem-z-amerykanami-za-ich-p,334481\\_1\\_0\\_0.html](https://energetyka.wnp.pl/pierwsza-polska-elektrownia-atomowa-razem-z-amerykanami-za-ich-p,334481_1_0_0.html) – dostęp na 19.11.2018.

<sup>16</sup><https://www.gov.pl/web/energia/polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-zapraszamy-do-konsultacji> – dostęp na 23.11.2018.



Rys. 12. Prognoza przyrostów mocy zainstalowanej do 2040 r. wg technologii (MW) (źródło: projekt *Wniosków z analiz prognostycznych* – zał. 1 do PEP2040 – w. 1.2).

sować takie inwestycje, projekt odpowiada jednym, znanym od lat twierdzeniem „[...] w pierwszej kolejności niezbędne jest opracowanie modelu finansowania inwestycji”, co przekładając z języka polityki, trzeba interpretować jako brak modelu.

PEP2040 również w jednym zdaniu odnosi się do diskutowanych w Polsce reaktorów wysokotemperaturowych, informując, że „[...] w dalszej perspektywie możliwe jest także wykorzystanie małych reaktorów wysokotemperaturowych (HTR, ang. High Temperature Reactor), które mogą mieć zastosowanie przede wszystkim w przemyśle”. Oczywiście, autorzy w domyśle sygnalizują wykorzystanie w przemyśle ciepła technologicznego. Należy więc powiedzieć, że ciepło jest również wytwarzane w klasycznych elektrowniach kondensacyjnych, gdzie zazwyczaj (gdy mowa o temperaturach nie wyższych niż 300°C) jest traktowane jako odpad, choć w nielicznych przypadkach może być wykorzystywane, np. w terminalu LNG [9].

Niniejszy artykuł nie aspiruje do recenzji projektu dokumentu PEP2040, którego publikacja jest kierunkiem w dobrą stronę, choć sam nadal pozostawia wiele otwartych pytań, mogących prowadzić do różnych spekulacji. Jednocześnie dziwi, że nigdzie w dokumentach (PEP2040 i projekt *Wniosków z analiz prognostycznych*) nie pojawia się odniesienie do cen ropy naftowej (które nadal pozostają głównym wyznacznikiem pośrednio wpływającym na „miks” energetyczny), nie ma również podanej analizy cen oraz samej prognozy.

Kolejnym oczekiwanym dokumentem strategicznym, który powinien przynieść więcej precyzyjnych informacji dotyczących m.in. lokalizacji i modelu finansowania, jest oczekiwana aktualizacja PPEJ.

## Podsumowanie

Gdy kolejne kraje, takie jak Szwajcaria czy Niemcy (ostatnio nawet Hiszpania<sup>17</sup>), deklarują chęć wychodzenia czy zamykania elektrowni jądrowych, to inne planują ich wdrożenie do krajowych „miksów” energetycznych, np. kraje afrykańskie, gdzie taką chęć deklaruje dziesięć państw<sup>18</sup>. Polska jednak, jak mało który kraj, dobrze zdaje sobie sprawę, że od deklaracji przez poważne decyzje do efektywnego działania prowadzi długa droga, często bardzo zawiła.

Rozwój światowego przemysłu jądrowego zderza się obecnie z wyzwaniami gospodarczymi, środowiskowymi i społecznymi (społeczna akceptacja). Kraje decydujące się na rozwój lub utrzymywanie sektora jądrowego muszą na bieżąco rozwiązywać problemy związane z finansowaniem i pozyskiwaniem dodatkowych funduszy, kwestiami bezpieczeństwa, przetwarzaniem odpadów jądrowych, rozwojem kompetencji oraz budowaniem kadr, a także – co bardzo ważne – silną konkurencją np. tańszego gazu z łupków lub ze strony rozwijanych z mocnym wsparciem politycznym odnawialnych źródeł energii.

Dzisiejszy rozwój sektora jądrowego opiera się głównie na Chinach, gdzie znajduje się prawie jedna trzecia obecnie realizowanych projektów jądrowych. Co więcej, w trakcie pisania niniejszego artykułu (tj. we wrześniu 2018 r.) Chiny poinformowały o przyłączeniu do sieci pierwszych reaktorów 3 generacji – pierwszego francuskiego EPR w elektrowni Taishan<sup>19</sup> oraz pierwszego amerykańskiego AP1000 w elektrowni Sanmen, a aktualnie (do grudnia 2018 r.) już cztery sektory AP1000 zostały podłączone do chińskiej sieci energetycznej (dwa w elektrowni Sanmen i dwa w elektrowni Haiyang)<sup>20</sup>.

<sup>17</sup><https://www.cire.pl/item,171653,1,0,0,0,0,0,hiszpania-zamknie-reaktory-atomowe-majace-ponad-40-lat.html> – dostęp na 19.11.2018.

<sup>18</sup>[https://energetyka.wnp.pl/az-10-panstw-afryki-chce-rozwijac-energetyce-jadrowa,330659\\_1\\_0\\_0.html](https://energetyka.wnp.pl/az-10-panstw-afryki-chce-rozwijac-energetyce-jadrowa,330659_1_0_0.html)

<sup>19</sup><http://www.world-nuclear-news.org/Articles/China-s-Taishan-1-reactor-connected-to-grid> – dostęp na 10.09.2018.

<sup>20</sup><http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Fourth-Chinese-AP1000-connected-to-grid> – dostęp na 19.11.2018.

## Notka o autorze

**Mgr Mateusz Piotr Sikora** – starszy specjalista w Wydziale Współpracy Międzynarodowej i Strategii w Gabinetce Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.

## Literatura

1. *Nuclear Power Outlook* (NPO2018), U.S. Energy Information Administration.  
<https://www.eia.gov>;  
[https://www.eia.gov/outlooks/aeo/section\\_issues.php#npo](https://www.eia.gov/outlooks/aeo/section_issues.php#npo)
2. *World Nuclear Performance Report* (WNPR-2018), World Nuclear Association. –  
<http://world-nuclear.org/our-association/publications/online-reports/world-nuclear-performance-report.aspx>
3. *Nuclear Power Reactors in the World 2018 Edition* (NPRW-2018), International Atomic Energy Agency, IAEA, Vienna, –  
<https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/13379/Nuclear-Power-Reactors-in-the-World>
4. *World Nuclear Industry Status Report 2018* (WNISR-2018), A Mycle Schneider Consulting Project, September 2018.
5. *The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World* (FNECCW) Massachusetts Institute of Technology Energy Initiative, MITEI, September 2018.
6. *Power Reactor Information System* (PRIS) –  
<https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>;  
S&P Global Platts – <https://www.spglobal.com/platts/en>
7. Sikora M., „Kogeneracja jądrowa – czy oznacza reaktory wysokotemperaturowe w elektroenergetycznym systemie Polski?”, PAA – Biuletyn Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna 4/2016, s. 35–44.
8. New York Times, 2017.07.31 –  
<https://www.nytimes.com/2017/07/31/climate/nuclear-power-project-canceled-in-south-carolina.html>
9. Sikora A., Sikora M., *Rewolucja po amerykańsku*, Chemia przemysłowa, 3/2016, str. 70.

# Wykorzystanie doświadczeń eksploatacyjnych (OEF) w sektorze jądrowym – Czy efektywnie rozwiązujemy problemy operacyjne?

## Operating Experience Feedback (OEF) in the nuclear industry – do we solve operational problems effectively?

Maciej Kulig  
Konsultant ENCONET Consulting

### Wprowadzenie

Tematyka niniejszego artykułu nawiązuje do wcześniejszych publikacji autora w Biuletynie Informacyjnym PAA na temat wykorzystania doświadczeń operacyjnych (*Operating Experience Feedback*) w obiektach energetyki jądrowej (EJ) i jego roli w procesie ciągłego doskonalenia [1] oraz dostępnych metod analizy przyczyn źródłowych (RCA) stosowanych przy badaniu zdarzeń i problemów operacyjnych – niezwykle ważnym elemencie tego procesu [2]. Niniejszy artykuł poświęcony jest niektórym aspektom stosowania tych metod w praktyce eksploatacyjnej EJ.

Czy operatorzy EJ umiejętnie stosują dostępne metody i narzędzia RCA do badania przyczyn zdarzeń operacyjnych? Jest wiele przykładów starannych i wnikliwych analiz, demonstrujących skuteczne stosowanie istniejących narzędzi analitycznych. Zdarzają się jednak przypadki, które świadczą o niezadowalającej jakości tych analiz. Spróbujemy zilustrować ten problem na przykładzie wziętym z praktyki.

Opisywany przykład dotyczy zdarzenia operacyjnego, jakie miało miejsce przed kilku laty w jednej z elektrowni jądrowych. Autor miał sposobność zapoznać się z końcowym raportem dotyczącym tego zdarzenia jako wykładowca na kursie szkoleniowym na temat metod RCA zorganizowanym dla personelu tej EJ. Analiza przyczyn tego zdarzenia przeprowadzona przez operatora tego obiektu i jej rezultaty były wykorzystane w ramach kursu w celu przedyskutowania praktycznych aspektów wykorzystania doświadczeń operacyjnych i użycia technik RCA.

### Przykład z praktyki eksploatacyjnej EJ

W czasie normalnej pracy bloku jądrowego personel operacyjny nadzorujący działanie turbozespołu poczuł podejrzany zapach i zauważył dym (opary?) nad obudową generatora. Stwierdzono, że bezpośrednią przyczyną problemu był wyciek oleju z układu smarowania tylnego łożyska turbiny. Stosunkowo silny strumień gorącego oleju rozpryskiwał się na gorącej obudowie zespołu szczotek generatora. Zmusiło to operatorów do awaryjnego wyłączenia turbozespołu i w konsekwencji wyłączenia z ruchu całego bloku jądrowego. W elektrowni tej reaktor współpracował z dwoma turbogeneratorami, jednak w chwili awarii pracował tylko jeden z tych turbozespołów; wyłączenie tego turbozespołu pociągało za sobą wyłączenie reaktora. Zbadanie bezpośredniej przyczyny tego wycieku i usunięcie nieprawidłowości wymagało przeszło dwudziestogodzinnego przestoju całego bloku.

Inspekcja turbiny wykazała, że bezpośrednią przyczyną problemu był nadmierny wzrost ciśnienia oleju w układzie smarowania łożyska turbiny – przewód odprowadzający olej z miski olejowej tego łożyska został zatkany przez kawałki tkaniny (flaneli), najprawdopodobniej użytej przez pracowników wykonujących prace remontowe turbiny do oczyszczania jej elementów konstrukcyjnych. Stwierdzono, że incydent musiał mieć związek z błędami obsługi popełnionymi dwa lata wcześniej w czasie generalnego remontu turbiny, który został przeprowadzony przez specjalistyczną firmę zewnętrzną.

Incydent sklasyfikowano jako zakłócenie pracy elektrowni, które wprawdzie spowodowało pewne straty ekonomiczne, ale nie stanowiło zagrożenia z punktu widzenia

bezpieczeństwa obiektu. Nawiasem mówiąc, taka kwalifikacja tego incydentu jest dyskusyjna ze względu na ryzyko pożaru – pożar w turbinowni mógł stanowić zdarzenie inicjujące poważną awarię reaktora, która wiązałaby się ze znacznie poważniejszymi skutkami.

## Rezultaty badania incydentu przez operatora EJ

Zgodnie z istniejącymi wymaganiami operator elektrowni przeprowadził badanie zmierzające do wyjaśnienia źródłowych przyczyn tego zdarzenia. W badaniu przyczyn zdarzenia zastosowana została metoda posługująca się „zdarzeniowym” modelem wypadku, w której zdarzenie jest przedstawiane w formie ciągu prostszych zdarzeń (sekwencji zdarzeń), mających zwykle charakter fizycznych uszkodzeń komponentów systemu, błędnych decyzji i czynności ludzkich. Bliższe informacje dotyczące tej metody, a także innych dostępnych metod RCA można znaleźć we wcześniejszych publikacjach autora [2], [3].

Czego dowiedział się operator EJ z badania tego incydentu? Jakie były ustalenia przedstawione w końcowym raporcie z badania tego zdarzenia? Czy operator efektywnie wykorzystał wartości poznawcze tego zdarzenia, czy zastosowane środki naprawcze pozwolą uniknąć podobnych problemów w przyszłości?

Sekwencja zdarzeń została przedstawiona w raporcie w formie graficznej (tzw. *Events and Causal Factors Charting*, ECFC). Jako początek tej sekwencji przyjęto nieprawidłowości personelu wykonującego generalny remont turbiny, przeprowadzony dwa lata wcześniej – decyzja uzasadniona w świetle faktów stwierdzonych w wyniku inspekcji. Sekwencja zdarzeń zaprezentowana w raporcie nie odnosiła się jednak w sposób szczegółowy do okoliczności związanych z realizacją prac remontowych, które pozwoliłyby zrozumieć, w jaki sposób kawałki tkaniny znalazły się w systemie olejowym łożyska turbiny, a także ustalenia, jakie były przyczyny źródłowe tego błędu. Wykres ten odnosił się za to do prawidłowości działania operatorów po zauważeniu niepokojących symptomów problemu.

Przy próbie zbadania dokumentów operacyjnych, które mogłyby rzucić światło na okoliczności tego zdarzenia, okazało się, że dokumentacja dotycząca generalnego remontu turbiny, przeprowadzonego dwa lata wcześniej, praktycznie nie istniała. Brakowało zapisów dotyczących zakresu prac remontowych, sposobu ich przygotowania i przebiegu, nie znaleziono protokołów z inspekcji przeprowadzonych po demontażu turbiny, na poszczególnych etapach prac remontowych i przed zamknięciem kadłuba turbiny, jakie zwykle sporządza się w przypadku generalnego remontu takiego urządzenia. W tej sytuacji możliwość zbadania, w jakich okolicznościach i z jakiego powodu „obcy przedmiot znalazł się w niewłaściwym miejscu”, była utrudniona.

Zespół analityków uznał, że wobec braku odpowiedniej dokumentacji prac remontowych nie jest w stanie odtworzyć, „co się naprawdę stało” w czasie generalnego remontu turbiny. Niestety, bez zbadania wszystkich istotnych okoliczności, jakie miały związek z pozostawieniem kawałków tkaniny w układzie olejowym łożyska, znalezienie przyczyn źródłowych tego incydentu, których usunięcie zapobiegłoby skutecznie podobnym zdarzeniom w przyszłości, było skazane na niepowodzenie.

Zespół analityków nie próbował skorzystać z możliwości odtworzenia przebiegu realizacji prac wykonywanych w ramach generalnego remontu turbiny z użyciem narzędzia analitycznego znanego pod nazwą **analizy zadania** (*Task Analysis*). Analiza taka koncentruje się zwykle na znalezieniu krytycznych czynności ludzkich wykonywanych przy realizacji określonego zadania, które mogły spowodować incydent stanowiący przedmiot badania. Analiza czynności wykonywanych w ramach generalnego remontu turbiny mogłaby dostarczyć szczegółowych informacji ułatwiających opracowanie prawidłowego i pełnego opisu sekwencji zdarzeń (np. reprezentowanego przez schemat ECFC czy drzewa przyczyn).

## Zastosowane środki naprawcze

Co zrobiono, aby wykluczyć występowanie takich zdarzeń w przyszłości lub choćby zmniejszy prawdopodobieństwo ich powtórzenia? W wyniku przeprowadzonych analiz zaproponowane zostały następujące środki naprawcze:

- (1) Kierownictwo działu eksploatacji zostało zobligowane do przeprowadzenia szkolenia dotyczącego zapobiegania problemom związanym z „pozostawieniem obcego materiału w niewłaściwym miejscu” dla wszystkich pracowników elektrowni wykonujących prace obsługowo-remontowe, a także dla kontraktorów zewnętrznych zaangażowanych w realizację takich prac.
- (2) Jednostka odpowiedzialna za planowanie i realizację prac obsługowo-remontowych została zobowiązana do wprowadzenia zmian w procedurach dotyczących prac obsługowo-remontowych przeprowadzanych przez personel EJ przez dodanie szczegółowych specyfikacji wymagań odnośnie do dokumentacji tych prac (w tym także zawartości protokołów inspekcji turbiny po jej demontażu i przed zamknięciem kadłuba turbiny).

Warto zastanowić się nad skutecznością wspomnianych wyżej środków.

**Szkolenie** dotyczące problemów wywołanych pozostawieniem „obcego materiału w niewłaściwym miejscu” (środek naprawczy 1) zmierza do **poprawienia świadomości pracowników o zagrożeniu** związanym ze skutkami takiego błędu. W opinii specjalistów to najmniej skuteczny sposób z listy możliwych środków zapobiegawczych – za najkorzystniejsze z punktu widzenia skuteczności uznane są środki zmierzające do wyeliminowania zagrożenia lub

zredukowania poziomu zagrożenia [4]. Co więcej, mała skuteczność takiego środka znalazła potwierdzenie w historii zdarzeń operacyjnych tej konkretnej elektrowni – przegląd zdarzeń zarejestrowanych w bazie problemów operacyjnych (przeprowadzony później na potrzeby dyskusji z personelem EJ rezultatów badania tego incydentu) ujawnił, że podobne szkolenia były już przeprowadzane wcześniej, w związku z innymi podobnymi zdarzeniami. Dwa lata wcześniej zarejestrowano problem przecieku pary przez uszczelnienie złącza kołnierzewego w przewodzie parowym wysokiego ciśnienia – przyczyną było uszkodzenie uszczelki, pod którą dostał się przy montażu tego złącza „obcy materiał” (kawałek flaneli). Trzy lata wcześniej wystąpiło inne podobne zdarzenie, które było związane z przedostaniem się niepożądanych zanieczyszczeń (żywicy jonowymiennej) do króćca ssącego pompy. Wprawdzie zdarzenia te dotyczyły odmiennych komponentów EJ, ale wszystkie miały związek z „obecnością obcego materiału” i wskazywały na brak staranności przy wykonywaniu prac obsługowo-remontowych. W obu tych przypadkach przeprowadzone zostało szkolenie ukierunkowane na problemy tego typu i na sposoby ich zapobiegania. Najwyraźniej jednak przeprowadzane szkolenia nie zmniejszyły ryzyka występowania takich problemów, skoro problem „obcego materiału” powtórzył się znowu w stosunkowo krótkim czasie, mimo wcześniejszych szkoleń.

Wprowadzenie zmian w procedurach dotyczących prac obsługowo-remontowych polegających na **sprecyzowaniu wymagań odnośnie do dokumentacji prac obsługowo-remontowych** (środek naprawczy 2) jest celowe. Bezspornie precyzyjne sformułowanie takich wymagań może stanowić element „dyscyplinujący”, może wpływać na zwiększenie dbałości o jakość tej obsługi. Warto przypomnieć, że brak tej dokumentacji utrudnił także analizę przyczyn omawianego tu problemu. Można mieć jednak wątpliwości, w jakim zakresie ten środek rzeczywiście zmniejszy prawdopodobieństwo powtórzenia się podobnego zdarzenia.

Badanie zdarzenia wyjaśniło jedynie, jaka była bezpośrednia przyczyna incydentu. Nie dowiedziano się, jak skutecznie zapobiec powtarzaniu się takich problemów. Nie ujawniono przyczyn źródłowych, pozwalających na zmniejszenie istniejącego ryzyka. Powtórzenie szkolenia „w ciemno” było nieudolną próbą wyeliminowania jednej z wielu możliwych przyczyn. Nie sprawdzono, czy nie występują inne, które mogą być bardziej istotne z punktu widzenia poziomu ryzyka, czy łatwiejsze do usunięcia.

## Jak lepiej wykorzystać lekcję z tego zdarzenia

Czy można było, na podstawie analizy tego zdarzenia, dowiedzieć się więcej o słabych punktach systemu, aby skuteczniej zapobiec takim problemom? Wydaje się, że w świetle istniejących faktów to pytanie ma charakter reto-

ryczny. Wnikliwy analityk badający to zdarzenie mógł i powinien dowiedzieć się więcej. W jaki sposób można było tego dokonać?

W tym kontekście warto wymienić dwa narzędzia RCA, które mogłyby pomóc w przeprowadzeniu bardziej dogłębnej analizy przyczyn i w znalezieniu bardziej skutecznych środków naprawczych. Należą do nich: (1) analiza zadania (*Task Analysis*) oraz (2) skonstruowanie mapy przyczyn (*Cause Mapping*). Poniżej, zwięzła prezentacja tych dwóch technik, a także omówienie potencjalnych korzyści z ich stosowania. Przedstawiono również wstępną wersję mapy przyczyn rozpatrywanego zdarzenia, która może ułatwić wnikliwe zbadanie tego problemu.

### Analiza zadania

Analiza zadania koncentruje się na zbadaniu poszczególnych czynności, odpowiadających im instrukcji, uwarunkowań, stosowanych narzędzi i używanych materiałów. Jej celem jest określenie, co jest potrzebne do prawidłowego wykonania krytycznych czynności decydujących o pomyślnej realizacji zadania oraz na czym polegała nieprawidłowa realizacja tych czynności, która doprowadziła do incydentu. Analiza taka znajduje zastosowanie wszędzie tam, gdzie rozpatrywany incydent jest związany z niepomyślną realizacją, a w szczególności gdy istotne znaczenie ma czynnik ludzki.

Analiza zadania wykonywana w związku z badaniem incydentu lub problemu obejmuje zwykle następujące etapy:

1. Podział zadania na poszczególne części i ich analiza.
2. Identyfikacja czynności mających krytyczne znaczenie dla realizacji zadania.
3. Charakterystyka krytycznych czynności.
4. Porównanie przebiegu krytycznych czynności i określenie nieprawidłowości.
5. Uwzględnienie wykrytych problemów w modelu zdarzenia (np. sekwencji zdarzeń).

**Etap 1.** Sporządza się listę kolejnych czynności składających się na wykonanie zadania. Każda z nich powinna mieć zdefiniowany początek i koniec oraz prowadzić do określonego skutku. Informacje potrzebne na tym etapie analizy uzyskuje się z istniejących dokumentów odnoszących się do rozpatrywanego zadania (procedur, instrukcji użytkownika, rysunków technicznych, materiałów szkoleniowych itp.), a także na podstawie wywiadów z pracownikami, którzy zwykle biorą udział w realizacji takiego zadania.

**Etap 2.** Identyfikuje się krytyczne czynności, których prawidłowa realizacja decyduje o pomyślnym wykonaniu zadania. Są to czynności, których nieprawidłowe wykonanie lub pominięcie może być przyczyną rozpatrywanego incydentu (problemu).

**Etap 3.** Dla każdej czynności uznanej za krytyczną gromadzi się informacje dotyczące czynnika ludzkiego, specy-

ficznego dla tej czynności. Jako minimum charakterystyka ta powinna dostarczyć informacji w następujących kwestiach:

- Kto wykonywał rozpatrywaną czynność?
- Co było używane przy wykonywaniu rozpatrywanej czynności?
- Kiedy była wykonywana rozpatrywana czynność?
- Gdzie była wykonywana rozpatrywana czynność?
- W jakich warunkach była wykonywana dana czynność?

W przypadku myślowego odtworzenia realizacji zadania źródłem tych informacji jest istniejąca dokumentacja oraz wywiady z pracownikami. Przy symulacji w rzeczywistych warunkach istnieje możliwość bezpośrednich obserwacji.

**Etap 4.** Informacje zebrane w poprzednim kroku stanowią punkt wyjścia do określenia różnic. Co było potrzebne do pomyślanej realizacji czynności, ale nie było dostępne? Jakie wskazania, odczyty, narzędzia miały znaczenie dla rozpatrywanego incydentu?

**Etap 5.** Wykryte nieprawidłowości lub anomalie wykorzystuje się do zdefiniowania uwarunkowań przyczynowych stanowiących punkt wyjścia do określenia przyczyn źródłowych.

W przypadku generalnego remontu turbiny symulacja tego zadania w rzeczywistych warunkach (metoda znana w literaturze jako *walk-through task analysis*), ze względów praktycznych, nie wchodziła w rachubę. Realne było jednak wykonanie analizy polegającej na myślowym odtworzeniu przebiegu realizacji prac remontowych (tzw. *paper-and-pencil task analysis*) na podstawie wewnętrznych instrukcji kontraktora przeprowadzającego remont turbiny i innych dostępnych dokumentów, a także wywiadów z pracownikami tej firmy. Analiza taka pomogłaby ustalić, przy których czynnościach istniała możliwość pozostawienia „obcego materiału” w układzie olejowym łożyska? Kto brał udział w realizacji tych czynności? Kiedy przeprowadzane były inspekcje (kontrole) jakości wykonanych prac. Czy mogły one doprowadzić do wykrycia i usunięcia kawałków flaneli w układzie olejowym? Czy wszystkie istotne czynności związane z kontrolą powykonawczą zostały przeprowadzone? Niestety, zespół operatora EJ badający rozpatrywany incydent nie wykonał takich analiz.

## Mapa przyczyn

Mapa przyczyn jest dobrze znaną techniką stosowaną w RCA, w której wszystkie fakty, istotne okoliczności i uwarunkowania (czynności, warunki, decyzje, zmiany stanu systemu itp.) zostają uporządkowane zgodnie z logiką „skutek–przyczyna”. Ukierunkowuje to proces myślenia o przyczynach problemu, pomaga w uporządkowaniu istotnych uwarunkowań przyczynowych i pokazuje związki między nimi, w naturalny sposób skłania do rozpatrzenia wszystkich przyczyn, a nie tylko tych oczywistych. Mapa przyczyn to wygodna platforma do szerokiego

spojrzenia na rzeczywistość, to także doskonałe narzędzie do uchwycenia i logicznego zaprezentowania rezultatów pracy wieloosobowego zespołu badającego problem. W opinii autora sporządzenie mapy przyczyn jest przydatne i celowe do logicznego zaprezentowania rezultatów analiz przyczyn problemu, niezależnie od tego, jaką metodą zostały znalezione, także wtedy, gdy nie została zastosowana żadna sformalizowana metoda analizy. Mapa taka sporządzona na wczesnym etapie badania problemu może ułatwić gromadzenie informacji przez identyfikację obszarów wymagających bardziej szczegółowego zbadania.

Zasady konstruowania mapy przyczyn, a także liczne przykłady praktycznych zastosowań tej metody w badaniu zdarzeń operacyjnych znajdzie czytelnik we wcześniejszych publikacjach autora [3], [5–7].

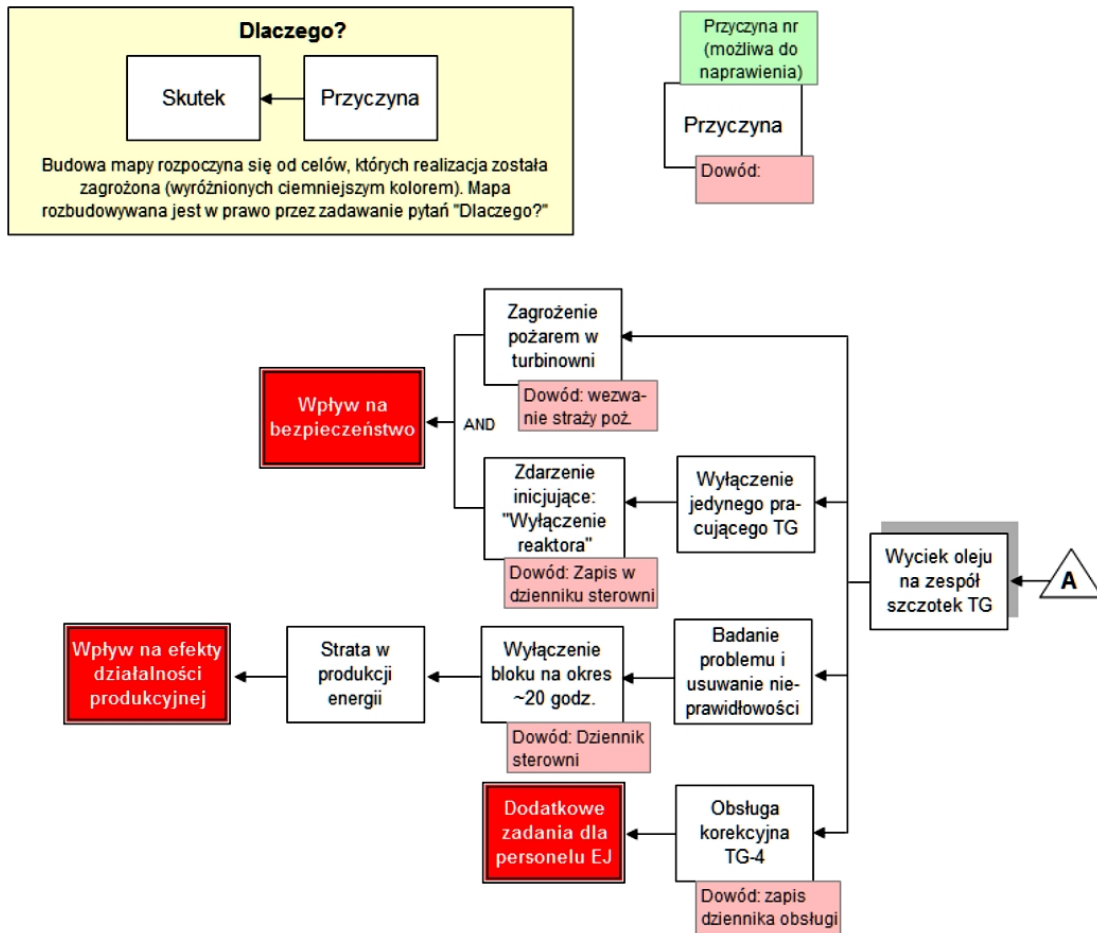
Mapa przyczyn sporządzona dla rozpatrywanego incydentu została przedstawiona na rysunkach 1–5. Budowa mapy rozpoczyna się od rozpatrzenia celów działalności firmy (EJ), których realizacja została narażona w wyniku tego zdarzenia. Zdarzenie miało wpływ na bezpieczeństwo – wyciek oleju na zespół szczotek generatora stworzył zagrożenie pożarem w turbinowni, doprowadził również do zdarzenia inicjującego, jakim było awaryjne wyłączenie reaktora. Realizacja celów związanych z działalnością biznesową operatora została narażona ze względu na przestój bloku, a przez to zmniejszenie produkcji energii. Zdarzenie to było również przyczyną dodatkowych zadań dla personelu EJ w związku z inspekcją turbiny i usunięciem nieprawidłowości.

Na rysunku 1 przedstawiono rezultaty początkowego etapu konstruowania mapy przyczyn. Rysunek ten wyjaśnia również zasady graficznej prezentacji związków przyczynowo-skutkowych, w tym także sposób opisu przyczyn. Opis taki zawiera zwykle dowód potwierdzający określoną przyczynę. Należy zauważyć, że na mapie znalazły się również przyczyny, które nie zostały potwierdzone przez zespół analityczny, ale ich wpływ wydaje się prawdopodobny (potencjalne przyczyny). „Przyczyny naprawialne”, tj. takie, na które właściciel problemu jest w stanie oddziaływać (usunąć lub zmniejszyć ich wpływ przez wprowadzenie odpowiednich środków naprawczych), są wyróżnione odpowiednim identyfikatorem (numerem). W kolejnej fazie analiz, jaką jest identyfikacja możliwych środków naprawczych, identyfikator ten ułatwia przyporządkowanie środków naprawczych określonym przyczynom. Warto zauważyć, że początkowy fragment mapy przedstawiony na rysunku 1, nie zawiera jeszcze takich przyczyn.

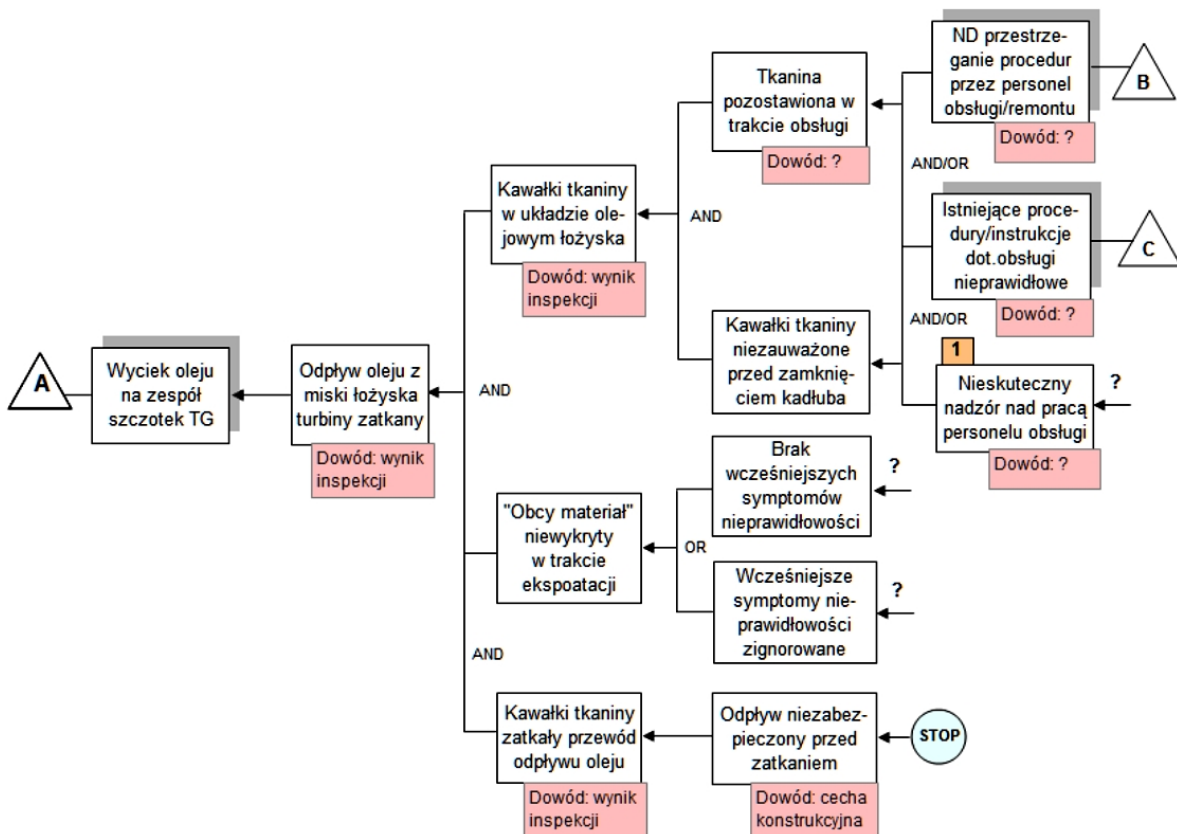
Na rysunku 2 analizowane są przyczyny bezpośredniego skutku zdarzenia – wycieku oleju na zespół szczotek turbo-generatora (zdarzenie A). Jego przyczyną był wzrost ciśnienia w układzie olejowym tylnego łożyska turbiny na skutek zatkania przewodu odpływowego z miski olejowej.

Trzy przyczyny spowodowały zatkanie odpływu oleju z miski olejowej: (a) kawałki tkaniny pozostawiono w ukła-





Rys. 1. Mapa przyczyn dla rozpatrywanego incydentu – część 1.



Rys. 2. Mapa przyczyn dla rozpatrywanego incydentu – część 2.

dzie olejowym łożyska po zakończeniu remontu turbiny, (b) „obcy materiał” w układzie olejowym nie został wykryty (usunięty) w okresie dwóch lat poprzedzających ten incydent, (c) kawałki tkaniny przemieściły się i zatkały przewód odpływu oleju w trakcie eksploatacji. Fakty te zostały stwierdzone w wyniku inspekcji układu. Warto zauważyć, że analizowany skutek następuje, gdy wystąpią równocześnie wszystkie trzy ww. przyczyny (dlatego została zastosowana bramka logiczna „AND”).

Brakuje twardych dowodów, że kawałki tkaniny zostały pozostawione przez personel remontowy w trakcie wykonywania generalnego remontu, ale wydaje się, że była to jedyna możliwość, ponieważ wewnątrz łożyska nie było dostępne od czasu tego remontu.

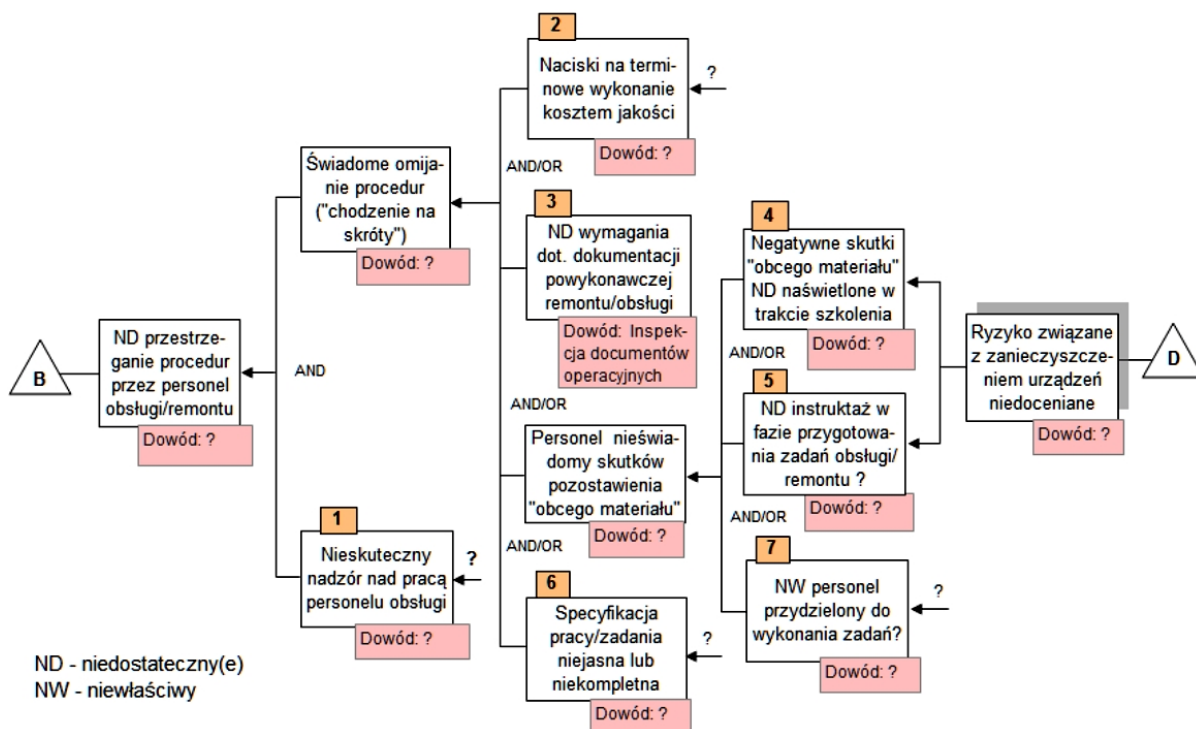
Sytuacja, w której kawałki flaneli znalazły się w układzie olejowym łożyska po zakończeniu remontu, była spowodowana przez (a) niedbałość personelu wykonującego prace remontowe, który pozostawił tę flanelę w nieodpowiednim miejscu, oraz (b) nieskorygowanie tego błędu przez personel nadzoru przed zamknięciem kadłuba turbiny. W analizach należy wziąć pod uwagę trzy potencjalne przyczyny tych nieprawidłowości: (a) niedostateczne przestrzeganie istniejących procedur i instrukcji dotyczących remontu (zdarzenie B), (b) niedoskonałość istniejących procedur i instrukcji (zdarzenie C) oraz (c) nieskuteczny (niewłaściwie zorganizowany) nadzór nad pracami remontowymi (przyczyna 1). Warto zwrócić uwagę, że w odniesieniu do ww. przyczyn została zastosowana bramka logiczna „AND/OR”, która wskazuje, iż rozważany skutek („kawałki flaneli w układzie olejowym łożyska”) mógł być wynikiem jednej z tych trzech przyczyn lub dowolnej ich kombinacji. Przyczyny te mogły mieć wpływ zarówno na

pozostawienie obcego materiału, jak i na przeoczenie tego faktu.

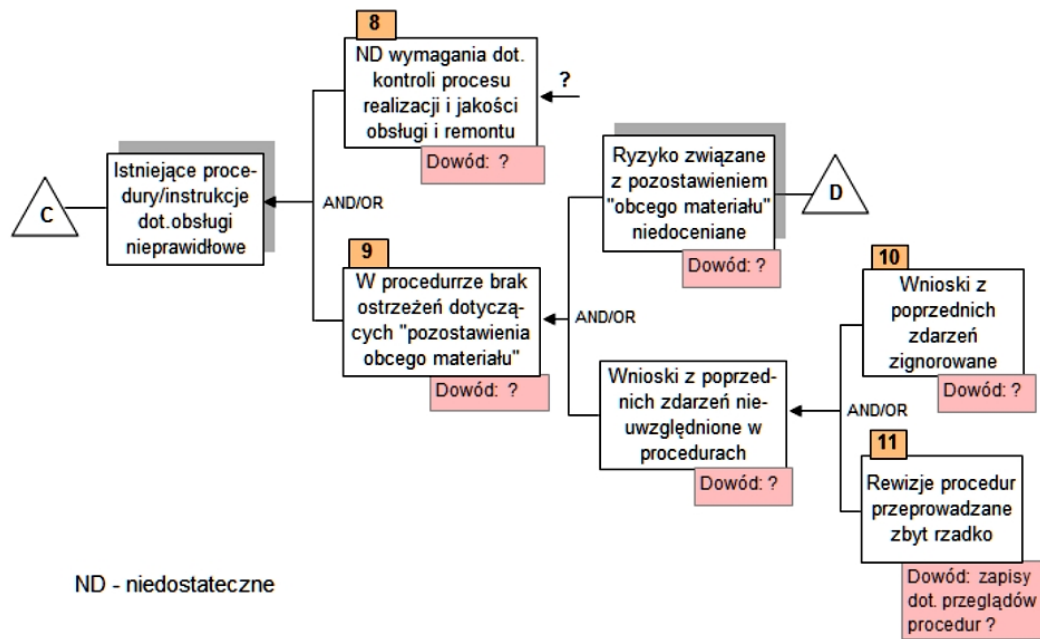
Otwarte pozostaje pytanie, czy obecność „obcego materiału” mogła być wykryta na podstawie wcześniejszych symptomów, a także czy ewentualne symptomy (jeżeli wystąpiły) nie zostały zlekceważone przez personel ruchowy? Dla porządku warto też zwrócić uwagę na brak zabezpieczenia otworu odpływowego przed ewentualnym zatkaniami (np. przez odpowiednio skonstruowaną przegrodę). Zastosowanie tego środka naprawczego nie wydaje się sensowne (w konsekwencji przyczyna ta nie została oznaczona jako „przyczyna naprawialna”). Bardziej logiczne wydają się środki naprawcze zmierzające do usunięcia (zredukowania) zagrożenia, jakim jest pozostawienie „obcego materiału”.

Na rysunku 3 analizowane są przyczyny niedostatecznego stosowania istniejących procedur i instrukcji dotyczących obsługi/remontu (przyczyna B). Potencjalne przyczyny takiego stanu rzeczy to: (a) lekceważenie (świadome omijanie lub niewłaściwe przestrzeganie) przez personel obsługi i remontów niewygodnych procedur i instrukcji (tzw. chodzenie na skróty) i równoczesna (b) niedostateczna skuteczność nadzoru (przyczyna 1), któremu nie udało się wyegzekwować przestrzegania istniejących przepisów.

Potencjalne przyczyny, które mogły spowodować takie lekceważenie przepisów przez personel wykonujący prace remontowe, obejmują: (a) naciski kierownictwa na skrócenie terminu wykonania zadań, nawet kosztem ich jakości (przyczyna 2), (b) niedostateczne wymagania (ich brak?) dotyczące dokumentacji powykonawczej obsługi /remontu (przyczyna 3), (c) niedostateczna świadomość zagrożenia



Rys. 3. Mapa przyczyn dla rozpatrywanego incydentu – część 3.



Rys. 4. Mapa przyczyn dla rozpatrywanego incydentu – część 4.

w związku z obecnością „obcego materiału”, (d) niejasności, niekompletność lub niedostateczna szczegółowość istniejących procedur i instrukcji dotyczących prac remontowych, która utrudnia ich praktyczne stosowanie przez pracowników obsługi i remontu (przyczyna 6).

Personel mógł nie zdawać sobie sprawy ze znaczenia problemu spowodowanego obecnością „obcego materiału”, ze względu na (a) niedoskonałości przeprowadzanego szkolenia, w którym nie położono odpowiedniego nacisku na potencjalne skutki takiej nieprawidłowości (przyczyna 4), (b) niewystarczający instruktaż (*briefing*) przeprowadzany przez przełożonego przy przydzielaniu zadań pracownikowi (przyczyna 5) lub (c) przydzielenie zadania pracownikowi o niewystarczających kwalifikacjach/przygotowaniu (przyczyna 7).

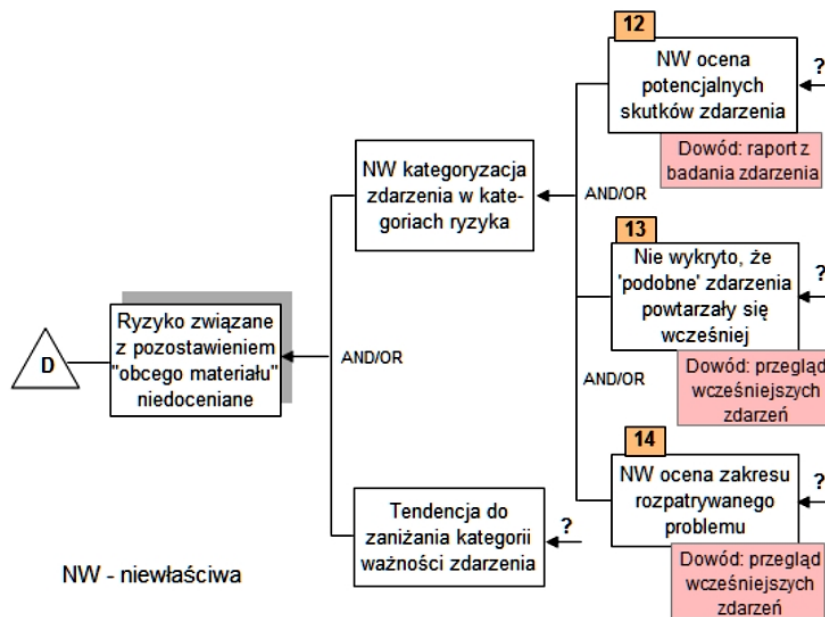
Należy zauważyć, że tylko przyczyna (3) została zidentyfikowana przez zespół badający. Potencjalne przyczyny (1), (2), (4)–(7) nie zostały zbadane/zweryfikowane; potwierdzenie, że miały wpływ na ten konkretny incydent i zastosowanie odpowiednich środków zmierzających do ich wyeliminowania, zapewniłoby wysoką skuteczność rozwiązania tego problemu.

Potencjalne przyczyny, które powodują, że istniejące procedury i instrukcje dotyczące obsługi/remontu nie są prawidłowe (wymagają poprawienia), są analizowane na rysunku 4. Wśród prawdopodobnych przyczyn można wymienić: (a) niedostateczne wymagania dotyczące kontroli procesu realizacji i jakości obsługi /remontu (przyczyna 8) oraz (b) brak odpowiedniego nacisku w tej procedurze na zagrożenia związane z pozostawieniem „obcego materiału w nieodpowiednim miejscu” (przyczyna 9). Warto zwrócić uwagę, że przyczyna (8) dotyczy podobnej materii, co przyczyna (3). Przyczyna (9) może być spowodowana przez (a) niedocenywanie ryzyka związanego z zanieczyszczeniami

w układach lub urządzeniach (przyczyna D) lub (b) nieuwzględnienie wniosków płynących z analizy poprzednich zdarzeń operacyjnych, które wskazują na stosunkowo częste ujawnianie się problemu „obcego materiału w nieodpowiednim miejscu”. Przyczyną może być (a) zignorowanie takich wniosków (przyczyna 10) lub (b) zaniechania w okresowej rewizji procedur (przyczyna 11), które opóźniły uwzględnienie tych wniosków w obowiązujących procedurach.

Niedocenywanie poziomu ryzyka związanego z zanieczyszczeniami układów i urządzeń („obcy materiał w niewłaściwym miejscu”) (przyczyna D) jest analizowane na rysunku 5. Jedną z potencjalnych przyczyn tego problemu jest niewłaściwa klasyfikacja zdarzeń rejestrowanych przez operatora EJ z punktu widzenia bezpieczeństwa (poziomu ryzyka). W raporcie zdarzenie sklasyfikowano jako „nieistotne dla bezpieczeństwa”, mimo że istniało realne zagrożenie pożarem w turbinowni (przyczyna 12). Zespół badający zdarzenie stwierdził, że w historii EJ nie było wcześniej takich zdarzeń – niewłaściwie rozpoznano lub zignorowano dwa podobne zdarzenia, jakie wystąpiły w EJ w ciągu ostatnich trzech lat poprzedzających rozpatrywane zdarzenie (przyczyna 13). Niewłaściwie oceniono również zakres rozpatrywanego problemu – problem „obcy materiał w niewłaściwym miejscu” ma szersze implikacje, gdyż może dotyczyć również innych urządzeń i innych zespołów ludzkich (przyczyna 14). Przyczyny te wskazują na nieprawidłowości metodologiczne dotyczące klasyfikacji zdarzeń z punktu widzenia bezpieczeństwa (określenia priorytetu, z jakim traktowane jest zdarzenie).

Na mapie (rys. 5) uwidocznił również (dla porządku) potencjalną przyczynę polegającą na świadomym zaniżaniu ważności zdarzenia z punktu widzenia bezpieczeństwa w obawie przed ewentualnymi reperkusjami (np. negatyw-



Rys. 5. Mapa przyczyn dla rozpatrywanego incydentu – część 5.

ną oceną bezpieczeństwa obiektu przez organ dozoru). Kierownictwo EJ powinno zbadać, czy takie uwarunkowanie mogło mieć wpływ na niewłaściwą ocenę ryzyka.

#### Jak potwierdzić potencjalne przyczyny źródłowe?

Pewna liczba przyczyn uwidocznionych na przytoczonej wyżej mapie przyczyn została sklasyfikowana jako „przyczyny naprawialne”. Spośród tych przyczyn należy wybrać te, których wyeliminowanie będzie najkorzystniejsze z punktu widzenia skuteczności, a także praktycznej możliwości (łatwości) wdrożenia odpowiednich środków naprawczych.

W dużej części te przyczyny należy traktować jako przyczyny „potencjalne” – brakuje bowiem dowodów, że miały one wpływ na wystąpienie tego konkretnego problemu. W jaki sposób należy poprowadzić dalsze badanie zdarzenia, aby potwierdzić zasadność tych przyczyn? Niektóre uwagi dotyczące tej kwestii zamieszczono poniżej w odniesieniu do każdej z naprawialnych przyczyn (w kolejności, w jakiej pojawiają się one na mapie).

#### Przyczyna 1. Nieskuteczny nadzór nad pracą personelu obsługi/remontów

W świetle zaistniałych faktów ta przyczyna wydaje się bezdyskusyjna – fakt pozostawienia kawałków tkaniny w układzie olejowym po zakończeniu remontu turbiny jest bezsprzeczny. Tak sformułowana przyczyna nie daje jednak wystarczających wskazówek, co do sposobu poprawienia działania nadzoru. Zbadania wymagają źródłowe przyczyny tej nieskuteczności. Wygodnym narzędziem mogłaby być w tym kontekście analiza zadania, która pozwoliłaby na odtworzenie wszystkich istotnych okoliczności zdarzenia i na ustalenie, dlaczego nadzór bezpośredni okazał się mało skuteczny.

#### Przyczyna 2. Naciski na terminowe wykonanie, nawet kosztem obniżenia jakości

Problem o szerszych implikacjach dotyczący „kultury bezpieczeństwa” i wymagający zbadania. Analiza zadania może dostarczyć dowodów potwierdzających lub wykluczających zasadność tej przyczyny w odniesieniu do badanego zdarzenia. Warto również sprawdzić, czy ww. przyczyna była również obserwowana w przypadku innych zdarzeń operacyjnych zarejestrowanych w bazie danych EJ.

#### Przyczyna 3. Niedostateczne wymagania dotyczące dokumentacji powykonawczej remontu

Fakt potwierdzony w raporcie z badania zdarzenia. Zmiany procedury wprowadzające szczegółowe wymagania dotyczące dokumentacji prac obsługowo-remontowych zostały wdrożone przez operatora.

#### Przyczyna 4. Skutki „obcego materiału” niedostatecznie naświetlone w trakcie szkolenia

Zasadność tej przyczyny można ocenić przez zbadanie programu szkolenia, jego zakresu oraz jakości poprzednio przeprowadzonych szkoleń; informacje takie powinny być dostępne w dokumentacji operacyjnej EJ. Powtórzenie przez operatora EJ szkolenia bez sprawdzenia jakości poprzednich szkoleń dotyczących rozpatrywanego problemu dla tej samej grupy pracowników nie wydaje się właściwe.

#### Przyczyna 5. Niedostateczny instruktaż dla personelu remontowego w fazie przygotowania

Zasadność tej przyczyny można ocenić na podstawie wywiadów z pracownikami kontraktora zewnętrznego, który przeprowadzał generalny remont turbiny, a także personelu operatora odpowiedzialnego za koordynację/nadzór ze strony inwestora. Warto zauważyć, że staranny instruk-

taż poprzedzający przydział zadań pracownikowi może być skuteczniejszy niż wcześniejsze szkolenia.

#### **Przyczyna 6. Niejasna lub niekompletna specyfikacja prac/zadania**

Zasadność tej przyczyny można ocenić na podstawie rezultatów badania procedur i instrukcji dotyczących remontu turbiny, zarówno u inwestora, jak i u zewnętrznego kontraktora. Z raportu dotyczącego badania incydentu nie wynika, aby taka analiza była przeprowadzona.

#### **Przyczyna 7. Niedostateczne kwalifikacje/przygotowanie personelu wyznaczonego do pracy**

Argumenty rzucające pewne światło na ocenę zasadności tej przyczyny można uzyskać na podstawie oceny kontraktora pod względem kwalifikacji dostępnego personelu technicznego oraz istniejącego systemu zapewnienia jakości.

#### **Przyczyna 8. Niedostateczne wymagania dotyczące kontroli procesu realizacji i jakości prac**

Ocena zasadności tej przyczyny może być wykonana na podstawie badania procedur i instrukcji regulujących zakres i organizację kontroli powykonawczej oraz nadzoru bezpośredniego przy realizacji prac remontowych (zarówno u kontraktora, jak i inwestora).

#### **Przyczyna 9. W procedurze brak ostrzeżeń dotyczących „pozostawienia obcego materiału”**

Ocena zasadności tej przyczyny może być dokonana na podstawie przeglądu procedur i instrukcji odnoszących się do (stosowanych przy) realizacji prac remontowych turbiny.

#### **Przyczyna 10. Wnioski z poprzednich zdarzeń operacyjnych zignorowane**

Ocena zasadności tej przyczyny może być dokonana na podstawie badania, czy wnioski z analizy zdarzeń i problemów są uwzględniane w sposób zorganizowany i systematyczny do korygowania programów szkolenia, a także przy przeglądach i rewizji procedur. Przyczyna ta ma szersze implikacje (może dotyczyć również innych obszarów sprzętowych i innych typów zespołów ludzkich).

#### **Przyczyna 11. Rewizje/przeglądy procedur przeprowadzane zbyt rzadko**

Ocena zasadności tej przyczyny stosunkowo łatwa do zbadania. Wymaga to sprawdzenia terminów przeglądu procedur i instrukcji odnoszących się do prac remontowych oraz realizacji tych przeglądów. Przyczyna ta może mieć szersze implikacje (może dotyczyć również innych procedur).

#### **Przyczyna 12. Niewłaściwa ocena ważności zdarzenia (dotycząca potencjalnych skutków)**

W raporcie z badania zdarzenia znajduje się stwierdzenie, że nie stanowiło ono zagrożenia z punktu widzenia bezpie-

czeństwa obiektu, mimo że istniało potencjalne zagrożenie pożarem w turbinowni, które mogło zapoczątkować poważną awarię. Operator najwyraźniej liczył się z takim zagrożeniem (do turbinowni została wezwana straż pożarna). Ważność zdarzenia z punktu widzenia bezpieczeństwa powinna być brana pod uwagę przy wyborze środków naprawczych. W tym wypadku zastosowano powtórne szkolenie – środek najprostszy, najłatwiejszy i o wątpliwej skuteczności.

#### **Przyczyna 13. Nie wykryto, że podobne zdarzenia powtarzały się wcześniej**

Według raportu rozpatrywane zdarzenie było zdarzeniem pojedynczym. Jednak późniejszy przegląd zarejestrowanych zdarzeń ujawnił inne podobne zdarzenia, które miały związek z „obecnością obcego materiału w niewłaściwym miejscu”. Wynika stąd, że poziom ryzyka związanego z takim zagrożeniem był w istocie wyższy niż przypuszczano.

#### **Przyczyna 14. Niewłaściwa ocena zakresu rozpatrywanego problemu**

Podobne zdarzenia rejestrowane wcześniej wykazały, że problem „obcego materiału w niewłaściwym miejscu” nie ogranicza się do turbiny, lecz dotyczy również innych systemów i urządzeń, co powinno mieć wpływ na ocenę poziomu ryzyka związanego z takim zagrożeniem.

## **Podsumowanie**

Na przykładzie opisanym w tym artykule pokazane zostały niedoskonałości analizy przyczyn (RCA) przeprowadzonej przez operatora EJ. Analiza raportu z badania tego zdarzenia, a także dostępne informacje z historii operacyjnej tej EJ pozwalają na sformułowanie następujących uwag i wniosków dotyczących jakości tej analizy:

- Głównym problemem jest ograniczony zakres (dogłębność) analizy, która nie zakończyła się należytych zbadaniem problemu. Nie będzie przesadne stwierdzenie, że problem nie został zbadany w ogóle. Analiza ograniczyła się do znalezienia bezpośredniej przyczyny zdarzenia, jakim było pozostawienie kawałków tkaniny w układzie olejowym łożyska turbiny, co doprowadziło do wzrostu ciśnienia w tym łożysku i wytrysku oleju na zespół szczotek generatora. Nie zastanawiano się nad przyczynami źródłowymi, które doprowadziły do takiego błędu. Przy ustalaniu środków naprawczych wzięto pod uwagę tylko dwa z wielu możliwych uwarunkowań mających związek przyczynowo-skutkowy z rozpatrywanym zdarzeniem: (a) sprawę braku wymagań dotyczących dokumentowania przebiegu prac remontowych oraz (b) kwestię szkolenia personelu obsługi i remontu<sup>1</sup>.
- Środki naprawcze wprowadzone przez operatora w związku z ww. uwarunkowaniami wymagają kome-

<sup>1</sup> Uwarunkowania te są również pokazane na mapie przyczyn sporządzonej przez autora (przyczyny 3 i 4).

tarza. Obowiązek szczegółowego dokumentowania przebiegu prac wprowadza pewien element motywujący (pośrednio) poprawne zachowania personelu, chociaż decyzja o formalnym wprowadzeniu takiego wymagania wynikała głównie z utrudnień napotkanych przy próbie zbadania problemu. Dodatkowe szkolenie przeprowadzone przez operatora zmierza do poprawienia świadomości pracowników o zagrożeniu związanym z „pozostawieniem obcego materiału w niewłaściwym miejscu”. Warto zauważyć, że zespół badający zdarzenie nie odnotował nawet, że takie szkolenia były już przeprowadzane wcześniej w reakcji na podobne zdarzenia. Oba środki naprawcze powinny mieć pewien pozytywny wpływ na zredukowanie tego zagrożenia, ale w opinii autora ich skuteczność jest niewielka lub wątpliwa.

- Niewątpliwie, staranna dokumentacja dotycząca realizacji prac remontowych turbiny, jakiej zabrakło w tym przypadku, mogłaby pomóc w wyjaśnieniu istotnych okoliczności zdarzenia i zidentyfikowaniu większej liczby istotnych przyczyn, ale nie powinna być ona traktowana jako jedyne źródło informacji pozwalających na wyjaśnienie okoliczności incydentu. W przypadku trudności z ustaleniem okoliczności zdarzenia, np. gdy początek sekwencji jest odległy w czasie i przestrzeni, warto stosować również inne dostępne narzędzia RCA. W tym konkretnym przypadku potrzebne informacje można było uzyskać, odtwarzając przebieg czynności związanych z remontem turbiny przez zastosowanie „analizy zadania”.
- Metoda RCA posługująca się zdarzeniowym modelem wypadku (sekwencją zdarzeń) zastosowana przez operatora EJ preferuje subiektywne myślenie przy wyborze związków przyczynowo-skutkowych, co nie sprzyja dogłębnej i wnikliwej analizie problemu, pozwalającej na identyfikację wszystkich istotnych słabości systemu mających wpływ na zdarzenie. Niestety, metody oparte na modelu zdarzeniowym są wciąż dominującym podejściem RCA w wielu sektorach działalności biznesowej. Metody zaliczane do tej grupy są szeroko stosowane w środowisku inżynierów związanych z energetyką jądrową, mimo wielu krytycznych opinii specjalistów i praktyków<sup>2</sup>. Niewątpliwie przyczyniły się do tego uwarunkowania historyczne – fakt, że znaczna część metod tego typu została opracowana na potrzeby tego sektora. Nie bez znaczenia jest również rola organizacji międzynarodowych (MAEA i Komisji Europejskiej), które mają wpływ na promowanie tych, a nie innych metod<sup>3</sup>.
- W artykule zademonstrowano alternatywną metodę RCA polegającą na wykorzystaniu mapy przyczyn. Mapa przyczyn skonstruowana we wczesnej fazie badania zdarzenia pozwala na ukierunkowanie procesu

gromadzenia informacji na określone obszary (elementy) systemu zarządzania bezpieczeństwem, ważne dla ustalenia przyczyn rozpatrywanego zdarzenia (takie jak procedury, szkolenie, organizacja i zarządzanie, nadzór bezpośredni itp.). Potwierdzenie lub wykluczenie zasadności określonych przyczyn ujawnionych na mapie przyczyn może się odbywać dzięki temu w sposób bezpośredni, przez analizę i ocenę tych elementów systemu. Analizy wykonane przez autora z użyciem mapy przyczyn pokazują potencjalne korzyści, jakie można uzyskać przez zastosowanie takiego podejścia.

- Wśród potencjalnych przyczyn, które wydają się interesujące dla identyfikacji skutecznych środków naprawczych, należy wymienić przyczyny związane z organizacją kontroli powykonawczej i nadzoru bezpośredniego (przyczyny 1, 5, 7, 8), a także z efektywnym wykorzystaniem doświadczeń operacyjnych (przyczyny 10, 12, 13, 14). Analiza wskazuje również na potencjalne przyczyny związane z jakością procedur (przyczyny 6, 9, 11), szkoleniem (przyczyna 4) i kulturą bezpieczeństwa (przyczyna 2).
- Jedną z istotnych nieprawidłowości w procesie analizy rozpatrywanego zdarzenia jest niewłaściwa jego klasyfikacja pod względem ważności, a w konsekwencji nieprawidłowe określenie priorytetu, z jakim realizowane są działania związane z analizami problemu i jego rozwiązywaniem (takie jak termin i sposób wykonania analizy oraz potrzebne środki). W omawianym przykładzie ważność problemu została wyraźnie niedoceniona, w wyniku tego zastosowane środki naprawcze nie są odpowiednie do jego ważności. W analizach zignorowane zostały ważne atrybuty tego problemu, które wpływają na poziom ryzyka i na ocenę ważności tego problemu:
  - a. możliwość wystąpienia poważnych skutków, ze względu na ryzyko pożaru w turbinowni, który mógł stanowić zdarzenie inicjujące poważną awarię reaktora;
  - b. szersze implikacje zdarzenia, związane z zakresem rozpatrywanego problemu i zakresem niektórych przyczyn (mogą one dotyczyć obszarów sprzętowych innych niż turbina lub grup personelu EJ innych niż personel obsługi i remontu);
  - c. udział zdarzenia w niekorzystnym trendzie (w okresie trzech lat poprzedzających badany incydent zarejestrowane zostały dwa inne zdarzenia związane z „obcym materiałem w niewłaściwym miejscu”).
- Warto podkreślić, że potencjalne przyczyny, które mogą mieć szersze implikacje (atribut b) są godne szczególnej uwagi analityków przy wyborze środków naprawczych. Wpływ tych przyczyn na poziom ryzyka związanego

<sup>2</sup> Informacje na ten temat można znaleźć we wcześniejszej publikacji dotyczącej metod RCA [2].

<sup>3</sup> Uwagi autora dotyczące szkolenia na temat metod RCA organizowanego przez KE i MAEA dla personelu dozorców jądrowych można znaleźć we wcześniejszej publikacji [1].

z eksploatacją obiektu nie ogranicza się do badanego (lokalnego) problemu – ich usunięcie mogłoby zapobiec wielu innym problemom (niekiedy poważniejszym w skutkach niż badany problem) w innych częściach elektrowni lub innych procesach operacyjnych.

- Omawiany przykład dobrze ilustruje trudności, jakie sprawia w praktyce poprawna identyfikacja zdarzeń „powtarzających się” (atrybut c). Zwraca uwagę na fakt, że zdarzenia takie, rozpatrywane w kategoriach bezpośredniego skutku, niejednokrotnie nie mają ze sobą wiele wspólnego – mogą dotyczyć różnych urządzeń, różne też mogą być skutki tych zdarzeń. Pewne wspólne cechy ujawniają się dopiero na poziomie badania przyczyn źródłowych. Przyczyny źródłowe, decydujące o wyborze odpowiednich środków naprawczych, są jedynym logicznym atrybutem, który daje podstawę do prawidłowej klasyfikacji zdarzeń.
- Brak staranności (wnikliwości) w analizie przyczyn rozpatrywanego incydentu i koncentrowanie się tylko na tym, co można poprawić przy minimalnym wysiłku, a także wspomniane wyżej słabości metodologiczne dotyczące OEF to niestety typowe problemy, jakie można obserwować w wielu obszarach działalności biznesowej, sygnalizowane zresztą od lat przez specjalistów i praktyków. Były one również omawiane we wcześniejszych publikacjach autora [1], [2], [3].
- Powyższe podsumowanie nie byłoby pełne bez próby odniesienia się do uwarunkowań, które mogły mieć wpływ na takie, a nie inne podejście operatora EJ do analizy tego zdarzenia. Czego zabrakło analitykom, którym przyszło się zmierzyć z badanym problemem? Niewątpliwie pełniejszej wiedzy dotyczącej metod RCA i doświadczenia w wykonywaniu analiz przyczyn, umiejętności wnikliwego badania faktów i ich oceny w kategoriach związków przyczynowo-skutkowych, znajomości zasad funkcjonowania nowoczesnych systemów zarządzania bezpieczeństwem, być może także motywacji do skutecznego poprawiania środowiska,

w jakim prowadzona jest działalność biznesowa. Nie sposób nie wspomnieć także o elementarnej umiejętności logicznego myślenia, która powinna cechować każdego dobrego pracownika, a analityka RCA w szczególności. Wszystkie te cechy trzeba kształtować systematycznie przez odpowiednią politykę kadrową i szkolenie pracowników, a także demonstrowanie właściwej postawy przez bezpośrednich przełożonych i kierownictwo organizacji.

#### Notka o autorze

**Dr inż. Maciej Kulig** – absolwent Wydziału Mechaniczno-Konstrukcyjnego Politechniki Warszawskiej, wieloletni pracownik byłego IBJ, później Instytutu Energii Atomowej w Świerku, a następnie zespołu dozoru jądrowego w CLOR, kierownik wydziału analiz w Państwowym Inspektoracie Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej i departamencie GIDJ PAA, ekspert MAEA, konsultant w firmie Enconet Consulting GmbH, Kolingasse 12/7, 1090 Vienna, Austria, w zakresie specjalności: energetyka jądrowa, bezpieczeństwo jądrowe, zarządzanie ryzykiem.

#### Literatura

1. M. Kulig, *Doświadczenia operacyjne i ciągłe doskonalenie w energetyce jądrowej – wyzwania i bariery, teoria i praktyka*, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 1/2018.
2. M. Kulig, *Analizy przyczyn źródłowych RCA – przegląd metod*, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 2/2018.
3. M. Kulig, *Doskonalenie przedsiębiorstw – kryzys drogą do sukcesu*, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2016.
4. J.R. Phimister, U.G. Oktem, P.R. Kleindorfer, H. Kunreuther, *Near-Miss Incident Management in the Chemical Process Industry*, Risk Analysis, 2003, nr 3.
5. M. Kulig, *Analiza przyczyn awarii w japońskiej elektrowni jądrowej Fukushima Dai-ichi w marcu 2011 roku*, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 2/2015.
6. M. Kulig, *Incydent radiologiczny w EJ Paks w kwietniu 2003 roku – analiza przyczyn*, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 1/2016.
7. M. Kulig, *Katastrofa kolejowa pod Szczekocinami – Czy wystarczająco skorzystaliśmy z tej lekcji?*, Przegląd Techniczny, dwutygodnik, 2017, nr 21–24.

# Metody finansowania odpowiedzialności za szkodę jądrową

Maciej Lemiesz  
Państwowa Agencja Atomistyki

## Informacje wprowadzające

Zakres i rozmiar szkód powstałych w następstwie ciężkich awarii jądrowych, głównie na podstawie doświadczeń z awarii w 1986 r. w Czarnobylu oraz w 2011 r. w Fukushima, dają przyczynek do dyskusji, czy zagwarantowane prawnie metody indemnizacji szkody jądrowej (jej naprawienie) są w pełni wystarczające. Rozważyć należy, czy samo posiadanie polisy ubezpieczeniowej przez operatora urządzenia jądrowego jest wystarczające oraz w jakim zakresie udział w naprawieniu szkody powinno ponosić państwo, na którego terenie doszło do powstania szkody.

Na pierwszy plan wysuwa się **zasada kanalizacji** (skupienia) odpowiedzialności osoby eksploatującej urządzenie jądrowe w relacji z zasadą kwotowego ograniczenia odpowiedzialności<sup>1</sup>. Zasada kanalizacji stanowi fundament reżimu odpowiedzialności za szkodę jądrową<sup>2</sup> i ma doniosłe znaczenie ze względu na domniemanie, że za szkodę **odpowiedzialna jest jedynie osoba eksploatująca**, bez względu na to, kto rzeczywiście doprowadził do powstania tej szkody. Z jednej strony, stanowi ułatwienie dowodowe dla wszystkich potencjalnych poszkodowanych, z drugiej zapewnia ochronę przemysłu jądrowego, który zajmuje się dostawą aparatury i urządzeń wchodzących w skład obiektu jądrowego.

Ryzyko związane ze stosowaniem tej zasady związane jest z możliwością niezaspokojenia roszczeń wszystkich poszkodowanych z powodu ograniczonych środków pie-

niężnych przeznaczonych na wypłatę odszkodowań w imieniu eksploatującego. W celu zminimalizowania tego ryzyka wprowadzono obowiązek posiadania **ubezpieczenia od odpowiedzialności cywilnej**, zwanej dalej OC. Należy w tym miejscu podkreślić, że zarówno Konwencja wiedeńska<sup>3</sup>, jak i Konwencja paryska<sup>4</sup> przewidują zabezpieczenie finansowe w innych postaciach<sup>5</sup>, które zostaną opisane niżej, lecz na gruncie polskiej ustawy – Prawo atomowe<sup>6</sup> jedyną formą zabezpieczenia finansowego jest posiadanie stosownej polisy OC<sup>7</sup>.

## Pool'e atomowe

Ze względu na specyfikę ryzyka atomowego przez lata wypracowano wiele metod zapewnienia finansowania odpowiedzialności osoby eksploatującej w razie wyrządzenia szkody, które funkcjonują na świecie. Konieczność korzystania z opisywanych metod wynika z ograniczonej pojemności rynku ubezpieczeń w zakresie indemnizacji szkody jądrowej oraz zapewnienie ewentualnym poszkodowanym wypłaty odszkodowania.

Najczęściej spotykaną metodą ubezpieczeniową są tzw. *pools* ubezpieczeniowe, które ze względu na swoją specyfikę nazywane są również *pools* atomowymi. Są to specjalistyczne zakłady ubezpieczeniowe mające na celu pokrywanie ewentualnych odszkodowań za wyrządzone szkody w toku eksploatacji obiektów jądrowych ze wspólnych środków. Pierwsze *pools* powstały w Europie już w latach 50. ubiegłego wieku, następnie zaadaptowano to rozwiąza-

<sup>1</sup> Szerzej powyższe zasady zostały opisane w nr 4/2016 Biuletynu Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej, s. 23–29.

<sup>2</sup> Należy zaznaczyć, że zasada ta nie obowiązuje w Austrii, tam eksploatowany jest jedynie reaktor doświadczalny.

<sup>3</sup> Konwencja wiedeńska o odpowiedzialności cywilnej za szkodę jądrową, sporządzonej w Wiedniu dnia 21 maja 1963 r. (Dz. U. 1990 Nr 63, poz. 370), zwana dalej „Konwencją wiedeńską”.

<sup>4</sup> *Convention on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy of 29th July 1960, as amended by the Additional Protocol of 28th January 1964 and by the Protocol of 16th November 1982*, zwana dalej „Konwencją paryską”.

<sup>5</sup> Por. art. VIII ust. 1 Konwencji wiedeńskiej oraz art. 10 pkt a) Konwencji paryskiej.

<sup>6</sup> Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz. U. z 2018 r. poz. 792 i 1669).

<sup>7</sup> Art. 103 ust. 1 ustawy – Prawo atomowe.



nie w USA. Wśród europejskich *pool*i atomowych należy wymienić: Nuclear Risk Insurers Limited<sup>8</sup>, Czech Nuclear Insurance Pool<sup>9</sup>, Nordic Nuclear Insurers<sup>10</sup>, Russian Nuclear Pool<sup>11</sup>, Slovakian Nuclear Pool<sup>12</sup>.

Potencjalny globalny zasięg szkody jądrowej powoduje niechęć towarzystw ubezpieczeniowych do ubezpieczania eksploatacji obiektów jądrowych, ze względu na niemożność oszacowania prawdopodobieństwa wystąpienia awarii, rozmiaru jej skutków oraz przewidywanego obciążenia ekonomicznego. *Pools* atomowe tworzone są wielostronną umową pomiędzy jej członkami, wśród których są zakłady ubezpieczeniowe oraz reasekuratorzy, która to umowa nakłada na nich obowiązek deklaracji możliwych kwot finansowych, jakie będą mogły przeznaczyć na sfinansowanie odpowiedzialności za dany obiekt jądrowy. Udział w zyskach i stratach opiera się na zasadzie solidarności i jest dzielony proporcjonalnie do wkładów wniesionych przez członków danego *pool*s. Co do zasady *pool*s działają na poziomie krajowym, lecz reasekuracja odbywa się na poziomie międzynarodowym, co powoduje rozłożenie ewentualnych obciążeń związanych z wypłatą odszkodowań na wiele zdywersyfikowanych geograficznie instytucji finansowych. Skutkować to będzie internacjonalizacją *pool*s atomowych.

Główną korzyścią takiego rozwiązania jest stworzenie instrumentu finansowego, który zapewnia lepszą ochronę ubezpieczeniową niż klasyczny krajowy zakład ubezpieczeń. Co więcej, *pool*s atomowe współpracują ze sobą, ich członkowie wymieniają się doświadczeniami, co powoduje precyzyjniejszą estymację ryzyka oraz tworzenie bardziej adekwatnych metod kalkulacji składki ubezpieczeniowej. Istotną wadą jest brak konkurencji między *pool*s ubezpieczeniowymi, co skutkuje wysoką składką ubezpieczeniową. Ponadto zasięg ochrony ubezpieczeniowej ograniczony jest jedynie do terytorium danego kraju, co może być powodem słabej efektywności w przypadku zaistnienia ciężkiej awarii o skutkach transgranicznych.

### Zależne zakłady ubezpieczeniowe

Inną formą zabezpieczenia roszczeń wynikających z powstania szkody jądrowej są tzw. *captives* (od *captive insurance company*), czyli zależne zakłady ubezpieczeń, których celem jest finansowanie ryzyka obejmującego jego właścicieli. *Captives* zwane są również ART, czyli *alternative risk transfer*. W omawianej materii *captives* tworzone są przez samych operatorów urządzeń jądrowych, z pominięciem usług zakładów ubezpieczeniowych. Fundusze będące we władaniu *captives* uzależnione są od wnoszonych przez operatorów składek ubezpieczeniowych. Powstanie *captives* stanowiło alternatywę dla *pool*s atomo-

wych, które nie były w stanie zapewnić odpowiedniego kapitału na skutek podnoszonych na przestrzeni lat minimalnych sum odszkodowawczych.

Pierwszymi tego typu instytucjami był belgijski EMANI (*European Mutual Assosiation for Nuclear Insurance*), powstały w 1978 r., oraz NEIL (*Nuclear Electric Insurance Limited*), który założony został w Stanach Zjednoczonych. *Captives* w przeciwieństwie do *pool*s swoim zasięgiem obejmują transgraniczne szkody jądrowe, dzięki czemu zakres ich działalności jest znacznie szerszy, i zapewniają bardziej efektywną ochronę dla ewentualnych poszkodowanych. Efektywność przejawiać się będzie w zmniejszeniu ewentualnych formalności w przypadku wystąpienia szkody na terytorium kilku krajów. Korzystanie z *captives* jest również atrakcyjniejsze dla samych operatorów jądrowych, którzy tworzą te fundusze, ze względu na to, że wysokość składki ubezpieczeniowej nie jest obciążona dużą prowizją za podejmowane ryzyko ubezpieczeniowe. Należy również podkreślić istotną korzyść w postaci współpracy operatorów tworzących *captives* ze względu na wymianę doświadczeń w zakresie kształtowania polityki bezpieczeństwa w eksploatowanych urządzeniach jądrowych.

### Samubezpieczenie

Z punktu widzenia obciążenia operatorów wysokością składki ubezpieczeniowej bardzo atrakcyjną formą finansowania odpowiedzialności jest tworzenie specjalnych rezerw finansowych w ramach posiadanych aktywów finansowych. Rezerwy te wnoszone są w celu utworzenia funduszu mającego na celu wypłatę ewentualnych odszkodowań. Jest to forma tzw. samubezpieczenia, stosuje ją m.in. francuski EDF. Atrakcyjność samubezpieczenia wynika z tego, iż utworzona rezerwa jest cały czas we władaniu operatora, w przypadku *pool*s czy *captives* wnoszone składki są bezzwrotne. Dopóki nie dojdzie do wypadku, operator nie będzie ponosił wydatków z utworzonej rezerwy. Jednakże, rezerwy te wnoszone są najczęściej przez akcjonariuszy lub udziałowców danego przedsiębiorstwa eksploatującego urządzenie jądrowe, wobec czego tym osobom należą się określone stopy zwrotu za możliwość zainwestowania kapitału, tworząc tym samym koszty kapitału. Koszty te znacząco obniżają atrakcyjność samubezpieczenia, które wraz z kosztami związanymi z administracją tego funduszu do celów ubezpieczeniowych powodują, że nie stanowią one realnej konkurencji dla wyspecjalizowanych *pool*s lub *captives*. Należy mieć również na uwadze, że wykorzystanie rezerw finansowych wymaga określonych operacji księgowych, które muszą zadośćuczynić prawu podatkowemu, finansowemu oraz innym obciążeniom. Ponadto, ewentualny wypadek

<sup>8</sup> <http://www.nuclear-risk.com/>

<sup>9</sup> <http://www.nuclearpool.cz/>

<sup>10</sup> <http://www.atompool.com/>

<sup>11</sup> <http://www.ranipool.ru/eng/>

<sup>12</sup> <http://www.nuclearpool.sk/>

jądrowy może doprowadzić do bankructwa przedsiębiorstwa będącego operatorem jądrowym, powodując tym samym niemożność wypłaty odszkodowań, a także ze względu na to, że fundusze te będą w posiadaniu operatora, może on celowo uniemożliwiać wypłaty należnych świadczeń.

## Rynek kapitałowy

Inną istotną możliwością rozwiązania problemu jest koncepcja wykorzystania rynku kapitałowego do finansowania ryzyka katastroficznego, na który składają się **obligacje katastroficzne** oraz **katastroficzne instrumenty pochodne**.

**Obligacjami katastroficznymi** są instrumenty emitowane przez eksploatującego lub kilkoro z nich, bądź zakłady ubezpieczeń, które zapewniają odpowiednie fundusze ubezpieczeniowe. Wykupienie tych obligacji przez inwestorów związane jest z ewentualną realizacją ryzyka, w związku z którym były wyemitowane. W przypadku gdy dojdzie do ciężkiej awarii, obligacje te nie będą podlegać wykupowi, a ich wartość nominalna zostanie przeznaczona na pokrycie szkody jądrowej. Inwestorzy w zamian za ponoszone ryzyko inwestycyjne mają do dyspozycji stopę zwrotu, np. w postaci płatności odsetkowych. Inwestycja w obligacje katastroficzne jest atrakcyjna dla instytucji finansowych, dzięki którym mogą dywersyfikować ponoszone przez siebie ryzyko, a stopa zwrotu niezależna jest od globalnego rynku finansowego. Nawet w przypadku krachu gospodarczego inwestorzy takich obligacji będą otrzymywać wypłatę zysków z alokowanych środków. Co oczywiste, w sytuacji zaistnienia wypadku jądrowego posiadane obligacje nie będą mogły być sprzedane, a wypłata zysków zostanie wstrzymana, w przypadku wykorzystania w pełni obligacji, zostaną one umorzone. Długoterminowy zysk inwestorów implikowany będzie jedynie poprzez bezawaryjną eksploatację obiektów jądrowych przez wiele lat.

Odmienne jest działanie **katastroficznych instrumentów pochodnych**, które kierowane są do inwestorów zajmujących się spekulacją na rynku finansowym, w zamian za ponoszone wysokie ryzyko otrzymują oni wysokie stopy zwrotu. Jako przykład można wskazać opcje katastroficzne, które mogą być wykupywane przez samych operatorów. W razie wypadku jądrowego będą one uprawniać do żądania od ich wystawcy wypłaty określonej kwoty pieniężnej, która następnie zostanie przeznaczona na wypłatę odszkodowania.

Istotną wadą tych rozwiązań jest uzależnienie utworzenia funduszu na pokrycie ewentualnych roszczeń od uzyskanych kwot za sprzedaż obligacji. W przypadku małego zainteresowania powyższymi instrumentami istnieje możliwość, że nie zostanie zebrana wymaga kwota. Ponadto, w razie powstania szkody jądrowej dostęp do pieniędzy będzie ograniczony, ponieważ konieczne będzie zebranie gwarantowanych kwot, co zajmie czas oraz może

napotkać wiele trudności natury faktycznej. Korzystanie z rynku kapitałowego w zakresie finansowania ryzyka jądrowego obecnie w dużej mierze opiera się na teorii, a nie na praktyce na rynku kapitałowym.

## Podział ryzyka

Drugą teoretyczną formą finansowania odpowiedzialności jest tzw. **dzielenie się ryzykiem** (*risk sharing*). Koncepcja tej formy oparta jest na konstrukcji ubezpieczeń wzajemnych. Założenie polega na umowie między operatorami urządzeń jądrowych, na mocy której każdy z nich zobowiązuje się do wypłaty określonej kwoty pieniędzy w przypadku, gdy któraś ze stron umowy spowoduje szkodę jądrową (wystąpi u niej wypadek). Każdy z umawiających się operatorów będzie miał swobodę w decydowaniu, w jaki sposób zapewni wypłatę ustalonej kwoty pieniężnej (każdy z nich będzie mógł wybrać dowolny instrument finansowy zapewniający wypłatę, do której się zobowiązał). Istotną korzyścią tego instrumentu jest **stworzenie międzynarodowej ochrony ubezpieczeniowej**, która w sytuacji wystąpienia wypadku jądrowego rozłoży ciężar wypłaty odszkodowań między wszystkich umawiających się operatorów. Istotną korzyścią jest możliwość stworzenia funduszu o ogromnej wysokości, która będzie mogła w wystarczający sposób zapewnić wypłatę odszkodowań, lecz z drugiej strony spowoduje, że ciężar wypadku jądrowego będą ponosić wszyscy operatorzy. Ciężar ten będzie musiał być skompensowany w inny sposób, np. poprzez podniesienie cen produkowanej energii elektrycznej, co może mieć skutki globalne. Z drugiej jednak strony, wszyscy umawiający się operatorzy byliby zainteresowani wzrostem kultury bezpieczeństwa i podejmowaniem środków prewencyjnych w celu uniknięcia wystąpienia poważnej awarii jądrowej. Należy podkreślić, że omawiana koncepcja koliduje z naczelną zasadą reżimu odpowiedzialności, jaką jest zasada kanalizacji odpowiedzialności operatora.

## Rola państwa w indemnizacji szkód

Jak zostało zaznaczone w informacjach wprowadzających, z zasadą kanalizacji odpowiedzialności operatora koresponduje **zasada limitowania kwotowo** odpowiedzialności operatora. Skutkuje ona tym, że odpowiedzialność ograniczona jest do pewnej kwoty, po której wyczerpaniu kolejne roszczenia nie są zaspokajane. Jest to bardzo istotna niedogodność dla osób, które mogą odczuć negatywny wpływ promieniowania jonizującego po latach od zaistnienia wypadku.

Jedynym rozwiązaniem powyższego problemu jest **partycypacja Skarbu Państwa** w indemnizacji szkód jądrowych w przypadku wyczerpania środków na wypłatę odszkodowań. Jedną z teorii głosi, że państwo powinno ponosić odpowiedzialność za skutki awarii jądrowej proporcjonalnie do stopnia, w jakim uczestniczy w eksplo-

atacji urządzenia jądrowego. Najprostszą sytuacją jest wtedy, gdy eksploatującym jest właśnie państwo. W pozostałych przypadkach należałoby wprowadzić reguły określające zasady wyliczania stopnia uczestnictwa oraz ponoszenia ewentualnych skutków ciężkiej awarii. W większości przypadków, nawet jeśli państwo jest eksploatującym, to nie jako Skarb Państwa, tylko za pośrednictwem utworzonych spółek i innych podmiotów zgodnie z prawem gospodarczym kraju. Ewentualne oszacowanie proporcji kooperacji na linii państwo-podmiot rodzi trudności zarówno natury praktycznej, jak i jurydycznej, dlatego najlepszym rozwiązaniem jest wprowadzenie w krajowym porządku prawnym reguł odpowiedzialności państwa za szkodę jądrową.

Umowy międzynarodowe oraz krajowe porządki prawne przewidują pewne reguły odpowiedzialności za szkody jądrowe w państwach, gdzie są eksploatowane urządzenia jądrowe. Udział państwa następuje poprzez posiadane fundusze publiczne jako **gwarancyjna lub subsydiarna odpowiedzialność** w indemnizacji szkody jądrowej.

**Odpowiedzialność gwarancyjna** polega na przejęciu odpowiedzialności za określony katalog szkód w przypadku ich wyłączenia przez prawo z zakresu odpowiedzialności operatora. Przykładem takiego rozwiązania jest art. VIII ust. 2 Konwencji wiedeńskiej, który przewiduje możliwość zwolnienia z obowiązku posiadania zabezpieczenia finansowego, jeśli operatorem urządzenia jądrowego jest państwo. Innym przykładem gwarancyjnej odpowiedzialności państwa jest ponoszenie odpowiedzialności za restytucję środowiska naturalnego, w przypadkach gdy prawo krajowe wyłącza ten zakres szkód z odpowiedzialności operatora. Funkcję gwarancyjną przewiduje też model odpowiedzialności przewidziany w Konwencji brukselskiej<sup>13</sup>, która stanowi uzupełnienie Konwencji paryskiej. Przewiduje ona złożony system funduszy gwarancyjnych na wypłatę odszkodowań, który tworzą strony traktatu. System ten składa się z funduszy prywatnych operatorów i ich ubezpieczycieli; państwa-strony traktatu mają obowiązek zapewniania określonych kwot pieniężnych na zaspokojenie roszczeń o charakterze międzynarodowym. Choć państwa bezpośrednio nie będą brały udziału w wypłacie odszkodowań, to pośrednio, poprzez zapewnione fundusze, pełnią funkcję gwarancyjną, w przypadku gdy środki wniesione przez operatorów nie będą wystarczające.

Drugim, znacznie powszechniejszym sposobem udziału państwa w indemnizacji szkody jądrowej jest **subsydiarna odpowiedzialność państwa**. Owa posiłkowość polega na zapewnieniu wypłaty odszkodowania osobie, która nie uzyskała wypłaty od odpowiedzialnego podmiotu (opera-

tora lub zakładu ubezpieczeń). Niemożność ta może być spowodowana upadłością, brakiem pieniędzy lub przedawnieniem. Konwencja wiedeńska w przypadku niezaspokojenia szkody przez operatora lub podmiotu udzielającego zabezpieczenia przewiduje udział państwa w zaspokojeniu roszczeń w takich wypadkach<sup>14</sup>. Ogólnie rzecz ujmując, w przypadku nieuzyskania odszkodowania od podmiotu zobowiązanego, poszkodowanemu przysługuje bezpośrednio roszczenie do Skarbu Państwa, a krajowe ustawodawstwo może wymagać, by wraz z wystosowaniem roszczenia wykazać niewypłacalność podmiotu zobowiązanego, np. wykorzystanie możliwych środków procesowych i egzekucyjnych.

Na gruncie prawa polskiego<sup>15</sup> Skarb Państwa gwarantuje wypłatę odszkodowania do wysokości kwotowego limitu tej odpowiedzialności dla osoby eksploatującej oraz w zakresie, w którym szkoda nie została zaspokojona przez ubezpieczyciela lub ubezpieczyciela i Ubezpieczeniowy Fundusz Gwarancyjny. Obecnie na podstawie art. 102 ust. 1 ustawy – Prawo atomowe limit ten wynosi 300 mln SDR<sup>16</sup>. Należy podkreślić, że mimo użycia w treści przepisu zwrotu „gwarantuje”, jest to odpowiedzialność subsydiarna (posiłkowa) Skarbu Państwa. Przesłanką odpowiedzialności państwa jest niezaspokojenie roszczeń przez ubezpieczyciela lub Ubezpieczeniowy Fundusz Gwarancyjny. Warty odnotowania jest fakt, że przed nowelizacją w 2011 r. odpowiedzialność subsydiarna ograniczona była jedynie do odpowiedzialności za szkodę na osobie, która to szkoda nie została naprawiona przez zakład ubezpieczeń. Ustawodawca rozszerzył zakres odpowiedzialności do innych postaci szkody jądrowej, limitując ją do wysokości odpowiedzialności osoby eksploatującej. Nowelizacja w 2011 r. daje wyraz tendencji do rozszerzania udziału środków publicznych w procesie indemnizacji skutków wypadków jądrowych. Trudno jednoznacznie stwierdzić, czy zmiana ustawodawstwa była podyktowana reakcją na zdarzenia w Fukushima. Osoby chcące skorzystać z gwarancyjnej odpowiedzialności państwa zobligowane są do złożenia powództwa przeciwko Skarbowi Państwa przed sądem okręgowym w Warszawie.

## Podsumowanie

W artykule scharakteryzowano główne założenia metod zapewnienia finansowania odpowiedzialności za szkodę jądrową na podstawie przepisów umów międzynarodowych oraz polskiej ustawy – Prawo atomowe. Mając na uwadze zasadę skupienia odpowiedzialności za szkodę jądrową, istotną rolę w kompensacji powstałej szkody odgrywają instytucje ubezpieczeniowe i finansowe. Scha-

<sup>13</sup>The Convention Supplementary to the Paris Convention of 29 July 1960, zwana dalej Konwencją brukselską.

<sup>14</sup>Art. VII ust. 1 Konwencji wiedeńskiej.

<sup>15</sup>Art. 103c ustawy – Prawo atomowe.

<sup>16</sup>SDR – Special Drawing Right, tzw. specjalne prawo ciągnięcia, jest to międzynarodowa jednostka rozrachunkowa, umowna jednostka monetarna, mająca charakter pieniądza bezgotówkowego, czyli istniejącego wyłącznie w postaci zapisów księgowych na bankowych rachunkach depozytowych. Jest to pieniądz wyłącznie rozrachunkowy. Obecnie 1 SDR warty jest 1,39 USD.

rakteryzowano różne warianty finansowania odszkodowania, jednakże mając na uwadze stałe poszerzanie definicji szkody jądrowej, podwyższanie limitów odpowiedzialności cywilnej operatora, a także rozszerzenie zasad przedawnienia roszczeń, konieczna jest pogłębiona analiza ryzyka eksploatacji obiektów jądrowych oraz metod finansowania tego ryzyka.

Jak zostało zaznaczone, w następstwie katastrofy w Fukushima zwiększa się rola państwa w indemnizacji tego rodzaju szkód. Mając na uwadze istotną rolę w publicznoprawnej partycypacji państwa w usuwaniu skutków katastrofy jądrowej, rozważyć należy odejście od zasady skanalizowania odpowiedzialności i przesunąć ciężar tej odpowiedzialności na państwo, które będzie miało prawo regresu do osoby eksploatującej oraz do instytucji finansowej gwarantującej wypłatę odszkodowań. Dostrzegając limitowaną odpowiedzialność operatora, pełna kompensacja szkód jest iluzoryczna, zwłaszcza że ciężar usuwania skutków awarii zawsze będzie spoczywać na organach państwa.

## Notka o autorze

**Maciej Lemiesz** – prawnik, absolwent Wydziału Prawa i Administracji Uniwersytetu Łódzkiego, specjalista w Departamencie Bezpieczeństwa Jądrowego Państwowej Agencji Atomistyki.

## Literatura

1. Convention on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy of 29th July 1960, as amended by the Additional Protocol of 28th January 1964 and by the Protocol of 16th November 1982.
2. Geneva Papers on Risk and Insurance 1992, vol. 17, s. 65.
3. Geneva Papers on Risk and Insurance 2008, vol. 33, s. 291–292.
4. Konwencja wiedeńska o odpowiedzialności cywilnej za szkodę jądrową, sporządzona w Wiedniu dnia 21 maja 1963 r. (Dz. U. 1990 Nr 63, poz. 370), zwana dalej Konwencją wiedeńską.
5. W. Robaczyński, Czynić postęp w prawie, Łódź 2017, s. 451–461.
6. W. Sułkowska, Ubezpieczenia gospodarcze i społeczne. Wybrane zagadnienia ekonomiczne, Warszawa 2011, s. 101–107.
7. The Convention Supplementary to the Paris Convention of 29 July 1960.
8. Ustawa z dnia 29 listopada 2000r. – Prawo atomowe (Dz. U. z 2018 r. poz. 792 i 1669).

# Nowe stacje TDPMS3 w sieci wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych (cz. 2)

Rafał Dąbrowski  
Państwowa Agencja Atomistyki  
Tomasz Dudek

## I. Wstęp

W ostatnich latach sieć stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych nadzorowana przez Państwową Agencję Atomistyki (PAA) powiększyła się o kilka nowych urządzeń typu TDPMS3 [1]. Budowa tych stacji oraz pomiary kalibracyjne na poziomie tła promieniowania jonizującego w środowisku zostały opisane w pierwszej części artykułu [2]. Druga część jest poświęcona analizie długoterminowych wyników pomiarów przeprowadzonych w warunkach środowiskowych w różnych lokalizacjach w sieci PAA.

## II. Naturalne tło promieniowania jonizującego w środowisku

Podstawowym zadaniem stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych jest alarmowanie w przypadku stwierdzenia w otoczeniu podwyższonego poziomu promieniowania jonizującego spowodowanego obecnością izotopów pochodzenia sztucznego. Są to takie izotopy, które mogą się pojawić w środowisku w wyniku działalności człowieka, czyli m.in. diagnostyki i terapii medycznej, prac ze źródłami promieniotwórczymi w przemyśle oraz ewentualnych awarii obiektów jądrowych. Aby spełnić to zadanie, należy zdawać sobie sprawę ze źródeł naturalnego tła promieniowania, które ma dwie główne składowe – ziemską i kosmiczną. Trzeba też dobrze poznać mechanizmy powodujące ich długo- i krótkoterminowe wahania.

### II.1. Składowa ziemska

Ziemską składową tła promieniowania bierze się z rozpadu izotopów promieniotwórczych wchodzących w skład skał budujących skorupę ziemską (głównie  $^{238}\text{U}$  i  $^{232}\text{Th}$ )

oraz ich pochodnych. Dochodzi do tego izotop  $^{40}\text{K}$ , który jest obecny w glebie i we wszystkich organizmach żywych. Te trzy grupy izotopów, tzn. potas  $^{40}\text{K}$  oraz elementy dwóch szeregów promieniotwórczych – uranowo-radowego i torowego – stanowią główne źródło naturalnego tła promieniowania pochodzącego z ziemi. Inne izotopy promieniotwórcze, jak np. elementy szeregu uranowo-aktynowego rozpoczynającego się izotopem  $^{235}\text{U}$ , mimo iż są również obecne w skorupie ziemskiej, nie mają jednak istotnego wpływu na dawkę otrzymywaną przez ludzi od tła naturalnego, gdyż ich stężenia są wielokrotnie mniejsze.

Moc przestrzennego równoważnika dawki ( $\dot{H}^*(10)$ ) pochodząca od składowej ziemskiej w danym punkcie pomiarowym jest w oczywisty sposób zależna od rodzaju skał występujących w podłożu, od gleby oraz otaczającej roślinności. Oprócz tego bardzo istotny jest wpływ dodatkowych czynników spowodowanych działalnością człowieka, jak np. bliska obecność wszelkiego rodzaju budynków i nawierzchni. Tego rodzaju konstrukcje stanowią osłonę przed promieniowaniem docierającym z podłoża, a także stanowią dodatkowe źródło promieniowania, gdyż zawierają w swym składzie izotopy będące pochodnymi uranu i toru, które są w sposób naturalny obecne w materiałach budowlanych. Dlatego też wymagania lokalizacyjne dla nowych stacji pomiarowych w sieci PAA określają, że w odległości do 100 m od sondy pomiarowej nie mogą się znajdować przeszkody terenowe wyższe niż 1/10 tej odległości.

Do zjawisk powodujących naturalne wahania ziemskiej składowej tła promieniowania należą zmiany wilgotności oraz zamrażanie gleby, co przekłada się na różnice w jej właściwościach osłonnych w stosunku do promieniowania dochodzącego z podłoża oraz przepuszczalności dla gazowych produktów rozpadu. Dodatkowo, istotne spadki mocy dawki można zaobserwować w okresach zalegania

pokrywy śnieżnej, która, w zależności od grubości, mniej lub bardziej tłumi promieniowanie dochodzące z ziemi.

Najbardziej znaczące, z punktu widzenia analizy danych w sieci wczesnego ostrzegania, są gwałtowne wzrosty mocy dawki występujące w czasie opadów atmosferycznych. Zwiększa się wtedy stężenie pochodnych radonu  $^{222}\text{Rn}$  (elementów uranowo-radowego szeregu promieniotwórczego) przy powierzchni ziemi, co może powodować nawet 2–3-krotny wzrost ziemskiej składowej tła. W widmie promieniowania gamma widoczne są wtedy znacznie większe powierzchnie pików odpowiadających izotopom  $^{214}\text{Pb}$  i  $^{214}\text{Bi}$ . Czasy połowicznego rozpadu obu tych izotopów są dosyć krótkie (odpowiednio 27 i 20 min), zatem efekty wzrostu są również krótkotrwałe. Z kolei tuż po opadzie deszczu zwiększa się wilgotność gleby, co powoduje zwiększone tłumienie promieniowania docierającego z podłoża. Zatem tło promieniowania jest wtedy z reguły niższe, niż przed wystąpieniem opadu. Zjawisko to, zwane „efektem deszczu”, jest dobrze znane, a jego szczegółowe wyjaśnienie można znaleźć w literaturze, m.in. [3]–[5].

## II.2. Składowa kosmiczna

Z przestrzeni pozaziemskiej nieustannie dociera do naszej planety tzw. pierwotne promieniowanie kosmiczne. Są to cząstki o bardzo wysokich energiach – głównie protony i cząstki alfa. Pozostała część to jądra ciężkich pierwiastków oraz elektrony. Promieniowanie pierwotne nie dociera do powierzchni ziemi, gdyż jest ona przed nim osłaniana przez ziemskie pole magnetyczne. Jednak w wyniku oddziaływania wysokoenergetycznych cząstek z atomami górnych warstw atmosfery powstają w szeregu reakcji jądrowych inne cząstki, które tworzą tzw. wtórne promieniowanie kosmiczne. Przy powierzchni ziemi ok. 80% dawki od tego promieniowania jest powodowane przez miony o energiach pomiędzy 1 a 20 GeV [6]. Jest to tzw. twarda składowa wtórnego promieniowania kosmicznego (ang. *hard component*), nazwana tak ze względu na ogromną przenikliwość. Pozostała część – tzw. składowa miękka (ang. *soft component*) – jest powodowana głównie przez elektrony i pozytony. Dochodzi do tego dawka powodowana przez neutrony, które jednak nie są wykrywane przez większość przyrządów pomiarowych stosowanych

w sieciach wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych.

Wtórne promieniowanie kosmiczne wzrasta wraz z wysokością nad poziomem morza, a także zmienia się jego skład. Do wielu zastosowań wystarczają szacunki umożliwiające obliczenie mocy dawki od promieniowania kosmicznego jedynie na podstawie wysokości. Podejście takie jest stosowane m.in. przez Komisję Europejską w projekcie Europejskiego Atlasu Promieniowania Naturalnego [7]. W ustalonej lokalizacji istnieją dodatkowo wahania powodowane przez zmiany ciśnienia atmosferycznego. Im wyższe jest to ciśnienie, tym bardziej promieniowanie kosmiczne jest tłumione.

Promieniowanie kosmiczne zmienia się również wraz z szerokością geograficzną, będąc nieco większe przy biegunach. Jednak na obszarze większości państw europejskich różnice te są zaniedbywalne. Natomiast zauważalne wahania (ok.  $\pm 1,5\%$ ) występują sezonowo w ciągu roku, co jest spowodowane zmianami temperatury, a co za tym idzie, zmianami wysokości warstwy, w której powstają miony (pomiędzy 10 a 15 km n.p.m.). Warstwa ta podnosi się latem, przez co droga, którą muszą przebyć miony, aby dotrzeć do powierzchni ziemi staje się dłuższa. Cząstki te żyją bardzo krótko, a pokonanie przez nie drogi z górnych warstw atmosfery jest możliwe jedynie dzięki ich ogromnej prędkości i relatywistycznemu wydłużeniu czasu życia. Zatem prawdopodobieństwo dotarcia mionów do powierzchni ziemi maleje wraz z odległością, jaką mają do przebycia [3].

Istotny wpływ mają również zmiany aktywności Słońca. Mogą one występować w postaci nagłych i nieprzewidywalnych erupcji (tzw. rozbłysków słonecznych) oraz okresowo (w cyklu 11-letnim), powodując ok. 10% wahania wtórnego promieniowania kosmicznego.

Na obszarze Polski średnia moc dawki pochłoniętej w powietrzu od promieniowania kosmicznego wynosi ok. 34 nGy/h, natomiast od promieniowania ziemskiego – ok. 47 nGy/h [6]. Zestawienie najważniejszych zjawisk powodujących zmiany tła promieniowania naturalnego (ziemskiego i kosmicznego) możliwe do zaobserwowania w cyklu rocznym przy powierzchni ziemi zostały zebrane w tabeli 1.

**Tabela 1.** Najważniejsze zjawiska mające wpływ na wahania tła promieniowania naturalnego

Rodzaj promieniowania	Zjawisko	Wpływ na tło promieniowania
Ziemskie	opad atmosferyczny	krótkotrwały wzrost stężenia pochodnych $^{222}\text{Rn}$ przy powierzchni ziemi mogący powodować nawet 2–3-krotny wzrost mocy dawki od składowej ziemskiej
	zmiany wilgotności i zamarzanie gleby	zmiany tłumienia promieniowania docierającego z podłoża oraz przepuszczalności gleby dla radonu
	pokrywa śnieżna	tłumienie promieniowania docierającego z podłoża mogące powodować zmniejszenie mocy dawki od składowej ziemskiej nawet o połowę
Kosmiczne	zmiany ciśnienia atmosferycznego	zmiany tłumienia wtórnego promieniowania kosmicznego mogące powodować wahania mocy dawki w granicach ok. $\pm 3$ nSv/h

### III. Długoterminowe pomiary środowiskowe

Dane pomiarowe zebrane w ciągu 12 miesięcy przez stację TDPMS3 zainstalowaną w Suwałkach zostały pokazane na rysunku 1. Wyniki pomiarów z obu detektorów sondy TDSG3 (tj. GM1 i NaI, zgodnie z opisem w pierwszej części artykułu [2]) zostały przeliczone na moc przestrzennego równoważnika dawki ( $\dot{H}^*(10)$ ). Podane zostały również wyniki pomiarów z sondy meteorologicznej, tj. temperatura zewnętrzna oraz intensywność opadu atmosferycznego. Dodatkowo podana jest też wysokość pokrywy śnieżnej. Ponieważ stacja TDPMS3 nie mierzy tego parametru, posłużono się danymi ze stacji IMGW zlokalizowanej w Suwałkach w odległości ok. 1,4 km [8].

Uważna analiza i porównanie wyników pomiarów z obu detektorów radiometrycznych z danymi meteorologicznymi pozwala dostrzec dużą zgodność z opisanymi wyżej mechanizmami. Najbardziej rzucają się w oczy wysokie (nawet dwukrotne), krótkotrwałe podwyższenia mocy dawki, które pokrywają się z opadami atmosferycznymi. W miesiącach zimowych, kiedy mieliśmy do czynienia z opadami śniegu, który następnie tworzył pokrywę, widoczne są niewielkie spadki tła promieniowania. Niestety niewielka ilość śniegu i dość długie przerwy w okresach jego zalegania uniemożliwiły powstanie wyraźniejszego efektu tłumienia promieniowania docierającego z gruntu.

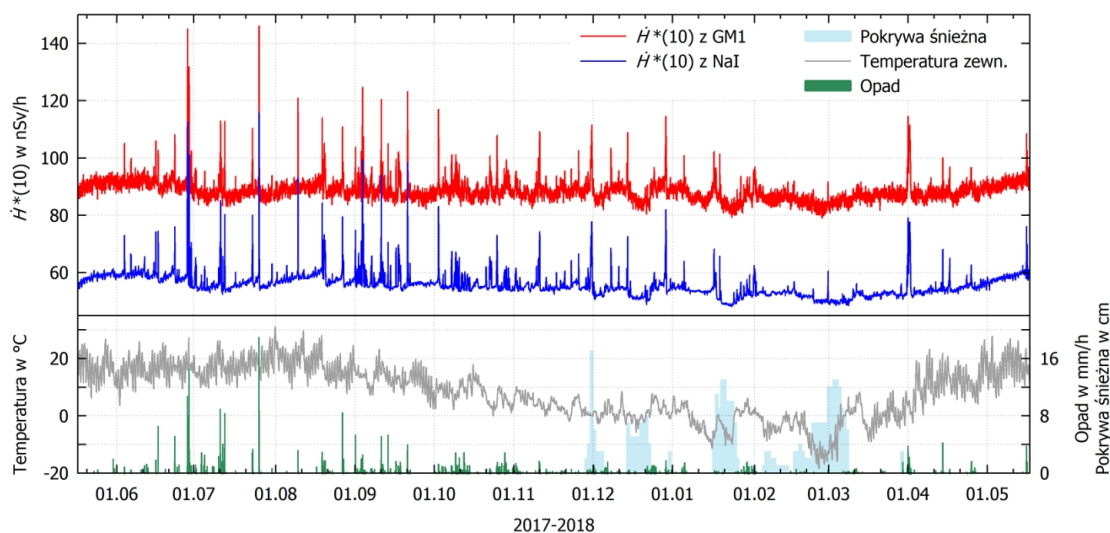
Bezpośredni wpływ temperatury otoczenia na wyniki pomiarów radiometrycznych jest trudny do zauważenia. Dopiero połączenie danych temperaturowych z danymi o opadach deszczu pozwala przełożyć je na wilgotność gleby, która, jak opisano wcześniej, jest istotnym parametrem wpływającym na tło promieniowania. W badanej serii danych widać kilka okresów, kiedy przez dłuższy czas nie padał deszcz, a jednocześnie było dość ciepło. Takie warunki prowadzą do znacznego wysuszenia gruntu, co z kolei powoduje mniejsze tłumienie promieniowania docierającego z głębi ziemi oraz większą przepuszczalność gleby dla radonu powstającego w szeregu uranowo-rado-

wym. Zgodnie z tym w wynikach pomiarów obu detektorów radiometrycznych zauważalny jest niewielki trend wzrostowy. Widać to szczególnie w okresie od mniej więcej połowy lipca do połowy sierpnia 2017 r. (nie licząc kilku „efektów deszczu”, które wtedy wystąpiły) oraz w ciągu ostatniego miesiąca serii, począwszy od ok. połowy kwietnia 2018 r. Więcej informacji nt. przedstawionego zjawiska można znaleźć m.in. w publikacji [9], gdzie opisane są szczegółowe badania korelacji między wynikami pomiarów europejskich stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych a wilgotnością gleby.

#### III.1. Różnice wskazań detektorów radiometrycznych

Pomiędzy wynikami pomiarów z obu detektorów sondy TDSG3 występuje mniej więcej stała różnica, która wynosi ok. 30 nSv/h. Osobie niewtajemniczonej natychmiast nasunie się pytanie, który z detektorów pokazuje prawdziwy wynik. Czy te różnice świadczą o błędnej kalibracji przyrządów pomiarowych?

Wyjaśnieniem tych rozbieżności są różnice we właściwościach fizycznych przyrządów dozymetrycznych oraz zróżnicowanie mierzonego tła promieniowania. Cechą charakterystyczną liczników Geigera-Müllera (GM) jest zawyżanie wyników przy wysokich energiach promieniowania, powyżej ok. 1 MeV [10]. W związku z tym odpowiedź względna tych liczników na wtórne promieniowanie kosmiczne, składające się w dużej części z wysokoenergetycznych cząstek, jest zawyżona. Z kolei spektrometryczne detektory scyntylacyjne przeznaczone do dozymetrii środowiskowej, takie jak stosowany tu NaI, z reguły rejestrują tylko znikomą część promieniowania kosmicznego. Dzieje się tak dlatego, że spektrometr, a konkretnie wchodzący w jego skład analizator wielokanałowy, rejestruje tylko promieniowanie poniżej określonej energii, zwykle ok. 3 MeV. Cząstki o wyższych energiach, chociaż mogą być rejestrowane przez sam materiał scyntylatora, są ignorowane przez spektrometr. Wszystko to



Rys. 1. Wyniki pomiarów radiometrycznych i meteorologicznych ze stacji TDPMS3 w Suwałkach w okresie od 18.05.2017 r. do 18.05.2018 r.

tłumaczy, dlaczego wyniki pomiarów z detektora GM1 są wyższe od tych z detektora NaI o wartość odpowiadającą w przybliżeniu mocy dawki od wtórnego promieniowania kosmicznego.

Dokładniejsza analiza wyników jest możliwa dzięki wykorzystaniu poniższego równania (1), które w sposób modelowy opisuje wpływ poszczególnych składowych mierzonego promieniowania na wskazania przyrządu dozymetrycznego:

$$R = R_0 + r_{kosm} \cdot H_{kosm} + r_{ziem} \cdot H_{ziem} + r_{szt} \cdot H_{szt}, \quad (1)$$

gdzie:

$R$  – wynik z detektora,

$R_0$  – bieg własny detektora,

$r_{kosm}$  – odpowiedź względna detektora na wtórne promieniowanie kosmiczne,

$H_{kosm}$  – moc dawki od składowej kosmicznej tła promieniowania,

$r_{ziem}$  – odpowiedź względna detektora na składową ziemską tła promieniowania,

$H_{ziem}$  – moc dawki od składowej ziemskiej tła promieniowania,

$r_{szt}$  – odpowiedź względna detektora na promieniowanie izotopów pochodzenia sztucznego o określonej energii,

$H_{szt}$  – moc dawki od promieniowania izotopów pochodzenia sztucznego.

Niezbędne jest przy tym poznanie pełnej charakterystyki przyrządu, czyli określenie jego biegu własnego ( $R_0$ ) i poszczególnych współczynników odpowiedzi względnej ( $r$ ). Badania biegu własnego detektorów sondy TDSG3 zostały omówione w pierwszej części artykułu [2]. Opisano tam również pomiary odpowiedzi względnej na promieniowanie od źródeł o różnych energiach. Składową ziemską tła promieniowania można z dobrym przybliżeniem symulować zamkniętym źródłem  $^{226}\text{Ra}$  i tak też zostało przyjęte w dalszych obliczeniach.

### III.2. Odpowiedź na promieniowanie kosmiczne

Odpowiedź przyrządu pomiarowego na wtórne promieniowanie kosmiczne można zbadać, wykonując pomiar na powierzchni dostatecznie dużego i głębokiego jeziora. Do skutecznego wytlumienia promieniowania dochodzącego bezpośrednio z gruntu wystarczająca jest warstwa wody o głębokości ok. 2 m. Ponadto, aby wyeliminować wpływ promieniowania docierającego od obiektów znajdujących się wokół jeziora, odległość od brzegów musi wynosić co najmniej 100 m, a w otoczeniu nie może być wznieść. Takie pomiary dla sond TDSG3 zostały wykonane w niemieckim państwowym instytucie metrologicznym PTB (niem. *Physikalisch-Technische Bundesanstalt*) w ramach międzynarodowych pomiarów porównawczych środowiskowych detektorów dozymetrycznych, a także w Polsce na jeziorze Wigry.

Przy pomiarach odpowiedzi względnej detektorów na wtórne promieniowanie kosmiczne niezbędna jest oczy-



Fot. 1. Pływająca platforma na jeziorze niedaleko miasta Brunzshwik używana przez niemiecki instytut PTB do kalibracji przyrządów dozymetrycznych w zakresie odpowiedzi na promieniowanie kosmiczne.

wście znajomość referencyjnej, tzn. faktycznej, wartości mocy dawki  $\dot{H}^*$  (10) od tego promieniowania. PTB dysponuje w tym celu dwoma specjalistycznymi przyrządami. Odpowiedź względna detektora oblicza się wówczas jako stosunek wartości zmierzonej na jeziorze do wartości wzorcowej. Uwzględnia się przy tym również bieg własny detektora oraz minimalny wpływ promieniowania docierającego z brzegów.

Jeżeli nie dysponuje się przyrządem pozwalającym na bezpośredni pomiar wzorcowej wartości wtórnego promieniowania kosmicznego, można ją również obliczyć na podstawie ciśnienia atmosferycznego. Do naszych celów przyjęliśmy dwa wzory – jeden (zwany dalej „wzorem AIRDOS”) został opublikowany w raporcie podsumowującym projekt AIRDOS [11], którego celem było m.in. zebranie stosowanych w Europie standardów i metod pomiarowych mocy przestrzennego równoważnika dawki w sieciach wczesnego ostrzegania. Wzór ten został opracowany na podstawie wyników pomiarów niemieckich stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych pracujących na różnych wysokościach nad poziomem morza. Dlatego też otrzymane wyniki muszą być dodatkowo skorygowane o współczynnik odpowiedzi niemieckich detektorów (na bazie liczników GM) na promieniowanie kosmiczne.

Drugi wzór (zwany dalej od nazwiska autora „wzorem Wissmanna”) został opracowany na podstawie kilkuletnich pomiarów wykonanych za pomocą specjalistycznego przyrządu do badania wtórnego promieniowania kosmicznego na poletku pomiarowym w PTB [12]. Wzór AIRDOS przyjmuje zależność kosmicznej składowej tła promieniowania od ciśnienia atmosferycznego w postaci wielomianu trzeciego stopnia, natomiast wzór Wissmanna – w postaci funkcji wykładniczej. Zainteresowany czytelnik może znaleźć dokładne formuły w przytoczonej literaturze. Jak pokazało porównanie wyników obliczeń z wartościami otrzymanymi z przyrządu wzorcowego PTB, w ciągu jednego roku maksymalne różnice wartości obliczonych za



**Tabela 2.** Wyniki pomiarów i obliczeń mocy przestrzennego równoważnika dawki (w nSv/h) od wtórnego promieniowania kosmicznego. Od wyników z sondy TDSG3 odjęto bieg własny

Miejsce pomiaru	Wartość wzorcowa PTB	Obliczenia na podst. ciśnienia		Sonda TDSG3	
		wzór AIRDOS	wzór Wissmanna	GM1	NaI
Niemcy, PTB	33,9	32,6	33,5	41,0	4,6
Polska, jez. Wigry	–	34,7	35,0	45,5	3,4

pomocą obu wzorów nie odbiegały od wartości referencyjnej więcej niż o 2 nSv/h, natomiast wartości średnie były prawie zgodne.

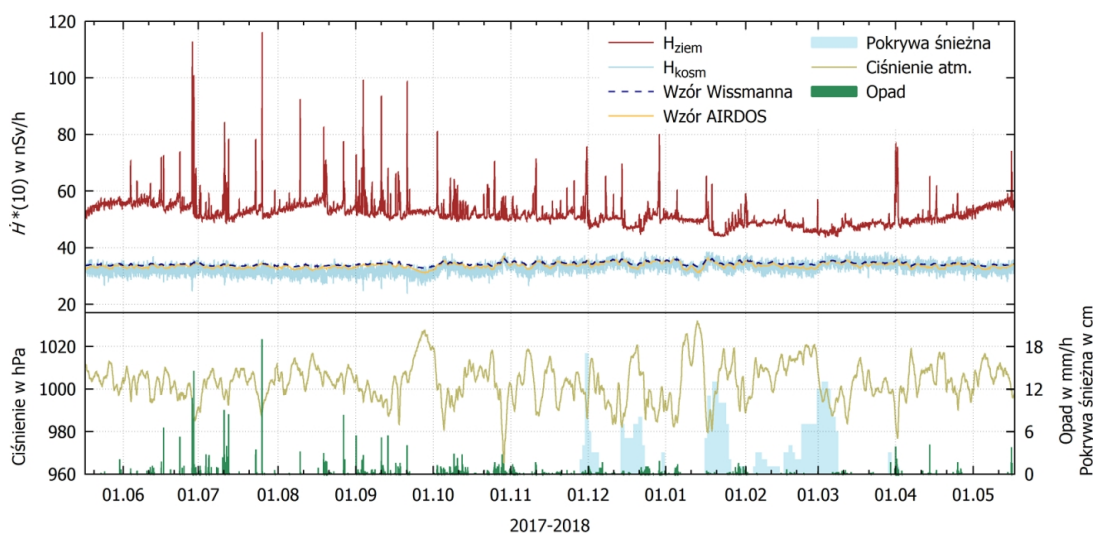
W tabeli 2 znajduje się porównanie wyników pomiarów wtórnego promieniowania kosmicznego wykonanych za pomocą detektorów sondy TDSG3 z wartością referencyjną zmierzona przez PTB oraz wartościami obliczonymi na podstawie ciśnienia. W tych ostatnich uwzględniono również poprawkę na wahania sezonowe zgodnie z publikacją [12]. Zgodnie z wcześniejszymi wyjaśnieniami, wyniki uzyskane z detektora GM1 są nieco wyższe od wartości wzorcowych, natomiast czułość detektora NaI na promieniowanie kosmiczne jest niewielka.

### III.3. Powiązanie wyników z dwóch detektorów

Spójrzmy jeszcze raz na równanie (1). Nawet przy braku izotopów pochodzenia sztucznego, co zwykle ma miejsce w pomiarach środowiskowych, oraz przy dokładnej znajomości wszystkich parametrów przyrządu pomiarowego (biegu własnego  $R_0$  i współczynników kalibracyjnych  $r$ ) i tak pozostają w nim dwie niewiadome –  $H_{kosm}$  i  $H_{ziem}$ . Zatem równania tego nie da się jednoznacznie rozwiązać. Oznacza to, że dysponując wynikami pomiarów z jednego dozymetru, nie jesteśmy w stanie określić obu składowych naturalnego tła promieniowania w danym miejscu, a zatem

nie możemy podać bezwzględnej wartości mocy dawki. Z punktu widzenia stacji wczesnego ostrzegania nie stanowi to problemu, gdyż jesteśmy tu zainteresowani głównie pomiarami zmian tła promieniowania, tak aby wykryć ewentualne pojawienie się izotopów sztucznych. Co jednak zrobić, gdy chcemy zmierzyć bezwzględną wartość tła promieniowania? Istnieją tu dwa rozwiązania. Po pierwsze, jedną z niewiadomych  $H_{kosm}$ , czyli składową kosmiczną, można obliczyć w sposób przybliżony na podstawie ciśnienia, lub nawet tylko na podstawie wysokości nad poziomem morza. Do wielu zastosowań takie podejście może być zupełnie wystarczające.

Drugi sposób polega na powiązaniu wyników pomiarów z dwóch detektorów postawionych obok siebie. Mamy wówczas układ dwóch równań postaci (1) z dwiema niewiadomymi, który można już normalnie rozwiązać. Warunkiem jest tu użycie detektorów o różnych współczynnikach kalibracyjnych  $r$ . Właśnie taka sytuacja występuje w sondzie TDSG3. Na podstawie danych pomiarowych z detektorów GM1 i NaI można obliczyć obie składowe naturalnego tła promieniowania. Wyniki tych obliczeń dla poprzednio omawianej serii danych są pokazane na rysunku 2, gdzie zamiast temperatury pokazano tym razem ciśnienie atmosferyczne zmierzone bezpośrednio na stacji TDPMS3. Bardzo dobrze widoczne są niewielkie zmiany składowej kosmicznej w zależności od wahań ciśnienia.



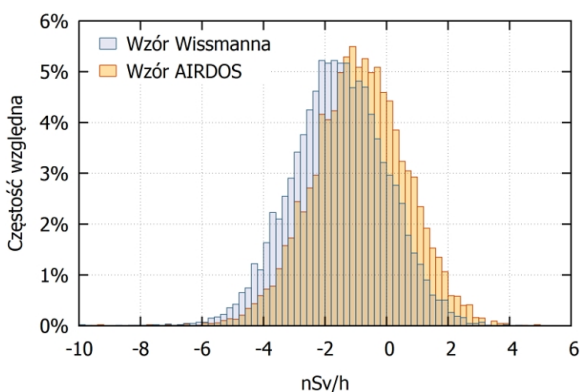
**Rys. 2.** Wyniki pomiarów meteorologicznych oraz obliczeń obu składowych tła promieniowania naturalnego dla danych ze stacji TDPMS3 w Suwałkach w okresie od 18.05.2017 r. do 18.05.2018 r.  $H_{kosm}$  oznacza składową kosmiczną obliczoną na podstawie danych radiometrycznych z detektorów GM1 i NaI.

Widać również, że pozostałe czynniki pogodowe, omówione wcześniej, mają wpływ jedynie na składową ziemską, która zmienia się znacznie gwałtowniej.

Na rysunku 2 zilustrowano również wyniki obliczeń wtórnego promieniowania kosmicznego na podstawie ciśnienia z użyciem obu omawianych wzorów empirycznych. Widoczna jest duża zgodność tych wyników, natomiast wartości obliczone na podstawie wskazań detektorów sondy TDSG3 charakteryzują się znacznie większymi wahaniami statystycznymi. Wynika to z faktu, że do ich obliczenia bierze się dane z przyrządów dozymetrycznych, które ze swojej natury podlegają fluktuacjom. Szczególnie dotyczy to wyników pomiarów z licznika GM1. Odchylenia wartości  $H_{kosm}$  obliczonych z dwóch detektorów dozymetrycznych od tych otrzymanych ze wzorów empirycznych zostały poddane analizie statystycznej, której wyniki są zestawione w tabeli 3 i pokazane na rysunku 3. Widać, że wyniki obliczone na podstawie wskazań detektorów dozymetrycznych są nieznacznie niższe od tych uzyskanych na podstawie ciśnienia z użyciem obu wzorów.

**Tabela 3.** Wyniki analizy statystycznej odchyłeń (w nSv/h) wartości promieniowania kosmicznego obliczonego na podstawie danych z dwóch detektorów dozymetrycznych od obliczeń na podstawie ciśnienia atmosferycznego dla rocznej serii pomiarowej ze stacji TDPMS3 w Suwałkach

Wzór:	Wissmanna	AIRDOS
Średnia	-1,5	-0,9
Odchylenie standardowe	1,5	1,5
Maksymalna bezwzględna różnica	9,9	9,5



**Rys. 3.** Rozkład odchyłeń wartości promieniowania kosmicznego obliczonego na podstawie danych z dwóch detektorów dozymetrycznych od obliczeń na podstawie ciśnienia atmosferycznego dla rocznej serii pomiarowej ze stacji TDPMS3 w Suwałkach.

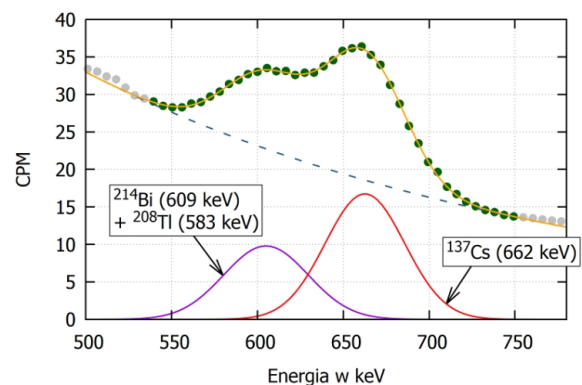
#### IV. Identyfikacja izotopów pochodzenia sztucznego

Mimo iż stacje wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych są przeznaczone głównie do wykrywania w środowisku izotopów pochodzenia sztucznego, dość rzadko zdarzają się sytuacje, kiedy takie izotopy rzeczywiście poja-

wiają się w ilościach, które mogłyby spowodować zauważalny wzrost mocy dawki. Na przykład, świeże skażenie powierzchniowe izotopem  $^{137}\text{Cs}$  o stężeniu  $1 \text{ kBq/m}^2$  spowodowałoby wzrost  $H^*(10)$  o ok.  $3,2 \text{ nSv/h}$  [13]. Jest to wartość na poziomie fluktuacji statystycznych licznika GM pracującego w warunkach środowiskowych. W wyniku awarii w Czarnobylu stężenie powierzchniowe izotopu  $^{137}\text{Cs}$  na przeważającej części terytorium Polski nie przekroczyło  $10 \text{ kBq/m}^2$  [14]. Od tamtego czasu nie mieliśmy do czynienia z nowymi skażeniami o takiej intensywności. Nawet po awarii w Fukushima, w ciągu całego roku 2011, wraz z opadami atmosferycznymi oraz tzw. opadem suchym na terytorium naszego kraju spadło średnio ok.  $1 \text{ Bq/m}^2$  tego izotopu. Skażenia na tym poziomie można mierzyć za pomocą aparatury do analiz śladowych.

Jednak w niektórych miejscach w Polsce do chwili obecnej utrzymuje się podwyższone stężenie izotopu  $^{137}\text{Cs}$  pochodzącego z awarii czarnobylskiej. Jest tak m.in. na terenie, na którym zainstalowana jest stacja TDPMS3 w Katowicach. Okolice tego miasta, a także cały Górny Śląsk, były jednym z bardziej skażonych obszarów po katastrofie w Czarnobylu. Ponadto stacja pomiarowa stoi na terenie lotniska, gdzie nie prowadzi się żadnych prac ziemnych, które mogłyby przyspieszać naturalny proces migracji skażeń z powierzchni w głąb gruntu.

Dokładna analiza widma promieniowania gamma zmierzonego przez detektor NaI sondy TDSG3 w tej lokalizacji (rys. 4) pokazuje wyraźnie obecność izotopu  $^{137}\text{Cs}$ . Wszystkie radionuklidy emitujące promieniowanie gamma są widoczne w widmie spektrometrycznym w postaci pików o charakterystycznych energiach. W przypadku  $^{137}\text{Cs}$  jest to pojedynczy pik o energii  $662 \text{ keV}$ , który nakłada się częściowo na normalnie występujące w widmie środowiskowym piki dwóch izotopów z szeregu promieniotwórczego uranowo-radowego ( $^{214}\text{Bi}$  o energii  $609 \text{ keV}$ ) i torowego ( $^{208}\text{Tl}$  o energii  $583 \text{ keV}$ ). Ograniczona zdolność rozdzielcza detektora NaI nie pozwala na rozseparowanie tych dwóch ostatnich pików. Dlatego też po analizie są one widoczne jako jeden pik poszerzony (na rys. 4 zaznaczony kolorem fioletowym).



**Rys. 4.** Wynik analizy fragmentu widma promieniowania gamma zmierzonego przez detektor NaI na stacji TDPMS3 w Katowicach w okresie 19.10-24.11.2017 r.

Po wyodrębnieniu pików cezowego, obliczeniu jego powierzchni i przyrównaniu jej do wyników pomiarów kalibracyjnych otrzymujemy wartość mocy dawki powodowanej obecnością izotopu  $^{137}\text{Cs}$  wynoszącą ok. 2,5 nSv/h. Wartość ta odpowiadałaby świeżemu skażeniu powierzchniowemu wynoszącemu niecałe 800 Bq/m<sup>2</sup>. W tym przypadku, gdy opad promieniotwórczy wystąpił wiele lat temu, większa część skażenia zdążyła przedostać się do głębszych warstw gruntu, zatem aby dokładnie zmierzyć stężenie  $^{137}\text{Cs}$ , należałoby wykonać badania laboratoryjne próbki gleby.

## V. Podsumowanie

Omówione przykłady analizy wyników pomiarów ze stacji TDPMS3 pokazują, że zastosowanie dwóch różnych detektorów w sondzie pomiarowej daje duże możliwości oceny narażenia na promieniowanie jonizujące w danym miejscu, szczególnie jeśli jednym z nich jest detektor scyntylicyjny, który dostarcza informacji o energii mierzonego promieniowania, a tym samym pozwala na identyfikację radionuklidów. Dodatkowa analiza matematyczna widma pozwala rozdzielić poszerzone piky (dublety lub multiplety) w celu ułatwienia ich identyfikacji oraz interpretacji. Ponadto, dzięki dużej objętości detektora scyntylicyjnego NaI (3"), którego czułość jest o rząd wielkości większa w stosunku do licznika GM, co przekłada się na jego zdecydowanie lepszą statystykę pomiarów, mamy możliwość wiarygodnej interpretacji wyników pomiarów w krótszych interwałach czasowych (nawet 10-minutowych). Zastosowanie dwóch niezależnych detektorów o różnych mechanizmach działania umożliwia także w łatwy sposób eliminować i interpretować błędy aparaturowe i nieprawidłowe pomiary, prowadząc do prostej ich walidacji. Dobra znajomość tła promieniowania naturalnego w danej lokalizacji oraz mechanizmów odpowiadających za jego wahania pozwala na wykrywanie izotopów pochodzenia sztucznego powodujących moc dawki na poziomie kilku nSv/h.

## Notka o autorach

**Mgr Rafał Dąbrowski** – główny specjalista w Wydziale Monitoringu i Prognozowania, Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych Państwowej Agencji Atomistyki.

**Mgr inż. Tomasz Dudek** – producent izotopowej aparatury pomiarowej i oprogramowania do monitoringu radiacyjnego środowiska i laboratoriów oraz pomiarów przemysłowych.

## Literatura

1. Karta katalogowa stacji TDPMS3, <http://tdpms3.td-electronics.pl>
2. Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, 3(113)/2018, ISSN 2353-9062, 16–23.
3. F. Wissmann, *Variations observed in environmental radiation at ground level*, Radiat. Prot. Dosim. 118 (2006) 3.
4. H. Dombrowski, F. Wissmann, *Meteorological influences on the results of area dose rate measurements*, Kerntechnik 73 (2008) 113–117.
5. R. Dąbrowski, H. Dombrowski, P. Kessler, A. Röttger, S. Neumaier, *Detection of rain events in radiological early warning networks with spectro-dosimetric systems*, JINST 12 P10005, <https://doi.org/10.1088/1748-0221/12/10/P10005>
6. UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation), 2008. *Sources and Effects of Ionizing Radiation* (Report to General Assembly, Vol. 1, Annex B, Chap. 2, United Nations, New York, 2010).
7. *European Atlas of Natural Radiation*, strona internetowa: <https://remap.jrc.ec.europa.eu/Consent/Atlas.aspx>
8. Dane pomiarowo-obszaryjne Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego, <https://dane.imgw.pl>
9. U. Stöhlker, F. Conen, D. Bänninger, M. Bleher, *Harmonisation of ambient dose rate monitoring provides for large-scale estimates of radon flux density and soil moisture changes*. W: IAEA, (ed.): *Sources and measurements of radon and radon progeny applied to climate and air quality studies*, Wiedeń 2012, dostęp on-line: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1541\\_web.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1541_web.pdf)
10. S. Neumaier, H. Dombrowski, *EURADOS intercomparisons and the harmonisation of environmental radiation monitoring*, Radiat. Prot. Dosim. 160 (4) (2014), 297–305.
11. P. Bossew et al., *Evaluation of existing standards of measurement of ambient dose rate; and of sampling, sample preparation and measurement for estimating radioactivity levels in air* (par. 3.2.2.1), AIRDOS Final Report, dostęp on-line dla zarejestrowanych użytkowników systemu EURDEP, <https://eurdep.jrc.ec.europa.eu/Basic/Pages/Private/Downloads/Default.aspx>
12. F. Wissmann, V. Dangendorf, U. Schrewe, *Radiation exposure at ground level by secondary cosmic radiation*, Radiat. Meas. 39, 95–104 (2005).
13. K. Saito, N. Petoussi-Hens, *Ambient dose equivalent conversion coefficients for radionuclides exponentially distributed in the ground*, JINST 51:10 (2014), 1274–1287, <https://doi.org/10.1080/00223131.2014.919885>
14. European Commission, *Atlas of caesium deposition on Europe after the Chernobyl accident*, Luxembourg 1998.

# Kontrole radiometryczne na granicy – polsko-ukraińskie ćwiczenie FTX

Dawid Frencl, Maciej Krawczyk  
Państwowa Agencja Atomistyki

## Wstęp

Departament Energii Stanów Zjednoczonych DoE (*United States Department of Energy*) oraz amerykańska Krajowa Administracja Bezpieczeństwa Jądrowego NNSA (*National Nuclear Security Administration*) współpracują w ramach programu NSDD (*Nuclear Smuggling Detection and Deterrence*) z partnerami międzynarodowymi w celu wzmocnienia ich zdolności w wykrywaniu i zapobieganiu przemytowi materiałów jądrowych oraz materiałów promieniotwórczych. Państwa partnerskie rozwijają swój potencjał w zakresie zarządzania, eksploatacji oraz utrzymywania środków do wykrywania ww. materiałów. Program NSDD kładzie duży nacisk na element ćwiczebny i wspiera kraje partnerskie w projektowaniu, przygotowaniu i prowadzeniu ćwiczeń mających na celu przetestowanie i udoskonalenie koordynacji między instytucjami odpowiedzialnymi za reagowanie w sytuacji zagrożenia nuklearnego lub radiologicznego. Instytucją wiodącą z ramienia Polski jest Straż Graniczna, która w ramach wieloletniej współpracy z Państwową Agencją Atomistyki (PAA) zaprosiła przedstawicieli Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych (CEZAR) do udziału w obu częściach (sztabowym oraz praktycznym) polsko-ukraińskiego ćwiczenia FTX (*Field Training Exercise*) w charakterze obserwatorów współdziałania służb granicznych przy kontrolach radiometrycznych na granicy.

## Ćwiczenie sztabowe (*Table-Top Exercise – TTX*)

Ćwiczenie odbyło się w centrum szkoleniowym im. Jurija Kuzmycza w Kijowie w dniach 3–5 października 2017 r. Pierwszy dzień szkolenia miał na celu zapoznanie uczestników z organizacją ćwiczeń sztabowych. Wyjaśniono, jakie funkcje pełnią poszczególne osoby (tab. 1).

**Tabela 1.** Funkcje i zadania poszczególnych stron biorących udział w ćwiczeniu (opracowanie własne)

Funkcja	Zadania
Prowadzący	Osoba kierująca przebiegiem ćwiczenia, odpowiedzialna za wypełnienie założeń ćwiczenia w wyznaczonych ramach czasowych. Jeżeli ćwiczenie odbywa się w kilku grupach, należy wyznaczyć kilku prowadzących.
Uczestnik	Osoba biorąca aktywny udział w reagowaniu na zdarzenie. Uczestnicy rozpoczynają reagowanie w odpowiedzi na symulowane zagrożenia i wykonują działania zapobiegające.
Obserwator	Osoba niebiorąca aktywnego udziału w ćwiczeniu, obserwująca ćwiczenie w całości lub wybrane jego elementy.
Oceniający	Rolą oceniającego jest zarówno obserwacja, jak i zapewnienie informacji zwrotnej na temat przebiegu ćwiczenia. Oceniający są ekspertami w poszczególnych dziedzinach i oceniają ćwiczenie w swoim zakresie kompetencji. Wnioski są dokumentowane na podstawie ustalonych procedur i kryteriów oceny.

Omówiono również działania, jakie powinny zostać podjęte w każdym etapie realizacji tego typu ćwiczenia. Wyróżniono cztery takie etapy (rys. 1):

### I. Planowanie i opracowywanie (*Design and Development*)

Pierwszym krokiem jest powołanie zespołu planowania, w którego skład powinni wchodzić reprezentanci wszystkich partycypujących organizacji będący ekspertami w dziedzinie objętej ćwiczeniem. Zespół określa m.in. cele, realistyczne scenariusze, wskaźniki oceniające, sposób przeprowadzenia ćwiczenia, sprawy logistyczne. W celu sprawniejszej organizacji sugerowana jest organizacja spotkania planistycznego (spotkanie takie odbyło się w 2016 r., bez udziału przedstawicieli

PAA). Zakres ćwiczenia powinien być ukierunkowany na ocenę oraz udoskonalenie konkretnych obszarów, np. standardowych procedur operacyjnych. Zbyt duża liczba testowanych umiejętności w trakcie jednego ćwiczenia może nie zostać przeanalizowana w skuteczny sposób w określonych ramach czasowych. Zespół powinien opracować także dokumenty, takie jak poradniki dla poszczególnych uczestników (prowadzących, oceniających), formularze pozwalające na zebranie wniosków od wszystkich uczestników i materiały pomocne w prowadzeniu ćwiczenia, np. opis scenariuszy.

## II. Przeprowadzanie ćwiczenia (*Conduct*)

Osoby uczestniczące wypełniają swoje zadania zgodnie z wytycznymi. Główny prowadzący jest odpowiedzialny m.in. za odprawę przed ćwiczeniem, uzyskiwanie odpowiedzi na pytania, realizację harmonogramu ćwiczenia w przyjętych ramach czasowych oraz przekazywanie dodatkowych informacji na temat scenariuszy. Podczas odprawy omawiane są podstawowe cele ćwiczenia, realizowane scenariusze, obowiązki oceniających oraz udzielane wskazówki, jak prawidłowo korzystać z arkusza oceny.

## III. Ewaluacja ćwiczenia (*Evaluation*)

Proces ewaluacji pozwala organizacjom uczestniczącym w ćwiczeniu ocenić umiejętności i stopień realizacji ćwiczenia pod kątem założonych celów. Na skuteczną ewaluację ćwiczenia mają wpływ takie aspekty, jak zbieranie informacji (poprzez formularze, odprawy), analiza danych dotyczących mocnych stron i obszarów wymagających poprawy oraz zapisanie ww. informacji we wstępnej wersji raportu końcowego.

## IV. Planowanie poprawek (*Improvement Planning*)

Po zakończeniu etapu ewaluacji organizacje uczestniczące powinny zorganizować spotkanie mające na celu opracowanie poprawek uzupełniających luki w testowanych umiejętnościach. W spotkaniu powinny uczestniczyć osoby odpowiedzialne za ocenę ćwiczenia, zespół planowania oraz osoby decyzyjne. Rekomendowane jest uczestnictwo kierownictwa z poszczególnych organizacji. Dodatkowo na podstawie obserwacji ćwiczenia wskazywane są działania mające na celu usprawnienie organizacji kolejnych ćwiczeń.

Dzień pierwszy zakończył się przeprowadzeniem demonstracji ćwiczenia sztabowego, która była wprowadzeniem do kolejnego etapu szkolenia.

W kolejnych dniach zostały zrealizowane trzy zaplanowane wcześniej scenariusze:

1. **Alarm gamma na przejściu granicznym.**
2. **Alarm gamma-neutronowy na przejściu granicznym.**
3. **Przekraczanie zielonej granicy.**

Każdy scenariusz rozpoczynał się od przedstawienia sytuacji wyjściowej. Uczestnicy odpowiadali, jakie działania podjęliby w przypadku, gdy ilość informacji jest ogra-



Rys. 1. Proces tworzenia ćwiczenia sztabowego (źródło: strona Federalnej Agencji Zarządzania Kryzysowego – Stany Zjednoczone).

niczona. Po określeniu działań do każdego scenariusza wprowadzane były dodatkowe, bardziej szczegółowe informacje. Na przykład pierwszy scenariusz (ze wszystkimi informacjami dodatkowymi) opisywał wzbudzenie bramki radiometrycznej przez samochód ciężarowy przewożący nawozy naturalne. Odczyt z bramki radiometrycznej wskazywał znaczny wzrost mocy dawki promieniowania jonizującego w tylnej części pojazdu. Podczas inspekcji wtórnej funkcjonariusz określił dokładne miejsce wykazujące podwyższoną moc dawki promieniowania jonizującego oraz dokonał identyfikacji izotopów spektrometrem. Przyrząd wskazał K-40 (izotop pochodzenia naturalnego, powszechny w nawozach naturalnych) oraz Cs-137 (izotop pochodzenia sztucznego, występujący m.in. w wypalonym paliwie jądrowym). Po kontakcie z zespołem wsparcia technicznego dokonano częściowego rozładunku samochodu, w trakcie którego natknięto się na pojemnik z symbolem „czerwonej koniczynki”. Na podstawie ww. scenariuszy określone zostały cele ćwiczenia, które zakładały ocenę i udoskonalenie m.in. obszarów takich, jak:

- dokumenty programowe – przepisy prawne (przepisy w zakresie przemytu materiałów jądrowych lub promieniotwórczych), procedury operacyjne (koncepcja postępowania w przypadku zadziałania bramki radiometrycznej na przejściu granicznym), instrukcje obsługi sprzętu dozymetrycznego itp.;
- koordynacja operacji – współpraca m.in. ze wsparciem technicznym na miejscu zdarzenia (np. funkcjonariusz radiometrysta), zakres obowiązków poszczególnych osób;
- komunikacja – sposoby komunikacji zarówno między funkcjonariuszami straży granicznej, jak i instytucjami zewnętrznymi (m.in.: dyżurny CEZAR, policja, prokuratura, Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promie-

niotwórczych), określenie, w jakiej sytuacji i na jakim etapie powiadamiane są poszczególne organizacje;

- sposób przeprowadzenia inspekcji pierwotnej – sposoby potwierdzenia alarmu na bramce dozymetrycznej, sprawdzenie listu przewozowego, ocena, czy osoby lub pojazd powinny zostać skierowane do inspekcji wtórnej;
- sposób przeprowadzenia inspekcji wtórnej – dokonanie dokładniejszych pomiarów z użyciem ręcznego sprzętu dozymetrycznego, identyfikacja izotopów, rozmowa z pasażerami, rozładunek przewożonego towaru itp.;
- bezpieczeństwo na miejscu zdarzenia – jakie środki bezpieczeństwa są podejmowane przy kontroli (środki ochrony osobistej dla funkcjonariuszy, zabezpieczenie pojazdu, towaru itp.)

Spotkanie pozwoliło na porównanie procedur obu stron, wymianę doświadczeń oraz identyfikację obszarów wymagających poprawy. Ustalono także miejsce oraz szczegóły dotyczące przebiegu ćwiczenia praktycznego (FTX) zaplanowanego na 2018 r.



Fot. 1. Przedstawiciele Polski, Ukrainy oraz Stanów Zjednoczonych podczas ćwiczenia sztabowego (źródło: NNSA).

## Ćwiczenia praktyczne FTX (Field Training Exercises)

Następstwem ćwiczenia sztabowego były ćwiczenia praktyczne. Przeprowadzono je we wrześniu 2018 r. po obu stronach polsko-ukraińskiej granicy. Jako miejsca ćwiczeń zostały wybrane drogowe przejście graniczne w Hrebenem oraz zielona granica nieopodal Rawy Ruskiej. Rozegrane scenariusze były zbliżone do siebie i zakładały wykrycie nielegalnego transportu (przemytu) źródła promieniotwórczego przez granicę państwową. W tym miejscu należy zaznaczyć, że scenariusze te były ze sobą powiązane, co dodatkowo, oprócz **weryfikacji sposobu reagowania** na wykrycie przemytu źródeł promieniotwórczych przez obie ćwiczące strony, pozwoliło na **sprawdzenie sposobu współdziałania i wymiany informacji** na poziomie międzynarodowym.

## Strona polska

W pierwszym dniu ćwiczenia rozegrano scenariusz po polskiej stronie. Ćwiczenie praktyczne było poprzedzone wykładami wprowadzającymi w tematykę ćwiczenia oraz transportu przez granicę państwową. Następnie odbyła się odprawa dla uczestników ćwiczenia, podczas której omówiono poszczególne zadania każdej z grup (funkcjonariusze Straży Granicznej radiometriści, funkcjonariusze z psami tropiącymi, osoby odpowiedzialne za źródło promieniotwórcze wcielające się w przemytników, uczestników itp.), przy czym omówienie zadań w grupach następowało osobno dla każdej z grup. Po ukończeniu odpraw przystąpiono do przygotowania do ćwiczenia, uczestnicy i obserwatorzy zajęli wyznaczone dla siebie miejsca. Ćwiczenie rozpoczęło się od wzbudzenia bramki dozymetrycznej przez pojazd wyjeżdżający z Polski, a wjeżdżający na teren Ukrainy.

W pojeździe znajdowały się dwie osoby – kierowca i pasażer, którzy zadeklarowali przewóz 500 kg nawozu potasowego (sam nawóz może wzbudzić bramkę dozymetryczną, ponieważ zawiera naturalnie występujący izotop promieniotwórczy potasu K-40). Jednakże, z powodu relatywnie wysokich wskazań na bramce dozymetrycznej w stosunku do przewożonego towaru funkcjonariusz Straży Granicznej dokonujący kontroli granicznej zdecydował się skierować pojazd do wtórnej kontroli radiometrycznej z użyciem sprzętu ręcznego. Przy okazji funkcjonariusz zapoznał się z dokumentami przewozowymi (fot. 2) oraz przeprowadził wywiad z osobami podróżującymi pojazdem dotyczący celu przewozu nawozu. W toku ustaleń okazało się, że nawóz przewożony jest na własny użytek pasażera zatrzymanego pojazdu.



Fot. 2. Zatrzymany pojazd, który wzbudził bramkę dozymetryczną po polskiej stronie przejścia granicznego. Funkcjonariusze Straży Granicznej zaznajamiają się z dokumentacją przewozową przed dokonaniem pomiarów dozymetrycznych (źródło własne).

Przed obmiarem pojazdu sprzętem ręcznym dokonano kontroli dozymetrycznej osób podróżujących pojazdem (fot. 3). Miało to na celu ustalenie, czy źródłem wysokich wskazań na bramce dozymetrycznej nie jest przypadkiem



**Fot. 3.** Osoby podróżujące pojazdem również zostały poddane kontroli dozymetrycznej przez funkcjonariuszy Straży Granicznej; widoczni na fotografii funkcjonariusze w kamizelkach odblaskowych to oceniający ćwiczenie (źródło własne).

kierowca bądź pasażer, z powodu przebytych w ostatnim czasie badań diagnostycznych bądź terapii z użyciem radiofarmaceutyków<sup>1</sup>. Po przeprowadzeniu obmiaru osób stwierdzono, że nie wykazują oni podwyższonej mocy dawki, co oznaczało, że nie byli poddani diagnostyce bądź terapii z zastosowaniem radiofarmaceutyków. Fakt ten oznaczał również, że źródło promieniowania jonizującego musi być ukryte w pojeździe.

Następnie funkcjonariusz radiometrysta przystąpił do obmiaru samego pojazdu z użyciem sprzętu ręcznego (fot. 4), w tym czasie pasażerowie znajdowali się poza pojazdem i byli dozorowani przez innego funkcjonariusza Straży Granicznej. W tylnej części samochodu przy tylnych drzwiach w połowie ich wysokości wykryto punktowe podbicie mocy dawki promieniowania jonizującego.



**Fot. 4.** Obmiar pojazdu z użyciem sprzętu ręcznego (źródło własne).

Funkcjonariusz radiometrysta przeprowadził następnie próbę identyfikacji izotopu promieniotwórczego, który znajdował się w pojeździe. Używając spektrometr ręczny (fot. 5), potwierdzono obecność naturalnie występującego

izotopu potasu K-40, a także wykryto sztuczny izotop cezu Cs-137. Dalej funkcjonariusz dokonujący kontroli skontaktował się z dyżurnym Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych, który zalecił zlokalizowanie i ustalenie typu źródła.



**Fot. 5.** W miejscu, gdzie wykryto najwyższą wartość mocy dawki promieniowania jonizującego dodatkowo przeprowadzone zostały pomiary spektrometryczne mające na celu identyfikację izotopu (źródło własne).

W tym celu w nakazano kierowcy otwarcie tylnych drzwi pojazdu, czyli udostępnienie miejsca, gdzie znajdował się ładunek. Po otwarciu drzwi można było zauważyć pojemnik z symbolem promieniotwórczości (tzw. koniczynką). Źródło znajdowało się pomiędzy workami z nawozem. Zarówno kierowca, jak i pasażer nie przyznali się do tego, by próbowali przewozić w sposób nielegalny źródło promieniotwórcze. Na miejsce kontroli dotarły dwa pojazdy Straży Granicznej oraz funkcjonariusze, którzy zatrzymali do wyjaśnień osoby podróżujące pojazdem (fot. 6).



**Fot. 6.** Osoby podróżujące pojazdem nielegalnie przewożącym źródło promieniotwórcze zostały zatrzymane przez funkcjonariuszy Straży Granicznej (źródło własne).

W tym czasie radiometrysta ponownie skontaktował się z dyżurnym CEZAR, informując o wykryciu próby nielegalnego przewozu przez granicę źródła promieniowania

<sup>1</sup> Radiofarmaceutyk to związek chemiczny złożony z dwóch elementów: znacznika, czyli odpowiednio dobranej pierwiastka promieniotwórczego, oraz nośnika, czyli związku chemicznego posiadającego zdolność osadzania się w odpowiednich tkankach czy narządach, bądź też wychwytywania przez komórki np. zmienione chorobowo.

jonizującego. Dyżurny CEZAR zdecydował o wysłaniu na miejsce zdarzenia ekipy dozymetrycznej Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki w celu weryfikacji pomiarów przeprowadzonych przez Straż Graniczną oraz w celu neutralizacji (przełożenia nieosłoniętego źródła do pojemnika osłonowego) źródła promieniotwórczego. W oczekiwaniu na przyjazd ekipy dozymetrycznej funkcjonariusze wyznaczyli strefę zamkniętą i za pomocą biało-czerwonej taśmy i tablic z napisem informującym o obecności źródła promieniotwórczego oznaczyli najbliższe otoczenie pojazdu (fot. 7).



Fot. 7. Wokół pojazdu została wyznaczona strefa zamknięta. Pomiędzy workami z nawozem widać źródło promieniowania jonizującego w metalowej puszcze (źródło własne).

Ekipa dozymetryczna Prezesa PAA po zjawieniu się na miejscu przeprowadziła wywiad z funkcjonariuszem radiometrystą na temat podjętych dotychczas działań i przystąpiła do przeprowadzania pomiarów, uprzednio ustalając wartość naturalnego tła promieniotwórczego w miejscu przeprowadzonej kontroli dozymetrycznej. Jednakże w celu osiągnięcia miarodajnego rezultatu ustalenie wartości tła musiało nastąpić z dala od pojazdu ze źródłem. Po zanotowaniu wartości tła ekipa dozymetryczna weszła do zamkniętej strefy wyznaczonej przez funkcjonariuszy (fot. 8)



Fot. 8. Ekipa dozymetryczna Prezesa PAA podczas wykonywania pomiarów pojazdu (źródło własne).

Ekipa dozymetryczna użyła w ćwiczeniu spektrometru ręcznego umożliwiającego identyfikację izotopu promieniotwórczego (na podstawie analizy widmowej), a także umożliwiającego dokonanie pomiaru mocy dawki promieniowania jonizującego. Drugim przyrządem, jaki został użyty, był sprzęt dozymetryczny umożliwiający poszukiwanie źródeł promieniotwórczych. Dwóch członków ekipy dozymetrycznej dokonywało pomiarów, a trzeci zapisywał otrzymane wyniki. Wyniki uzyskane w toku przeprowadzonych pomiarów potwierdziły ustalenia Straży Granicznej.



Fot. 9. Ekipa dozymetryczna Prezesa PAA podczas wykonywania pomiarów pojazdu (źródło własne).

Po tym jak ukończono obmiar radiometryczny całego pojazdu, ekipa dozymetryczna zaczęła się przygotowywać do przełożenia źródła z metalowej puszczy do pojemnika osłonowego (fot. 10). Sytuacja taka występuje wówczas, gdy w trakcie działań na miejscu zdarzenia wykryte zostanie źródło pozbawione pojemnika osłonowego. Umieszczenie źródła w takim pojemniku zmniejsza narażenie na działanie promieniowania jonizującego i istotnie wpływa na wielkość otrzymanej dawki przez poszczególne narządy, a w konsekwencji całe ciało osób znajdujących się w po-



Fot. 10. Przygotowanie do przełożenia źródła promieniowania jonizującego do pojemnika osłonowego (jest on przenoszony w najbliższe otoczenie pojazdu przez członków ekipy dozymetryczna Prezesa PAA) (źródło własne).



bliżu samego źródła. Przełożenie źródła wraz z zamknięciem pojemnika trwa kilka sekund. Członkowie ekipy dozymetrycznej posiadają również dawkomierze indywidualne umożliwiające odczyt otrzymanej dawki podczas każdego wyjazdu ekipy. Warto nadmienić, że do przełożenia źródła używa się pęsety; zabieg ten ma celu ograniczenie dawki otrzymanej na skórę dłoni oraz niedopuszczenie do przeniesienia ewentualnych skażeń z nieszczelnego źródła promieniotwórczego na dłonie.

Po umieszczeniu źródła w pojemniku osłonowym ekipa dozymetryczna dokonała obmiaru radiometrycznego na jego powierzchni (fot. 11).



Fot. 11. Po umieszczeniu źródła promieniotwórczego w pojemniku osłonowym przeprowadzono pomiary mocy dawki promieniowania jonizującego na powierzchni pojemnika (źródło własne).

Po przeniesieniu pojemnika ze źródłem w bezpieczne miejsce ekipa dozymetryczna przystąpiła do kolejnego obmiaru dozymetrycznego pojazdu. Miało to na celu ustalenie, czy w pojeździe, a konkretnie w przestrzeni ładunkowej nie znajduje się jeszcze jedno źródło. Z powodu nagromadzenia w ograniczonej przestrzeni worków zawierających nawozy potasowe wartości mocy dawki promieniowania jonizującego były podwyższone. Ekipa zdecydowała się na ręczne przrzucenie worków z nawozem w celu precyzyjnego ustalenia źródła podwyższonej wartości mocy dawki. Ostatecznie okazało się, że w pojeździe znajdowało się tylko jedno źródło promieniowania jonizującego, a nagromadzenie w ograniczonej przestrzeni nawozu potasowego było czynnikiem powodującym podwyższone wartości mocy dawki. Po zakończeniu działań na miejscu zdarzenia przez ekipę swoje prace rozpoczęli funkcjonariusze Straży Granicznej z pionu dochodzeniowo-śledczego. Cały pojazd został sprawdzony przez psy tropiące pod kątem obecności materiałów wybuchowych oraz narkotyków (fot. 12).

W trakcie przeszukania pojazdu wykryto notatki wraz z mapą rejonu granicy państwowej. W ujawnionych notatkach zawarte były informacje dotyczące dalszych planów przemytu materiałów promieniotwórczych z Polski na Ukrainę. Stosowne informacje dotyczące samego zdarze-



Fot. 12. Pojazd został również sprawdzony pod kątem obecności materiałów wybuchowych i narkotyków przez specjalnie wytresowane psy (źródło własne).

nia oraz zawartości znalezionych notatek zostały przekazane stronie ukraińskiej w ramach współpracy międzynarodowej.

W tym miejscu ćwiczenie praktyczne się zakończyło. Następnie ewaluatorzy dokonali omówienia i oceny przebiegu ćwiczenia. Głos zabierali także uczestnicy tego zdarzenia oraz przedstawiciele strony amerykańskiej.

## Strona ukraińska

Następnego dnia rozegrano scenariusz ćwiczenia po stronie ukraińskiej. Przed ćwiczeniem praktycznym odbyła się odprawa uczestników ćwiczenia, po czym nastąpił przejazd na miejsce rozgrywania scenariusza. Tam zaznajomiono się z sytuacją wyjściową: dzięki informacjom otrzymanym w dniu poprzednim strona ukraińska odpowiednio przygotowała swoje siły i środki, spodziewając się możliwości wystąpienia przemytu źródeł promieniowania jonizującego. Ponadto funkcjonariusze Straży Granicznej Ukrainy otrzymali wcześniej informacje, że pewna grupa osób nielegalnie przekroczyła granice państwową. Według ustaleń osoby te mogły mieć przy sobie elementy pochodzenia militarnego. Funkcjonariusze Straży Granicznej, intensyfikując patrolowanie granicy, dotarli do punktu, gdzie zaobserwowano ww. osoby. Ich ślad urywał się w miejscu, gdzie znajdowały się ślady opon samochodowych.

W toku realizowanych kontroli granicznych jeden pojazd wzbudził szczególne zainteresowanie funkcjonariuszy Straży Granicznej Ukrainy. Pojazd ten po zatrzymaniu (fot. 13) został skierowany do szczegółowej kontroli na poboczu drogi.

Do kontroli podejrzanego pojazdu wykorzystano znajdujący się przy punkcie kontrolnym wjazd do sadu. Wykorzystanie tego miejsca uniemożliwiało ewentualną ucieczkę, gdyby podejrzone osoby zdecydowały się na taki ruch. Kontrola szczegółowa przebiegała rutynowo, sprawdzono dokumenty tożsamości osób podejrzanych oraz przystąpiono do kontroli pojazdu. Gdy funkcjonariusz



Fot. 13. Moment zatrzymania podejrzanego pojazdu przez funkcjonariuszy Straży Granicznej Ukrainy (źródło własne).

otworzył tyle drzwi pojazdu (fot. 14), doszło do zadziałania osobistego sygnalizatora promieniowania (tzw. pager). Co ciekawe, przyrząd ten wykrył promieniowanie neutronowe. W bagażniku znajdował się tylko plecak, żadne inne przedmioty nie były przewożone. Osoby podróżujące pojazdem zostały odsunięte od pojazdu na bezpieczną odległość, przeprowadzono również wstępny obmiar dozymetryczny tych osób, jednakże osobisty sygnalizator promieniowania nie umożliwił odczytu wyniku. Ponadto funkcjonariusze zabezpieczyli pojazd i jego dokumentację, ograniczyli ewentualny dostęp osób postronnych. Dowódca patrolu powiadomił również kierownika zmiany jednostki granicznej o wykryciu materiałów emitujących promieniowanie jonizujące w pojeździe.



Fot. 14. Przeszukanie pojazdu w obecności osób podróżujących przez funkcjonariuszy Straży Granicznej Ukrainy (źródło własne).

Kierownik zmiany wysłał na miejsce zdarzenia specjalną ekipę dozymetryczną wraz z odpowiednio wyposażonym pojazdem, który znajdował się na terenie przejścia granicznego. Po przybyciu na miejsce radiometrysta zebrał informacje, przeprowadził rozmowę z osobami podróżującymi pojazdem, ustalił wartość tła oraz wykonał obmiar dozymetryczny osób (fot. 15).

Nie stwierdzono skażeń powierzchniowych na osobach podróżujących pojazdem oraz wykluczono diagnostykę



Fot. 15. Radiometrysta podczas wykonywania pomiarów dozymetrycznych jednej z osób podróżujących zatrzymanym pojazdem (źródło własne).

bądź terapię z wykorzystaniem radiofarmaceutyków. Następnie przeprowadzono pomiary dozymetryczne na zewnątrz i wewnątrz pojazdu (fot. 16).



Fot. 16. Radiometrysta podczas wykonywania pomiarów dozymetrycznych pojazdu (źródło własne).

Radiometrysta dokonał też pomiaru mocy dawki przy otwartych drzwiach do bagażnika, gdzie zlokalizowany był podejrzany plecak (fot. 17).



Fot. 17. Radiometrysta podczas wykonywania pomiarów dozymetrycznych pojazdu (źródło własne).

Po ustaleniu mocy dawki przeprowadzone zostały dodatkowo pomiary skażeń promieniotwórczych (fot. 18), a także poszukiwania emitera neutronów (fot. 19), gdyż wcześniej podczas przejścia pojazdu przez dozymetrystę funkcjonariusz dokonujący kontroli poinformował go o fakcie zadziałania alarmu neutronowego na sygnalizatorze promieniowania.



**Fot. 18.** Radiometrysta podczas poszukiwania skażeń powierzchniowych wewnątrz i na zewnątrz pojazdu oraz przy miejscu, gdzie zarejestrowano najwyższą wartość mocy dawki promieniowania jonizującego (źródło własne).



**Fot. 19.** Radiometrysta po przeprowadzeniu poszukiwań emitera neutronów ocenił zagrożenie i zlokalizował źródło w pojeździe (źródło własne).

Po zakończeniu pomiarów dozymetrycznych pojazd został zabezpieczony i wyznaczono strefę zamkniętą wokół pojazdu (fot. 20)

Dalsze działania, takie jak powiadomienie stosownych organów ścigania, odbiór i unieszkodliwienie źródła promieniowania jonizującego zostały zrealizowane aplikacyjnie (teoretycznie). Po zakończonym ćwiczeniu odbyło się spotkanie podsumowujące dwa dni ćwiczeń, podczas którego analogicznie jak po stronie polskiej głos zabrali poszczególni uczestnicy, ewaluatorzy oraz przedstawiciele strony amerykańskiej. Zgodnie stwierdzono, że ćwiczenie było wspaniałą okazją, by sprawdzić współdziałanie, współpracę, a także wymianę informacji.



**Fot. 20.** Zabezpieczenie pojazdu i wyznaczenie strefy zamkniętej wokół niego (źródło własne).

## Podsumowanie

Ćwiczenie było zwieńczeniem kilkuletniego procesu przygotowawczego do jego przeprowadzenia. Na szczególną uwagę zasługuje fakt, iż realizmu scenariuszom rozegranym po obu stronach granicy dodało wykorzystanie prawdziwych źródeł promieniowania jonizującego, które były dostarczone i zabezpieczone przez przedsiębiorstwa posiadające stosowne zezwolenie wydane przez właściwą władzę. Niewątpliwą zaletą tego ćwiczenia była wyjątkowa możliwość sprawdzenia sposobu reagowania na nielegalny transport źródeł promieniowania jonizującego przez granicę państwową. Umożliwiło ono również przećwiczenie wymiany informacji na poziomie międzynarodowym między służbami odpowiedzialnymi za strzeżenie granic. Ponadto scenariusz ćwiczenia zakładał użycie ekipy dozymetrycznej Prezesa PAA, co przyczyniło się do praktycznej weryfikacji współpracy między Strażą Graniczną a Agencją. Przećwiczona została również komunikacja między działającą na miejscu ekipą dozymetryczną a dyżurnym Centrum. Ćwiczenie umożliwiło weryfikację poziomu współpracy między różnymi organizacjami na poziomie międzynarodowym, na istotnej granicy, jaką jest granica wschodnia strefy Schengen.

## Notka o autorach

**Mgr Dawid Frencel** – absolwent Wydziału Fizyki Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, specjalista w Wydziale Zarządzania Kryzysowego i Spraw Obronnych, Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych.

**Mgr inż. Maciej Krawczyk** – absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej, specjalista w Wydziale Zarządzania Kryzysowego i Spraw Obronnych, Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych.

## Literatura

1. „System wykrywania promieniowania – podręcznik do opracowywania ćwiczeń i zbiór scenariuszy”, NNSA, DoE, 2016 r.

## Szanowni Czytelnicy

Zachęcamy do współtworzenia biuletynu  
**Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna**.  
Zapraszamy do przesyłania na adres [biuletyn@paa.gov.pl](mailto:biuletyn@paa.gov.pl)  
propozycji tematów artykułów, które chcieliby  
Państwo opublikować w biuletynie.

Szczegółowe informacje dla autorów na stronach PAA.

Państwowa Agencja Atomistyki  
ul. Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa  
[www.paa.gov.pl](http://www.paa.gov.pl)