

e-ISSN 2353-9062  
ISSN 0867-4752

4 (134) 2024

# BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA

35 - LECIE BIULETYNU



PAŃSTWOWA  
AGENCJA  
ATOMISTYKI

**Biuletyn „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna” znajduje się w wykazie czasopism naukowych Ministerstwa Edukacji i Nauki. Kwartalnik wydawany przez PAA otrzymał 40 pkt. w następujących dyscyplinach naukowych:**

- nauki o bezpieczeństwie,
- nauki fizyczne,
- nauki chemiczne,
- nauki prawne,
- nauki medyczne.

Wydawca: **Państwowa Agencja Atomistyki**  
ul. Nowy Świat 6/12, 00-400 Warszawa

Redakcja: **Elżbieta ZALEWSKA**  
**Jarosław CHILMON**  
ul. Nowy Świat 6/12, 00-400 Warszawa  
TEL. 22 628 94 39  
FAX 22 621 37 86  
E-MAIL [biuletyn@paa.gov.pl](mailto:biuletyn@paa.gov.pl)  
www. [gov.pl/web/paa](http://gov.pl/web/paa)

#### **Rada Programowa**

prof. dr hab. **Janusz JANECZEK** – przewodniczący Rady  
prof. dr hab. inż. **Andrzej CHMIELEWSKI** – członek Rady  
prof. dr hab. n. med. **Marek K. JANIAK** – członek Rady  
prof. dr hab. n. med. **Eugeniusz DZIUK** – członek Rady  
prof. dr hab. n. med. **Leszek KRÓLICKI** – członek Rady  
dr hab. **Agnieszka KORGUL** – członek Rady  
dr **Tomasz NOWACKI** – członek Rady

**Maciej JURKOWSKI**, Redaktor naczelny

**Marek WOŹNIAK**, Redaktor techniczny

e-ISSN 2353-9062  
ISSN 0867-4752

Druk: Print Profit Sp. z o.o., Koźmin 27, 59-900 Zgorzelec

# BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA

---

BIULETYN INFORMACYJNY PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI

Nr 4 (134) 2024

Warszawa

## Spis treści

Maciej Jurkowski

Biuletyn *Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna* – zasób wiedzy o dozorze jądrowym gromadzonej przez 35 lat – na dziś i na przyszłość . . . . . 6

Tomasz R. Nowacki

Nuclear energy law in Poland in the face of the implementation of nuclear power. Selected challenges and potential changes . . . . . 13

Piotr Leśny

Reaktory badawcze w Argentynie i zagranicą zbudowane przez firmy argentyńskie . . . . . 29

Robert Bobkier

Ewolucja badań i regulacji prawnych radonu do 1980 r. jako przykład gadamerowskiego „stapiania horyzontów”. Wstęp do problematyki filozoficznego wymiaru prawa atomowego . . . . . 37

Wojciech Głuszewski

Zastosowanie spektroskopii odbiciowej w zakresie ultrafioletowym i widzialnym DRS (UV-VIS) w dozymetrii dużych dawek promieniowania jonizującego . . . . . 57



## Szanowni Państwo

Dobiega końca rok jubileuszu 35 lat wydawania naszego kwartalnika – biuletynu informacyjnego PAA „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna”. W pierwszym tegorocznym (a licząc od początku wydawania – już 131) numerze, zamieściliśmy szerszą informację o okolicznościach powstania naszego Biuletynu, autorach pierwszego numeru oraz założeniach programowych i planowanej wówczas tematyce. W kolejnym – 132 numerze opisaliśmy opublikowanie w Biuletynie i prezentację na forum komisji sejmowej w 1990 r. pierwszego rocznego raportu Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, kiedy to po raz pierwszy zostały przedstawione posłom podstawy prawne oraz zakres i formy wykonywania państwowego dozoru bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Doroczne *Raporty Prezesa PAA o stanie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej* publikowane były na łamach Biuletynu do roku 2013<sup>1</sup>.



Zamieszczony zaraz po słowie wstępnym tekst Redaktora Naczelnego stanowi swoiste podsumowanie tegorocznego jubileuszu. Był on okazją do przyjrzenia się początkom dozoru jądrowego i wydawania Biuletynu, a także tekstom zamieszczanym w nim przez te całe 35 lat.

W pierwszym z artykułów opublikowanych w bieżącym numerze jest wersja anglojęzyczna opracowania poświęconego wybranym aktualnym kluczowym wyzwaniom w obliczu **wdrażania energetyki jądrowej** w Polsce<sup>2</sup>. **Tomasz Nowacki** wskazuje w nim potencjalne obszary zmian w polskim prawie energii jądrowej, obejmującym przepisy dwóch ustaw oraz kilkudziesięciu rozporządzeń regulujących kompleksowo kwestie związane zarówno z bezpieczeństwem wykorzystywania energii jądrowej, jak i z procesem inwestycyjno-budowlanym elektrowni jądrowej oraz zagadnieniami społecznymi. Omawiane kwestie to: uznawanie decyzji państw trzecich w zakresie zatwierdzania projektu reaktora, wspólna ocena technologii, prelicencjonowanie, zalecenia Prezesa PAA, ułatwienia horyzontalne w procesach inwestycyjnych, decyzja zasadnicza, odpowiedzialność cywilna za szkodę jądrową, odpady promieniotwórcze.

Drugi z opublikowanych artykułów jest próbą oceny **znaczenia reaktorów badawczych dla rozwoju krajowego programu jądrowego**. **Piotr Leśny** ukazuje w nim realizowany konsekwentnie od lat program budowy własnymi siłami wodnych basenowych reaktorów badawczych według krajowych projektów w argentyńskich ośrodkach badań jądrowych i centrach akademickich. Dzięki temu argentyńskie firmy projektowo-budowlane osiągnęły międzynarodową konkurencyjność w branży jądrowej w zakresie projektowania i budowy w Argentynie i zagranicą reaktorów badawczych i produkcyjnych. Stało się to mimo stosunkowo niewielkiego rozwoju krajowej energetyki jądrowej, wykorzystującej niszowy typ reaktora ciężkowodnego chłodzonego wodą pod ciśnieniem (PHWR). Autor podkreślił znaczenie budowy reaktorów badawczych w ośrodkach uniwersyteckich dla upowszechniania wiedzy z zakresu fizyki i techniki jądrowej w społeczeństwie.

Trzeci artykuł poświęcony jest problematyce **zagrożenia od radonu**. **Robert Bobkier** analizuje w nim ewolucję badań nad radonem od czasów jego odkrycia w roku 1900 i jego wpływ na zdrowie oraz zmiany w regulacjach prawnych do roku 1980. Wskazuje przy tym na mechanizm wzajemnego oddziaływania rozwoju wiedzy

<sup>1</sup> Od roku 2013 doroczne Raporty Prezesa podobnie jak i kolejne numery Biuletynu dostępne są w wersji elektronicznej na stronie internetowej Państwowej Agencji Atomistyki [www.gov.pl/web/paa](http://www.gov.pl/web/paa) w zakładce Biuletyn Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna Czytaj biuletyn.

<sup>2</sup> Wersję polskojęzyczną tego opracowania zamieściliśmy w poprzednim numerze (nr 3/133/2024) naszego Biuletynu.



---

i gromadzenia doświadczeń praktycznych w pewnym obszarze, z ewolucją systemu regulacji prawnych dotyczących tego obszaru. W duchu koncepcji „stapiania horyzontów” hermeneutyki Hansa-Georga Gadamera, interpretuje ten proces jako dialog pomiędzy nauką a prawem, w którym regulacje prawne ewoluują w odpowiedzi na postęp wiedzy i zmieniające się społeczne oczekiwania. W opinii jednego z recenzentów „artykuł wnosi cenny wkład w zrozumienie relacji między nauką, prawem i filozofią w kontekście ochrony przed promieniowaniem jonizującym”.

Numer zamyka prezentacja przez **Wojciecha Głuszewskiego** możliwości oceny skutków oddziaływania dużych dawek promieniowania na materiały o nieregularnych lub chropowatych powierzchniach, jakie stwarza **zastosowanie spektrofotometrii odbiciowej DRS** w zakresie ultrafioletu i światła widzialnego UV-VIS.

Życząc owocnej lektury, składamy Państwu także najlepsze życzenia z okazji zbliżających się Świąt Bożego Narodzenia oraz zdrowia i wszelkiej pomyślności w nowym 2025 roku.

Redaktor Naczelny  
*Maciej Jurkowski*

# Biuletyn *Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna* – zasób wiedzy o dozorcze jądrowym gromadzonej przez 35 lat – na dziś i na przyszłość

Szanowni Państwo,

Kończy się rok jubileuszu 35 lat naszego Biuletynu, przyjrzyjmy się bliżej jakie były przyczyny i okoliczności jego powstania i jakie wartości ciągle może nieść dla nas.

Ustawa Prawo atomowe z 10 kwietnia 1986 r. prawnie usankcjonowała rozpoczęty w początkach lat 80. ub. w. proces tworzenia w Polsce dozoru jądrowego. Za jego zorganizowanie ówczesny Prezes Państwowej Agencji Atomistyki, dr **Mieczysław Sowiński** uczynił odpowiedzialnym już w lutym 1984 r. dyrektora Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej, doc. **Tadeusza Rzymkowskiego**. Dyrektor CLOR w porozumieniu z Prezesem powierzył misję tworzenia zespołu specjalistów, stanowiącego załóżek dozoru jądrowego w Polsce, swojemu Zastępcy ds. Nadzoru i Kontroli w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej docentowi **Wacławowi Dąbkowi**, przeniesionemu służbowo decyzją Prezesa do CLOR z Instytutu Badań Jądrowych (IBJ) w Świerku w czerwcu 1983 r.<sup>1</sup> Na tym stanowisku Wacław Dąbek odpowiadał w praktyce za realizację całości zadań przypisanych dyrektorowi CLOR, jako pełnomocnikowi Prezesa PAA do spraw bezpieczeństwa jądrowego, które zgodnie z treścią Decyzji nr 1 Prezesa PAA z dnia 3 lutego 1984 r. obejmowały:

- 1) **ustalenie wymagań** odnośnie do danych i informacji o obiekcie jądrowym, jakie obowiązana jest przedstawić jednostka organizacyjna składająca wniosek o wydanie przez Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki **zezwoleń**, z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, **na lokalizację, budowę,**

**rozwuch, eksploatację i likwidację** obiektu jądrowego,

- 2) dokonywanie pod względem formalnym i merytorycznym **weryfikacji wniosków** o wymienione wyżej **zezwoleń**,
- 3) przeprowadzanie **analiz**, wydawanie **ocen i opinii** z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dokumentacji dołączonej do tych wniosków,
- 4) udzielanie **konsultacji** w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej podczas rozpatrywania wniosków i przeprowadzania powyższych analiz,
- 5) dokonywanie **inspekcji** w fazie prowadzenia **lokalizowania, budowy, montażu, rozruchu, eksploatacji i likwidacji** obiektów jądrowych, w celu kontroli przestrzegania zasad i wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej,
- 6) przygotowywanie **projektów decyzji dla Prezesa PAA** w sprawach wydania, zawieszenia lub uchylecia zezwoleń (łącznie z projektem wykazu warunków i ograniczeń wymaganych w tych zezwoleniach),
- 7) **udzielanie zgody na odstąpienie** od wymagań przewidzianych w przepisach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jeżeli przepisy te przewidywałyby możliwość takich sytuacji,
- 8) wydawanie **zaleceń technicznych** z zakresu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej.

Dyrektor Wacław Dąbek miał niewątpliwie bezpośredni wpływ na sformułowanie tych zadań w wyżej opisanej decyzji nr1/1984 Prezesa Agencji. Aby móc je efektywnie wykonywać w praktyce, przystąpił zaraz po swoim przenie-

<sup>1</sup> IBJ został ostatecznie zlikwidowany przez podział na 3 instytuty w maju 1983 r.

sieniu do CLOR do **tworzenia zespołu dozoru jądrowego**, złożonego ze specjalistów reprezentujących różne dziedziny wiedzy i specjalności związane z **bezpieczeństwem obiektów** energetyki jądrowej. Zespołowi temu postawił zadanie opracowania w pierwszym rzędzie **podstawowych wymagań bezpieczeństwa jądrowego**, które zostały następnie wydane jako „*Wytyczne Pełnomocnika Prezesa PAA ds. bezpieczeństwa jądrowego*”. Do zespołu tego weszli specjaliści różnych branż i specjalności, przeniesieni służbowo z różnych zakładów w Świerku (**Zdzisław Bednarski, Eugeniusz Dziakowski, Leszek Szulc, Albert Tykał, Jerzy Zandberg, Andrzej Kuczyński**), m.in. z zakładów Inżynierii Reaktorowej, Fizyki Reaktorowej (**Edward Józefowicz, Andrzej Kostyrko**) i innych, w tym także z Pracowni Projektów Specjalnych Zakładu Projektowego IBJ, który zajmował się w latach 70. projektami studialnymi reaktorów, projektami koncepcyjnymi elektrociepłowni jądrowych, oraz projektowaniem zmian modernizacyjnych reaktorów badawczych eksploatowanych w Świerku (**Marek Bernatowicz, Maciej Jurkowski**), a także rozwojem metod stosowanych w analizach bezpieczeństwa, w tym m.in. probabilistycznych ocen bezpieczeństwa – PSA (**Maciej Kulig**). Z IBJ przeszedł do CLOR także inż. **Marian Lenard**, zajmujący się koordynacją prac w ramach tzw. kierunku 3. – „Energetyka Jądrowa” w Rządowym programie badawczo-rozwojowym PR-8 na lata 1981–1985.

Do zespołu tego weszli także specjaliści z CLOR (**Janusz Art, Ryszard Siwicki, Julian Supliński**) – m.in. z zakładu Analiz Bezpieczeństwa Obiektów Jądrowych

(**Krzysztof Żarnowiecki, Andrzej Kowalczyk i Tomasz Jackowski**), Zakładu Dozymetrii (**Andrzej Pawlak, Andrzej Pietruszewski, Hanna Sapiecha, Krzysztof Zawonowski, Ryszard Zarudzki**) oraz z innych instytucji, m.in. z Urzędu Dozoru Technicznego (**Janusz Włodarski**), Instytutu Techniki Budowlanej (**Stanisław Gorayski**), Wydziału Fizyki UW (**Wanda Stępień-Rudzka**), Instytutu Plazmy i Laserowej Mikrosyntezy (**Maciej Skarżewski**), Det Norske Veritas (**Andrzej Dzikielewski**), Instytutu Medycyny Pracy (**Wojciech Chruścielewski**). A także prawnicy z uniwersytetu im. Mikołaja Kopernika w Toruniu (**Maciej Święcki i Stanisław Kraszewski** współpracujący z **Ewą Szkulcewą** w CLOR).

Przed zespołem w krótkim czasie stanęły dwa poważne zadania dozоровe: **wydanie zezwolenia na budowę** elektrowni jądrowej Żarnowiec i **ustalenie wymagań** bezpieczeństwa jakie powinno zawierać **prawo atomowe**. Realizując pierwsze z wymienionych zadań zespół przeprowadził **analizę i ocenę dokumentacji** związanej z wydaniem zezwolenia, co nastąpiło w listopadzie 1985 r. Ocena ta przeprowadzona została zgodnie z podstawowymi wymaganiami wydanymi w postaci serii wyżej wspomnianych *Wytycznych Pełnomocnika Prezesa PAA ds. bezpieczeństwa jądrowego*, wydanej w 1984 r., obejmującej: *Zasady zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego obiektów jądrowych* (maj 1984 r.), *Wymagania lokalizacyjne obiektów jądrowych* (październik 1984 r.) oraz *Tryb licencjonowania obiektów jądrowych* (październik 1984 r.). W zakresie wymagań technicznych w ocenie kierowano się, zgodnie z odpowied-



Okładki Biuletynu „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna” na przestrzeni lat.



nim Zarządzeniem Ministra Górnictwa i Energetyki (Zarządzenie MGİE nr 21 z 16.11.1985 r.), przepisami i normami kraju dostawcy technologii, którym był były Związek Radziecki. Jednak w zakresie nie pokrytym wymaganiami radzieckimi, takim jak na przykład zapewnienie jakości, za podstawę przyjęto normy bezpieczeństwa MAEA, w tym przypadku kodeks 50-C-QA i odpowiednie wytyczne z serii 50-SG-QA tych norm. Szczegółowy ich opis zawiera artykuł **J. Włodarskiego** „Zapewnienie jakości obiektów jądrowych” zamieszczony w numerze 2/89 naszego Biuletynu. Wymóg wdrożenia na budowie EJ Żarnowiec systemu zapewnienia jakości zgodnego z tymi wymaganiami stał się jednym z podstawowych warunków wydanego zezwolenia. Sposób jego realizacji przez inwestora został drobiazgowo opisany w artykule **B. Woronkina** „System zapewnienia jakości elektrowni jądrowej Żarnowiec” opublikowanym w numerze 3/90. Autor przypomniał w nim historię podjęcia decyzji o budowie EJ w Żarnowcu i tworzenia Programu Zapewnienia Jakości Budowy i przytoczył wyniki analizy efektywności wdrażania tego programu.

Równolegle (tj. w latach 1984–1985), z udziałem ekspertów zespołu oraz prawników, prowadzone były pod kierunkiem Waclawa Dąbka prace nad projektem pierwszego polskiego prawa atomowego, które zostało wydane w postaci ustawy sejmowej 10 kwietnia 1986 r. W zapisach ustawy, obok norm bezpieczeństwa MAEA, w przeważającej części wykorzystano sformułowania zasad i wymagań bezpieczeństwa oraz trybu postępowania w zakresie licencjonowania obiektów jądrowych, jaki wcześniej zawarto we wspomnianych wyżej wytycznych i później wykorzystano do analiz i oceny wniosku o wydanie zezwolenia na budowę EJ Żarnowiec. Ustawa **określiła zasady bezpieczeństwa** wykorzystania energii atomowej oraz **ustanowiła** zupełnie nową, nieznaną wcześniej w Polsce **służbę państwową**, odpowiedzialną za nadzór i kontrolę pod względem bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej wszelkich działalności, które mogą powodować zagrożenie promieniowaniem jonizującym. Wskazała także jej organy: Prezesa PAA będącego naczelnym organem dozoru jądrowego, Głównego Inspektora oraz **Inspektorów Dozoru Jądrowego**, których **Prezes PAA powołał w lutym 1987 r.** (m.in. spośród większości z wymienionych wyżej z imienia i nazwiska członków zespołu stworzonego przez Waclawa Dąbka w CLOR), jemu samemu powierzając wcześniej, w roku 1986, po wejściu w życie ustawy Prawo atomowe, obowiązki Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego (GIDJ), pełniącego rolę CEO (ang. *chief executive of operations*), czyli kierującego wykonaniem całości działań podejmowanych w ramach dozoru jądrowego sprawowanego przez Prezesa Agencji.

W tym miejscu należy przypomnieć, że w CLOR, poza Zespołem Dozoru w nowo utworzonym Zakładzie VII, istniał i działał od wielu lat zakład Kontroli Zakładów, do którego zadań należał nadzór i kontrola nad użytkownikami źródeł promieniotwórczych. Pracownicy tego zakładu, od wielu lat prowadzący **kontrole zastosowań promieniowania** jonizującego we współpracy z Państwową Inspekcją Sanitarną, po ustanowieniu ustawą Prawo atomowe państwowego dozoru bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, zostali powołani przez prezesa PAA w 1987 r., podobnie jak prowadzący **kontrole w obiektach jądrowych** pracownicy Zakładu VII CLOR na inspektorów dozoru jądrowego. W grupie tej byli między innymi **Bogdan Amałowicz, Janusz Barczyk, Włodzimierz Boraczewski, Wojciech Dobrowolski, Kazimierz Jankowski, Andrzej Popiołek, Mieczysław Piesio, Edward Raban, Stefan Siemiński, Tomasz Ściborowski, Grzegorz Siekierski, Janusz Sitkowski, Jan Skotniczny**. Po przeniesieniu obu zespołów inspektorów i specjalistów dozoru jądrowego do utworzonego w połowie 1992 r. Państwowego Inspektoratu Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej (PIBJiOR), do zespołu dozoru zastosowań dołączyli **Marek Kruszewski i Bogdan Więclaw**<sup>2</sup>. Historię wykonywania **nadzoru i kontroli** zastosowań promieniowania przez CLOR na podstawie Rozporządzenia Prezesa Rady Ministrów nr 164 z lipca 1957 (a później Zarządzenia nr 23/70 Pełnomocnika Rządu do spraw Wykorzystania Energii Jądrowej z lipca 1970 r., uprawniającego Dyrektora CLOR do **wydawania zezwoleń**) opisał szczegółowo **Edward Raban** w artykule *Nadzór i regulacje prawne zastosowań promieniowania jonizującego na przestrzeni ostatnich 40 lat* w numerze 4(122)2021.

Tymczasem inwestycja EJ Żarnowiec ruszyła, w 1987 r. inspektorzy dozoru jądrowego zaczęli inspekcje prac budowlano-montażowych w Żarnowcu, oraz dozоровe wizyty techniczne u dostawców krajowych i zagranicznych głównych komponentów EJ, a także w podobnych, jak budowana w Żarnowcu, elektrowniach jądrowych z reaktorami WWER-440 typ 213, budowanych lub już eksploatowanych w sąsiednich krajach bloku wschodniego, na Węgrzech, w Czechosłowacji i byłym NRD, czy w Bułgarii. Tu warto przypomnieć, że w ramach podziału zadań pomiędzy kraje satelickie byłego Związku Radzieckiego (ZSRR), w obrębie tzw. Rady Wzajemnej Pomocy Gospodarczej (RWPG) koordynowany był rozwój potencjału przemysłowego dla produkcji urządzeń i wyposażenia dla tych elektrowni. Polsce przypadło w udziale rozwijanie zdolności produkcyjnych i dostaw w zakresie wymienników ciepła (RAFAKO – Racibórz), turbozespołów (ZAMECH – Elbląg), generatorów (DOLMEL – Wrocław), pomp

<sup>2</sup> Do zespołu dozoru obiektów w PIBJiOR dołączyli w tym czasie **Andrzej Konieczko** (z Energoprojektu) oraz były kierownik reaktora Maria w ośrodku Świerk **Witold Byszewski**, a także **Wiesław Szumski**. Załoga Inspektoratu liczyła wtedy, łącznie z obsługą administracyjną i księgową (**Jerzy Zandberg, Ewa Majewska, Wanda Sawczyn**) ponad 50 pracowników, w większości inspektorów i specjalistów dozoru jądrowego.

(Kielecka Fabryka Pomp). Czechosłowacja natomiast była dostawcą na rynek RWPG zbiorników ciśnieniowych reaktora (SKODA – Pilzno), czy wytwornic pary (zakłady w Witkowicach).

Równoległe (tj. w latach 1986–1988) w zespole dozoru opracowano projekty 13 aktów wykonawczych do ustawy Prawo atomowe (w tym dwóch rozporządzeń Rady Ministrów, dwóch zarządzeń Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej i dziewięciu zarządzeń Prezesa PAA<sup>3</sup>), których listę zamieściliśmy w artykule rocznicowym w pierwszym tegorocznym numerze Biuletynu nr 1(131)2024. Szczegółowe zadania i tryb wykonywania dozoru jądrowego doprecyzowało rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 11 stycznia 1988 r.

Zadania postawione przed Zespołem dozoru jądrowego, wyodrębnionym w strukturze organizacyjnej Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej jako Zakład VII, były unikalne w skali kraju i na dodatek, ze względu na założony i realizowany początkowo bez opóźnień harmonogram budowy EJ Żarnowiec, wykonywane były pod dużą presją czasu. Inspekcje dozoru na budowie musiały nadążać za tym harmonogramem.

Stopniowo jednak katastrofalne skutki awarii IV bloku elektrowni jądrowej w Czarnobylu, największej w dziejach energetyki jądrowej, do której doszło w kwietniu 1986 r., zaczęły kłaść się cieniem na polskim programie energetyki jądrowej. Od realnie stwierdzonych pomiarami skutków w postaci skażeń najpierw powietrza potem terenu w różnych miejscach Europy, groźniejsze okazały się skutki psychologiczne i społeczne w postaci nasilającej się fobii antynuklearnej opartej na emocjach, podsycanych przez różne grupy interesu, wykorzystujące ogromny deficyt wiedzy w społeczeństwie (także wśród elit!) o promieniowaniu jonizującym, jego oddziaływaniu na organizmy żywe, zasadach bezpieczeństwa w jego zastosowaniach i w ogóle w dziedzinie pokojowego wykorzystania energii jądrowej. Nawet w środowiskach naukowych związanych z branżą jądrową często brak było wiedzy o celach i zadaniach oraz zasadach funkcjonowania dozoru jądrowego. Konieczność stworzenia stale funkcjonującego źródła systematycznej, opartej na faktach informacji w tych sprawach stawała się w zespole dozoru coraz bardziej oczywista, co zaowocowało decyzją GIDJ **Wacława Dąbka o rozpoczęciu wydawania w 1989 r.**, (jak to określono w stopce redakcyjnej i w przedmowie do pierwszego numeru) przez „Państwowy Dozór Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej”, **kwartalnika „Bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna – Biuletyn Informacyjny”**.

Organizator i pierwszy Główny Inspektor dozoru jądrowego określił wtedy cele i zakres tematyczny wydawnictwa, odpowiadający najpilniejszym wówczas z punktu widzenia dozoru potrzebom w sferze informacji. Tematyka artyku-

łów, jakie opublikowano na łamach Biuletynu przez 35 lat aż do dziś, mieści się w określonych przez niego 3 blokach tematycznych (o czym pisaliśmy szerzej w pierwszym tegorocznym, a 131 kolejnym numerze naszego Biuletynu) i dotyczy:

- 1) **ram prawnych i instytucjonalnych** działania dozoru jądrowego w odniesieniu do **regulowanych** działalności i **dozorowanych** obiektów,
- 2) naukowych i technicznych **problemów bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej** pojawiających się w **praktyce sprawowania dozoru** jądrowego oraz
- 3) **reagowania na społeczne obawy przed narażeniem**, związanym z prowadzeniem działalności i eksploatacją obiektów stwarzających zagrożenie promieniowaniem jonizującym; w Biuletynie zamieszczano m.in. **informacje o sytuacjach nadzwyczajnych**, w rodzaju awarii w obiektach czy zdarzeń radiacyjnych w działalności ze źródłami promieniowania, ich konsekwencjach dla ludzi i środowiska, oraz **zalecenia pożądanego zachowania się ludności** w takich sytuacjach.

Ponadto raz w roku, przeważnie w drugim numerze, publikowano w Biuletynie (do roku 2013 włącznie) obszernie streszczenia **rocznych raportów** Prezesa PAA dla Sejmu i Rządu **o stanie bezpieczeństwa** jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce, dotyczące roku poprzedzającego rok wydania raportu. Ich zawartość, na przykładzie raportu za rok 1989, opisaaliśmy w drugim tegorocznym numerze (nr 132) naszego Biuletynu.

Warto podkreślić, że Biuletyn z założenia miał trafiać do zróżnicowanego kręgu odbiorców, niekoniecznie tylko tych związanych z branżą jądrową. Dbano o to, by artykuły pisano prostym językiem, rozumiałym nie tylko dla specjalistów, a fachowe pojęcia i skrótowce były wyjaśniane przy ich pierwszym pojawieniu się w publikowanych tekstach, Biuletyn miał bowiem spełniać także **funkcję edukacyjną**. Dlatego używanego w nazwie określenia „Biuletyn informacyjny PAA” w żadnym razie nie należy interpretować w zawężony sposób, który sugerowałby jedynie reagowanie na bieżące zdarzenia przez publikowanie *news’ów*, choć na przykład ośmiostronicowa kolorowa wkładka do numerów Biuletynu publikowanych w latach 2011–2013, redagowana jako „*Informator PAA*” przez red. **Elżbietę Zalewską**, miała taki właśnie charakter. Upowszechnienie się dostępu do internetu za pomocą użytkowanych na coraz szerszą skalę urządzeń mobilnych umożliwiło przejście funkcji „*Informatora*” przez publikowane na stronie internetowej PAA „Aktualności”. Z tych samych przyczyn zaprzestano także po roku 2013, o czym wspomniano wyżej, publikowania w Biuletynie skrótów Rocznych Raportów Prezesa o stanie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w kraju, udostępniając je na stronie internetowej PAA.

<sup>3</sup> W tamtym czasie Prezes Państwowej Agencji Atomistyki podlegał bezpośrednio Prezesowi Rady Ministrów, a jego zarządzenia podlegały opublikowaniu w Monitorze Polskim podobnie jak zarządzenia Ministrów.





Redakcja Biuletynu (od prawej): Elżbieta Zalewska, Andrzej Głowacki (Prezes PAA), Maciej Jurkowski (Redaktor Naczelny) i Jarosław Chilmon.

Przykładem publikacji przeznaczony dla czytelników o niedużej wiedzy na temat promieniowania jonizującego, jego wykorzystaniu i zagrożeniach z nim związanych może być pogadanka na ten temat, autorstwa **Ryszarda Siwickiego**, opublikowana w początku lat 90. ub. wieku w dodatku nr 3 do biuletynu. Gdy mowa o dodatkach, to w pierwszym z nich, dodatku nr 1, opublikowanym już w roku 1989, zamieszczono w wersji anglojęzycznej teksty ustawy Prawo atomowe z kwietnia 1986 r. oraz kilkunastu wydanych do tego czasu aktów wykonawczych do tej ustawy, o których pisaliśmy w pierwszym tegorocznym numerze (nr 131). Nasza ustawa analizowana była w tym czasie przez zachodnich ekspertów i uzyskała bardzo pozytywną ocenę m.in. ze strony eksperta prawnego Agencji Energii Jądrowej NEA – OECD.

W tym samym 131. numerze wspomniano, że merytoryczny nadzór nad publikacjami w Biuletynie sprawowali kolejni Główni Inspektorzy Dozoru Jądrowego, zajmujący wysokie stanowiska przy Prezesie PAA, bądź w Radzie ds. Atomistyki jak Waław Dąbek, bądź jako Wiceprezesi PAA – jak Witold Łada, a potem Maciej Jurkowski. Wypada tu wspomnieć o kolejnych redaktorach naczel-

nych Biuletynu. W czasach wiceprezesury Witolda Łady byli nimi początkowo **Leszek Młynarczyk** (1994–1995), a później od 1996 r. **Tadeusz Białkowski**, który od 2009 aż do kwietnia 2014 r. współpracował z nowym GIDJ, Wiceprezesem Maciejem Jurkowskim. Od 2014 r. Biuletyn jest publikowany w nowej szacie graficznej, w wersji elektronicznej, pod redakcją **Marka Woźniaka**, najpierw jako redaktora naczelnego, obecnie jako redaktora technicznego (od 2017 r. redaktorem naczelnym jest **Maciej Jurkowski**, który po przejściu na emeryturę nadal sprawuje nad Biuletynem opiekę merytoryczną, a całość prac redakcyjnych koordynuje **Elżbieta Zalewska**).

Waław Dąbek jako przewodniczący Rady Programowej nadzorował wydawanie Biuletynu do końca 1993 r., do ukazania numeru 19/93. Opublikowane w tym czasie artykuły ukazują **podejście i praktykę sprawowania dozoru** w zakresie określonym w artykule programowym zamieszczonym w pierwszym numerze nr 1/89, który wcześniej opisaliśmy w tym roku (nr 131). Wspomniane niżej najciekawsze z nich, a przy tym stosunkowo mało dziś pamiętane, dotyczyły dozoru obiektów jądrowych, w szczególności obiektów energetyki jądrowej.



**Marek Bernatowicz** w artykule „*Sprawowanie dozoru jądrowego nad obiektami jądrowymi w Polsce*”, zamieszczonym w numerze 2/89, opisał uprawnienia i organizację dozoru jądrowego, obiekty jądrowe podlegające dozorowi oraz doświadczenia ze sprawowania dozoru nad elektrownią jądrową Żarnowiec w budowie, w tym – z prowadzonych tam kontroli (w ilości 10–12 rocznie) w latach 1987–1990. Mało kto dziś pamięta, że jednym z obiektów poddozorowych była wtedy również elektrownia jądrowa „Warta” będąca na etapie prac lokalizacyjnych. Dozór nad nią opisał **Andrzej Pawlak** w artykule „*Sprawowanie dozoru jądrowego nad II elektrownią jądrową*” zamieszczonym w numerze 3/90. W tym samym numerze **Maciej Kulig** i **Tomasz Jackowski** w artykule „*Analizy bezpieczeństwa elektrowni jądrowych*” opisać deterministyczne i probabilistyczne podejście w prowadzeniu ocen zagrożeń, jakie może stwarzać elektrownia jądrowa w różnych stanach eksploatacyjnych, aż po ciężkie, choć mało prawdopodobne awarie. Scharakteryzowali zasady prowadzenia takich analiz, dostępne w tamtym czasie modele matematyczne i kody obliczeniowe oraz doświadczenia z ich zastosowania w praktyce dozoru nad EJ Żarnowiec.

Warto także wspomnieć, że kierownictwo dozoru zadbało już wtedy o wykorzystaniu możliwości skontrolowania jesienią 1989 r. i **oceny** z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej **procesu budowy EJ Żarnowiec przez międzynarodowy zespół ekspertów** misji Pre-OSART MAEA. Przebieg misji ze strony dozoru jądrowego koordynował **Maciej Jurkowski**, który wcześniej, w lipcu 1989 r. uczestniczył ze statusem obserwatora w misji OSART MAEA w brytyjskiej EJ Oldbury i opisał zasady i cele prowadzenia takich misji oraz wnioski z misji w EJ Żarnowiec w artykule „*Misje OSART w Oldbury i w Żarnowcu*” zamieszczonym w numerze 2/89.

Mimo pozytywnych konkluzji misji dotyczących stanu i zaawansowania budowy EJ Żarnowiec i braku zastrzeżeń, co do możliwości zapewnienia bezpieczeństwa jej przyszłej eksploatacji, w grudniu tego samego roku rząd podjął decyzję o wstrzymaniu budowy, czego konsekwencje opisał **Edward Józefowicz** w artykule „*Wstrzymanie budowy EJ Żarnowiec z punktu widzenia dozoru jądrowego*” opublikowanym w numerze 3/90.

W wyżej opisywanych pierwszych numerach biuletynu wydawanych pod redakcją **J. Zandberga** na Konwaliowej 7 publikowano również artykuły dotyczące **detekcji i oceny skażeń** będących skutkiem awarii w Czarnobylu, a także opisy innych awarii i płynące z nich wnioski. Bogatym źródłem danych o skażeniach były przede wszystkim Roczne Raporty Prezesa, opublikowane w numerach 4/90, 9/91, 13/92 i 17/93. Warto jednak wspomnieć także artykuły: **A. Pietruszewskiego** „*Program badawczy MAEA nt. szybkich metod kontroli stężeń radionuklidów w żywności i w środowisku naturalnym*” i **K. Zawanowskiego** „*Pożar w hiszpańskiej elektrowni atomowej Vandellós*” w numerze 2/89, **A. Kostyrko** „*Awaria radio-*

*logiczna w Goiania (Brazylia)*”(3/89), **R. Siwickiego** „*Siedem lat po Czarnobylu*” (17/93) jak również artykuł **W. Dąbka** „*Ważne wypadki radiacyjne w obiektach innych niż elektrownie jądrowe*” (16/93). W omawianym okresie szereg artykułów poświęcono problematyce dozoru zastosowań promieniowania z uwzględnieniem także narażenia od naturalnego tła promieniowania. Należą do nich artykuły: **J. Jagielaka**: „*Źródła promieniowania jonizującego i ocena równoważnika dawki otrzymywanej przez ludność Polski*” (2/89), **J. Suplińskiego** „*Obowiązki zakładu pracy związane ze stosowaniem źródeł promieniowania jonizującego*” (16/93), **R. Siwickiego** „*Izotopowe czujki dymu*” (2/89), „*Zezwolenie na wykonywanie źródeł promieniowania jonizującego*”(3/90), „*Zagrożenia ze strony medycyny*” (12/92) i „*Niektóre problemy planowania awaryjnego*” (16/93), **J. Arta** „*Akcja wycofywania z eksploatacji „plutonowych” czujek dymu*”, **J. Suplińskiego** i **W. Szumskiego** „*Transport materiałów promieniotwórczych*” (12/92), oraz informacje PIBJiOR dla wnioskujących o otrzymanie zezwoleń na uruchomienie pracowni izotopowych: „*Projektowanie pracowni z otwartymi źródłami promieniotwórczymi i związane z tym wymagania*” oraz „*Projektowanie pracowni z zamkniętymi źródłami promieniotwórczymi i związane z tym wymagania*” zamieszczone w numerze 19/93.

W tym krótkim szkicu obrazującym okoliczności powstania naszego Biuletynu staraliśmy się pokazać Państwu ścisły związek publikowanych w nim treści z bieżącą (aktualną w danym czasie) działalnością w ramach dozoru jądrowego nad obiektami jądrowymi i zastosowaniami promieniowania, a także wszelkimi sytuacjami mogącymi powodować zagrożenie promieniowaniem. Wymieniliśmy sporo nazwisk ludzi, którzy tworzyli dozór jądrowy, wykonywali go i dzielili się swoim doświadczeniem, zdobywaną wiedzą i dozorowym podejściem z czytelnikami Biuletynu na jego łamach. Okazało się przy tym, że pomimo kilkukrotnych zmian ram organizacyjnych sprawowania dozoru w ciągu tych blisko czterech dekad, przy ogromnym postępie technicznym, dostępności coraz to nowszych narzędzi obliczeniowych, pomiarowych i metod działania, przyjęte wówczas **podejście** i **zasady** działania są ciągle aktualne, a zespół inspektorów dozoru powołanych w końcu lat 80. przetrwał te zmiany, stając się rdzeniem departamentów dozorowych PAA, która od 1997 r. stawała się, w dużej mierze dzięki nim, coraz bardziej dojrzałym i kompetentnym urzędem dozoru jądrowego.

Ta publikacja dotyczy jedynie pierwszego, najwcześniejszego okresu działania dozoru i wydawania Biuletynu, siłą rzeczy brak w niej wielu ważnych wątków związanych z dozorem, które były obecne na łamach Biuletynu w ciągu ubiegłych 35 lat. Jednak dziś każdy z czytelników może dotrzeć niemal do wszystkich jego ponad 130 numerów, dostępnych w wersji elektronicznej na naszej stronie [www.gov.pl/web/paa](http://www.gov.pl/web/paa) w zakładce Biuletyn Bezpieczeństwo

Jądrowe i Ochrona Radiologiczna > Czytaj biuletyn BJiOR, ułożonych rocznikami od 1989 do 2024. Jesteśmy pewni, że lektura wielu z nich, nawet tych sprzed lat, nie tylko wzbogaci wiedzę, ale też pozwoli na obserwacje prowadzące do wniosków przydatnych i w obecnej sytuacji i w oczekiwanej przyszłości.

Na koniec pragnę wyrazić w imieniu Redakcji i swoim własnym ogromną wdzięczność za zrozumienie i pomoc w kontynuacji dzieła, które kiedyś zapoczątkował w Polsce doc. Waław Dąbek. Dziękuję kolejnym Prezesom i członkom kierownictwa Agencji, Radzie Programowej oraz instytucjom współpracującym za życzliwość i wsparcie,

kolejnym Redakcjom za trud wydawania Biuletynu, inspektorom i pracownikom dozoru za gotowość i chęć dzielenia się z Czytelnikami swoimi doświadczeniami i zdobytą wiedzą praktyczną, wszystkim P.T. Autorom i Recenzentom za wysiłek włożony w przygotowanie artykułów i dobrą współpracę z redakcją, a P.T. Czytelnikom za sięganie po Biuletyn i korzystanie z pokładów zawartej w nim wiedzy. Oby to dzieło udało się kontynuować z korzyścią dla nas wszystkich.

Redaktor Naczelny,  
*Maciej Jurkowski*

# Nuclear energy law in Poland in the face of the implementation of nuclear power. Selected challenges and potential changes

## *Prawo energii jądrowej w Polsce w obliczu wdrożenia energetyki jądrowej. Wybrane wyzwania i potencjalne obszary zmian*

Tomasz R. Nowacki

*Institute of Law and Administration of the Pomeranian University in Słupsk  
Instytut Prawa i Administracji Uniwersytetu Pomorskiego w Słupsku*

**Abstract:** The aim of this paper is to synthesise selected current key challenges and potential changes in the Polish nuclear energy law in the face of the implementation of nuclear power. Given the limited volume of this article, it is not possible to provide an exhaustive analysis of the issues signalled in this paper, nevertheless, it seems possible to highlight the most important areas and, at the same time, initiate a broader discussion among nuclear energy law theoreticians and practitioners.

**Keywords:** Nuclear energy law, atomic law, decision-in-principle, pre-licensing, civil liability for nuclear damage.

**Streszczenie:** *Celem artykułu jest syntetyczne przedstawienie wybranych aktualnych, węzłowych wyzwań i potencjalnych zmian w polskim prawie energii jądrowej w obliczu wdrażania energetyki jądrowej. Z uwagi na ograniczone ramy artykułu nie jest możliwa wyczerpująca analiza zagadnień zasygnalizowanych w niniejszym opracowaniu, niemniej wydaje się, że możliwe jest naświetlenie najważniejszych obszarów oraz równoczesne uruchomienie szerszej dyskusji w gronie teoretyków i praktyków prawa energii jądrowej.*

**Słowa kluczowe:** *Prawo energii jądrowej, prawo atomowe, decyzja zasadnicza, pre-licencjonowanie, odpowiedzialność cywilna za szkodę jądrową.*

## I. Introduction

Current discussions on nuclear energy law in Poland are dominated by issues related to the implementation of nuclear power. Both the Polish political scene and the public seem to agree that the construction of nuclear power plants is necessary in Poland<sup>1</sup>. Among the most important reasons behind this decision are the country's energy security, environmental protection and economic issues, including the cost of electricity and the development of the Polish economy. The official justification in strategic, government planning documents is as follows.

In terms of energy security, the introduction of nuclear power plants into the energy mix will strengthen energy

security mainly by diversifying the fuel base in the Polish power sector, diversifying the directions of supply of primary energy carriers, replacing ageing coal-fired units by available emission-free units. In the environmental context, nuclear power will radically reduce atmospheric emissions of greenhouse gases from the power sector at low environmental external costs. The examples of large, industrialised and highly developed countries and regions such as France, Sweden, Switzerland and the Canadian province of Ontario demonstrate that nuclear power contributes to the effective, rapid and deep decarbonisation of the power sector. In all of these cases, emissions have been radically reduced to well below

<sup>1</sup> The results of successive polls conducted for both government institutions and the media indicate support above 80%. See information on the Ministry of Climate and Environment website: <https://www.gov.pl/web/klimat/rekordowe-poparcie-86-polakow-za-budowa-elektrowni-jadrowych-w-polsce> (accessed 11.07.2024); see also information on the survey for Radio RMF and Journal 'Gazeta Prawna' [https://www.rmf24.pl/ekonomia/news-co-polacy-sadza-o-budowie-elektrowni-jadrowych-sondaz,nId,6395780#crp\\_state=1](https://www.rmf24.pl/ekonomia/news-co-polacy-sadza-o-budowie-elektrowni-jadrowych-sondaz,nId,6395780#crp_state=1) (accessed on 11.07.2024).



100 kg CO<sub>2</sub>/MWh<sup>2</sup>, relying mainly on nuclear power (France) or a combination of nuclear and large hydro-power (Sweden, Switzerland, Ontario). In the economic context, nuclear power plants have the potential to halt the increase in energy costs for consumers, or even to reduce them by counting the full bill for the end consumer. This is due to the fact that they are the cheapest energy sources taking into account the full cost calculation and the long life after the amortisation period. It applies to both residential and business consumers, and in particular safeguards the development of energy-intensive enterprises (e.g., steel, chemical industries)<sup>3</sup>.

The aim of this article is to discuss selected, key challenges and potential changes in the Polish nuclear energy law in the face of the implementation of nuclear power, in the most important areas as the author believes<sup>4</sup>. Due to the limited volume of this paper, it is not possible to fully enumerate the potential areas of change, nor to provide an exhaustive analysis of the issues signalled in this publication, but it seems that, despite these inconveniences, it is possible to highlight the most important issues, and perhaps, at the same time, to initiate a broader discussion among theoreticians and practitioners of the Polish nuclear energy law.

## II. Evolution of nuclear energy law in Poland

Widespread legislation on the safety of use of ionising radiation forming the nucleus of a coherent system of regulations appeared in Poland in the early 1950s and developed at the beginning of the next decade<sup>5</sup>. The legal acts of that time were not numerous and were of a rather general nature, nevertheless, it should be stated that both their volume and quality were adequate to the scale of the nuclear programme being developed at that time<sup>6</sup>. Since 1986, Poland has had a comprehensive act regulating the safety of nuclear energy use – the Atomic Law<sup>7</sup>. In 2000, a new Atomic Law Act<sup>8</sup> was adopted, taking into account technical progress, experience with the previous act and obligations arising from ratified international agreements,

and, to some extent, taking into account the Euratom Community acquis. The present shape of the Act has been given by numerous amendments, including the most recent in 2023. The current legal acts should be considered coherent and comprehensively regulating issues related to both safety of energy and nuclear power application, as well as the investment and construction process and social issues<sup>9</sup>. The Atomic law Act is supplemented by several dozen regulations, including those setting out detailed requirements for individual phases of the nuclear power plant life cycle (construction, operation and decommissioning) and successively issued, non-binding, recommendations of the President of the National Atomic Energy Agency. There is also a separate Act dealing with administrative and legal issues of the investment and construction process not directly related to nuclear safety and radiation protection – the Act of 29 June 2011 on the preparation of and carrying out investments in nuclear power facilities and accompanying investments (hereinafter referred to as the Investment Act)<sup>10</sup>. Both Acts, together with dozens of implementing regulations, comprise the current set of nuclear power regulations in Poland, referred to as the Nuclear Energy Law (editor's note).

## III. Selected challenges and potential areas for change

### 1. Recognition of third country decisions on reactor design approval

#### a. General comments

Assessing the design of a reactor, or a nuclear power plant or other nuclear installation, is time-consuming and expensive. For this reason, discussions on investment facilitation in nuclear power raise the issue of possible recognition, to varying degrees, by countries wishing to engage in nuclear power development of decisions previously made by the nuclear regulatory authorities of third countries that have approved individual reactor technologies for their compliance with nuclear safety and radiation protection requirements. This is especially true

<sup>2</sup> For example, in Germany (where nuclear power plants are being shut down with a still significant share of fossil fuels in the energy mix – *editor's note*) for the last 12 months this is approximately 400 kg CO<sub>2</sub>/MWh.

<sup>3</sup> See Polish Nuclear Power Programme, Annex to the Resolution of the Council of Ministers No. 141 of 2 October 2020 (Official Gazette of the Republic of Poland *'Monitor Polski'*, item 946), p. 5.

<sup>4</sup> On the policy of law regarding the construction of nuclear power plants in Poland, see T.R. Nowacki, *Nuclear Power on the Vistula River. Law and Policy in Shaping Energy Future of Poland*, published in *'Prawo i Więź 2020'*, no. 3, pp. 182–209.

<sup>5</sup> Some legislative activity also took place during the interwar period, but it was incidental and not the result of planned state activity in this area. See T.R. Nowacki, *Regulations on radiation protection in the Second Polish Republic (Przepisy dotyczące ochrony radiologicznej w II Rzeczypospolitej)* [in:] P. Dąbrowski (ed.), *Memorial book of Professor Dariusz Szpoper* (in print).

<sup>6</sup> See T.R. Nowacki, *Evolution of the legal status of authorities supervising the safety of nuclear energy use in Poland (Ewolucja prawnego statusu organów nadzorujących bezpieczeństwo wykorzystywania energii jądrowej w Polsce)*, *Legal Notebooks of the Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw 2018 (Zeszyty Prawnicze Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego 2018)*, no. 3, pp. 115–149.

<sup>7</sup> Act of 10 April 1986 – Atomic Law (Journal of Laws No. 12, item 70, as amended).

<sup>8</sup> Act of 29 November 2000 – Atomic Law (Journal of Laws of 2001, item 18, as amended; Journal of Laws of 2023, item 1173).

<sup>9</sup> On the adaptation of Polish legislation to the implementation of nuclear power, see T.R. Nowacki, *Nuclear Power Programme for Poland – Establishing the Legal Framework* [in:] Raetzke C. (ed.), *Atomic law in the EU and Beyond – Atomrecht in Deutschland, der EU und weltweit*. Proceedings of the AIDN/INLA Regional Conference 2013 in Leipzig, Baden-Baden 2014, pp. 121–166.

<sup>10</sup> Journal of Laws No. 135, item 789, as amended; Journal of Laws of 2021, item 1484; Journal of Laws of 2023, items 595, 1688 and 1890.

for those designs that have been approved by internationally recognised nuclear regulatory authorities with high competence and extensive experience in nuclear safety. The benefits of such an approach as facilitating investment have been articulated for years by some experts, representatives of the nuclear industry and energy companies operating or wishing to build nuclear power plants<sup>11</sup>. Also in Poland, due to the lack of relevant regulations, entities interested in building nuclear power plants have made such demands.

#### b. Advantages and disadvantages

There are undoubtedly many benefits of such a solution. First and foremost, it would shorten the procedure time and reduce the investment risk, which would allow the power plant to be commissioned more quickly and enable the investor to generate profits earlier. At the same time, consumers and the national economy would be able to benefit from the new energy source sooner. It would also displace the equivalent of fossil-fuel-based power generation, which would allow to reduce more quickly emissions of harmful gases and particulates into the atmosphere from the power sector. On the other hand, full and automatic recognition of previously issued decisions would de facto mean that the State, the technology recipient, would abandon its own assessment and entrust the protection of its own citizens to the authorities of a foreign country. It would also mean a lack of public scrutiny on such an important issue as nuclear safety. This in turn could translate into a loss of confidence in the political leadership of the State, which in a democracy, in an extreme case, could even mean the loss of power. A lack of own assessment is also a lack of impetus to create own competence in nuclear safety assessment, which, after all, will also be needed at the operation stage of the power plant. Finally, the lack of an in-house assessment may result in the approved design not being in line with national regulations. These may differ from the regulations of the country of origin of the technology, despite the relatively high level of harmonisation of national requirements in the world and the fairly high compatibility of national solutions (including Polish) with regulations existing in the

leading countries assessing reactor designs in recent years (USA, UK, Canada, France, Korea, Finland).

#### c. Scope of recognition of decisions made by authorities of other countries

Recognition of decisions by the authorities of other States can take place to varying degrees. One possibility is complete recognition, without conducting its own assessment, by the nuclear regulatory authorities of the technology recipient state. This is the direction some Polish companies planning to build nuclear power plants suggest<sup>12</sup>. Examples of similar solutions already exist in other industries, such as civil aviation. The European Union Aviation Safety Agency (EASA), one of the agencies of the European Union, is authorised to certify aircraft. New aircraft designs approved by EASA are valid in all EU Member States<sup>13</sup>. However, it should be noted that, in the case of EASA, it is accepted that the assessment is not carried out by the authorities of a single country, but by a specialised EU agency to which the Member States have ceded their powers in this respect, and the final shape of this system is the result of a long and gradual process dating back to 1970<sup>14</sup>. Furthermore, the complete abandonment of the EU's own assessment of the safety of a power reactor appears to be in conflict with the relevant international and European law. According to Article 14 of the Convention on Nuclear Safety (CNS)<sup>15</sup>, the Contracting Parties to the Convention shall take the appropriate steps to ensure that comprehensive and systematic safety assessments are carried out before the construction and commissioning of a nuclear installation and throughout its life. In addition, verification by analysis, surveillance, testing and inspection shall be carried out to ensure that the physical state and operation of a nuclear installation will comply with, inter alia, relevant national requirements. In light of these regulations, the Contracting Parties to the Convention cannot abandon their own assessment of reactor safety. Analogous conclusions can be drawn with regard to the derived legislation of the Euratom Community<sup>16</sup> and the non-binding but practically relevant recommendations of the International Atomic Energy Agency – IAEA<sup>17</sup>.

<sup>11</sup> See, e.g., World Nuclear Association, *International Standardization of Nuclear Reactor Designs. A Proposal by the World Nuclear Association's Working Group on Cooperation in Reactor Design Evaluation and Licensing (CORDEL Group)*, London 2010, pp. 23–27, [https://world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working\\_Group\\_Reports/International\\_Standardization\\_of\\_Nuclear\\_Reactor\\_Designs.pdf](https://world-nuclear.org/uploadedFiles/org/WNA/Publications/Working_Group_Reports/International_Standardization_of_Nuclear_Reactor_Designs.pdf) (accessed on 11.07.2024).

<sup>12</sup> See Synthos Green Energy S.A.'s comments of late 2021 to the draft law amending the Atomic Law and the Act on special principles for the preparation of and carrying out investments in nuclear power facilities and accompanying investments, <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12349200/katalog/12803358#12803358> (accessed on 11.07.2024). Earlier, in 2010, a similar request was made to the government by PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. (letter to the Minister of Economy of 13 September 2010, NZ/913/2010).

<sup>13</sup> See C. Raetzke, M. Miklinghoff, *Regulatory challenges in the licensing of new nuclear power plant – From CORDEL to ERDA*, *atw (Atomwirtschaft)* 2012, n. 12, p. 724.

<sup>14</sup> *Ibid.*

<sup>15</sup> *Convention on Nuclear Safety*, done at Vienna on 20 September 1994 (INFCIRC/449, *Journal of Laws* of 1997, No. 42, item 262).

<sup>16</sup> Article 4 of the Council Directive 2009/71/Euratom of 25 June 2009 establishing a Community framework for the nuclear safety of nuclear installations (OJ L 172, 2.7.2009, p. 18, OJ L 260, 3.10.2009, p. 40 and OJ L 219, 25.7.2014, p. 42).

<sup>17</sup> IAEA, *Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety, General Safety Requirement No. GSR Part 1 (Rev.1)*, Vienna 2016, para 2.8. (p. 7) and para 4.33. (p. 25); the same, *Establishing the Safety Infrastructure for a Nuclear Power Programme, Specific Safety Guide No. SSG-16 (Rev. 1)*, Vienna 2020, para 2.80. (pp. 32–33) and para 2.219. (p. 69).

A second possible way of recognising the decisions of third country authorities is through a so-called validation, i.e. confirmation by the nuclear regulatory authority of the recipient state of the technology of an assessment previously made by another authority. This means that the assessment shall be performed in a simplified manner e.g., limited to performing a verification of only individual assessments and calculations made previously<sup>18</sup>. Thus, it would be the authority of the technology recipient country that will determine to what extent it relies on the issued decision and to what extent it carries out further studies, assessments and analyses on its own. A solution of this kind was introduced in 2010 in Italy. There, the principle was adopted that the requirements and technical specifications of nuclear devices accepted in the last ten years by the competent authorities of the member countries of the Nuclear Energy Agency of the Organisation for Economic Co-operation and Development (NEA OECD) or by the competent authorities of the countries with which bilateral agreements have been concluded in the field of technological and industrial cooperation in the nuclear sector will be recognised as valid in Italy, following the approval of the Nuclear Safety Agency<sup>19</sup>. Unfortunately, no practical experience can be cited in this regard as, due to the decision not to return to nuclear power in Italy, these provisions have never been applied. In addition, it should be noted that the introduction of this kind of a solution in Poland would entail changes to the existing legislation, which currently does not allow such a possibility.

More likely than the possibility of recognising foreign decisions is their use, together with documentation on the proceedings (including the results of assessments, studies, analyses), as support material in the nuclear licensing procedure or in the pre-licensing opinion procedure<sup>20</sup>. Such documentation can provide significant factual assistance to the technology assessment process, and this may have a beneficial impact on the duration of the proceedings. To strengthen such indirect impact, consideration may even be given to the introduction of an obligation for the authority to take into account, in the course of proceedings concerning the same technology, previously

issued decisions with documentation when submitted by the applicant<sup>21</sup>.

## 2. Joint technology assessment

For new technologies that have not yet been officially approved anywhere, a joint assessment by nuclear regulators from two or more countries appears to be a promising solution. This entails benefits for all parties in the process. The benefit for investors is a reduced waiting time for technology approval. Joint approval could, in principle, mean simultaneous release of the technology in all countries involved in such an assessment. This would eliminate the cascade of decisions, i.e. approval of the reactor design by the authorities of the technology recipient country not earlier than after several years of evaluation in the designer's or manufacturer's country as well as the separate evaluation by the authorities of the technology recipient country, carried out in a separate procedure. For the technology owner, this means savings because, at least to a large extent, he/she does not have to conduct separate processes in several countries. Finally, for the nuclear regulators, it means an opportunity to optimise the use of personnel, financial and time resources, as cooperation with other analogous authorities provides an opportunity for synergies in all these areas. Moreover, in the course of such a process, there is a transfer of knowledge and experience from more experienced authorities to those with less knowledge. Finally, cooperation of regulatory authorities from different countries stimulates harmonisation of procedures and regulatory philosophy in different legal and administrative environments. The practical seeds of such an approach can be seen in Poland. The President of the National Atomic Energy Agency has concluded a preliminary agreement of a non-binding nature with the CNSC (*Canadian Nuclear Safety Commission*) concerning cooperation in the evaluation of SMRs (*Small Modular Reactors*), with particular emphasis on the BWRX-300 technology currently licensed in Canada<sup>22</sup>. According to the agreement, the parties will exchange information on best practices and technical reviews in the area of this

<sup>18</sup>See C. Raetzke, M. Miklinghoff, op. cit. p. 722; World Nuclear Association, op. cit. pp. 17–18, 24–25.

<sup>19</sup>See Article 7 of Italian Decree 31/2010 of 15 February 2010 laying down the rules for the siting, construction and operation of nuclear power plants, nuclear fuel fabrication facilities, storage systems for spent nuclear fuel and radioactive waste, as well as compensatory measures and public information campaigns, in conjunction with Article 25(2)(i) of the Italian Act No. 99 of 23 July 2009 on rules concerning the development and internationalisation of companies with particular reference to nuclear power. See also F. Iaccarino, Resurgence of nuclear energy in Italy, *Atomic law Bulletin* 2009, no. 2, pp. 75–76; and Nuclear renaissance in Italy – Maintaining momentum, *Atomic law Bulletin* 2010, no. 1, p. 69.

<sup>20</sup>On pre-licensing, see point III.3. of this paper.

<sup>21</sup>Analogous to the obligation to take into account the recommendations of the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the Western European Nuclear Regulators Association WENRA (Articles 35b(4), 36c(3), 36d(3), 37e(11), 38, 38c(3) of the Atomic Law Act) and to consider the recommendations of the International Commission on Radiological Protection ICRP (Article 25(1) of the Atomic Law Act) when issuing certain regulations.

<sup>22</sup>See information on the National Atomic Energy Agency website, <https://www.gov.pl/web/paa/zaciesniamy-wspolprace-z-kanadyjskim-dozorem-jadrowym-porozumienie-w-sprawie-malych-reaktorow-modulowych> (accessed on 11.07.2024); See also information on the international industry website, <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Canadian-and-Polish-regulators-announce-SMR-collab> (accessed on 11.07.2024).



technology and share the results of independent analyses and assessments conducted as part of the licensing process. The memorandum also provides for joint activities in the aforementioned areas, as well as training and the development of regulatory solutions to ensure the safety of this technology. The agreement is non-binding, but it should be assumed that the desire to seek synergies may ultimately mean, i.e., that the President of the National Atomic Energy Agency will not perform certain activities and will rely, even if only to some extent, on the documentation provided by the CNSC. The implementation of this agreement in practice will therefore require careful legal analysis regarding compliance with national and international obligations on nuclear facilities licensing. At this stage, it is also not possible to exclude the need for amendments to existing legislation to enable such a process.

The CNSC is already conducting a similar cooperation with the US NRC (Nuclear Regulatory Commission) under a similar non-binding agreement<sup>23</sup>. Therefore, it cannot be ruled out that it will be a trilateral cooperation in the future, which would be extremely beneficial from the point of view of the technology rights holder. The agreement contains a clear disclaimer that it is not an international agreement and does not create rights and obligations governed by international law and that it does not alter national regulatory requirements, including changes to the decision-making process.

### 3. Pre-licensing

#### a. General comments

The investment process for nuclear facilities, including nuclear power plants, like other major investment challenges, is demanding in organisational, logistical and technical terms, which translates into the time and cost of the activities carried out.

To reduce risks, legislators are shaping procedures accordingly to create a friendly regulatory environment. One way of reducing investment risks for nuclear projects is pre-licensing. The essence of this method is to resolve as many important issues as possible concerning the location of the investment or the design and technical solutions in a dialogue with the nuclear regulators, which takes place before initiating the actual procedure for obtaining an administrative decision. Pre-licensing solutions may take different forms and concern both the envisaged location and all or part of the technological and organisational solutions (reactor design, design of the entire nuclear facility, individual parts of the design, applicable procedures,

draft documents, etc.)<sup>24</sup>. The arrangements also differ in terms of the entities authorised to apply. These can be both nuclear technology manufacturers, who thus obtain official confirmation that their products (designs) meet legal requirements (mainly in the area of nuclear safety and radiation protection), which translates into their commercial opportunities, i.e. investor's interest in their design. It may also be the investors themselves, i.e. entities wishing to build in the future a nuclear facility based on the purchased design. In this case, the initial assessment is most often subject to the location, but also to the technical and organisational solutions to be used.

#### b. Pre-licensing in Poland

Pre-licensing solutions have been existing in Poland since 2011. Their key elements are the opinions issued by the President of the National Atomic Energy Agency: (1) provided for in Article 36a of the Atomic Law Act, an advance opinion on the planned site of a nuclear facility, and (2) provided for in Article 39b of the Atomic Law Act, a general opinion on planned organisational and technical solutions in future activities and draft documents to be submitted together with the license application. Analogous to solutions in other states, one of the main assumptions of pre-licensing in Poland is the optionality of pre-licensing instruments. Both opinions are issued at the request of the interested party submitted prior to the submission of the licence application (for construction or commissioning, operation, decommissioning of a nuclear facility) and are not required by other provisions. Both opinions shall be classified as a specific form of material-technical act in the form of an act of knowledge. As such, they do not constitute an authority's declaration of will and thus do not resolve an administrative matter, do not shape the legal situation of the entity to which they are addressed, are not issued in the form of an administrative decision or order and, as a rule, the provisions of the Code of Administrative Procedure (CAP) do not apply to them<sup>25</sup>. This does not mean that they are devoid of legal and procedural significance. Based on the principle of protection of the citizen's confidence in the state, stemming from the constitutional principle of a democratic state of law and concretised in the CAP, it should be assumed that, in the absence of a change in the factual and legal situation, the opinion issued by the President of the National Atomic Energy Agency, as a rule, will bind him/her at the stage of the licence proceedings. In this context and in view of its construction and purpose, the opinions in question should be considered as sui generis quasi-prejudicial position with limited power as to the

<sup>23</sup>See information on the Canadian Nuclear Safety Commission website <https://nuclearsafety.gc.ca/eng/resources/international-cooperation/international-agreements/cnsc-usnrc-smr-advanced-reactor-charter.cfm> (accessed on 11.07.2024).

<sup>24</sup>E.g., topical reports and *Standard Design Certification* (SDC) in the USA, *Generic Design Assessment* (GDA) in the UK, *Pre-Licensing Vendor Design Review* (VDR) in Canada, the so-called 'safety option review' in France, *Vorbeseid* in Germany (under § 7a of the German Atomic Act).

<sup>25</sup>Act of 14 June 1960 – Code of Administrative Procedure (Journal of Laws No. 30, item 168, as amended, and of 2023, item 775).



scope and nature of bindingness vis-à-vis subsequent decisions<sup>26</sup>.

### c. Perspectives

According to official press releases, four applications for opinions under Article 39b of the Atomic Law Act have now been submitted, two for technological solutions (VOYAGR and BWRX-300 reactors) and two for documents (the first applications were filed in 2022). No applications for site opinions under Article 36a of the Atomic Law Act have been presented. It should be assumed that pre-licensing solutions will become increasingly popular, given the dynamic growth of announcements of construction or even the analysis of construction of nuclear power plants of various types and capacities in Poland. This solution, despite being in force for over 10 years, has never been applied so far. To assess its functionality, the results of the emerging practise of its application will be crucial. Three important issues should be noted here.

The first issue will concern the actual usefulness of the issued opinion for the applicant, i.e. whether such opinion satisfactorily answers questions and clarifies applicant's doubts, while excluding or reducing the risk of a future investor. Here, it is necessary to have a proper understanding of the applicant's intentions on the part of the President of the National Atomic Energy Agency and, at the same time, an awareness of the President's philosophy on the part of the applicant. This can be achieved through a formal or informal dialogue between both entities held both before the application is submitted (concerning e.g., proper determination of its scope) and at the stage of its examination, including the stage of drafting the opinion.

The second issue is the extent to which the opinions shall be taken into account when issuing decisions in follow-up proceedings, e.g., in the procedure for issuing a licence for construction of a nuclear facility. Despite the non-binding nature of the opinions, based on the constitutional principle of citizen's trust in the state, it should be assumed that the findings and conclusions of the opinions issued by the President of the National Atomic Energy Agency under Articles 36a and 39b of the Atomic Law Act will be binding on that body during the proceedings for issuing a licence for the construction of a nuclear facility, and in the case of the opinion under Article 39b of the Atomic Law Act, also during the proceedings for issuing a licence for its commissioning, operation and decommissioning (depending on the scope of the application). This means that the terms of the

licence (the content of the administrative decision) may not contradict the findings (content) of the opinion, at least to the extent that the factual status indicated in the application and the legal status on the date of issuing the opinion will not change<sup>27</sup>. The practice of applying Articles 36a and 39b of the Atomic Law Act will confirm or contradict the above assumptions. In the case of an unjustified deviation from the wording of the opinion in the content of the administrative decision, the question of the possible liability of the authority will remain open<sup>28</sup>.

The third issue is the time needed to prepare the opinion. The time limit for issuing an opinion, on the one hand, must not be too long in order not to slow down the investment process, and on the other hand, it must be adequate, considering the complexity of the application. Both factors are important for the applicant. The speed of the proceedings is crucial, but it is equally important for the opinion to be as useful as possible, i.e. to fully clarify the issues presented by the investor in the application, which also involves an appropriate amount of time spent on the analysis of the application and the preparation of the decision. Pursuant to the Act, the issuance of an opinion on the planned organisational and technical solutions (Article 39b) shall take place within 6 months, and in particularly complicated cases within 9 months from the date of filing the application. An advance opinion on the planned site (Article 36a) shall be issued by the President of the National Atomic Energy Agency within 6 months from the date of submitting the application. Practise will show whether these applicable deadlines will be satisfactory to both the investor and the President of the National Atomic Energy Agency, or whether they will need to be changed.

Regarding the issues indicated above, the doctrine will also be helpful. Further research is advisable, in particular regarding the legal nature of pre-licensing opinions, including their location among the legal forms of administrative action and the scope of being bound by the findings of said opinion. From the findings made so far in the literature, it should be noted the proposal to make the opinion under Article 36a of the Atomic Law Act more flexible, so that it can be issued not only based on the entire siting report, but also under individual components of that report<sup>29</sup>. The recent amendment to the Atomic Law Act has realised this demand. Currently, an opinion pursuant to Article 36a may concern not only the entire planned site of the nuclear facility, but also specific aspects of that site, thus removing the need to prepare the entire siting report each time.

<sup>26</sup>See T.R. Nowacki, Opinions of the President of the National Atomic Energy Agency referred to in Articles 36a and 39b of the Atomic Law Act as an example of pre-licensing of nuclear facilities (*Opinie Prezesa PAA, o których mowa w art. 36a i 39b ustawy – Prawo atomowe jako przykład prelicencjonowania obiektów jądrowych*), [in:] *Studia Iuridica* 2021, vol. 87, pp. 408–409.

<sup>27</sup>See *ibid.*, pp. 405–406.

<sup>28</sup>See *ibid.*, p. 407.

<sup>29</sup>See *ibid.*, pp. 396–397, 409.

## 4. Recommendations by the President of the National Atomic Energy Agency

### a. General comments

It is the practice of the nuclear regulatory authorities in various countries, in particular, to issue recommendations on nuclear safety and radiation protection. Despite their non-binding character in principle, i.e. the lack of legal effect in the form of obligations on the part of the addressees of the recommendations, they perform an important interpretative function in terms of the implementation of the provisions of binding legislation. Recommendations determine the optimal ways of implementing the individual requirements set out in laws and subordinate acts as well as in the licence conditions. Thus, their role is, inter alia, to facilitate formal dialogue (communication) between the nuclear regulatory authority and the applicant and licence holder. This serves to simplify the licensing process, and the supervision of the activities performed and, by enhancing legal certainty, also to reduce investment and operational risks. Recent years have shown the great practical usefulness of such instruments in all countries where they have been applied (e.g., USA, Canada, UK, Finland).

### b. Current legal status

Pursuant to Article 110(3) of the Atomic Law Act the President of the National Atomic Energy Agency is authorised to issue technical and organisational recommendations in matters of nuclear safety and radiation protection. Although this provision dates back to 2000, only 5 recommendations have been issued so far, starting from 2013. Most of these address the issues of assessing the site of the nuclear facility (seismic, geological and hydro-geological, tectonic aspects), as well as the designation of emergency planning zones and the security of radioactive sources<sup>30</sup>. The relatively small number of issued recommendations can be explained by the current state of development of the use of nuclear power in Poland with a special focus on the power industry. The importance of this instrument should be expected to increase in the near future, which is likely to translate into a higher number of recommendations issued.

The rules for preparing and publishing the recommendations by the President of the National Atomic Energy Agency are transparent and publicly available. They are described in an internal National Atomic Energy Agency document, which has been published on the agency's web-

site<sup>31</sup>. In addition, all interested parties may participate in the development of recommendations by submitting comments on the draft document, which is also made public<sup>32</sup>. The purpose of issuing the recommendations is to 'fully present to the entities performing activities related to exposure to ionising radiation, the position, requirements and expectations for the supervised activities'<sup>33</sup>, which is expected to result in 'strengthening the understanding of the requirements for nuclear safety and radiation protection by the organisational entities. The recommendations are intended to fully communicate to entities performing activities related to exposure to ionising radiation, the position, requirements and expectations of the National Atomic Energy Agency for the activities it oversees'<sup>34</sup>. In other words, the aim is to indicate the optimal way, from the point of view of the National Atomic Energy Agency, to carry out the processes in question or to meet the requirements set out by law. Conducting certain activities, such as siting studies for planned nuclear facilities, in accordance with the recommendations significantly increases the likelihood of their approval/acceptance by the President of the National Atomic Energy Agency, while non-compliance with the recommendations does not automatically mean non-acceptance by the regulatory authority. Therefore, it can be concluded that following the organisational and technical recommendations issued by the President of the National Atomic Energy Agency significantly increases the probability of a positive decision on the matter addressed by entities performing activities related to exposure to ionising radiation<sup>35</sup>.

### c. Perspectives

As in the case of pre-licensing instruments, the usefulness of the recommendations will also be verified by the practice of their issuance and application. It is important that they should appear wherever necessary, and thus, above all, that they should concern the initial elements of the investment process related mainly to the site as well as issues about which there will be doubts on the part of investors e.g., problems concerning the interpretation of existing regulations. The President of the National Atomic Energy Agency declares openness in this respect, stating explicitly that he/she may issue recommendations in any situation where such a need has been identified, including in response to requests from investors and entities performing activities related to exposure to ionising radiation<sup>36</sup>. The participation of stakeholders (investors, constructors

<sup>30</sup>All recommendations are available on the National Atomic Energy Agency website, <https://www.gov.pl/web/paa/zalacenia-organizacyjno-techniczne-prezesa> (accessed on 11.07.2024).

<sup>31</sup>Principles of issuing organisational and technical recommendations by the President of the National Atomic Energy Agency, Warsaw 2017, <https://www.gov.pl/web/paa/zalacenia-organizacyjno-techniczne-prezesa> (accessed on 11.07.2024).

<sup>32</sup>Ibid, p. 7 (no pagination).

<sup>33</sup>Ibid, p. 2.

<sup>34</sup>Ibid, pp. 2, 6.

<sup>35</sup>Ibid, pp. 3, 6.

<sup>36</sup>See *ibid*, p. 3.

and operators of nuclear facilities or radioactive waste repositories, users of radioactive sources, etc.) in the initiation of the preparation of draft recommendations and their issuance (opinion) will also be an important factor. Dialogue with the President of the National Atomic Energy Agency at such an early stage can prevent doubts from arising at a later stage, i.e. during the licensing procedure, which can significantly contribute to the reduction of investment risks and thus the costs of individual projects.

In addition to the practical dimension, the theoretical dimension is also important. In particular, it would be desirable for the doctrine to define the legal character of the recommendations by the President of the National Atomic Energy Agency and to place this instrument among the legal forms of administrative action, which would, for example, make it possible to determine the effects that the issued recommendations have on external entities, but also on the issuing authority itself. Taking into account the content of the individual recommendations and the explanations from the authority issuing them, discussed above, it appears that the recommendations may be classified as an official act of interpretation of regulations, including interpretation of a general and abstract nature similar in character to general tax interpretations referred to in Article 14a of the Tax Ordinance<sup>37</sup>. An additional issue is to determine whether such an act is an act of law application or lawmaking, as there are indications in favour of both possibilities. However, it is also possible to classify interpretative acts as specific acts that do not fall into either category<sup>38</sup>. Irrespective of this classification, it will be important to determine the scope of possible powers on the part of the addressees of the recommendations and the correlated obligations of the President of the National Atomic Energy Agency. In particular, this will concern the scope of binding the President of the National Atomic Energy Agency by the content of the issued recommendations against the background of the constitutional principle of protecting the citizen's trust in the state derived from Article 2 of the Constitution, and the principle of enhancing trust in public authority specified in Article 8 of the Code of Administrative Procedure. Analogically as in the case of pre-licensing instruments, it may be tentatively assumed that in the absence of a change in the factual and legal situation, the President of the National Atomic Energy Agency will be bound by his/her position expressed in recommendations at the stage of considering applications for administrative decisions. The above issues, here only hinted at, undoubtedly require further research.

## 5. Horizontal facilitation

### a. General comments

Given the high complexity of the nuclear power investment process and its capital-intensive nature, the adequacy of procedures and material requirements for the smooth running of investments is an ever-present issue. Given the absolute priority of nuclear safety and radiation protection in national (as well as international) legislation, other aspects of nuclear power activities, such as their cost-effectiveness, are relegated to the background. Meanwhile, from the point of view of the efficiency of investment processes, there is always some room for optimisation in the areas of procedural efficiency, clarity of regulations, reduction of unnecessary regulatory burdens, appropriate division of competencies between authorities and their cooperation. Moreover, many of these measures can be carried out without compromising safety issues, which are invariably fundamental to all forms of nuclear energy use.

Virtually every amendment to the Atomic Law Act in recent years (2023, 2019, 2014, 2011) and the enactment (2011) and amendment (2023) of the Act on the preparation of and carrying out investments in nuclear power facilities and accompanying investments have introduced certain simplifications. Among the most recent horizontal improvements made in the 2023 amendment we can mention e.g., the abandonment of the cascade of certain proceedings in favour of their parallelism. Until now, if the issuance of an administrative decision involved the need to obtain another decision at first, the decisions issued previously had to be attached already at the stage of applying for the next decision. This meant that only the completion of one procedure conditioned the initiation of another. Currently, further proceedings can be initiated while the previous one is still in progress. If, on the other hand, any previous decision is required to complete a new procedure, it shall be delivered to the authority before the decision completing the new procedure, and not at the application stage. For some proceedings, this saves time, even years.

Ideas for improvements will come cyclically and will probably mostly originate from the nascent nuclear industry, to a lesser extent from the administrations themselves. The role of the latter will be to analyse these proposals impartially and carefully, taking into account the priority of safety and security.

### b. Facilitations for so-called SMRs

In recent years, power reactor designs with capacities well below 1,000 MWe have been conceptually developed. More or less mature design concepts range from a few MWe to over 400 MWe. They are commonly called SMRs

<sup>37</sup>Act of 29 August 1997 – Tax Ordinance (Journal of Laws No. 139, item 726, and of 2023, item 2383).

<sup>38</sup>See M. Stahl, Specific legal forms of administrative action (*Szczególne prawne formy działania administracji*) [in:] System of administrative law (*System prawa administracyjnego*), ed. by R. Hauser, Z. Niewiadomski, A. Wróbel, vol. 5; A. Błaś, J. Boć, M. Stahl, K.M. Ziemiński, Legal forms of administrative activities (*Prawne formy działania administracji*), Warsaw 2013, p. 388.



(*small modular reactors*), although they are not always small. Many of them will be similar in size to the large light-water reactors (LWRs) currently used in the power industry. According to the marketing concepts of the companies developing these concepts and trying to attract future customers, the main advantages of such reactors are supposed to be, for example, their modularity, which allows mass production, and the fact that they are less capital-intensive than classical nuclear power plants. So far, not only have none of the SMRs been constructed anywhere, but they have also not fully completed the licensing process.

Stakeholders in the development of these reactors argue that, due to e.g., their lower power and size, they will have better safety characteristics than existing nuclear power plants and, consequently, safety requirements should be lowered for SMRs. Demands in this respect were also made in Poland. This included acceptance of reactor design approval decisions made by authorities in other countries, shorter time limits for processing applications, reduction of administrative fees, elimination of the reactor power criterion for qualifying for a hazard category, and exemption from the obligation to obtain a so-called ‘decision-in-principle’<sup>39</sup>. Interestingly, no demands were made on the most important issues, namely the detailed safety requirements for reactor design, site, safety analyses and the commissioning and operation of nuclear facilities. It is expected that as knowledge and experience will be acquired by those developing the Polish nuclear sector from scratch, some detailed postulates on the above will be formulated.

It should be noted that, pursuant to Article 36b of the Atomic Law Act, in the design and construction process of a nuclear facility, solutions and technologies that have not been verified in practice in nuclear facilities or by means of trials, tests and analyses shall not be used. This means that, in the case of reactors being built for the first time, the solutions envisaged by the design must be verified through trials, tests or analyses. Similarly, any deviation from the existing regulations on nuclear safety and radiation protection must be clearly justified by means of these tests, trials or analyses, or by the practice of using the technology in such a way as to prove unequivocally that any change in the regulations and any relaxation of the requirements will not compromise the level of safety of the new technology.

We are therefore dealing here with an issue of a technical and legal nature.

From past practice of licensing smaller reactors (e.g., in Canada), it appears that the current regulations are adequate, and no significant changes are needed. Analogous conclusions can be drawn from the findings of international organisations and associations such as the IAEA and WENRA (*Western European Nuclear Regulators’ Association*). This does not exclude future changes, whether in terms of individual safety requirements or procedural facilitations to speed up the investment process **without compromising the level of nuclear safety and radiation protection**<sup>40</sup>. The situation in Poland should be assessed similarly. The current regulations, being technology-neutral, are sufficient to start and conduct the investment process. However, future changes cannot be ruled out provided they are duly justified. It would, however, be desirable if possible changes occurred as a result of cooperation of the international community, e.g., at the level of IAEA or WENRA recommendations. This will create synergies from combining the capacities of many states and organisations far beyond those of states acting alone. It will also have a positive impact on the harmonisation of solutions across jurisdictions for the benefit of designers, manufacturers and investors in these technologies.

### c. Facilitations for high-temperature gas-cooled reactors (HTGRs or simply HTRs)

Proposals for changes to adapt the current regulations to the specific needs of new technologies, according to their authors, have also been made with respect to high-temperature reactor technology. This is due to government-supported plans by one of Poland’s leading scientific centres for the design and construction of such a reactor. For this purpose, scientific and technical cooperation with Japan has been ongoing for several years. Calls for adjustments to the regulations have been made both in doctrine<sup>41</sup> and in official and publicly available analytical materials prepared for public institutions<sup>42</sup>. These included questions of definition, reactor design, site, safety analyses, safety report, licensing process and the role of the nuclear regulators. The demands were met with a response in the literature. Following the polemical articles, it should be considered that, analogous to SMRs, the Polish legal

<sup>39</sup>See Synthos Green Energy S.A.’s comments at the end of 2021 to the draft act amending the Atomic Law Act and the Act on special principles for the preparation of and carrying out investments in nuclear power facilities and accompanying investments, <https://legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12349200/katalog/12803358#12803358> (accessed on 11.07.2024).

<sup>40</sup>See M. Dąbrowski, Licensing and safety requirements for small modular reactors (*Licencjonowanie i wymagania bezpieczeństwa dla małych reaktorów modułowych*), [in:] Nuclear Safety and Radiation Protection 2022 (*Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna 2022*), no. 4, pp. 19, 20.

<sup>41</sup>See J. Szczurek et al, Legal Obstacles to the Construction of High Temperature Reactors for Heat Generation on the Example of Polish Regulations, ‘atw (Atomwirtschaft) – International Journal for Nuclear Power’ 2016, no. 7, pp. 455–460.

<sup>42</sup>Ministry of Energy, Possible implementation of high-temperature nuclear reactors in Poland. Report of the Team for Analysis and Preparation of Conditions for Implementation of High-Temperature Nuclear Reactors (*Ministerstwo Energii, Możliwości wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych w Polsce. Raport Zespołu ds. analizy i przygotowania warunków do wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych*), Warsaw 2017.

system is also suitable for the initiation and conduct of the investment process for high-temperature reactors, which does not preclude future changes in specific areas as this technology develops and addresses mature and well-considered needs at later stages<sup>43</sup>.

## 6. Decision-in-principle

### a. General comments

A decision-in-principle is necessary to start the investment process in nuclear power facilities and thus constitutes a form of direct state control over the nuclear power investment process. This reflects the international trend towards ensuring political control over nuclear power investments<sup>44</sup>. Fundamental to this concept is the belief that such investments are of strategic importance to state security. Nuclear power plants (and other nuclear fuel cycle facilities) on the one hand serve to ensure the energy security of the state and on the other hand their operation involves a certain level of risk. In addition, such investments may entail a significant commitment of the state budget, as well as a significant impact on the sphere of international politics. Therefore, the well-established view that it should be up to the highest possible decision-making authorities of the state, capable of taking into account the overall economic and political situation of the state, to issue a decision on allowing nuclear power investment should not come as a surprise<sup>45</sup>.

The decision-in-principle itself does not contain an entitlement to perform any specific act, such as the siting or construction of a nuclear power facility. It constitutes a permit to start the investment process, during which the investor is obliged to obtain all legally required decisions from the administrative authorities. Thus, it is an instrument of rationing, and at the same time an expression of the state's acceptance for the planned project, without prejudging whether it will be in fact implemented.

The decision-in-principle was introduced into the Polish legal order in 2011 by the Investment Act<sup>46</sup>. However, relatively recently, the legal status of the

decision-in-principle has undergone a significant transformation. The most important of the changes was to move the obligation to obtain a decision-in-principle to the beginning of the process of obtaining administrative decisions conditioning the preparation and commencement of construction of a nuclear power facility. The original law provided for such an obligation at an advanced stage of the investment process, potentially exposing the investor to significant costs if a decision-in-principle was not obtained. Another significant change was the introduction of a mechanism for state control over the investor's ownership structure. Currently, assuming a dominant position in an entity that has obtained a decision-in-principle and in a company that is a partner or shareholder in that entity requires the consent of the minister in charge of energy. The possibility of transferring decisions obtained in the investment process to third parties has also been introduced, but this is conditional on the prior transfer of the decision-in-principle. The procedure for transferring the decision-in-principle is analogous to the procedure for issuing it. The minister may either issue or refuse to transfer the decision after first consulting the same authorities that provided an opinion on the application for the decision-in-principle<sup>47</sup>. State control of the entities allowed to carry out investments is therefore preserved. Another important change was the addition of the obligation for the minister in charge of energy to obtain two further opinions: from the minister in charge of the environment regarding the impact of the investment on the state's raw materials policy, and from the minister in charge of state assets regarding the impact of the investment on state assets<sup>48</sup>. Until now, the minister in charge of energy (originally the minister in charge of economy) has only consulted the Head of the Internal Security Agency regarding the impact of the investment on state security.

### b. Current legal status

The decision-in-principle pursuant to Article 3a(1) of the Investment Act safeguards the public interest in terms of the objectives of state policy, including energy policy, raw

<sup>43</sup>See T. R. Nowacki, On legal requirements for the construction of high temperature reactors in Poland, 'atw (Atomwirtschaft) – International Journal for Nuclear Power' 2017, no. 8/9, pp. 520–527; also his, Legal aspects of the development of high temperature nuclear reactors in Poland – a voice in the discussion, [in:] Review of Law and Administration 2021 (*Prawne aspekty rozwoju wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych w Polsce – głos w dyskusji, Przegląd Prawa i Administracji 2021*), no. 2 (vol. 125), pp. 137–161.

<sup>44</sup>See e.g., C. Stoiber, A. Cherf, W. Tonhauser, M.L. Vez Carmona, Handbook on Atomic law: Implementing Legislation, Vienna 2010, p. 60. The authors pay particular attention to the political legitimacy of the choice of location of a nuclear power plant, which is also evident in the proposed statutory provision – *ibid.*, p. 62.

<sup>45</sup>See T.R. Nowacki, Budowa obiektów energetyki jądrowej. Nowe instytucje w procesie inwestycyjnym (Building nuclear power facilities. New institutions in the investment process) [in:] A. Walaszek-Pyziół (ed.), Wybrane węzłowe zagadnienia współczesnego prawa energetycznego (Selected nodal issues of contemporary energy law), Cracow 2012, pp. 209–213. *Ibid.* on the genesis of the decision-in-principle in Poland and examples of other states. See also the most extensive publication to date on the decision-in-principle: Ł. Młynarkiewicz, Decyzja zasadnicza w procesie przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej (Decision-in-principle in the process of preparing and implementing investments in nuclear power facilities), Sopot 2020.

<sup>46</sup>See footnote 10.

<sup>47</sup>This amendment was introduced by the Act of 9 March 2023 amending the Act on the preparation of and carrying out investments in nuclear power facilities and accompanying investments and certain other acts (Journal of Laws, item 595).

<sup>48</sup>This amendment was introduced by the Act of 13 July 2023 amending the Act on sharing information on the environment and its protection, public participation in environmental protection and environmental impact assessments, and certain other acts (Journal of Laws, item 1890). These two amending acts were therefore separated by just over 4 months.

materials policy and the state's interest in raw materials and security. It defines the permitted parameters of the investment in the construction of a nuclear power facility and entitles to apply for a decision on the site of the investment as well as other decisions necessary for the preparation, implementation and operation of the investment in the construction of a nuclear power facility. The minister authorised to issue the decision is the minister in charge of energy after consulting the Head of the Internal Security Agency, the minister in charge of the environment and the minister in charge of state assets (Article 3d(2)). When issuing or refusing to issue a decision, the minister in charge of energy shall be guided by the public interest and, in particular, shall take into account the objectives of the state policy, including the energy policy, the raw materials policy and the raw materials interest of the state, and also the current and projected national demand for electricity or heat and the impact of the investment on the state's internal security (Article 3d(1))<sup>49</sup>. Thus, while in its formal aspect the decision-in-principle is an administrative decision (Article 3d(5)), in its material aspect it is a state policy decision. Having considered that a particular investment does not secure the public interest, especially when it does not fit into the State's policy objectives or adversely affects its internal security, the Minister may refuse to issue the decision, as is clear from the disposition of the provision in Article 3d(1) *'the minister in charge of energy shall either issue a decision-in-principle or refuse to issue a decision-in-principle'*. The decision-in-principle is therefore not a binding decision, and the Minister makes the decision within the framework of administrative discretion, which in this case is very broad, encompassing not only the content of the decision, but also a free assessment of the facts and the very fact of its issuance. The limitation on the Minister's discretion is the obligation to consider the public interest under Articles 3a and 3d of the Investment Act.

### c. Current issues

Although the practice of issuing a decision-in-principle is very short<sup>50</sup>, it has managed to reveal one issue of momentous importance on both a practical and theoretical level.

According to media reports<sup>51</sup>, in the case of one of the applicants, the decisions were issued against the negative opinion of the Head of the Internal Security Agency

regarding the impact of the investment on the state's internal security<sup>52</sup>. A doubt arose as to whether such action was lawful. On the one hand, an opinion, by definition and in the absence of specific provisions that would change its nature, has no binding force on the body deciding the administrative case. It merely constitutes an assessment of the facts by the opinion-forming body, which in turn is subject to the discretionary assessment of the determining authority. On the other hand, however, the limitation of the discretionary nature of the decision-in-principle indicated in Articles 3a and 3d of the Investment Act should be pointed out.

Pursuant to the second sentence of Article 3a(1), the decision-in-principle safeguards the public interest in terms of the state's policy objectives, including energy policy, raw materials policy and the state's raw materials interest, as well as state security. This means that the issuance or refusal of a decision-in-principle must implement the statutory directive of safeguarding the public interest in the indicated policy areas and the internal security of the state. This formulation of the decision-in-principle's purpose at the material level corresponds with the procedural directive addressed explicitly to the minister (Article 3d(1)), according to which, when issuing or refusing to issue a decision, he/she shall take into account the public interest with particular regard to the objectives of the state's policy, including energy policy, raw materials policy and the state's interest in raw materials, including the current and projected national demand for electricity or heat, as well as the impact of the investment on the state's internal security.

In the light of the provisions cited, the non-binding nature of the opinion by the Head of the Internal Security Agency is no longer so clear. The Head of the Internal Security Agency is a specialised body competent for the protection of the state's internal security and its constitutional order. In this respect, he/she possesses competencies, apparatus, experience and knowledge far exceeding in this respect all other authorities, including the minister in charge of energy. It should be assumed that in issuing a negative opinion, the Head of the Internal Security Agency is acting within the scope provided for in the Investment Act, and thus recognises that the planned investment poses a threat to the state's internal security. Issuing a decision-in-principle in a situation where the investment would threaten the state's internal security

<sup>49</sup>Which can be seen as a concretisation of the obligation to consider the public interest and the legitimate interest of citizens under Article 7 of the Code of Administrative Procedure.

<sup>50</sup>The only, so far, decisions have been issued in 2023. According to press reports, they were received by the following companies: Polskie Elektrownie Jądrowe Sp. z o.o., KGHM Polska Miedź S.A., PGE PAK Energia Jądrowa S.A. and the special purpose companies Orlen Synthos Green Energy (6 decisions).

<sup>51</sup>Journal 'Gazeta Prawna' of 12.12.2023.

<sup>52</sup>The fact of issuing the decision despite the absence of a mandate from the Parliament (Sejm) to the Council of Ministers has also been criticised. While there is no prohibition on the Minister to issue administrative decisions in such a situation, and the question is only a matter of custom or constitutional custom. However, it should be noted that in the case of an investment permit for the construction of a nuclear power plant(s), given the importance of this fact for the entire state and society, it would be desirable for the decision to be issued by a member of the Council of Ministers with full constitutional authority, i.e. with a mandate from the Sejm.



would, in the light of Articles 3a and 3d, be an action against the public interest and thus unlawful as not achieving the purpose of the decision-in-principle. There is therefore a collision between the discretionary nature of the decision-in-principle and the non-binding nature, in principle, of the opinion and the purpose of the decision-in-principle as a legal institution, which is to safeguard the public interest, including the state's internal security.

When looking for an answer to the question of the admissibility of issuing the decision-in-principle against the negative opinion of the Head of the Internal Security Agency, on the one hand, it should be noted that a free assessment of evidence means that the authority issuing the decision does not have to share the position of the body giving the opinion and may issue a different decision. At the same time, however, it must be emphasised that a free assessment of the evidence does not imply arbitrariness, and the position of the opinion-forming body cannot be ignored. Adopting a contrary position would make the opinion a sham act, with no impact on the proceedings beyond the formal necessity to obtain it. This would be a complete negation of the essence of the opinion as an act and of the need for the cooperation of authorities provided for in the Code of Administrative Procedure.

When issuing a decision against the opinion expressed by the consulting authority, the minister should justify his/her position. This implies the need to face the arguments contained in the opinion in a substantive manner and to demonstrate that they are not accurate. When issuing a decision-in-principle against the opinion of the Head of the Internal Security Agency, the minister must also demonstrate how (despite not taking it into account) he/she will secure the public interest, including the state's internal security, and thus how he/she will fulfil the obligation under Article 3a(1), second sentence. The minister should demonstrate this in the grounds for the decision, which constitutes an integral part of it and whose function is to explain the decision, which constitutes the dispositive part of it. The reasons for the decision should be included in the justification in such a way that it is possible to know the reasoning preceding the decision and to understand and, as far as possible, accept the legitimacy of the factual and legal premises which guided the authority when settling the case<sup>53</sup>.

In practice, it can be very difficult. This is because the findings of a specialised body, such as the Head of the Internal Security Agency, must be challenged by a minister, that is, a body without analogous experience, knowledge, competence and support apparatus. In extre-

me cases, challenging the findings of the opinion may even be impossible. In the case of a threat to state security, it may be difficult in itself to face the findings of a prospective risk assessment based on probabilistic judgments made, inter alia, as a result of operational work combined with the secrecy of certain information. Due to this specificity, the verification of the content of such an act also in the model of the legality of judicial-administrative control may encounter an objective and impassable limit<sup>54</sup>.

#### d. Perspectives

Despite the short practice of issuing a decision-in-principle, the experience so far has already allowed us to identify several potential issues for further regulation.

Firstly, the nature of the opinion by the Head of the Internal Security Agency should be rethought. Changing this character from non-binding to binding would ensure legal certainty and cut off possible interpretation disputes. On the other hand, it would give the Head of the Internal Security Agency the explicit ability to stop any investment in nuclear power facilities. A decision on possible changes in this area should be taken after careful analysis. However, considering the arguments in favour and against such a solution exceeds the framework of this paper.

The second issue is the question of the openness of the application and the decision. Introducing an obligation to publish (or otherwise make available) them would enable public control of both the investor's intention and the decision. Publicity would support the purpose of the decision-in-principle, i.e. safeguarding the public interest referred to in Articles 3a and 3d of the Investment Act.

The third issue is the introduction of an obligation to justify the decision-in-principle. At present, there is a formal possibility to waive the justification of a decision granting a party's request in full (Article 107 § 4 of the Code of Administrative Procedure). The issuance of a decision-in-principle means, with high probability, taking into account the applicant's request in its entirety, which enables the minister to exercise this power. Moreover, Article 3d(5) of the Investment Act excludes the application of the provision of Article 127(3) of the Code of Administrative Procedure, which results in the absence of an appeal phase of the proceedings, for which the preparation of a statement of reasons is obligatory. Thus, there is a real possibility, in accordance with the law, to completely eliminate the justification from the decision-making process. Although it may be argued *de lege lata* that waiving the justification of the decision-in-principle should not be applied, due to the fact that it would mean that the decision would collide with the aim of the decision-in-principle in the form of safeguarding the

<sup>53</sup>See Judgment of the Supreme Administrative Court of 11.09.2019, II OSK 2322/17, LEX no. 2748771.

<sup>54</sup>See M. Kamiński, Mechanism and limits of judicial-administrative verification and norms of administrative law and their concretisation (*Mechanizm i granice weryfikacji sądowoadministracyjnej a normy prawa administracyjnego i ich konkretyzacja*), Warsaw 2016, pp. 775–776, 762–763.

public interest, the most appropriate solution seems to be a legislative intervention in the form of introducing the obligation to justify the decision-in-principle as unambiguously determining the legal state.

The fourth issue is the participation of the local community in the decision-making process. Despite the obligation to indicate in the application the need to obtain a decision-in-principle from the municipalities on whose territory the investment is planned, the decision is issued without any participation of the municipal community or its representatives, in contrast to, for example, the Finnish example<sup>55</sup>. In Finland, the participation of the local authorities (consent of the municipality where the investment will be located and opinions of neighbouring municipalities) is guaranteed from the very beginning of the process, but it should be remembered that the Finnish decision-in-principle is a comprehensive and de facto prejudging decision on the site of the power plant in the municipality indicated in the application, and the process of obtaining it is extremely extensive (e.g., acceptance of the government and final approval of the parliament are necessary). In Poland, obtaining the decision-in-principle only allows for applying for other administrative decisions, including those concerning site, without prejudging their content. However, taking into account the role and opinion of the local community, even if only to a limited extent, seems desirable.

## 7. Civil liability for nuclear damage

There are two international legal regimes for civil liability for nuclear damage: the Paris-Brussels regime created under the auspices of the OECD and the Vienna regime created under the auspices of the IAEA. The Paris-Brussels regime is based on the Paris Convention of 1960<sup>56</sup> and the complementary Brussels Convention of 1963<sup>57</sup> together with the Additional Protocols to both Conventions<sup>58</sup>. The Vienna system comprises the 1963 Vienna Convention<sup>59</sup> and the 1997 Amending Protocol<sup>60</sup>.

These two systems are linked by the 1988 Joint Protocol<sup>61</sup>. Parties to the 1988 Joint Protocol are treated as parties to both Conventions. Accordingly, if an event in a Paris Convention country causes damage in a Vienna Convention country, victims in the Vienna Convention country may seek compensation under the law of the Paris Convention country and vice versa. Poland is a party to the Vienna Convention, the Protocol amending this Convention and the Joint Protocol. This means that both the minimum sum insured in respect of a single event, the consequences of which are covered by the insurance contract, and the limit of liability for nuclear damage to the operator is the equivalent of 300,000,000 SDRs (approximately 370,000,000 Euros) in Polish currency<sup>62</sup>.

With regard to Poland, 4 potential areas for possible discussion and possible future changes can be identified. The first is the issue of a possible change of the convention regime to the Paris-Brussels regime. The possible benefits would be the strengthening of treaty ties in the area of civil liability for nuclear damage with the majority of EU States. On the other hand, however, an exit from the Vienna regime would mean a loosening of these ties with the countries of the Vienna regime (most of Poland's neighbours), and in the case of those of them that have not ratified the 1988 Joint Protocol (Belarus, Russia), it would mean a complete absence of treaty ties in this area, which would make it significantly more difficult to seek compensation for any damage. Moreover, leaving the Vienna regime would be a kind of unfriendly act towards the international organisation under whose auspices the Vienna Convention and its amendment were adopted and of which Poland is a founding member (IAEA). For the above reasons, a regime change seems unlikely, although it is important to note such a precedent in the case of Slovenia, which in 2001 changed its convention regime from the Vienna to the Paris-Brussels one.

The second issue is the question of Poland's possible accession to the Convention on Supplementary Compen-

<sup>55</sup>In Finland, the participation of the local authorities (consent of the municipality where the investment will be located and opinions of neighbouring municipalities) is guaranteed throughout the process right from its beginning, but it should be remembered that the Finnish decision-in-principle is a comprehensive and de facto prejudging decision on the location of the power plant in the municipality indicated in the application. In Poland, obtaining the decision-in-principle only allows for applying for other administrative decisions, including those concerning location, without prejudging their content. On the decision-in-principle ('Decision-in-Principle') in Finland, see NEA OECD, Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries. Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities. Finland, Paris 2019, pp. 6-8; J. Javanainen, Nuclear installation licensing and democratic decision making in Finland: a case study regarding the Olkiluoto 3 nuclear power plant unit and the final disposal repository for spent nuclear fuel, *International Journal of Atomic law* 2006, no. 1, pp. 19-27; Ł. Młynarkiewicz, *op. cit.* pp. 380-419.

<sup>56</sup>The Convention on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy of 29<sup>th</sup> July 1960.

<sup>57</sup>The Convention Supplementary to the Paris Convention of 29 July 1960 on Third Party Liability in the Field of Nuclear Energy of 31<sup>st</sup> January 1963.

<sup>58</sup>Of 28 January 1964, 16 November 1982, 12 February 2004.

<sup>59</sup>The Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage of 21<sup>st</sup> May 1963 (INFCIRC/500, *Journal of Laws* of 1990 No. 63, item 370).

<sup>60</sup>The Vienna Protocol Amending the Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage of 12<sup>th</sup> September 1997 (INFCIRC/566, *Journal of Laws* of 2013, No. 4, item 9).

<sup>61</sup>Joint Protocol Relating to the Application of the Vienna Convention and the Paris Convention (on Liability for Nuclear Damage), done at Vienna on 21<sup>st</sup> September 1988 (INFCIRC/402, *Journal of Laws* of 1994, No. 129, item 633).

<sup>62</sup>For research reactors, the minimum sum assured shall be not less than the equivalent of 400,000 SDRs and not more than the equivalent of 5,000,000 SDRs.

sation for Nuclear Damage (CSC)<sup>63</sup>. The purpose of this Convention, adopted under the auspices of the IAEA in 1997, is e.g., the creation of a global regime of civil liability for nuclear damage covering all states operating and non-operating nuclear power plants, to guarantee the availability of substantial funds in the event of indemnification of damage, including with public funds<sup>64</sup>. States may accede to this Convention irrespective of whether and under which convention regime they are located, provided that their national legal order is in conformity with the principles of civil liability referred to in the Annex to the Convention. Of the European countries, only Romania and Montenegro have acceded to the Convention, of which only the first one operates a nuclear power plant. The necessity to ratify the CSC, as a condition for the success of investments, is currently being raised in the industry discussion by some actors. Possible decisions in this respect must be preceded by an analysis of the impact of such a step on treaty relations with states of both existing regimes and states parties to the Joint Protocol. In addition, the possible financial involvement of the state requires a separate analysis. Finally, the opinion of all future operators of nuclear power plants in Poland and technology suppliers on the impact of ratification of the Convention on their operational activities will also be important.

The third issue is the question of the liability limit. It cannot be ruled out that sooner or later in the discussion on the shape of the liability provisions there may be voices on the need to increase the limit of liability applicable in Poland. The Vienna Convention only sets a lower limit for this limit, i.e. 300 000 000 SDR per nuclear event. Member States cannot therefore set a lower limit, but may set it at a higher level, or even introduce unlimited liability. Poland has a minimum limit, although it should be noted that this is still a significant amount, especially when considering that most of Poland's neighbours have a significantly lower limit.

The fourth issue concerns the area of international law and international policy. From Poland's point of view, it would be desirable to harmonise the laws on civil liability for nuclear damage in all neighbouring countries and those that are close enough so a nuclear accident within their borders could cause nuclear damage on the territory of Poland. This harmonisation can be achieved in a relatively simple way. The vast majority of the states in question are parties to the Vienna regime agreements, but to varying degrees. Not all of them are parties to the

Amending Protocol (Bulgaria, Czech Republic, Lithuania, Romania, Slovakia, Ukraine, Hungary, Russia) and the Joint Protocol (Belarus, Russia). It would therefore be optimal for these countries to accede to the Amending Protocol and the Joint Protocol. Getting these states to do so, however, remains in the sphere of international politics and diplomacy<sup>65</sup>. Harmonisation would also be desirable on the part of the states belonging to the Paris-Brussels regime, i.e. the vast majority of states from the northern and western parts of the EU. However, the degree of adherence to the various conventions of the Paris-Brussels regime varies among them, and some of them remain outside the international legal systems. It should be noted here that Article 98 of the Euratom Treaty cannot be the basis for possible action in this area, as it is limited only to the facilitation of insurance contracts.

## 8. Radioactive waste

Polish regulations on radioactive waste and spent fuel management should, in principle, be considered adequate both for the current state of nuclear technology use and for the future implementation of nuclear power. They consider the relevant instruments of international law and secondary legislation of the Euratom Community. However, there are areas where the existing regulations can be clarified and supplemented.

The first such area is the question of organising a system of collecting funds for the management of radioactive waste from a nuclear power plant and for the decommissioning of such a power plant. Pursuant to Article 38d of the Atomic Law Act, in respect of a nuclear power plant, there is an obligation for the power plant operator to establish a decommissioning fund, with a separate bank account assigned to it, into which payments shall be made once a quarter in an amount corresponding to the amount of MWh of electricity produced in the preceding quarter. The money accumulated in this fund may only be used for the purposes of radioactive waste management (including spent fuel for disposal) and decommissioning of the nuclear power plant. Any disbursement of these funds by their owner requires the approval of the minister in charge of energy. In the event of a delay in the accumulation of funds of 12 months and more, the operation of the power plant shall be suspended. While it is clear that the fund finances the treatment of waste and the decommissioning of the power plant, it is not explicitly stated whether the funds can also be used for the construction of a radioactive

<sup>63</sup>The Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage, INFCIRC/567.

<sup>64</sup>See, inter alia, B. McRae, *The Compensation Convention: Path to a Global Regime for Dealing with Legal Liability and Compensation for Nuclear Damage*, *Atomic law Bulletin* 1998, no. 1(61), pp. 25–38.

<sup>65</sup>Another issue for the harmonisation of civil liability rules, albeit of a purely theoretical nature in the current circumstances, is the possible accession of the States from our region that are parties to the Vienna Convention to the Optional Protocol Concerning the Compulsory Settlement of Disputes to the Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage adopted on 21 May 1963 (INFCIRC/500). Only two states (the Philippines and Uruguay) are parties to this Protocol, which entered into force in 1999, and none of the states in our region, including Poland and the Western states, have ever expressed a willingness to be bound by it, as reflected, for example, by their lack of signatures to the Protocol. For the above reasons, this issue is not discussed in this article, but only signalled in a footnote.



waste repository. In this context, it is important to clarify in the future whether the State shall build the repository from its own funds and then collect the costs incurred in fees for its use, or whether it will be allowed to finance the construction of the repository directly from the decommissioning funds of the nuclear power plant operators. It also remains to decide whether the state's supervision of the accumulated funds should not be greater and take the form, for example, of a single fund managed directly by the state as the holder of all the funds, rather than separate funds for individual operators, as is currently the case.

The second issue is the question of financial security for the management of disused radioactive sources. At present, the obligation to have such security exists only in relation to highly active sources (Article 5(5a) and (5b) of the Atomic Law Act). Meanwhile, to fully implement the 'polluter pays' principle, this regulation should be extended to all other sources, i.e. also low- and intermediate-level sources.

## Conclusions

The Polish legal system, as a rule, regulates nuclear energy in a manner adequate not only to the current level of its use, but also taking into account the intensive work aimed

at constructing nuclear power plants of various types and integrating them into the Polish energy system. It takes into consideration not only all relevant international and European legal instruments in this area, but also good practices from other countries, as well as its own experience with national legislation to date. This does not mean, however, that certain changes are not necessary. The legal system, especially with respect to the technologies used, should not be static and must be changed in line with technological progress, social and political changes, as well as the continuous learning process of legal participants and relevant state authorities. Potential changes in Polish nuclear power law will focus on increasing the efficiency of the nuclear power investment process while maintaining and strengthening the priority of safety as the foundation of nuclear regulation. These things are, in principle, opposites, but in the author's opinion it is realistic to harmonise these goals. Of course, where there will be a conflict between these two, safety should always take precedence.

## Note about the author

**Tomasz R. Nowacki** – PhD in legal sciences, attorney-at-law. Assistant Professor at the Institute of Law and Administration of the Pomeranian University in Słupsk. Head of the Department of Nuclear Energy and Environmental Law at the same institute.

## Bibliography

- Dąbrowski M.** (2022). *Licencjonowanie i wymagania bezpieczeństwa dla małych reaktorów modułowych*. *Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna*, (4), 15–21.
- Iaccarino F.** (2009). Resurgence of nuclear energy in Italy. *Nuclear Law Bulletin*, (2), 65–80. doi:10.1787/nuclear\_law-v2009-art15-en
- Iaccarino F.** (2010). Nuclear renaissance in Italy — Maintaining momentum. *Nuclear Law Bulletin*, (1), 65–78. doi:10.1787/nuclear\_law-2010-5kmbv3fsd9zr
- IAEA** (2016). *Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety*, General Safety Requirement No. GSR Part 1 (Rev.1).
- IAEA** (2020). *Establishing the Safety Infrastructure for a Nuclear Power Programme*, Specific Safety Guide No. SSG-16 (Rev. 1).
- Javanainen J.**, Nuclear installation licensing and democratic decision making in Finland: a case study regarding the Olkiluoto 3 nuclear power plant unit and the final disposal repository for spent nuclear fuel, *International Journal of Nuclear Law* 2006, nr 1.
- Kamiński M.** (2016). Mechanizm i granice weryfikacji sądowo-administracyjnej a normy prawa administracyjnego i ich konkretyzacja. C.H. Beck.
- McRae B.** (1998). The Compensation Convention: Path to a Global Regime for Dealing with Legal Liability and Compensation for Nuclear Damage. *Nuclear Law Bulletin*, (1), 25–38. <https://www.oecd-nea.org/law/nlb/nlb-79/017-035%20-%20Article%20Ben%20McRae.pdf>
- Ministerstwo Energii** (2017). *Możliwości wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych w Polsce*. Raport Zespołu ds. ana – lizy i przygotowania warunków do wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych.
- Młynarkiewicz Ł.** (2020). *Decyzja zasadnicza w procesie przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej*. Arche.
- NEA OECD**, *Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries. Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities*. Finland, Paris 2019.
- Nowacki T.R.** (2012). Budowa obiektów energetyki jądrowej. Nowe instytucje w procesie inwestycyjnym. W A. Walaszek-Pyziół (red.), *Wybrane węzłowe zagadnienia współczesnego prawa energetycznego* (s. 195–217). AT Wydawnictwo.
- Nowacki T.R.** (2014). Nuclear Power Programme for Poland – Establishing the Legal Framework. W C. Raetzke (Ed.), *Nuclear Law in the EU and Beyond – Atomrecht in Deutschland, der EU und weltweit*. Proceedings of the AIDN/INLA Regional Conference 2013 in Leipzig (s. 121–166). Nomos. doi:10.5771/9783845252360-119
- Nowacki T.R.** (2017). On legal requirements for the construction of high temperature reactors in Poland. *atw (Atomwirtschaft) – International Journal for Nuclear Power*, (8/9), s. 520–527. <https://www.yumpu.com/de/document/read/59406089/atw-2017-09>
- Nowacki T.R.** (2018). Ewolucja prawnego statusu organów nadzorujących bezpieczeństwo wykorzystywania energii jądrowej w Polsce. *Zeszyty Prawnicze UKSW*, (3), s. 115–149. doi:10.21697/zp.2018.18.3.05
- Nowacki T.R.** (2020). Nuclear Power on the Vistula River. Law and Policy in Shaping Energy Future of Poland. *Prawo i Więź*, (3), s. 182–209. doi:10.36128/priw.vi32.97
- Nowacki T.R.** (2021a). Opinie Prezesa PAA, o których mowa w art. 36a i 39b ustawy – Prawo atomowe jako przykład prelicencjonowania obiektów jądrowych. *Studia Iuridica*, (t. 87), s. 388–411. doi:10.31338/2544-3135.si.2020-87.19
- Nowacki T.R.** (2021b). Prawne aspekty rozwoju wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych w Polsce – głos w dyskusji. *Przegląd Prawa i Administracji*, (2), s. 137–161. doi:10.19195/0137-1134.125.9

- Nowacki T.R.** (2024). Przepisy dotyczące ochrony radiologicznej w II Rzeczypospolitej (w:) P. Dąbrowski (red.) Księga pamiątkowa profesora Dariusza Szpopera (w druku).
- Prezes PAA** (2017). Zasady wydawania zaleceń organizacyjnych i technicznych Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki.
- Raetzke C., Miklinghoff M.** (2012). Regulatory challenges in the licensing of new nuclear power plant – From CORDEL to ERDA. *atw (Atomwirtschaft) – International Journal for Nuclear Power*, (12), 720–724.
- Stahl M.** (2013). Szczególne prawne formy działania administracji. W R. Hauser, Z. Niewiadomski, A. Wróbel (red.), *System prawa administracyjnego*, t. 5: A. Błaś, J. Boć, M. Stahl, K.M. Ziemiński (red.), *Prawne formy działania administracji*.
- Stoiber C.** i in. (2010). Handbook on Nuclear Law: Implementing Legislation. IAEA.
- Szczurek J.** i in. (2016). Legal Obstacles to the Construction of High Temperature Reactors for Heat Generation on the Example of Polish Regulations, *atw (Atomwirtschaft) – International Journal for Nuclear Power*, (7), 455–460.

## Case-law

Judgment of the Supreme Administrative Court of 11.09.2019, II OSK 2322/17, LEX no. 2748771.

# Reaktory badawcze w Argentynie i zagranicą zbudowane przez firmy argentyńskie

## *Research reactors in Argentina and abroad built by Argentine companies*

Piotr Leśny

Państwowa Agencja Atomistyki

**Streszczenie:** Argentyna jest mało znana w Polsce ze swojego zaawansowania nuklearnego. Wynika to trochę z bariery językowej. Znajomość języka hiszpańskiego nie jest równie powszechna w naszym kraju, jak angielskiego. Siłą rzeczy dostęp do informacji o argentyńskich technologiach i projektach jest więc utrudniony. W artykule starano się w zwięzły sposób przedstawić argentyński program jądrowy. Szczególną uwagę zwrócono w opracowaniu na argentyńską specjalność: projektowanie i budowę reaktorów badawczych. Opisano ich konstrukcje i zastosowania, określono dodatni wpływ, jaki miały na rozwój argentyńskiego programu jądrowego. Argentyna nie tylko wykształciła kadry i ekspertów w wielu dziedzinach energetyki i fizyki jądrowej, medycyny, biologii i wielu innych nauk, ale uczyniła z reaktorów badawczych swój produkt eksportowy. W artykule na przykładzie Argentyny pokazano kluczowe znaczenie, jakie dla rozwoju krajowych programów jądrowych ma posiadanie i rozwój własnych reaktorów badawczych.

**Słowa kluczowe:** Reaktory badawcze, program jądrowy, Argentyna, nowe technologie jądrowe, nauka, szkolenie.

**Abstract:** *Argentina is little known in Poland for its nuclear advancement. This is partly due to the language barrier. Knowledge of Spanish is not as common in our country as English. Access to information about Argentine technologies and projects is therefore difficult. The article tries to present the Argentine nuclear program in the most accessible way possible. Particular attention is paid in the study to the Argentine specialty: designing and building research reactors. The article describes Argentine designs and their applications, as well as emphasizes the positive impact that they had on the development of Argentine nuclear program. Argentina has not only educated staff and experts in many fields of nuclear energy and physics, medicine, biology and many other sciences, but has also successfully turned research reactors into its export product. Using Argentina as an example, the article shows the key importance of having and developing own research reactors for the development of national nuclear programs.*

**Keywords:** *Research reactors, nuclear program, Argentina, new nuclear technologies, science, training.*

## Wstęp

Jednym z najbardziej niedocenianych, ale i najbardziej istotnych zagadnień z punktu widzenia rozwijania programów jądrowych jest posiadanie własnego reaktora badawczego, a najlepiej całej floty reaktorów badawczych. Twórcy i pomysłodawcy pierwszego polskiego programu jądrowego z lat 50. ubiegłego wieku nie wyobrażali sobie innej drogi do energetyki jądrowej, jak budowa własnych reaktorów badawczych. W pierwszej kolejności miały one służyć do wyszkolenia kadr dla energetyki jądrowej, a także wypracowania własnych technologii jądrowych (planowano nawet budowę statków z napędem jądrowym). Uważano, że zasoby węgla nie są nieskończone i należy zachować ten surowiec choćby dla przemysłu chemiczne-

go. Trzeba przyznać, że ta grupa często jeszcze przedwojennych uczonych swój plan zrealizowała i to przy ograniczonych środkach siermiężnej epoki gomułkowskiej). W latach 50. powstały instytuty naukowe odpowiedzialne za opracowanie założeń i projekt pierwszego polskiego reaktora badawczego EWA, w tym założony w czerwcu 1955 r. Instytut Badań Jądrowych (aktualnie to Narodowe Centrum Badań Jądrowych i Instytut Chemii i Techniki Jądrowej). W instytucie tym, obok uruchomionego w 1958 r. reaktora EWA (którego początkową moc 2 MW zwiększono do 10 MW), zbudowano w latach 1963–1973 kolejne reaktory małej mocy i zestawy krytyczne, a w 1974 r. duży reaktor MARIA o mocy 30 MW oraz wyszkolono kadrę uczonych, którzy zyskali niezłą renomę w kraju i zagranicą. Dzięki temu obecnie Polska dysponuje



własnym reaktorem badawczym MARIĄ, jednym z największych w świecie.

Niestety od tamtego czasu temat rozwoju reaktorów badawczych został nieco zaniedbany nie tylko w Polsce, ale i na świecie (choć trochę się to ostatnio zmienia także u nas, *vide*: realizowane programy modernizacji MARII). Wystarczy przypomnieć historię reaktora Jules Horowitz, już od lat budowanego we Francji przez konsorcjum kilkunastu krajów, którego zakończenie budowy stale się przeciąga. Należy pamiętać, że bez własnych reaktorów badawczych rozwój energetyki jądrowej jest, delikatnie mówiąc, utrudniony. Własne reaktory badawcze to klucz do budowy własnego przemysłu jądrowego poprzez kształcenie kadr, rozwój technologii i prace badawcze nad tworzeniem własnych rozwiązań technicznych.

Istnieje jednak kraj, który nie tylko posiada własną flotę reaktorów badawczych, ale buduje najnowsze konstrukcje w innych krajach. Nie jest to, wbrew pozorom, któraś z potęg nuklearnych, bo mowa o Argentynie, kraju kojarzącym się Polakom z piłką nożną i tangiem, a nie z najnowszymi technologiami. Ta przepiękna południowo-amerykańska kraina od lat 50. jest państwem należącym do ścisłej światowej czołówki w dziedzinie budowy i eksploatacji reaktorów badawczych, zdolnym nie tylko projektować najnowsze reaktory badawcze, ale także budować takie obiekty w innych krajach. Argentyńska firma projektowo-inżynierska o światowym zasięgu INVAP, oferująca usługi m.in. w zakresie projektowania i budowy reaktorów badawczych, zbudowała reaktory badawcze dla klientów międzynarodowych: w Egipcie (ETRR-2), Algierii (NUR), Peru (RP-0 i RP-10) i Australii (OPAL). W maju 2013 r. INVAP otrzymał kontrakty na budowę reaktora badawczego RA-10 w Argentynie i brazylijskiego reaktora wielofunkcyjnego (RMB), przy czym dla obu tych reaktorów australijski reaktor OPAL był projektem referencyjnym. Oba reaktory będą wykorzystywane do produkcji medycznych radioizotopów, a także do testów napromieniowania zaawansowanego paliwa jądrowego i materiałów oraz badań nad wiązką neutronów. Łącznie zapewnią one zdolność do zaspokojenia ok. 40% światowego zapotrzebowania na radioizotopy. Projekt reaktora badawczego jest częścią rozwijającej się dwustronnej współpracy w zakresie energii jądrowej między Argentyną a Brazylią. W lutym 2016 r. INVAP i Areva TA zgodziły się złożyć wspólny wniosek o opracowanie reaktora badawczego i reaktora mocy w Republice Południowej Afryki. Areva TA to jednostka badawcza Arevy (zachowana przez Areva SA po 2017 r.).

## Wykorzystanie reaktorów badawczych w Argentynie

Aktualnie na terenie Argentyny działa pięć reaktorów badawczych, szósty RA-10 jest w budowie. Reaktory znajdują się w trzech centrach badawczych: Centro Atómico

Bariloche (CAB), Bariloche, Río Negro, Centro Atómico Constituyentes (CAC), San Martín, Buenos Aires, Centro Atómico Ezeiza (CAE), Ezeiza, Buenos Aires – odpowiedniki polskiego NCBJ. Nadzór i kontrolę nad bezpieczeństwem jądrowym argentyńskich reaktorów badawczych sprawuje argentyński dozór jądrowy ARN (arg. *Autoridad Regulatoria Nuclear*), a ściśle departament reaktorów badawczych w ARN. Autor opracowania miał okazję uczestniczyć w kontroli reaktora badawczego RA-1 (fot. 1) wraz z argentyńskimi kolegami i docenić profesjonalizm zarówno kontrolujących, jak i kontrolowanych (RA to w tym wypadku nie egipski bóg słońca, tylko skrót od „reaktor argentyński”).

Za rozwój energetyki jądrowej odpowiada Krajowa Komisja Energii Atomowej (Comisión Nacional de Energía Atómica – CNEA), która zgodnie z jej własną definicją jest właściwym organem publicznym ds. rozwoju energetyki jądrowej w Argentynie i znaczącym podmiotem w argentyńskim systemie nauki i technologii. Została utworzona 31 maja 1950 r. na mocy dekretu Krajowego Organu Wykonawczego nr 10936/50, a jej misją jest doradzanie władzom krajowym w zakresie definiowania polityki nuklearnej oraz przeprowadzania badań i rozwoju technologicznego, które przyczyniają się do poprawy jakości życia całości społeczeństwa, w ramach pokojowego wykorzystania energii jądrowej. CNEA realizuje wytyczne ustalone przez rząd argentyński dla sektora nuklearnego, poprzez szereg działań związanych z:

- wytwarzaniem energii jądrowej na dużą skalę;
- poszukiwaniem uranu i produkcją paliw jądrowych;
- badaniami podstawowymi i stosowanymi w sektorach strategicznych;
- transferem technologii do przemysłu i systemu naukowo-technologicznego;
- zastosowaniem technologii nuklearnej w medycynie;
- szkoleniem wysokospecjalizowanych kadr.

CNEA realizuje również różne kierunki działań promujących technologię nuklearną jako opcję energetyczną przyczyniającą się do łagodzenia zmian klimatycznych.



Fot. 1. Reaktor RA-1 (źródło: Argentina.gob.ar/cnea).

Photo 1. RA-1 reactor (source: Argentina.gob.ar/cnea).

Posługiwanie się Wikipedią jest traktowane jako mało naukowe i niezbyt profesjonalne. Jednakże dane zawarte w publikatorach internetowych są podstawowym źródłem informacji dla nowych generacji – trawestując znane powiedzenie: kogo nie ma w sieci, tego nie ma. Przytoczmy zatem najpierw najbardziej rozpowszechnione informacje: „RA-1 Enrico Fermi reaktor był to pierwszy reaktor jądrowy zbudowany w Argentynie i pierwszy reaktor badawczy zbudowany na półkuli południowej. Jak podaje Wikipedia, budowa rozpoczęła się w kwietniu 1957 r., a pierwsza krytyczność miała miejsce w styczniu 1958 r. Wyprodukowano w nim pierwsze w Argentynie medyczne i przemysłowe radioizotopy i wykorzystano go do szkolenia personelu dla pierwszych dwóch argentyńskich elektrowni jądrowych. Jest to reaktor typu basenowego z paliwem w postaci wzbogaconego tlenku uranu (20% U-235), z lekkowodnym chłodziwem i moderatorem oraz reflektorem grafitowym. Jego pełna autoryzowana moc cieplna wynosi 40 kilowatów. Był kilkakrotnie modernizowany i obecnie jest wykorzystywany do celów badawczych oraz dydaktycznych.”

Ścisłej informacji udziela CNEA: 17 stycznia 1958 r. (część źródeł podaje po prostu styczeń 1958 lub 1958 r.) w rdzeniu reaktora RA-1, w Centrum Atomowym Constituyentes, doszło do pierwszej kontrolowanej łańcuchowej reakcji jądrowej rozszczepienia w Argentynie. Osiągnięcie to zostało zrealizowane przez naukowców z Państwowej Komisji Energii Atomowej CNEA i stanowiło prawdziwy kamień milowy, nie tylko dlatego, że był to pierwszy reaktor oddany do użytku w całej Ameryce Łacińskiej i na półkuli południowej, ale także dlatego, że jego budowę ukończono w rekordowym czasie: w ciągu zaledwie 9 miesięcy. Swoją drogą ciekawe, dlaczego ponad sześćdziesiąt lat temu w Polsce czy w Argentynie można było wybudować szybko i bezpiecznie nowatorskie na tamte czasy konstrukcje jądrowe, a teraz... tempo zmalało.

Reaktor i jego elementy paliwowe – za których produkcję odpowiadał Dział Metalurgii CNEA kierowany przez Jorge Sabato – zostały, jak podaje CNEA, w całości opracowane przez argentyńskich specjalistów. Importowano jedynie wzbogacony uran – dostarczony przez Stany Zjednoczone – i kilka komponentów elektronicznych. Osiągnięcie to pozwoliło Argentynie na realizację innych, znacznie poważniejszych przedsięwzięć, takich jak produkcja i eksport reaktorów badawczych, produkcja radioizotopów do celów medycznych i przemysłowych oraz rozwój produkcji elementów paliwowych (cykl paliwowy w Argentynie to temat na inną pasjonującą historię, której uczestnikami są ekscentryczni argentyńscy politycy czy niezbyt etyczni niemieccy naukowcy). Był to również pierwszy krok do budowy argentyńskiej energetyki jądrowej. Zakłady RA-1 były także pionierami w produkcji radioizotopów do zastosowań leczniczych i przemysłowych. Ponadto przeprowadzono tam niezliczoną liczbę eksperymentów

i badań, które przyczyniły się do rozwoju nauki. Nawet dziś, po ponad sześćdziesięciu latach, reaktor jest nadal używany między innymi do testowania aktywacji materiałów, uszkodzeń radiacyjnych i badań nad nowymi terapiami w medycynie nuklearnej. Jego rola w nauczaniu i szkoleniu zasobów ludzkich jest równie fundamentalna, ponieważ szkoliły się tam pokolenia argentyńskich i zagranicznych operatorów reaktorów jądrowych, co jest aktualnie kontynuowane. Prowadzone są szkolenia dla przyszłych specjalistów, którzy będą pracować przy wielofunkcyjnym reaktorze RA-10. CNEA buduje go w Centrum Atomowym Ezeiza, a jego uruchomienie planuje się na rok 2026 (zgodnie z tegorocznymi informacjami Nuclear Engineering International prace budowlane rozpoczęto w 2016 r., wiosną 2024 r. wykonano już ok. 80% prac budowlanych). World Nuclear News podawał w 2023 r., że uruchomienie ma nastąpić w 2025 r., więc – jak widać – to już nie to samo tempo pracy, co w latach pięćdziesiątych.

RA-1 jest więc reaktorem typu otwartego, zbudowanym w całości w Argentynie, opartym na projekcie reaktora północnoamerykańskiego o mocy cieplnej 40 kW, z rdzeniem uranowym wzbogaconym do 20%, reflektorem grafitowym, a jego moderatorem i chłodziwem jest zdemineralizowana lekka woda. Rok po uruchomieniu reaktor przeszedł gruntowny remont, dzięki czemu technicy CNEA zwiększyli jego moc maksymalną dziesięciokrotnie. W marcu 1991 r. zmodernizowano wszystkie jego elementy, z wyjątkiem elementów paliwowych, które są z kolei efektem modyfikacji przeprowadzonej jeszcze w 1967 r. W reaktorze stale pracują i uczą się studenci. Dysponuje on najnowszymi systemami bezpieczeństwa. Na przykład w przypadku pojawienia się sygnałów alarmowych automatycznie otwierają się wszystkie drzwi i pracownicy reaktora, badacze i studenci mogą natychmiast przeprowadzić ewakuację. Stan techniczny reaktora jest bez zarzutu, o czym autor opracowania mógł się przekonać w 2022 r., gdy towarzyszył kontroli przeprowadzanej przez ARN. Wizualnie brak jakichkolwiek śladów degradacji czy starzenia się materiałów konstrukcyjnych u tego *nomen omen* seniora i pioniera technologii jądrowych.



Fot. 2. Reaktor RA-3 (źródło: Argentina.gob.ar/cnea).

Photo. 2. RA-3 reactor (source: Argentina.gob.ar/cnea).



## Reaktor RA-3

RA-3 oficjalnie rozpoczął działalność 20 grudnia 1967 r. w Centrum Atomowym Ezeiza i jest głównym producentem radioizotopów w Argentynie. Jest to reaktor (fot. 2) z otwartym zbiornikiem – w całości zaprojektowany i zbudowany przez CNEA przy silnym wkładzie przemysłu argentyńskiego. Aktualnie pracuje przy nim kilka zespołów badawczych zajmujących się biologią, medycyną nuklearną, badaniami radiobiologicznymi, radioizotopami, wiwarium, genetyką i promieniowaniem rentgenowskim. Przy reaktorze znajdują się liczne laboratoria.

### Produkcja molibdenu dla medycyny

Aby zaspokoić zapotrzebowanie na radioizotopy do zastosowań medycznych i przemysłowych, reaktor pracuje nieprzerwanie przez cztery dni w tygodniu. Molibden-99 jest radioizotopem wytwarzanym w największej ilości w RA-3. Pierwiastek ten rozpada się na technet-99m, który jest wykorzystywany w 80% badań medycyny nuklearnej na całym świecie. Służy do diagnostyki różnych narządów, takich jak serce, mózg, płuca, wątroba, śledziona, nerki, pęcherzyk żółciowy i szpik kostny.

Aktualnie przy obecnej produkcji molibdenu-99 Argentyna zaspokaja swoje potrzeby, a pozostała część jest eksportowana do innych krajów, np. Brazylii. W RA-3 produkowane są inne radioizotopy, które można wykorzystywać w zastosowaniach w medycynie, przemyśle i rolnictwie. RA-3 nie jest jednak tylko reaktorem produkcyjnym.

### Inne zastosowania

Przez 50 lat działalności w RA-3 prowadzono badanie paliw jądrowych, badania materiałowe, napromienianie próbek do analizy metodą aktywacji neutronowej oraz testowanie techniki BNCT (terapia borowo-neutronowa, ang. *boron neutron capture therapy*). Do badań termochromologii skał wykorzystywanych w przemyśle naftowym włączono ostatnio tzw. napromieniacze.

W reaktorze tym prowadzone jest szkolenie wykwalifikowanego personelu do obsługi innych obiektów jądrowych oraz kształcenie studentów studiujących w instytucjach CNEA.

### Modernizacje

Pierwsza modernizacja RA-3 polegała na zwiększeniu początkowej mocy 0,5 MW do 5 MW. W 2003 r. podwojono moc (10 MW), co umożliwiło podwojenie produkcji radioizotopów, aż do pokrycia całego argentyńskiego zapotrzebowania na molibden-99 i pozwoliło na jego eksport.



Fot. 3. Reaktor RA-6 (źródło: Argentina.gob.ar/cnea).

Photo. 3. RA-6 reactor (source: Argentina.gob.ar/cnea).

## Reaktor RA-6

Wykorzystując wcześniejsze i trzeba przyznać bardzo rozległe doświadczenie w opracowywaniu reaktorów badawczych, w 1982 r. Argentyńska Państwowa Komisja Energii Atomowej zainaugurowała reaktor RA-6 (fot. 3) w Centrum Atomowym Bariloche (CAB), który w całości został zaprojektowany i zbudowany w Argentynie. Kiedyś w rozmowie autora opracowania z austriackim specjalistą od reaktorów badawczych padło stwierdzenie, że projekty argentyńskie często trudno do czegokolwiek zaklasyfikować (typ czy rodzaj reaktora), są po prostu argentyńskie.

Pierwotnie reaktor miał być narzędziem dydaktycznym i szkoleniowym, wspierającym kształcenie studentów programu inżynierii jądrowej w Instytucie Balseiro. Tak pozostało, chociaż z biegiem czasu dodane zostały zastosowania naukowe. Od momentu budowy i uruchomienia RA-6 przyczynił się do szkolenia setek profesjonalistów z różnych dziedzin.

Obecnie RA-6 jest używany do badań i rozwoju w fizyce reaktorów i inżynierii jądrowej. Podobnie służy między innymi do wykonywania analizy aktywacji neutronów, radiografii neutronowej, testów oprzyrządowania oraz kontroli i napromieniania materiałów. Badana jest także terapia wychwytem neutronów boru (BNCT), eksperymentalna terapia przeciwnowotworowa, która może być skuteczna w leczeniu agresywnych nowotworów głowy i szyi oraz czerniaka z przerzutami.

### Działalność akademicka

Reaktor ten oprócz tego, że jest narzędziem szkoleniowym dla studentów Instytutu Balseiro, wspiera także szkolenie studentów z Ameryki Łacińskiej, którzy nie posiadają tego typu obiektów w swoich krajach. Choć jeszcze kilka lat temu kursy odbywały się w trybie stacjonarnym, w 2016 r. RA-6 przyłączył się do inicjatywy Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) pod nazwą *Internet Reactor Laboratory*. Składa się ona z systemu dydaktyczno-szkoleniowego oraz internetowej platformy gromadzenia danych



umożliwiającej studentom z krajów, których uczelnie nie posiadają tego typu reaktorów, zdalny dostęp do zestawu zdigitalizowanych parametrów pracy tego obiektu.

W ten sposób studenci uniwersytetów Ameryki Łacińskiej mogą uczestniczyć w zajęciach z fizyki reaktorów oraz w wirtualnych doświadczeniach i eksperymentach. Obecnie RA-6 jest jedynym reaktorem eksperymentalnym w regionie oferującym to narzędzie internetowe.

### Podstawowe zmiany

Rdzeń RA-6 wykorzystuje obecnie niskowzbogacony uran, a proces obniżania wzbogacenia przeprowadzono w ramach międzynarodowej inicjatywy mającej na celu redukcję wzbogaconego uranu w reaktorach badawczych. Ponadto w projekcie zaproponowano zwiększenie mocy reaktora do 3 MW. W tym celu dokonano modyfikacji strukturalnych i włączono nowe instrumenty. Zmodernizowany RA-6 pracuje od 2009 r.

### Reaktor RA-0

RA-0 Działa na Uniwersytecie Narodowym w Kordobie, na Wydziale Nauk Ścisłych, Fizycznych i Przyrodniczych, gdzie służy kształceniu studentów inżynierii, a także uczniów szkół średnich.

RA-0 jest reaktorem badawczym „zero mocy”, co oznacza, że normalnie pracuje przy bardzo małych mocach (rzędu 1 wata), dlatego nie potrzebuje układu chłodzenia, gdyż ciepło wytwarzane w rdzeniu jest bardzo małe. Ten mały reaktor jest jednak istotnym narzędziem do badań i rozwoju oraz szkoleń operatorów elektrowni i innych obiektów jądrowych.

### Oferta akademicka

RA-0 oferuje kursy, warsztaty i szkolenia z zakresu fizyki reaktorów oraz bezpieczeństwa radiologicznego i jądrowego dla różnych obiektów. Na poziomie magisterskim oferowane są kursy, które dają punkty, powstają prace magisterskie i doktoranckie. W RA-0 okresowo prowadzone są działania upowszechniające technologię nuklearną oraz organizowane są wizyty dla uczniów i nauczycieli na poziomie średnim i wyższym. Obiekt oferuje także program dydaktyczno-szkoleniowy dla operatorów elektrowni jądrowych Atucha i przede wszystkim Embalse, ze względu na bliskość geograficzną.

Badacze pracujący w RA-0 opracowali oprzyrządowanie, przede wszystkim do nauki studentów i uczniów szkół średnich, a także system gromadzenia danych, który później wdrożono w dwóch reaktorach badawczych w Argentynie i jednym w Chile. Reaktor ten jest również wyposażony w cyfrowy reaktometr rozruchowy, który został opracowany przez personel reaktora we współpracy

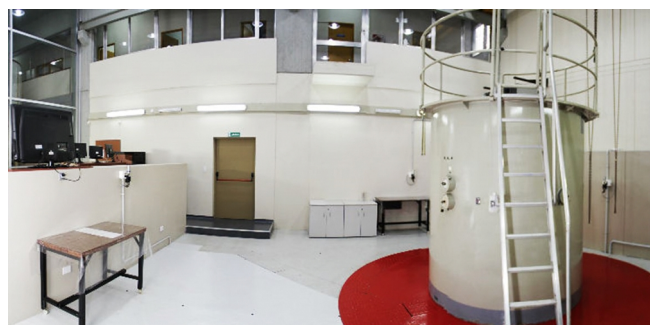
z Grupą Fizyki Reaktorów wchodzącego w skład Centrum Atomowego CNEA.

### Pozostałe reaktory mocy zerowej

W latach 1997–2001 w Pilcaniyeu, Río Negro, pracował RA-8, testując paliwo wzbogacone do 3,4% i pręty kontrolne CAREM. Był to zestaw o zerowej mocy krytycznej z otwartym basenem.

### Reaktor RA-4

RA-4 Siemens SUR 100 (fot. 4) – działający w Instytucie Badań Jądrowych i Promieniowania Jonizującego IENRI na Wydziale Nauk Ścisłych FCEIA uniwersytetu w Rosario (*Universidad Nacional de Rosario – UNR*) – ma bardzo małą moc 1 W i jest głównie wykorzystywany do szkolenia operatorów elektrowni jądrowych i nauki studentów. Prace nad nim rozpoczęto w 1969 r. Został dostarczony przez Republikę Federalną Niemiec (dla upamiętnienia Otto Hahna). RA-4 został zaprojektowany „pod klucz”, czyli gotowy do użytku bez możliwości modyfikacji po zamontowaniu i uruchomieniu. Argentyna w tamtych latach planowała budowę elektrowni jądrowej w obszarze Wielkiego Buenos Aires i wybrzeża. Miał służyć do szkolenia personelu. Działalność dydaktyczna prowadzona jest w nim do tej pory. Będąc reaktorem szkolnym i mieszczącym się w obrębie uniwersytetu, RA-4 jest wykorzystywany głównie do szkolenia i zdobywania kwalifikacji przez zaawansowanych studentów z różnych dziedzin inżynierii, starających się zintegrować technologię nuklearną z karierą zawodową. Czasami w reaktorze studenci mogą odbywać praktyki zawodowe, co jest warunkiem koniecznym do ukończenia studiów. W 2016 r. przeprowadzono modernizację sterowni. Reaktor jest także połączony z innymi wydziałami UNR, dzięki czemu studenci fizyki, biochemii i medycyny, którzy normalnie nie mieliby dostępu do tego typu obiektów, mają kontakt z technologią nuklearną. Realizowane przez nich zadania związane z rozbudową uczelni umożliwiły nawet uczniom szkół średnich z okolicznych szkół technicznych odbycie staży i szkoleń.



Fot. 4. Reaktor RA-4 (źródło: Argentina.gob.ar/cnea).

Photo. 4. RA-4 reactor (source: Argentina.gob.ar/cnea).

W środowisku akademickim RA-4 jest również używany do badań, nauczania, szkolenia operatorów reaktorów oraz do badania systemów do eksperymentów jądrowych i reaktorów. Spełnia także swoją funkcję upowszechniającą poprzez program wizyt, podczas którego przyjmowani są studenci z UNR i innych uniwersytetów w regionie, a także osoby z ogółu społeczeństwa.

## Historia projektu RA-10

W maju 2013 r. branża argentyńskiej firmy INVAP projektująca i produkująca reaktory otrzymała kontrakty na budowę reaktora badawczego RA-10 w Argentynie i brazylijskiego reaktora wielofunkcyjnego (RMB), przy czym australijski reaktor OPAL był projektem referencyjnym dla obu. Oba reaktory będą wykorzystywane do produkcji medycznych radioizotopów, a także do testów napromieniowania zaawansowanego paliwa jądrowego i materiałów oraz badań nad wiązką neutronów. Łącznie zapewnią one (zdaniem strony argentyńskiej) zdolność do zaspokojenia ok. 40% światowego zapotrzebowania na radioizotopy. Projekt reaktora badawczego jest częścią rozwijającej się dwustronnej współpracy w zakresie energii jądrowej między Argentyną a Brazylią. W listopadzie 2014 r. Urząd Regulacji Jądrowych ARN przyznał licencję na budowę RA-10, która zostanie wykorzystana do zwiększenia produkcji radioizotopów w Argentynie, aby umożliwić temu krajowi zaspokojenie 10% światowego zapotrzebowania. Jak już podano wyżej, obecnie radioizotopy są produkowane w reaktorze badawczym RA-3 w Centrum Atomowym Ezeiza w prowincji Buenos Aires. RA-3, reaktor o mocy cieplnej 10 MW typu basenowego, rozpoczął działalność w 1967 r. RA-10 to reaktor o mocy cieplnej 30 MW typu otwartego basenu, który zastąpi RA-3. Budowa RA-10 rozpoczęła się w 2016 r.

## Przykłady argentyńskich projektów reaktorów badawczych budowanych poza Argentyną

### Reaktor OPAL

Reaktor Open Pool Australian Lightwater (OPAL) to najnowocześniejszy 20 MW reaktor wielofunkcyjny, który wykorzystuje jako paliwo niskowzbożony uran (LEU) w celu realizacji szeregu działań korzystnych dla zdrowia ludzkiego, umożliwia prowadzenie badań wspierających bardziej zrównoważone środowisko i zapewnia innowacyjne rozwiązania dla przemysłu.

OPAL, otwarty przez premiera Australii w 2007 r., jest jednym z niewielu reaktorów o zdolności do produkcji komercyjnych ilości radioizotopów. Ta zdolność, w połączeniu z konstrukcją otwartego basenu, wykorzystaniem paliwa niskowzbożonego uranu i szerokim zakresem

zastosowań, sytuuje OPAL wśród najlepszych reaktorów badawczych na świecie. Chociaż OPAL jest centralnym punktem obiektów badawczych agencji rządowej ANSTO (*Australian Nuclear Science and Technology Organisation*), zestaw instrumentów wiązki neutronów, umieszczony obok budynku reaktora i obsługiwany przez Centrum Rozpraszania Neutronów ANSTO, stanowi znaczący dodatek do możliwości badawczych ANSTO.

OPAL jest jednym z wielu podobnych reaktorów produkcyjnych na świecie, takim jak polski reaktor MARIA, reaktor Safari-1 w Republice Południowej Afryki czy reaktor HFR w Petten w Holandii. Wymienione reaktory odgrywają istotną rolę usługową dla społeczeństwa, działając jako „fabryki neutronów” produkujące radioizotopy do wykrywania i leczenia raka oraz wiązki neutronów do badań nad materiałami podstawowymi. Pracownicy operacyjni OPAL współpracują ze swoimi międzynarodowymi kolegami w zakresie wymiany informacji i wiedzy zarówno bezpośrednio poprzez formalne umowy o współpracy, jak i za pośrednictwem różnych organizacji i forów.

### Grupy użytkowników OPAL

OPAL jest używany przez członków społeczności naukowej, medycznej, środowiskowej i przemysłowej, a także z australijskich uniwersytetów. Jest niezwykle wszechstronny, a zastosowania nauki neutronowej są praktycznie nieograniczone. Główne zastosowania OPAL to:

- napromieniowanie materiałów docelowych do produkcji radioizotopów do zastosowań medycznych i przemysłowych;
- badania w dziedzinie materiałoznawstwa z wykorzystaniem wiązek neutronów i powiązanych instrumentów;
- analiza minerałów i próbek z wykorzystaniem technik aktywacji neutronowej i technik opóźnionej aktywacji neutronowej;



Fot. 5. Reaktor OPAL (źródło: OPAL ANSTO).

Photo. 5. OPAL reactor (source: OPAL ANSTO).

- napromieniowanie sztabek krzemu (nazywane domieszkowaniem transmutacji neutronowej lub NTD) do wykorzystania w produkcji elektronicznych urządzeń półprzewodnikowych.

OPAL zazwyczaj działa w cyklach 30–35 dni, po których następuje krótka przerwa, aby usunąć trzy zużyte zespoły paliwowe i zastąpić je nowymi zespołami paliwowymi. Podczas tego typu przerw załoga OPAL wykonuje również konserwację i podejmuje szereg działań inspekcji i nadzoru. Ponadto są też dłuższe zaplanowane okresy konserwacji, aby umożliwić bardziej obszerne inspekcje i remonty reaktora. ANSTO dąży do eksploatacji reaktora przez 300 dni w każdym roku kalendarzowym.

Sercem reaktora jest kompaktowy rdzeń składający się z 16 zespołów paliwowych ułożonych w układzie 4 4, z pięcioma prętami sterującymi, kontrolującymi moc reaktora i ułatwiającymi wyłączenie. OPAL wykorzystuje paliwo uranowe o niskim wzbogaceniu, zawierające nieco poniżej 20% U-235. Pod względem bezpieczeństwa i zabezpieczeń jądrowych jest to wyraźna zaleta w porównaniu z wcześniejszymi reaktorami badawczymi, z których niektóre wymagały poziomów wzbogacenia sięgających nawet 95% U-235. Zespoły paliwowe OPAL (rdzeń) są chłodzone lekką wodą (H<sub>2</sub>O) i otoczone zbiornikiem „reflektora” ze stopu cyrkonu, który zawiera ciężką wodę (D<sub>2</sub>O). Oryginalny projekt zespołów paliwowych zawierał błędy (wykonawczy i projektowy) dlatego Australijczycy po wykryciu uszkodzenia mechanicznego dwóch elementów paliwowych i przeprowadzeniu odpowiednich badań zastąpili argentyńskie paliwo francuskim firmy CERCA. Aktualnie elementy paliwowe są wytworem myśli technicznej francusko-amerykańskiej. Rdzeń z otaczającym go zbiornikiem reflektora jest umieszczony na dnie basenu z lekką wodą o głębokości 13 m. Otwarta konstrukcja basenu ułatwia oglądanie i manipulowanie przedmiotami wewnątrz basenu reaktora.

Głębokość wody działa jak bardzo skuteczna osłona przed promieniowaniem. Ciężka woda utrzymuje reakcję jądrową w rdzeniu poprzez „odbijanie” neutronów z powrotem w kierunku rdzenia.

### Realizacja projektu OPAL

Historia OPAL rozpoczęła się w 1997 r., kiedy rząd Australii ogłosił, że sfinansuje budowę reaktora badawczego, który miał zastąpić starszy i pierwszy australijski reaktor. Postanowiono zbudować reaktor zastępczy w tym samym miejscu. ANSTO, wykorzystując dobrą geologię i infrastrukturę tego obszaru, 13 lipca 2000 r. podpisała umowę z argentyńską firmą INVAP S.E. i jej australijskimi partnerami aliansowymi: John Holland Construction and Engineering Pty Ltd i Evans Deakin Industries Limited na zaprojektowanie, budowę i uruchomienie OPAL. ANSTO zarządzała całościowym procesem projektowania i budowy obiektu. INVAP był głównym wykonawcą części reaktora,

podejmując się zaprojektowania, instalacji i nadzoru nad uruchomieniem i testami funkcjonalnymi układów reaktora, które rozpoczęto 5 kwietnia 2002 r. Licencja operacyjna została wydana 14 lipca 2006 r., a OPAL po raz pierwszy osiągnął stan krytyczny o godzinie 23:25 12 sierpnia 2006 r.

Zdaniem ANSTO OPAL wykazał swoją zdolność do przestrzegania najbardziej rygorystycznych norm dotyczących zdrowia, bezpieczeństwa, ochrony, środowiska i zapewnienia jakości przed przyznaniem licencji operacyjnej. OPAL został oficjalnie otwarty w kwietniu 2007 r., co zapoczątkowało nową erę w wykorzystaniu energii atomowej w Australii.

### Reaktor RMB

Projekt brazylijskiego reaktora wielofunkcyjnego (RMB) jest działaniem rządu federalnego, prowadzonym za pośrednictwem Ministerstwa Nauki, Technologii i Innowacji (MCTI), a za jego realizację odpowiada Brazylijska Narodowa Komisja Energii Jądrowej (CNEN). W ramach CNEN projekt jest koordynowany przez Dyрекcję Badań i Rozwoju (DPD) i rozwijany przez jednostki badawcze tej rady, a głównym deweloperem jest Instytut Badań Energii Jądrowej (IPEN). Reaktor jądrowy RMB będzie reaktorem typu otwartego basenu o maksymalnej mocy 30 MW, mającym jako punkt odniesienia reaktor jądrowy OPAL o mocy 20 MW, zbudowany w Australii. Rdzeń reaktora RMB będzie miał konfigurację 5 5, składającą się z 23 elementów paliwowych typu dyspersyjnego U<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> w aluminium, o gęstości do 3,5 gU/cm<sup>3</sup> i wzbogaceniu 19,75% wag. U-235. W rdzeniu będą dostępne dwa stanowiska dla urządzeń do napromieniowania materiałów. Główne cele reaktora RMB i innych to:

- produkcja radioizotopów i radiofarmaceutyków w celu zaspokojenia krajowego popytu Brazylii, w tym molibdenu-99 do generatorów technetu-99m, które są najszerzej stosowanymi radioizotopami w medycynie nuklearnej;
- badania napromieniowania paliw jądrowych i materiałów konstrukcyjnych oraz ich analiza po napromieniowaniu;
- rozwój badań naukowych i technologicznych z wykorzystaniem wiązki neutronów.

### Przemysł jądrowy Argentyny

Argentyna dysponuje aktualnie trzema energetycznymi blokami jądrowymi z reaktorami ciśnieniowymi ciężkowodnymi PHWR o łącznej mocy 1763 MW, a w budowie jest mały reaktor PWR o mocy 29 MW. W elektrowniach jądrowych wytwarzane jest 6,3% argentyńskiego prądu elektrycznego. Do tego dochodzą zakłady cyklu paliwowego, liczne laboratoria i ośrodki badawcze.



**Tabela 1.** Reaktory energetyczne (źródło: MAEA PRIS).**Table 1.** Power reactors (source: IAEA PRIS).

Nazwa	Typ	Status	Lokalizacja	Referencyjna moc bloku jądrowego [MW]	Całkowita moc elektryczna [MW]	First Grid Connection
ATUCHA-1	PHWR	w eksploatacji	Lima	340	362	1974-03-18
ATUCHA-2	PHWR	w eksploatacji	Lima	693	745	2014-06-24
CAREM25	PWR	w budowie	Lima	25	29	
EMBALSE	PHWR	w eksploatacji	Embalse	608	656	1983-04-24

## Podsumowanie

To opracowanie to tylko „rzut oka” na zagadnienia związane z argentyńską energetyką i wykorzystaniem reaktorów jądrowych. Przypadek Argentyny jest o tyle interesujący, że kraj ten, przy stosunkowo niewielkim zaawansowaniu programu budowy elektrowni jądrowych, potrafił skomercjalizować budowę reaktorów badawczych, podobnie jak inne kraje postąpiły z elektrowniami jądrowymi. Nad Rio La Plata i chyba jeszcze tylko w innym kraju doskonałego wina, czyli Francji, można obecnie zamówić reaktor badawczy. Fakt jednak pozostaje faktem: Argentyna swoją konkurencyjność jądrową zbudowała na reaktorach badawczych. To dzięki nim, rozpowszechnieniu wiedzy o nich, no i doskonałym fachowcom: pracownikom i naukowcom zatrudnionym przy ich projektowaniu, budowie i eksploatacji kraj srebrnej rzeki właściwie samodzielnie może budować w dziedzinie wykorzystania reaktorowych neutronów wszystko, co sobie zażyczy. Nie jest uzależniony od wiedzy i umiejętności zagranicznych inwestorów. Wprost przeciwnie, to Argentyńczycy wyznaczają standardy w budowie najnowszych reaktorów badawczych. W kontekście polskiego programu jądrowego przykład argentyński wydaje się znaczący. Jest jeszcze jedna specyficzna argentyńska cecha: tamtejsze reaktory badawcze znajdują się w różnych centrach badawczych. Czy nie dobrze byłoby pomyśleć o budowie choćby małych reaktorów badawczych w różnych polskich ośrodkach akademickich? Rozpowszechnianie wiedzy i zdrowa współpraca między specjalistami z różnych regionów naszego kraju mogłaby wpłynąć pozytywnie na wzrost poziomu i zasięgu wiedzy o możliwościach wykorzystania energii jądrowej

wśród społeczeństwa i w efekcie – na rozwój polskiej energetyki i badań jądrowych.

## Notka o autorze

**Mgr inż. Piotr Leśny** – inspektor dozoru jądrowego, Wydział Kontroli i Nieprolifracji, Departament Bezpieczeństwa Jądrowego, Państwowa Agencja Atomistyki

## Literatura

Brakuje książek (szczególnie aktualnych) i prac w języku polskim dotyczących argentyńskich programów jądrowych. Autor opracowania musiał się więc posłużyć informacjami z międzynarodowych i argentyńskich rządowych oraz naukowych stron internetowych. Większość z nich jest w języku hiszpańskim.

- <https://www.argentina.gob.ar/cnea/institucional>
- <https://www.argentina.gob.ar/cnea/Tecnologia-nuclear/reactores-de-investigacion/>
- <https://www.argentina.gob.ar/arn>
- <https://www.ansto.gov.au/>
- <https://www.ansto.gov.au/facilities/opal-multi-purpose-reactor>
- <https://pris.iaea.org/pris/home.aspx>
- <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/argentina>
- <https://www.neimagazine.com/news/argentinas-ra-10-research-reactor-nearing-completion-11560383/>
- <https://www.argentina.gob.ar/cnea>
- <https://www.invap.com.ar/areas/nuclear/>
- <https://www.ib.edu.ar/investigacion/>
- <https://www.argentina.gob.ar/cnea/cab/departamento-reactores-de-investigacion>
- <https://www.argentina.gob.ar/cnea/cae>
- <https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Argentina-s-research-reactor-aiming-to-be-operatio>

# Ewolucja badań i regulacji prawnych radonu do 1980 r. jako przykład gadamerowskiego „stapiania horyzontów”. Wstęp do problematyki filozoficznego wymiaru prawa atomowego

## *Evolution of Research and Legal Regulations of Radon until 1980 as an Example of Gadamerian “Fusion of Horizons”: A Introduction to the Philosophical Dimension of Atomic Law*

Robert Bobkier  
*Abraham & Ben Hadar Law and Audit*

**Streszczenie:** Artykuł zawiera analizę ewolucji badań nad radonem i jego wpływem na zdrowie oraz zmiany w regulacjach prawnych do roku 1980. W kontekście filozofii Hansa-Georga Gadamera proces ten przedstawiony jest jako „stapianie horyzontów”, gdzie prawo i nauka spotykają się, tworząc dynamiczną interpretację, która dostosowuje normy prawne do nowo odkrywanej wiedzy naukowej. Poprzez hermeneutyczne spojrzenie, artykuł ukazuje prawo jako narzędzie adaptacji, które integruje społeczne oczekiwania co do ochrony zdrowia z koniecznością reagowania na aktualne zagrożenia związane z właściwościami radonu. Tym samym regulacje prawne nie tylko odpowiadają na zmienne wymogi nauki, lecz także funkcjonują jako odpowiedź na filozoficzne pytania o rolę prawa w zapewnianiu bezpieczeństwa w obliczu nieprzewidywalnych zagrożeń środowiskowych. Zastosowano podejście chronologiczno-problemowe, które pozwala na szczegółowe zbadanie wpływu odkryć naukowych na rozwój prawa atomowego oraz ochrony radiologicznej. Publikacja wnosi nową perspektywę do badań nad regulacjami związanymi z promieniowaniem naturalnym, podkreślając ich aktualność w kontekście również współczesnych wyzwań, takich jak rosnące stężenia radonu w budynkach. Praca może stanowić punkt odniesienia do dalszych badań dotyczących prawnych aspektów ochrony zdrowia publicznego oraz rozwoju ochrony radiologicznej.

**Słowa kluczowe:** Radon, promieniowanie jonizujące, rak płuc, prawo atomowe, ochrona radiologiczna, historia regulacji, Hans-Georg Gadamer.

**Abstract:** This article examines the evolution of radon research and its impact on health, as well as changes in legal regulations up to 1980. Within the framework of Hans-Georg Gadamer’s philosophy, this process is presented as a “fusion of horizons”, where law and science intersect to create a dynamic interpretation that adapts legal norms to newly discovered scientific knowledge. Through a hermeneutic perspective, the article reveals law as a tool of adaptation, integrating social expectations of health protection with the necessity to respond to current threats related to the nature of radon. Thus, legal regulations not only respond to changing scientific requirements but also serve as an answer to philosophical questions about the role of law in ensuring safety amid environmental risks. A chronological-problematic approach enables a detailed examination of how scientific discoveries influenced the development of atomic law and radiological protection. The publication offers a new perspective on research into natural radiation regulations, emphasizing their relevance also in the face of contemporary challenges, such as rising radon levels in residential buildings. This work can serve as a reference point for further studies on the legal aspects of public health protection and the evolution of radiological safety standards.

**Keywords:** Radon, ionizing radiation, lung cancer, atomic law, radiological protection, regulatory history, Hans-Georg Gadamer.

## Wstęp

Radon to obecny w powietrzu promieniotwórczy gaz szlachetny<sup>1</sup>. Z dniem 23 września 2019 r. wprowadzono do Prawa atomowego<sup>2</sup> nowe przepisy, których przedmiotem jest ten pierwiastek chemiczny.

Od końca XX w. ma miejsce intensyfikacja badań nad jego wpływem na organizm ludzki. Międzynarodowa Agencja Walki z Rakiem (*International Agency for Research on Cancer*, IARC) uznała radon w 1988 r. za czynnik rakotwórczy najwyższej, pierwszej klasy w zakresie nowotworów płuc<sup>3</sup>. Równolegle w piśmiennictwie R.A. Kerr określił ten gaz jako „najbardziej śmiertelnością substancję zanieczyszczającą powietrze w pomieszczeniach”<sup>4</sup>. W pierwszej dekadzie XXI w. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) oraz Agencja Ochrony Środowiska USA (*United States Environmental Protection Agency*, EPA) orzekły, że radon to druga po narażeniu na dym tytoniowy przyczyna raka płuc u ludzi, odpowiedzialna za ok. 14% przypadków tej choroby<sup>5</sup>. Już kilkuletnia<sup>6</sup> ekspozycja na radon w stężeniu wyższym – od uważanego za bezpieczny – poziomu 100 Bq/m<sup>3</sup>, stanowi istotny czynnik rozwoju raka płuc<sup>7</sup>.

Natomiast w drugiej i trzeciej dekadzie obecnego stulecia w piśmiennictwie analizuje się kolejne, potencjalne skutki zdrowotne narażenia na radon. Obejmować one mogą szereg schorzeń nowotworowych<sup>8</sup> i neurodegenera-

cyjnych<sup>9</sup>, chorób płuc i układu naczyniowego<sup>10</sup>. W 2018 r. ukazała się – w czasopiśmie *Environmental Health Perspectives* – publikacja, określająca dla poszczególnych państw współczynniki śmiertelności z powodu raka płuc wywołanego przez narażenie na radon w pomieszczeniach. **Według jej autorów Polska posiada w tym zestawieniu pierwsze miejsce na świecie**<sup>11</sup>. W 2022 r., S. Sen i M.A. Dasgupta wypowiedzieli się, że radon będzie stanowił przyczynę nadchodzącego „przyszłego kryzysu zdrowia publicznego”<sup>12</sup>. Nawet bowiem mała dawka tego gazu wywołuje niekorzystne efekty dla zdrowia ludzkiego, a większe dawki mogą być śmiertelne<sup>13</sup>. W widoczny sposób wraz z postępem zdobyczy nauki wzrasta również ocena stopnia niebezpieczeństwa, jakie stwarza radon dla człowieka. Z tej perspektywy za zatrważające uznać należy dane, przedłożone autorowi niniejszej publikacji przez Głównego Inspektora Sanitarnego, dotyczące wyników pomiarów stężeń radonu w placówkach oświatowych na terenie miasta na prawach powiatu Jelenia Góra i powiatu karkonoskiego. Otóż w szeregu tych placówek odnotowano wartości, wynoszące od 1000 do ponad 3000 Bq/m<sup>3</sup>. Tym samym zachodzi nawet trzydziestokrotne przekroczenie poziomu stężenia radonu, uznawanego przez WHO za bezpieczny<sup>14</sup>. Dane te pozwalają również na konstatację odnośnie do stanu prawdopodobnego przekroczenia

<sup>1</sup> Zob. M. Skłodowska-Curie, *Stan obecny chemii polonu*, „Roczniki Chemii” 1926, tom 6, s. 357–358.

<sup>2</sup> Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1277). Przedmiotowej zmiany dokonano ustawą z dnia 13 czerwca 2019 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. poz. 1593 z późn. zm.).

<sup>3</sup> Zob. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Man-made Mineral Fibres and Radon. Volume 43*, International Agency for Research on Cancer, Lyon 1988, s. 241.

<sup>4</sup> R.A. Kerr, *Indoor Radon: The Deadliest Pollutant: The radon seeping into homes may be killing 5,000 to 20,000 Americans per year; the best action may be to stop smoking*, „Science” 1988, nr 4852, s. 606.

<sup>5</sup> Zob. H. Zeeb, F. Shannoun (red.), *WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*, World Health Organization, Geneva 2009, s. ix; D.J. Pawel, J.S. Puskin, *The U.S. Environmental Protection Agency’s Assessment of Risks from Indoor Radon*, „Health Physics” 2004, nr 1, s. 68–74.

<sup>6</sup> Zob. R.W. Field, *Reducing the risks from radon: Information and interventions. A guide for health care providers*, „Conference of Radiation Control Program Directors Publication” 2020, nr 3, s. 4, <https://portal.ct.gov/-/media/DPH/Radon-Program/HCPProvGuide-Update-9-17-20.pdf>, [dostęp: 16.01.2024].

<sup>7</sup> Zob. M.M. Dobrzyńska, A. Gajowik, K. Wieprzowski, *Radon-occurrence and impact on the health*, „Roczniki Państwowego Zakładu Higieny” 2023, nr 1, s. 9–10.

<sup>8</sup> Por. R. Kleinschmidt, D. Watson, M. Janik, G. Gillmore, *The presence and dosimetry of radon and thoron in a historical, underground metalliferous mine*, „Journal of Sustainable Mining” 2018, nr 3, s. 120–121; A. Ruano-Ravina, N. Aragonés, M. Pérez-Ríos, G. López-Abente, J.M. Barros-Dios, *Residential radon exposure and esophageal cancer. An ecological study from an area with high indoor radon concentration (Galicia, Spain)*, „International Journal of Radiation Biology” 2014, nr 4, s. 299–305; R. Barbosa-Lorenzo, J.M. Barros-Dios, A. Ruano-Ravina, *Radon and stomach cancer*, „International Journal of Epidemiology” 2017, nr 2, s. 767–768.

<sup>9</sup> Por. S. Gómez-Anca, J. Miguel Barros-Dios, *Radon Exposure and Neurodegenerative Disease*, „International Journal of Environmental Research and Public Health” 2020, nr 17, s. 7439–7454.

<sup>10</sup> Por. L. Lu, Y. Zhang, C. Chen, R.W. Field, K. Kahe, *Radon exposure and risk of cerebro-vascular disease: a systematic review and meta-analysis in occupational and general population studies*, „Environmental Science and Pollution Research” 2022, nr 30, s. 45031–45043; A. Conde-Sampayo, M. Lorenzo-González, A. Fernández-Villar, J.M. Barros-Dios, A. Ruano-Ravina, *Exposure to residential radon and COPD: a systematic review*, „International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease” 2020, tom 15, s. 939–948.

<sup>11</sup> Zob. J. Gaskin, D. Coyle, J. Whyte, D. Krewski, *Global Estimate of Lung Cancer Mortality Attributable to Residential Radon*, „Environmental Health Perspectives” 2018, nr 5, s. 3–4.

<sup>12</sup> S. Sen, M.A. Dasgupta, M. A., *Radon – a Silent Threat Catalysing a Future Public Health Crisis*, „Journal of Emerging Technologies and Innovative Research” 2022, nr 3, s. 442.

<sup>13</sup> Zob. T.A. Przylibski, *Radon i promieniowanie jonizujące w obiektach podziemnych w czasie prac eksploracyjnych, dokumentacyjnych i udostępniających*, [w:] *Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury. Tom 3*, red. P.P. Zagożdżon, M. Madziarz, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010, s. 371.

<sup>14</sup> W szczególności należy w tej mierze wskazać przykładowo takie placówki jak: Miejskie Integracyjne Przedszkole, ul. Junaków 2a, 58-560 Jelenia Góra – 3080 Bq/m<sup>3</sup>; Przedszkole Samorządowe Nr 2, ul. Nadrzeczna 1, 58-573 Piechowice – 1860 Bq/m<sup>3</sup>; Młodzieżowy Ośrodek Socjoterapii, ul. Sprzymierzonych 9, 58-560 Jelenia Góra – 1220 Bq/m<sup>3</sup>; Szkoła Podstawowa nr 13 im. KEN, ul. Piotra Skargi 19, 58-500 Jelenia Góra – 1030 Bq/m<sup>3</sup>; Zespół Szkół Technicznych, ul. Obrońców Pokoju 10, 58-500 Jelenia Góra – 1030 Bq/m<sup>3</sup>, zob. *Pismo Głównego Inspektora Sanitarnego z dnia 8 lipca 2024 r. – odpowiedź na wniosek o udostępnienie informacji publicznej*, BI.OI.0134.92.2024.



dawk granicznych<sup>15</sup>, w szczególności w przypadku uczniów w wieku poniżej lat 16, jak również odnośnie do potencjalnej odpowiedzialności kierowników tych jednostek systemu oświaty (dyrektorów szkół i przedszkoli) za czyn z art. 123 ust. 1 pkt 5 P.a<sup>16</sup>.

Przedmiotem niniejszej publikacji są jednak początki – tak badań nad radonem, jak i regulacji prawnych w tym przedmiocie. Wydaje się, że należy w tym miejscu przywołać wypowiedź prof. N. Irtiego, przekonującego, że „wrażliwość historyczna jest konieczna dla prawnika, który nie powinien rozplątać się w teraźniejszości, w przypadkowości powszedniego »dzisiaj«”<sup>17</sup>. Stąd za konieczne uważam przedstawienie – w odniesieniu do radonu – tej swoistej fazy inicjalnej, albowiem „uwagi historyczne są cennym uzupełnieniem, a niekiedy także sprawdzianem wyników badań”<sup>18</sup>.

W opisie tytułowej ewolucji wprowadziłem – jako cezurę – rok 1980. Szacunek dla Czytelnika wymaga wyjaśnienia przyczyn tej decyzji. Periodyzacja stanowi, jak określa to L. Besserman, „starożytny koncept, lecz relatywnie nowe pojęcie”<sup>19</sup>. Stoję na stanowisku, że jej dokonywanie jest niezbędne<sup>20</sup>. Przychyłam się tu do opinii, jaką wyraził w 2006 r. G. Blix, twierdząc, że porządkując czas historyczny, periodyzacja kształtuje nasze podejście do teraźniejszości, służy nadaniu tożsamości i indywidualności

czasowi poprzez sytuowanie go w szerszym kontekście historii<sup>21</sup>. W 1899 r. P. Chmielowski postulował następujący sposób dokonywania periodyzacji dziejów określonego zjawiska: przestrzeganie jednej zasady podziału; podział nie powinien być zbyt szczegółowy ani zbyt ogólny; w obrębie każdego wydzielanego okresu powinna być uwidaczniona jego cecha dominująca (nie są konieczne daty ścisłe); należy uwzględnić również podokresy<sup>22</sup>.

Respektując te – już ponad stuletnie – postulaty, wskazuję, że wybrałem przełom lat 70. i 80. XX w., jako datę zamknięcia opisu tej tytułowej „pierwszej fazy” z trzech przyczyn.

Po pierwsze, ramy prawa atomowego, jak wskazał R.M. Grossi, tworzone są w dużej mierze w reakcji na wydarzenia o charakterze krytycznym, związane z energetyką jądrową<sup>23</sup>. Wydarzeniami takimi były: w USA – awaria w elektrowni jądrowej Three Mile Island w stanie Pensylwania w 1979 r.<sup>24</sup>, a w Europie – szczególnie obecna w percepcji społecznej awaria w Czarnobylu w 1986 r.<sup>25</sup>

Po drugie, na lata 80. XX w. datuje się wybuch swoistej „histerii radonowej” w USA, zainicjowanej tzw. „sprawą Stanleya Watrasa”, w którego domu stwierdzono stężenie tego gazu o wartości ok. 163 000 Bq/m<sup>3</sup>, a więc 1100 razy wyższej od poziomu zalecanego przez EPA<sup>26</sup>. Ten nagłośniony w piśmiennictwie<sup>27</sup> przypadek „wprawił koła w ruch

<sup>15</sup>Por. R. Bobkier, *Problematyka interpretacyjna pojęcia „kontrolowanej działalności zawodowej”. Rozważania na tle definicji dawki granicznej w Prawie atomowym*, „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna. Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki” 2024, nr 2, s. 14–29.

<sup>16</sup>W myśl tego przepisu kierownikowi jednostki organizacyjnej, który, m.in., będąc odpowiedzialnym za ochronę radiologiczną, dopuszcza do narażenia pracownika lub innej osoby z naruszeniem przepisu art. 14 ust. 1 P.a., wymierza się karę pieniężną w wysokości nieprzekraczającej pięciokrotności kwoty przeciętnego wynagrodzenia w gospodarce narodowej w roku kalendarzowym poprzedzającym popełnienie czynu. Wysokość tej kary może więc aktualnie wynosić do ok. 35.000 zł. Natomiast w myśl art. 123 ust. 1b P.a., za powyższy czyn samej jednostce organizacyjnej (szkole, przedszkolu) wykonującej działalność związaną z narażeniem wymierza się karę pieniężną w wysokości nieprzekraczającej pięćdziesięciokrotności kwoty przeciętnego wynagrodzenia, ergo – do ok. 350.000 zł. Zgodnie z art. 14 ust. 1 P.a. suma dawek promieniowania jonizującego dla pracowników oraz osób z ogółu ludności nie może przekraczać dawek granicznych określonych w załączniku nr 4 do tej ustawy. Dla pracowników dawka graniczna wynosi 20 mSv w ciągu roku kalendarzowego. Dla uczniów, studentów i praktykantów, w wieku poniżej 16 lat dawka graniczna wynosi 1 mSv w ciągu roku kalendarzowego. Pozostaje poza sporem, że zwłaszcza w przypadku tej ostatniej kategorii (dzieci), standardowe, wynoszące 8 h dziennie, przebywanie w placówce, gdzie stężenie radonu sięga 3000 Bq/m<sup>3</sup> prowadzić może do przekroczenia dawki granicznej.

<sup>17</sup>G. Blicharz, *Niepewna przyszłość prawa? Wywiad z prof. Natalino Irtim*, „Forum Prawnicze” 2014, nr 24, s. 5.

<sup>18</sup>A. Jonkisz, *Logiczne ujęcie pytań i odpowiedzi, uwagi merytoryczne i metodologiczne*, „Roczniki Filozoficzne” 2021, nr 4, s. 315.

<sup>19</sup>L. Besserman, *The Challenge of Periodization. Old Paradigms and New Perspectives*, [w:] *The Challenge of Periodization*, red. L. Besserman, Routledge, New York-London 2013, s. 3.

<sup>20</sup>Rzecz jasna świadom jestem, że czynienie wyraźnych, wyodrębnionych podziałów periodyzacyjnych bywa również i przedmiotem krytyki. W opracowaniu z 2019 r. D. Churchill przedstawił, na gruncie innym niż prawo atomowe, szereg wątpliwości odnośnie do takiego zabiegu. Z jednej strony przyznaje on, że zmiany, transformacje, można faktycznie najlepiej zrozumieć, odnosząc je do poprzednich form zjawiska, zatem periodyzacja ma kluczowe znaczenie dla kształtowania współczesnych badań, ukierunkować pola badawcze, wskazując, które tematy mogą być szczególnie aktualne. Z drugiej strony podniósł, że wynik każdej tak przeprowadzonej analizy uzależniony będzie od przyjętej metodologii periodyzacji – będzie więc subiektywny. Tym samym każdy przeprowadzony podział musi zakładać istnienie cezur oddzielających określone fazy, na przykład zakładając czasową przerwę oddzielającą „nowoczesność” od „współczesności”, zob. D. Churchill, *History, periodization and the character of contemporary crime control*, „Criminology & Criminal Justice” 2019, nr 4, s. 477–478. Podobną opinię sformułował również R. Koselleck, zarzucający, że sztywny model historii określonego zjawiska utrudnia późniejszą jej rewizję, zob. R. Koselleck, *The Practice of Conceptual History: Timing History, Shaping Concepts*. Stanford University Press, Stanford 2002, s. 68–69.

<sup>21</sup>Zob. G. Blix, *Charting the 'transitional period': The emergence of modern time in the nineteenth century*, „History and Theory” 2006, nr 1, s. 57.

<sup>22</sup>Zob. P. Chmielowski, *Metodyka historii literatury polskiej*, Wydawnictwo Przeglądu Pedagogicznego, Warszawa 1899, s. 252–254.

<sup>23</sup>Zob. R.M. Grossi, *Nuclear Law: The Global Debate*, [w:] *Nuclear Law. The Global Debate*, red. IAEA, Springer, Vienna-Berlin 2022, s. 2–4.

<sup>24</sup>Por. C. Perrow, *Normal accident at Three Mile Island*, „Society” 1981, nr 5, s. 17–26.

<sup>25</sup>Por. *International Nuclear Law in the Post-Chernobyl Period. A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency*, OECD Nuclear Energy Agency, Paris 2006.

<sup>26</sup>Zob. R.D. King, *The Legal Implications of Residential Radon Contamination: The First Decade*, „William & Mary Environmental Law and Policy Review” 1993, nr 1, s. 108.

<sup>27</sup>Wyliczano, że S. Watras i jego rodzina, przebywając w domu, otrzymywali od radonu rocznie dawkę promieniowania analogiczną do wykonania rocznie niemal pół miliona zdjęć RTG klatki piersiowej, zob. A. Rickard Jackowitz, *Radon's Radioactive Ramifications: How Federal and State Governments Should Address the Problem*, „Boston College Environmental Affairs Law Review” 1988, nr 16, s. 330.

i dał początek amerykańskiemu przemysłowi radonowemu<sup>28</sup>. Zaowocował on w USA również federalną reakcją legislacyjną, w szczególności w postaci ustawy z dnia 28 października 1988 r. o ograniczaniu radonu w pomieszczeniach (*Indoor Radon Abatement Act, IRAA*)<sup>29</sup>.

I wreszcie, już na gruncie polskim, pod rządami ustawy z dnia 10 kwietnia 1986 r. Prawo atomowe<sup>30</sup>, wszedł w życie pierwszy akt prawny, określający dopuszczalny poziom stężeń radonu w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi<sup>31</sup>.

Te trzy wyżej opisane przyczyny sprawiły, że już w latach 80. XX w. dynamika, tak badań nad radonem, jak i unormowań tej materii, przebiegała odmiennie niż w poprzedniej dekadzie. Przyjęta przeze mnie cezura oddaje więc realia i uwzględnia specyfikę danej dziedziny<sup>32</sup>.

Jednocześnie już dorobek tej „pierwszej fazy” ewolucji rozwiązań normatywnych dotyczących radonu pozwala na skonstruowanie spostrzeżeń filozoficzno-prawnych, o tyle istotnych, że znajdujących odniesienie także do aktualnych regulacji prawnych. Hermeneutyczny wymiar regulacji tego promieniotwórczego gazu można potraktować jako proces interpretacyjny, przekraczający zwykłe, „ordynaryjne” stosowanie przepisów prawa. Wkraczając w sferę zdrowia publicznego, przyjmuje ono tu rolę *sui generis* interpretatora, nadającego konkretne znaczenie jurystyczne zagrożeniu, które w wyniku takiej interpretacji staje się pojęciem nie tylko medycznym czy fizycznym, ale i prawnym. Każdy bowiem przepis, stanowiący reakcję na nowe odkrycia nauki, przyczynia się do redefinicji tego, co w danym okresie uznaje się za zagrożenie zdrowotne.

W artykule przyjąłem metodę problemowo-historyczną? Opis tak dokonany daje bowiem możliwość przedstawienia problematyki w sposób zachowujący chronologiczną strukturę przyczynowo-skutkową. Zarazem ta metoda deskrypcji pozwoli na wykazanie, że ewolucja regulacji prawnych radonu stanowi wynik hermeneutycznego procesu interpretacyjnego, w którym wzajemna relacja wiedzy naukowej i społecznych oczekiwań determinuje intensyfikację działań regulacyjnych. To między innymi wzrost świadomości zagrożeń wynikających

z narażenia na radon skutkowało koniecznością redefinicji szeregu pojęć ochrony radiologicznej. Tym samym zakres ochrony przed tym narażeniem staje się *sui generis* konstruktem, zmieniającym się pod wpływem najnowszej wiedzy naukowej, zbiorowego lęku i świadomości ryzyka. Każda kolejna, nowa regulacja jest efektem swoistego „dialogu” między obawami społecznymi a potrzebą precyzyjnego określenia granic bezpieczeństwa.

## Bergkrankheit. „Choroba góraska” (do końca XIX w.)

Już w starożytności dostrzegano niebezpieczeństwa związane z pracami wydobywczymi. Pliniusz Starszy zalecał górnikom stosowanie masek ochronnych na usta i nos, aby zapobiec wdychaniu trujących pyłów i oparów<sup>33</sup>. Autor najstarszego opracowania o chorobach zawodowych, Ulrich Ellenbog, w 1524 r. w książce *Von den giftigen besen Tempffen und Reuchen der Metal*, analizował zagrożenia związane z wdychaniem oparów srebra, ołowiu i rtęci<sup>34</sup>.

Georgius Agricola<sup>35</sup> opisał w 1556 r. w dziele *De re metallica* dziwną chorobę płuc, która atakowała i zabijała robotników kopalń. Celem zapobiegania jej zalecał wentylację wyrobisk kopalnianych. W XVI w. przyczyn tej *Bergkrankheit* („choroby górskiej”) upatrywano w kurzu, oparach metali czy nawet w czynnikach nadprzyrodzonych. Obserwacji takich dokonano w kopalniach w Schneebergu i w Jachymovie (niem. Joachimstal) w Górach Kruszcowych (Rudawy, *Erzgebirge*), oddzielających obecnie Niemcy od Czech<sup>36</sup>.

W publikacji z 1879 r. lekarze Walther Hesse i Friedrich Hugo Härtling wykazali na podstawie badań klinicznych i patologicznych, że *Bergkrankheit* była w rzeczywistości złośliwym nowotworem płuc<sup>37</sup>. Po dokonaniu autopsji ciał zmarłych na „*Bergkrankheit*” pracowników autorzy ci sformułowali następujące, kluczowe wnioski: przyczyną śmierci 75% spośród tych górników, u których zdiagnozowano „chorobę górską”, był nowotwór płuc, występujący

<sup>28</sup>A.C. George, *The history, development and the present status of the radon measurement programme in the United States of America*, „Radiation Protection Dosimetry” 2015, nr 1–3, s. 12.

<sup>29</sup>Indoor Radon Abatement Act, Pub. L. No. 100-551, 102 Stat. 2755 (codified as amended at 15 U.S.C. §§ 266-67), <https://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title15/chapter53/subchapter3&edition=prelim>, [dostęp: 15.01.2024].

<sup>30</sup>Ustawa z dnia 10 kwietnia 1986 r. Prawo atomowe (Dz. U. Nr 12, poz. 70 z późn. zm.).

<sup>31</sup>Zarządzenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 31 marca 1988 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego i wskaźników pochodnych określających zagrożenie promieniowaniem jonizującym (M. P. z 1988 r. Nr 14, poz. 124).

<sup>32</sup>Por. W. Ślădkowski, *O periodyzacji*, „Kwartalnik Historii Prasy Polskiej” 1985-1986, nr 1, s. 111–112; W. Chudy, *Podstawowa periodyzacja dziejów i jej ramy: interpretacja historiozoficzno-teologiczna w oparciu o Jana Pawła II*, „Teologie? ciała”, „Studia Theologica Varsaviensia” 1987, nr 1, s. 115–128.

<sup>33</sup>Zob. L.J. Goldwater, *From Hippocrates to Ramazzini: early history of industrial medicine*, „Annals of Medical History” 1936, nr 1, s. 28.

<sup>34</sup>Zob. A. Sakula, *Ramazzini's de Morbis Artificum and occupational lung disease*, „British Journal of Diseases of the Chest” 1983, nr 77, s. 351.

<sup>35</sup>Por. K. Maślankiewicz, *Prace o Georgiusie Agricoli i nowe wydanie jego dzieł*, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 1957, nr 2, s. 385–392.

<sup>36</sup>Zob. W. Thomson, *A Clinical Study of Primary Cancer of the Bronchi*, „The Ulster Medical Journal” 1933, nr 3, s. 153.

<sup>37</sup>Por. F.W. Härtling, W. Hesse, *Der Lungenkrebs, die Bergkrankheit in den Schneeberger Gruben*, „Vierteljahrsschrift für Gerichtliche Medizin und Öffentliches Sanitätswesen” 1879, s. 313–337. W bazie Google Scholar błędnie przypisano tę publikację tylko pierwszemu z autorów, określoneemu jako „G. Harting”, określono datę jej wydania jako rok „1979”, niewłaściwie wskazano numery stron oraz miejsce jej publikacji rzadko spotykanym oznaczeniem „*Vrtijschr gerichtl. Med.*”. W polskim piśmiennictwie poprawnie wskazał pracę niemieckich autorów

najwcześniej po 20 latach pracy w warunkach narażenia, w większości przypadków później, nawet po 50 latach takiej pracy. Jako przyczynę zachorowania wskazali oni obecność pyłów arsenu<sup>38</sup>, co wynikało z okoliczności ich braku świadomości odnośnie do istnienia – odkrytego później<sup>39</sup> – radonu. Pomijając tę nieświadomość co do *causy* choroby, sformułowali oni, co do zasady zgodne ze współczesnym stanem wiedzy w zakresie bezpieczeństwa i higieny pracy, zarówno wnioski<sup>40</sup>, jak i postulaty w zakresie redukcji zapylenia w miejscach pracy, wprowadzenia odzieży ochronnej i ograniczenia czasu pracy pod ziemią<sup>41</sup>. W. Hesse i F.H. Härtling byli pierwszymi lekarzami, którzy zastosowali podejście epidemiologiczne nie tylko do chorób zakaźnych, ale także do nowotworów<sup>42</sup>, a ich publikacja jest do dziś uznawana za wzorcową i cytowana we współczesnym, specjalistycznym piśmiennictwie medycznym<sup>43</sup>.

## Epoka wielkich odkryć naukowych (XIX/XX w.)

Początkowo tę „chorobę górską” określano jako „schneeberskiego raka płuc” (*Schneeberger Lungenkrebs*)<sup>44</sup>. Jednakże ustalenie jej faktycznej przyczyny stało się możliwe dopiero po upływie ponad 30 lat po czterech wielkich osiągnięciach w nauce<sup>45</sup>. Były nimi odkrycie: promieni rentgenowskich w 1895 r. przez W.C. Röntgena<sup>46</sup>, promieniotwórczości w 1896 r. przez H. Becquerela<sup>47</sup>, radu w 1898 r. przez Marię i Piotra Curie<sup>48</sup> oraz radonu przez F.E. Dorna w 1900 r.<sup>49</sup>. W ciągu kilkunastu miesięcy po tych czterech odkryciach w piśmiennictwie opisywano

niekorzystne dla życia i dla zdrowia ludzkiego skutki narażenia na promieniowanie jonizujące. Te ostatnie objawiały się w postaci uszkodzeń popromiennych i nowotworów<sup>50</sup>. Już w 1901 r. J. Elster i H. Geitel wykazali, że radon<sup>51</sup> stanowi składnik powietrza atmosferycznego<sup>52</sup>. W 1904 r. w doświadczeniach przeprowadzanych na myszach, podanych oddziaływaniu podwyższonych stężeń radonu stwierdzono, że doznają one skażeń wewnętrznych, wywołujących ich zgon<sup>53</sup>. Ernest Rutherford stwierdził w 1907 r., że „stale inhalujemy emanacje radu i toru oraz ich produkty”<sup>54</sup> [rozpadu, przyp. autora] oraz że „prawdopodobnie obecność materii promieniotwórczej i zjonizowanego powietrza w atmosferze może grać jakąś rolę w procesach fizjologicznych”<sup>55</sup>. W 1913 r. przy Towarzystwie Naukowym Warszawskim utworzono placówkę służącą badaniom fizycznym nad promieniowaniem – Pracownię Radiologiczną, której kierownikiem do 1926 r. była Maria Skłodowska-Curie<sup>56</sup>.

## Pierwsze rekomendacje dotyczące ochrony radiologicznej przed działaniem radu (1915–1924 r.)

Pierwsze, formułowane w formie rekomendacji<sup>57</sup> w latach 1915–1924, zalecenia dotyczące ochrony radiologicznej przed działaniem radu pochodziły od Brytyjskiego Komitetu Ochrony przed Promieniowaniem X i Radem (*British X-ray and Radium Protection Committee*) i Amerykańskiego Towarzystwa Promieni Roentgena (*American Roentgen Ray Society*). Zostały one w całości zaadoptowane we

Ł. Koszuk, por. tenże, *Historia odkrycia radonu i badań nad jego wpływem na zdrowie*, „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna”. Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki 2021, nr 4, s. 47–48.

<sup>38</sup>Zob. F.W. Härtling, W. Hesse, *Der Lungenkrebs...*, wyd. cyt., s. 325–326.

<sup>39</sup>Por. S.M. Barbosa, R.V. Donner, G. Steinitz, *Radon applications in geosciences – Progress & perspectives*, “The European Physical Journal Special Topics” 2015, nr 224, s. 597–598.

<sup>40</sup>Por. M.G. Raso, N. Bota-Rabassadas, I.I. Wistuba, *Pathology and Classification of SCLC*, “Cancers” 2021, nr 13, s. 2.

<sup>41</sup>Zob. F.W. Härtling, W. Hesse, *Der Lungenkrebs...*, wyd. cyt., s. 327–329.

<sup>42</sup>Zob. D. Fagin, *Toms River. A Story of Science and Salvation*. Bantam Books, New York 2014, s. 127.

<sup>43</sup>Por. J.P. Van Meerbeeck, D.A. Fennell, D.K. De Ruyscher, *Small-cell lung cancer*, “The Lancet” 2011, nr 378, s. 1741–1755.

<sup>44</sup>Por. O. Rostoski, E. Saupé, C.G. Schmorl, *Die Bergkrankheit der Erzbergleute in Schneeberg in Sachsen*. “Schneeberger Lungenkrebs”, “Zeitschrift für Krebsforschung” 1926, nr 4–5, s. 360–384.

<sup>45</sup>Zob. R.K. Lewis, *A History of Radon-1470 to 1984*, [w:] *Proceedings of the National Radon Meeting. Council of Radiation Control Protection Directors, Frankford 2006*, s. 2, <https://wpb-radon.com/pdf/History%20of%20Radon.pdf>, [dostęp: 31.12.2023].

<sup>46</sup>Por. W.C. Röntgen, *Über eine neue Art von Strahlen*, “Sitzungsberichte der Würzburger Physikalisch-Medizinischer Gesellschaft”, 1895, nr 9, s. 1–11. Na pierwszej stronie tego opracowania zawarł Röntgen swoje fundamentalne stwierdzenie: „wszystkie ciała są przepuszczalne dla tych promieni, ale w różnym stopniu”, tamże, s. 1.

<sup>47</sup>Por. R.F. Mould, *Antoine-Henri Becquerel 1852-1908*, „Nowotwory. Journal of Oncology” 2008, nr 6, s. 554–564.

<sup>48</sup>Por. R.F. Mould, *Siedemdziesiąta piąta rocznica odkrycia sztucznego wytwarzania pierwiastków promieniotwórczych przez Irenę i Fryderyka Joliot-Curie*, „Nowotwory. Journal of Oncology” 2010, nr 2, 170–174.

<sup>49</sup>Por. S.M. Barbosa, R.V. Donner, G. Steinitz, *Radon...*, wyd. cyt., s. 597–598.

<sup>50</sup>Zob. R. Clarke, J. Valentin, *A history of the International Commission on Radiological Protection*, “Health Physics” 2005 nr 5, s. 407.

<sup>51</sup>Początkowo radon określany był mianem „emanacji radu” lub „nitonu”, zob. Z. Zdrojewicz, J. Strzelczyk, *Radon Treatment Controversy, “Dose-Response” 2006*, nr 2, s. 108.

<sup>52</sup>Por. J. Elster, H. Geitel, *Über die radioaktive Emanation in der atmosphärischen Luft*, “Physikalische Zeitschrift” 1902, nr 4, s. 522–530.

<sup>53</sup>Zob. Ch. Bouchard, P. Curie, K. Balthazar, *Action physiologique de l'élimination du radium*, “Comptes Rendus de l'Académie des Sciences” 1904, nr 138, s. 1385–1389, cyt. za R.F. Mould, *Pierre Curie 1859-1906*, „Nowotwory. Journal of Oncology” 2006, nr 2, s. 147–155.

<sup>54</sup>Zob. E. Rutherford, *Some cosmical aspects of radioactivity*, “Journal of the Royal Astronomical Society of Canada” 1907, nr 3, s. 153.

<sup>55</sup>Tamże, s. 154.

<sup>56</sup>Zob. B. Gwiazdowska, W. Bulski, A. Pruszyński, J. Tołwiński, *Historia Zakładu Fizyki Instytutu Onkologii w Warszawie w okresie kierownictwa prof. Cezarego Pawłowskiego*, “Polish Journal of Medical Physics and Engineering” 2007, nr 4, s. 184; por. T. Pospieszny, *Maria Skłodowska-Curie. Zakochana w nauce*, Wydawnictwo Po Godzinach, Warszawa 2020.

<sup>57</sup>Zob. H. Smith, *The international commission on radiological protection: historical overview*, “IAEA Bulletin” 1988, nr 3, s. 42.



Włoszech, Francji, Niemczech i Szwecji<sup>58</sup>. Wciąż jeszcze odnosiły się one tylko do radu, a nie samego radonu<sup>59</sup>. W takim jednak zakresie, w jakim zalecały wentylację pomieszczeń, ograniczenie czasu narażenia, stosowanie odzieży ochronnej, pokrywały się z pochodzącymi z 1879 r. postulatami W. Hesse i F.H. Härtinga co do polepszenia warunków pracy w kopalniach w Schneebergu<sup>60</sup>. Nowością tych dwudziestowiecznych rekomendacji były jednak propozycje w zakresie corocznych, sześciotygodniowych urlopów dla pracowników oraz okresowych badań krwi<sup>61</sup>.

W 1924 r. opublikowano pierwsze wyniki pomiarów stężenia radonu w kopalni w Schneebergu<sup>62</sup>. O różnicach w postrzeganiu zagrożeń pierwiastkami promieniotwórczymi na przestrzeni czasu świadczy okoliczność, że jeszcze w 1924 r. w Szwecji rad był dostępny w aptekach, reklamowany jako nowoczesny środek, który „uśmierza ból, przyspiesza metabolizm, zwiększa apetyt, ułatwia trawienie, poprawia produkcję krwi, uspokaja nerwy, usuwa toksyczny kwas moczowy z organizmu i zapobiega osłabieniu związanemu z wiekiem”<sup>63</sup>. O *sui generis* dezynwolturze, panującej w tych „pionierskich” latach rozpoznawania zagadnienia promieniowania jonizującego, świadczyć może najlepiej praktyka noszenia przez wybitnych uczonych tych czasów, A.H. Becquerela i P. Curie, promieniotwórczego radu w kieszeniach spodni. Opisywali oni odniesione przez siebie poparzenia, wynikające z takich praktyk<sup>64</sup>.

## Międzynarodowe Rekomendacje dla Ochrony przed Promieniowaniem X i Radem (1928 r.)

W 1925 r. w Londynie na I Międzynarodowym Kongresie Radiologicznym (*International Congress of Radiology*, ICR) powołano do życia Międzynarodową Komisję ds.

Jednostek Promieniowania i Pomiarów (*International Commission on Radiation Units and Measurements*, ICRU), pierwotnie określoną jako Międzynarodowy Komitet Jednostek Pomiarowych Promieniowania X (*International X-ray Unit Committee*)<sup>65</sup>. ICRU wydawać miała rekomendacje w zakresie wielkości i jednostek promieniowania oraz promieniotwórczości, procedur pomiarowych i określania potrzebnych danych fizycznych<sup>66</sup>. Konkluzją pierwszego ICR była potrzeba powołania ponadnarodowego ciała, które miało zajmować się ochroną przed promieniowaniem jonizującym. Jak podkreślał bowiem w 1932 r. L.S. Taylor<sup>67</sup>, dotychczasowe, odosobnione wysiłki poszczególnych państw skutkowały powstaniem regulacji niejednokrotnie wzajemnie sprzecznych. Uznano, że eliminacja tych niezgodności może nastąpić jedynie poprzez ujednoczenie przepisów i stworzenie, w miarę możliwości, jednorodnego w skali świata, „kodeksu bezpieczeństwa”<sup>68</sup>. W ramach kompromisu postanowiono oprzeć się w tym zakresie na, najstarszych w tej mierze<sup>69</sup>, doświadczeniach brytyjskich<sup>70</sup>. Zamierzenie to zrealizowano w 1928 r. na kolejnym, drugim ICR w Sztokholmie, gdzie utworzono Międzynarodowy Komitet Ochrony przed Promieniowaniem Rentgenowskim i Radem (*International X-ray and Radium Protection Committee*, IXRPC). Wydarzenie to stworzyło podwaliny międzynarodowej ochronie przed promieniowaniem jonizującym<sup>71</sup> i dało możliwość ustalania powszechnych w skali świata standardów regulacyjnych<sup>72</sup>. Od tego czasu były one okresowo aktualizowane i dostosowywane do ram koncepcyjnych, odzwierciedlających coraz lepsze zrozumienie biologicznych skutków narażenia na promieniowanie jonizujące i jego konsekwencji dla zdrowia ludzkiego<sup>73</sup>.

Podczas drugiego ICR w Sztokholmie, IXRPC wydał w dniu 27 lipca 1928 r. pierwszy zestaw zaleceń doty-

<sup>58</sup>Zob. L.S. Taylor, *The founding and works of the National Council on radiation protection and Measurements – Some highlights*, “Medical Physics” 1995, nr 22, s. 1899.

<sup>59</sup>Zob. J. Boice Jr, L.T. Dauer, K.R. Kase, F.A. Mettler, R.J. Vetter, *Evolution of radiation protection for medical workers*, “British Journal of Radiology” 2020, nr 93, s. 3–4.

<sup>60</sup>Por. F.W. Härting, W. Hesse, *Der Lungenkrebs...*, wyd. cyt., s. 327–329.

<sup>61</sup>Zob. J. Boice Jr, L.T. Dauer, K.R. Kase, F.A. Mettler, R.J. Vetter, *Evolution...*, wyd. cyt., s. 4.

<sup>62</sup>Por. P. Ludewig, E. Lorenzer, *Untersuchungen der Grubenluft in den Schneeberger Gruben auf den Gehalt von Radium-Emanation*, “Zeitschrift für Physik” 1924, nr 22, s. 178–185.

<sup>63</sup>„Allers Familj Journal” 1924, nr 10, cyt. za: A. Wójcik, M. Harms-Ringdahl, *Radiation protection biology then and now*, “International Journal of Radiation Biology” 2019, nr 7, s. 842.

<sup>64</sup>Zob. Z. Bałtrukiewicz, T. Musiałowicz, *100 lat ochrony przed promieniowaniem jonizującym*, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 1999, s. 6.

<sup>65</sup>Zob. L.S. Taylor, *History of the International Commission on Radiological Protection (ICRP)*, “Health Physics” 1958, nr 2, s. 98–99.

<sup>66</sup>Zob. Z. Bałtrukiewicz, T. Musiałowicz, *100 lat...*, wyd. cyt., s. 9.

<sup>67</sup>Z ogromnym uznaniem i szacunkiem należy wspomnieć, że aktywność badawcza tego autora datuje się od lat 30. XX w. do pierwszej dekady XXI w. L.S. Taylor był członkiem ICRU w latach 1928–1934, następnie pełnił funkcje sekretarza (1934–1953), pierwszego stałego przewodniczącego (1953–1969) i honorowego przewodniczącego tej organizacji od 1969 r. aż do swojej śmierci w 2004 r., zob. International Commission on Radiation Units and Measurements, *About ICRU*, <https://www.icru.org/about-icru/>, [dostęp: 4.02.2024].

<sup>68</sup>Zob. L.S. Taylor, *The Work of the National and International Committees on X-ray and Radium Protection*, “Radiology” 1932, nr 1, s. 2–3.

<sup>69</sup>Por. H. Smith, *The international...*, wyd. cyt., s. 42; J. Boice Jr, L.T. Dauer, K.R. Kase, F.A. Mettler, R.J. Vetter, *Evolution...*, wyd. cyt., s. 3–4.

<sup>70</sup>Zob. L.S. Taylor, *The Work...*, wyd. cyt., s. 3.

<sup>71</sup>Por. R. Oliver, *Seventy-five years of radiation protection*, “The British Journal of Radiology” 1973, nr 550, s. 854–860.

<sup>72</sup>Zob. A.J. Gonzalez, *Radiological protection in medicine: veni, vidi, vici*, [w:] *Radiation protection in medicine: setting the scene for the next decade. Proceedings of an International Conference organized by the International Atomic Energy Agency, hosted by the government of Germany, co-sponsored by the World Health Organization and held in Bonn, Germany, 3-7 December 2012*, International Atomic Energy Agency, Vienna 2015, s. 350.

<sup>73</sup>Zob. W.R. Hendee, *History, current status, and trends of radiation protection standards*, “Medical Physics” 1993, nr 5, s. 1303.

zcujących ochrony radiologicznej. Były to Międzynarodowe Rekomendacje dla Ochrony przed Promieniowaniem X i Radem (*International Recommendations for X-ray and Radium Protection 1928*, IRXRP 1928)<sup>74</sup>. Ten pierwszy historycznie dokument o charakterze wychodzącym poza ramy poszczególnych państw<sup>75</sup> miał jeszcze ogólny charakter i stosunkowo niewielką (4 strony) objętość. W punkcie pierwszym IRXRP 1928 zaprezentowano skrótowo podsumowanie dotychczasowej wiedzy w zakresie negatywnych efektów zdrowotnych promieniowania jonizującego, takich jak urazy tkanek powierzchniowych i zaburzenia pracy narządów wewnętrznych czy zmiany we krwi. Akcentowano, że niebezpieczeństw tych można uniknąć przez zapewnienie odpowiedniej ochrony i odpowiednich warunków pracy. Zalecano również (pkt 2), odnośnie do wszystkich rodzajów promieniowania, ustalenie limitów czasu pracy, ograniczając ją do siedmiu godzin dziennie i pięciu dni roboczych w tygodniu. Osoby zatrudnione w warunkach narażenia miały spędzać jak najwięcej czasu na świeżym powietrzu i przysługiwać im miał nie mniej niż jeden miesiąc urlopu w roku. Dodatkowo, zakazano im wykonywania pracy na innych oddziałach szpitalnych. Trzy, sformułowane w sposób ogólny, normy IRXRP 1928 odnosiły się *in concreto* do radonu, wówczas jeszcze określanego mianem „emanacji radu”<sup>76</sup>. Przemieszczanie takiej emanacji miało odbywać się w sposób zapewniający ochronę przed promieniowaniem (pkt 37), w miarę możliwości w jej „relatywnie nieaktywnym stanie” (pkt 38), a pomieszczenie, w którym trwają prace, powinno być wyposażone w wentylator wyciągowy (pkt 39)<sup>77</sup>.

Ten pierwszy zestaw zaleceń uzupełniono już po trzech latach w wyniku prac trzeciego ICR w Paryżu w 1931 r. Pochodzące z tego roku Międzynarodowe Rekomendacje dla Ochrony przed Promieniowaniem X i Radem (*International Recommendations for X-ray and Radium Protection 1931*, IRXRP 1931) zalecały, by osoby zatrudnione w wa-

runkach narażenia były poddawane co najmniej raz na sześć miesięcy badaniom lekarskim i badaniom krwi. Wynik takich badań decydował o dalszym dopuszczeniu do pracy (pkt 2 lit. e)<sup>78</sup>. Dotychczasowe przepisy szczególne o emanacjach radu uzupełniono zapisem, zalecającym, by w miarę możliwości prace z nimi odbywały się w odrębnym budynku. Materiał promieniotwórczy miał być przechowywany w ołowianym pojemniku<sup>79</sup>.

W 1932 r. G. Failla, posługujący się już pojęciami „radonu” i „toronu”, potwierdził poglądy E. Rutherforda<sup>80</sup> o stałej obecności tych pochodnych radu w powietrzu atmosferycznym<sup>81</sup>. W tymże roku wykazano również, że radon powoduje uszkodzenia układu odpornościowego<sup>82</sup>.

### Radon jako prawdopodobna przyczyna nowotworów płuc (od 1932 r.)

Kamieniem milowym w zakresie roli radonu w etiologii nowotworów płuc była, uwzględniająca właśnie te wyżej wymienione cztery wielkie osiągnięcia nauki, opublikowana w USA praca czeskich naukowców A. Pirchana i H. Šikli z 1932 r. Autorzy ci nie wykluczyli, co do zasady, spostrzeżeń F.W. Härtinga i W. Hesse<sup>83</sup> o onkogennym wpływie arsenu *in abstracto*<sup>84</sup>. Określili wszakże jednoznacznie, że „najbardziej prawdopodobną przyczyną nowotworów może być emanacja radu”<sup>85</sup> (radon), wywołująca „skumulowany efekt wskutek wdychania małych ilości przez wiele lat”<sup>86</sup>. Te niekorzystne skutki zdrowotne wystąpiły w badanej przez czeskich autorów grupie dopiero w okresie od 13 lat pracy w warunkach narażenia, a najlepszym sposobem przeciwdziałania im miała być mechaniczna wentylacja poprzez dostarczanie (wtłaczanie) świeżego powietrza<sup>87</sup>. Podobnie, rok później, wypowiedzieli się niezależnie J. Stoklasa<sup>88</sup> i H. Droschl<sup>89</sup>.

<sup>74</sup>Zob. International X-ray and Radium Protection Committee, *International Recommendations for X-ray and radium protection on the proposal of the Radio-Physics Section adopted by the Second International Congress of Radiology in Stockholm, July 27th, 1928*, [w:] *International Recommendations for X-ray and Radium Protection*, Kung. Boktryckeriet. P.A. Norstedt & Söner, Stockholm 1929.

<sup>75</sup>Por. H. Smith, *The international...*, wyd. cyt., s. 42; L.S. Taylor, *The founding...*, wyd. cyt., s. 1899.

<sup>76</sup>Por. S. Grabianka, *Z techniki nasywania radonem (emanacją radową) wód zdrojowych*, „Polska Gazeta Lekarska” 1938, nr 22, s. 438; E. Rutherford, *Some...*, wyd. cyt., s. 153; S.M. Barbosa, R.V. Donner, G. Steinitz, *Radon...*, wyd. cyt., s. 597–598.

<sup>77</sup>Zob. IRXRP 1928, wyd. cyt., s. 62–65.

<sup>78</sup>Zob. International X-ray and Radium Protection Committee, *International Recommendations for X-ray and Radium Protection. Revised by the International X-ray and Radium Protection Commission at the Third International Congress of Radiology, Paris, July 1931*, „Acta Radiologica” 1931, tom 12, s. 589.

<sup>79</sup>Tamże, s. 594.

<sup>80</sup>Por. E. Rutherford, *Some...*, wyd. cyt., s. 153–154.

<sup>81</sup>Zob. G. Failla, *Radium protection*, „Radiology” 1932, nr 1, s. 12–15.

<sup>82</sup>Por. G.M. Higgins, J.T. Rogers, *Effect of radium emanation on the histocyte in the liver of the white rat*, „The American Journal of Pathology” 1932, nr 3, s. 355–365.

<sup>83</sup>Por. F.W. Härting, W. Hesse, *Der Lungenkrebs...*, wyd. cyt., s. 326.

<sup>84</sup>Zob. A. Pirchan, H. Šikl, *Cancer of the lung in the miners of Jachymov*, „The American Journal of Cancer” 1932, nr 4, s. 719. „Hipotezę arsenową” podtrzymywano jeszcze w 1944 r., por. E. Lorenz, *Radioactivity and lung cancer; a critical review of lung cancer in the miners of Schneeberg and Joachimsthal*, „Journal of the National Cancer Institute” 1944, nr 1, s. 1–15.

<sup>85</sup>A. Pirchan, H. Šikl, *Cancer...*, wyd. cyt., s. 721.

<sup>86</sup>Tamże.

<sup>87</sup>Tamże, s. 710, 721.

<sup>88</sup>Por. J. Stoklasa, *Die Bedeutung der Luftradioaktivität für die Entstehung der Joachimsthaler und Schneeberger Bergkrankheit*, „Deutsche Medizinische Wochenschrift” 1933, nr 31, s. 1199–1200.

<sup>89</sup>Por. H. Droschl, *Ein Fall von mehrfachen Radiumkrebsen*, „Zeitschrift für Krebsforschung” 1933, nr 38, s. 274–282.

Kolejne, podjęte na czwartym ICR w Zurichu w 1934 r. rekomendacje (*International Recommendations for X-ray and Radium Protection 1934*, IRXRP 1934) utrzymały w całości dotychczasowe zalecenia. Stanowiły jednak przełom nomenklaturowy, albowiem odeszły już od pojęcia „emanacji radu” na rzecz, do dziś stosowanego, pojęcia „radonu”<sup>90</sup>. Analogiczny stan zachodził w rekomendacjach z 1937 r. (*International Recommendations for X-ray and Radium Protection 1937*, IRXRP 1937)<sup>91</sup>.

Niemniej jednak równoległe w polskim piśmiennictwie tego okresu wskazywano, że „do użytkowania wewnętrznego nadaje się radon znakomicie, bo stanowi potężny w lecznictwie czynnik energetyczny, a przy tym jest gazem chemicznie nieczynnym, nie wiąże się więc z innymi składnikami i jakkolwiek absorbuje się łatwo przez niektóre organa, szczególnie go wchłaniające, oraz przez tłuszcze i czerwone ciała krwi, to jednak nie na stałe, bo samorzutnie rozpada się i znika dość prędko, jako że półokres trwania radonu wynosi 3,8 dni”<sup>92</sup>.

## Pierwsze przepisy określające dopuszczalne wartości stężeń radonu w kopalniach (1940 r.)

Kompleksowe analizy w celu wyjaśnienia związku między stężeniem radonu a nowotworami płuc przeprowadził w 1939 r. W. Hueck. Obejmowały one pomiary radonu w kopalniach w Schneebergu oraz analizę histopatologiczną tkanek płuc zmarłych górników<sup>93</sup>. W następstwie tych badań wydane zostały przez Urząd Górniczy w Karlsbadzie, pierwsze na świecie, przepisy określające dopuszczalne wartości stężeń radonu w kopalniach. Było nimi tymczasowe zarządzenie z dnia 21 listopada 1940 r. policji górniczej w sprawie środków ochronnych dla pracowników kopalni St. Joachimsthal nr 416/11/40 (*Vorläufige bergpoli-*

*zeiliche Verfügung über Schutzmaßnahmen für die Belegschaft der St. Joachimsthaler Bergbau G.m.b.H.*)<sup>94</sup>. Zalecało ono wprowadzenie wentylacji nadmuchowej we wszystkich eksploatowanych wyrobiskach górniczych<sup>95</sup>, funkcjonującej w sposób umożliwiający rozcieńczenie emanacji radu. Dopuszczalne stężenie radonu ustalono na 5 jednostek Machego<sup>96</sup>, przy czym celem było zapewnienie stężeń na poziomie trzech takich jednostek. Jednostka Machego odpowiada współcześnie stężeniu ok. 13,5 bekereli na litr [ $\text{Bq}/\text{dm}^3$ ]<sup>97</sup>, co oznaczało dopuszczalne stężenie radonu rzędu  $67,5 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ , a postulowane – odpowiednio  $40,5 \text{ Bq}/\text{dm}^3$ <sup>98</sup>. Wskazana regulacja z 1940 r. wprowadziła obowiązek dokonywania pomiarów raz w miesiącu i dokumentowania prowadzonych zabiegów wentylacyjnych. W przypadku występowania stężeń większych niż 22 jednostki Machego dopuszczalny czas zatrudnienia w danym miejscu pracy wynosił 2 miesiące, wymagane było jednocześnie powiadomienie lekarza zakładowego o takim fakcie. Urząd górniczy wyposażono w kompetencję wstrzymania wydobywania na stanowiskach, gdzie stężenia radonu przekraczały 22 jednostki Machego. Przedmiotowe rozporządzenie z 1940 r. uznać można za pierwowzór współczesnych regulacji dotyczących osób zatrudnionych w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące pochodzące od radonu. W dniu 15 czerwca 1944 r. wydano analogiczne zarządzenia dla kolejnych kopalń w Górach Kruszcowych. Przystąpiono również do prac nad projektem następnej regulacji podwyższającej środki bezpieczeństwa, a obejmującej utworzenie całego systemu badań lekarskich, zasady zatrudniania młodocianych, zwiększony wymiar urlopów wypoczynkowych i bezwzględne obniżenie dopuszczalnych stężeń radonu do 3 jednostek Machego. Akt ten nie wszedł jednak w życie, prawdopodobnie z uwagi na przebieg działań wojennych<sup>99</sup>.

W 1944 r. B. Rajewsky wskazał, że narażenie na radon stanowi możliwą, główną przyczynę występowania raka

<sup>90</sup>Zob. International X-ray and Radium Protection Committee, *International recommendations for x-ray and radium protection. Revised by the International X-ray and Radium Protection Commission at the Fourth International Congress of Radiology, Zurich, July 1934*, „British Journal of Radiology” 1934, nr 83, s. 5.

<sup>91</sup>Zob. International X-ray and Radium Protection Committee, *International Recommendations for X-ray and Radium Protection. Revised by the International X-ray and Radium Protection Commission at the Fifth International Congress of Radiology, Chicago, September 1937*, British Institute of Radiology, London 1938, s. 5.

<sup>92</sup>S. Grabianka, *Z techniki...*, wyd. cyt., s. 438.

<sup>93</sup>Por. W. Hueck, *Kurzer Bericht über die Ergebnisse anatomischer Untersuchungen in Schneeberg*, „Zeitschrift für Krebsforschung” 1939, nr 47, s. 108–111.

<sup>94</sup>Zob. R. Schmidt, *Radioaktivität im Bergbau – natürlich oder zivilisatorisch?*, [w:] *Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität. 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. Dresden, 18. bis 22. September 2006*, red. E. Ettenhuber, R. Giessing, E. Beier, A. Bayer, Fachverband für Strahlenschutz, Köln 2006, s. 69.

<sup>95</sup>Zarządzenie realizowało więc w tym zakresie pochodzące już z XVI w. postulaty Georgiusa Agricoli, por. W. Thomson, *A Clinical...*, wyd. cyt., s. 153.

<sup>96</sup>Zob. R. Schmidt, *Radioaktivität...*, [w:] *Strahlenschutz-Aspekte...*, red. E. Ettenhuber, R. Giessing, E. Beier, A. Bayer, wyd. cyt., s. 69.

<sup>97</sup>Zob. T.A. Przylibski, *Radon. Składnik swoisty wód leczniczych Sudetów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005, s. 37; Z. Zdrojewicz, J. Strzelczyk, *Radon...*, wyd. cyt., s. 111. Jak wskazano w urzędowych publikatorach Generalnego Gubernatorstwa, „zawartość ziwów radowych wyraża się w jednostkach Machego lub Curie”, Geyer (brak imienia), *Uwagi ogólne o składzie chemicznym zdrojów leczniczych*, „Zdrowie i Życie. Dziennik Urzędowy Izby Zdrowia w Generalnym Gubernatorstwie” 1941, nr 28, s. 197.

<sup>98</sup>Marginalnie wspomnieć trzeba w tym miejscu, że już od początku badań nad radonem, w drugiej dekadzie XX w., wyrażano postulaty w zakresie uniformizacji jednostek metrologicznych, zob. W.J. Schieffelin, *Uniformity in dosage of radium emanation*, „Scientific American” 1915, nr 2042, s. 123.

<sup>99</sup>Zob. R. Schmidt, *Radioaktivität...*, [w:] *Strahlenschutz-Aspekte...*, red. E. Ettenhuber, R. Giessing, E. Beier, A. Bayer, wyd. cyt., s. 69–70.



płuc u górników w Górach Kruszcowych<sup>100</sup>. Warto wspomnieć, że występowanie w jednej z tamtejszych kopalń wysokich stężeń radonu sprawiło, że autor ten określił ją mianem „kopalni śmierci”<sup>101</sup>. Z perspektywy tego ostatniego spostrzeżenia skrajny niepokój budzić mogą, przytaczane już w niniejszej pracy, wyniki pomiarów stężeń radonu w jednostkach systemu oświaty w okolicach Jeleniej Góry.

## Radon jako przyczyna nowotworów płuc (od 1951 r.)

Prowadzone do połowy XX w. badania określały jedynie, mniej czy bardziej stanowczo, że radon może być prawdopodobną przyczyną nowotworów<sup>102</sup>. Przełomowa w tej mierze była teza W.F. Bale’a z 1951 r., który w memorandum dla Komisji Energii Atomowej USA sformułował jednoznaczny pogląd o indukcji raka płuc przez wdychanie radonu. Autor ten określił, że czynnikiem sprawczym jest nie tyle sam radon, ile produkty jego rozpadu – polon, bizmut i ołów (pochodne radonu). We wcześniejszych ocenach zagrożenia związanego z radonem całkowicie zaniedbano – wskazał on – że dawka promieniowania pochodząca od produktów jego rozpadu znacznie przekroczy dawkę promieniowania od samego radonu<sup>103</sup>. Pogląd W.F. Bale’a rozwinął w 1953 r. J.H. Harley, który określił, że inhalacja pochodnych radonu jest wielokrotnie bardziej niebezpieczna<sup>104</sup>, a kolejne prace potwierdzały spostrzeżenia obu tych autorów<sup>105</sup>.

W konsekwencji wskazanych ustaleń na całym świecie przystąpiono do badań stanu zdrowia górników. Ich wyniki jednoznacznie potwierdziły, że ryzyko zapadnięcia na nowotwór płuc wzrasta liniowo wraz ze stężeniami radonu i jest ono średnio cztery razy wyższe u osób pracujących w warunkach narażenia na ten gaz niż u reszty populacji<sup>106</sup>. Budzące olbrzymi niepokój dane przytacza W. Jacobi, wskazujący, że zachorowalność na raka płuc u osób narażonych na ponadnormatywne stężenia radonu może być wyższa niż zachorowalność na wszystkie typy nowotworów wśród ocalałych z wybuchów bomb atomowych jądrowych w Hiroszynie i Nagasaki<sup>107</sup>.

Łączna liczba zatrudnionych na przestrzeni całego XX w. w kopalniach uranu wynosiła, w skali całego świata, co najwyżej ok. 500 000 osób<sup>108</sup>. Do połowy ubiegłego stulecia nie analizowano zagadnień związanych z narażeniem na radon poza kopalniami.

## Pierwsze polskie unormowania dotyczące radonu (1952–1953 r.)

Po II wojnie światowej<sup>109</sup> C. Pawłowski, uznawany za rodzimego prekursora legislacji w dziedzinie ochrony przed promieniowaniem<sup>110</sup>, wydał zbiór 150 zaleceń, określanych przez niego mianem „przepisów”, o środkach ochronnych zabezpieczających lekarzy, pracowników pomocniczych i chorych w czasie stosowania promieni X do celów rozpoznawczych i leczniczych oraz warunków pracy lekarzy

<sup>100</sup>Zob. B. Rajewski, *Bericht über die Schneeberger Untersuchungen*, „Zeitschrift für Krebsforschung” 1944, nr 49, s. 335–338. Podobnie jak akcentowałem w innej publikacji, której jestem współautorem, cytowanie niemieckiego piśmiennictwa naukowego z okresu III Rzeszy budzi istotne wątpliwości etyczne, por. R. Bobkier, P. Herman, *The Assassinations of the Ancient Jewish Sicarii from an Intelligence Analysis Perspective. Josephus Flavius Reexamined*, „Security Dimensions” 2023, nr 44, s. 41; szerzej por. G. Scarre, *Understanding the Moral Phenomenology of the Third Reich*, „Ethical Theory and Moral Practice” 1998, nr 4, s. 423–445. Wątpliwości te są *in hoc casu* mocne, biorąc pod uwagę niewolniczy system zatrudnienia w ówczesnych niemieckich kopalniach, por. M. Spoerer, *Praca przymusowa pod znakiem swastyki. Cudzoziemscy robotnicy, jeńcy wojenni i więźniowie w Niemczech i okupowanej Europie w latach 1939-1945*, Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku, Gdańsk 2015. Należy więc stanowczo podkreślić, że nazistowski antysemityzm jest ideologią, która stała za wyjątkową na tle innych masowych zbrodni tragedią *Shoah*, Holokaustu, por. S. Krajewski, *O wyjątkowości Zagłady Żydów*, „Zeszyty Społecznej Myśli Kościoła. Chrześcijaństwo-Swiat-Polityka”, 2018, nr 22, s. 38–45.

<sup>101</sup>Zob. B. Rajewski, *Bericht...*, wyd. cyt., s. 338.

<sup>102</sup>Por. A. Pirchan, H. Šikl, *Cancer...*, wyd. cyt., s. 681–722; J. Stoklasa, *Die Bedeutung...*, wyd. cyt., s. 1199–1200; H. Droschl, *Ein Fall...*, wyd. cyt., s. 274–282; W. Hueck, *Kurzer...*, wyd. cyt., s. 108–111; O. Rostoski, E. Saupe, C.G. Schmorl, *Die Bergkrankheit...*, wyd. cyt., s. 360–384; H. Thiele, *Die Schneeberger...*, [w:] *Ärztliche...*, wyd. cyt., s. 85–92; B. Rajewski, *Bericht...*, wyd. cyt., s. 335–338.

<sup>103</sup>Zob. W.F. Bale, *Hazards Associated with Radon and Thoron. Unpublished memorandum to the U.S. Atomic Energy Commission 1951*, cyt. za: *Radium Exposure of Uranium Miners. Hearings and Reports on Atomic Energy 1967*, U.S. Government Printing Office, Washington 1968, s. 1351.

<sup>104</sup>Zob. J.H. Harley, *Sampling and measurement of airborne daughter products of radon*, „Nucleonics” 1953, nr 11, s. 12–15.

<sup>105</sup>Obszerny przegląd publikacji za okres do 1969 r., por. P.J. Walsh, *Radiation dose to the respiratory tract of uranium miners – a review of the literature*, „Environmental Research” 1970, nr 1, s. 14–36.

<sup>106</sup>Zob. A.C. George, *World history of radon research and measurement from the early 1900's to today*, „American Institute of Physics Conference Proceedings” 2008, nr 1, s. 3.

<sup>107</sup>Zob. W. Jacobi, *The History of the Radon Problem in Mines and Homes*, „Annals of the ICRP” 1993, nr 2, s. 42.

<sup>108</sup>Tamże.

<sup>109</sup>Warto wspomnieć, że w systemie prawnym II Rzeczypospolitej brak było, jak wskazuje T.R. Nowacki, unormowań odnoszących się *in concreto* do nadzoru nad bezpieczeństwem stosowania promieniowania jonizującego, zob. T.R. Nowacki, *Ewolucja prawnego statusu organów nadzorujących bezpieczeństwo wykorzystywania energii jądrowej w Polsce*, „Zeszyty Prawnicze” 2018, nr 3, s. 116. Autor ten upatruje przyczyn braku aktywności legislacyjnej w okresie międzywojennym w okoliczności niewielkiej liczby osób narażonych, tamże, s. 116–118. W zakresie stanu unormowań higieniczno-sanitarnych sensu *largo* w odrodzonej po zaborach Polsce, por. R. Bobkier, *Ewolucja regulacji prawnych kąpielisk w II Rzeczypospolitej*, „Studia z Historii Społeczno-Gospodarczej XIX i XX Wieku” 2021, tom 24, s. 52–56.

<sup>110</sup>Zob. A. Szumska, *Dozymetria soczewek oczu w medycynie z wykorzystaniem dawkomierzy termoluminescencyjnych (rozprawa doktorska przygotowana pod kierunkiem dr hab. Macieja Budzanowskiego)*, Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk, Kraków 2015, s. 42.

i personelu pomocniczego w zakładach rentgenologicznych<sup>111</sup>.

Pierwszym polskim aktem prawnym, dotyczącym radonu, jest rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 6 sierpnia 1952 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w przemysłowych laboratoriach radiologicznych<sup>112</sup>. Przepis jego § 23 ust. 2 nakazywał, by pomieszczenia, w których występować może ten gaz, zaopatrzone były w wentylację mechaniczną, zapewniającą dziesięciokrotną wymianę powietrza na godzinę. Przed wejściem do pomieszczenia należało włączyć wentylator w celu usunięcia szkodliwego radonu, zaś stałe przebywanie osób w tym pomieszczeniu było zabronione.

Podobną regulację zawierało w § 23 ust. 1 rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 27 stycznia 1953 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w lekarskich zakładach rentgenowskich i na oddziałach szpitalnych, na których stosuje się rad<sup>113</sup>. Precyzowało ono, że w takich pomieszczeniach nie wolno nikomu przebywać dłużej niż wymagają tego wykonywane czynności. Norma § 30 tego rozporządzenia stanowiła, że najwyższa dopuszczalna ilość radonu w powietrzu w pomieszczeniach, w których odbywają się prace z użyciem radu, wynosi  $5 \cdot 10^{-11}$  curie (kiurów) na 1 litr powietrza. Wskazana dopuszczalna w latach 50. XX w. wartość odpowiada, wyrażonemu w jednostkach układu SI, stężeniu radonu wynoszącemu 1850 bekereli na metr sześcienny<sup>114</sup>. Omawiana regulacja była pierwszym aktem polskiego systemu prawnego, zawierającym unormowanie dopuszczalnego stężenia radonu.

Tymczasowa Instrukcja Ministra Zdrowia z dnia 3 listopada 1955 r. dotycząca ochrony zdrowia przy stosowaniu

ciał promieniotwórczych w zakładach przemysłowych, w zakładach służby zdrowia i pracowniach naukowo-badawczych<sup>115</sup> nie zawierała regulacji prawnych odnoszących się do radonu. Była jednak istotna, gdyż wprowadziła w dziale II.1 do polskiego języka prawnego definicję legalną jednostki fizycznej – kiura (Ci, „curie”), określając ją jako ilość substancji promieniotwórczej, w której zachodzi  $3,7 \cdot 10^{10}$  przemian jądrowych na sekundę.

## Powstanie Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej, ICRP (1954)

W 1950 r. Międzynarodowemu Komitetowi Ochrony przed Promieniowaniem Rentgenowskim i Radem (IXRPC) nadano nazwę Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej (*International Commission on Radiological Protection*, ICRP)<sup>116</sup>. ICRP, podobnie jak wcześniej IXRPC, to organizacja międzynarodowa prawa prywatnego typu *non-profit*, wpisana do rejestru Komisji Organizacji Charytatywnych dla Anglii i Walii (*Charity Commission of England and Wales*)<sup>117</sup>.

W pierwszych powojennych rekomendacjach ICRP z 1950 r. (*International Recommendations on Radiological Protection 1950*)<sup>118</sup> utrzymano w całości brzmienie zaleceń, zawartych w ICRP z 1937 r.

Kolejny dokument w tej materii to rekomendacje ICRP z 1954 r. (*Recommendations of the International Commission on Radiological Protection 1954*, ICRP 1954)<sup>119</sup>. Cechował się już nieporównanie większą obszernością, niż te kilkustronicowe poprzednie, liczył bowiem niemal 100 stron. W ICRP 1954 nie formułowano jeszcze odrębnych norm odnośnie do samego radonu<sup>120</sup>. Jak wypowiedział się

<sup>111</sup>Por. C. Pawłowski, *Przepisy o środkach ochronnych zabezpieczających lekarzy, pracowników pomocniczych i chorych w czasie stosowania promieni X do celów rozpoznawczych i leczniczych oraz warunki pracy lekarzy i personelu pomocniczego w zakładach rentgenologicznych*, Lekarski Instytut Naukowo-Wydawniczy, Warszawa 1947.

<sup>112</sup>Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 6 sierpnia 1952 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w przemysłowych laboratoriach radiologicznych (Dz. U. Nr 39, poz. 274).

<sup>113</sup>Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 27 stycznia 1953 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w lekarskich zakładach rentgenowskich i na oddziałach szpitalnych, na których stosuje się rad (Dz. U. Nr 28, poz. 110).

<sup>114</sup>Tego i kolejnych przeliczeń dokonano na podstawie kalkulatora: *Unit converters*, [https://www.efunda.com/units/convert\\_units.cfm?mode=short&From=294](https://www.efunda.com/units/convert_units.cfm?mode=short&From=294), [dostęp: 15.10.2024]. W dalszej treści wartość w jednostkach układu SI wskazywana jest w nawiasie, po wartości wskazanej w jednostkach pozaukładowych w treści danego aktu prawnego.

<sup>115</sup>Tymczasowa Instrukcja Ministra Zdrowia z dnia 3 listopada 1955 r. dotycząca ochrony zdrowia przy stosowaniu ciał promieniotwórczych w zakładach przemysłowych, w zakładach służby zdrowia i pracowniach naukowo-badawczych (M.P. 1955 nr 105 poz. 1417).

<sup>116</sup>Zob. M. Sasaki, T. Fujibuchi, *Development of the System of Radiological Protection and Medical Exposure: Basic Information and Trends*, „Radiation Environment and Medicine” 2020, nr 2, s. 109.

<sup>117</sup>W rejestrze tym ICRP wskazuje jednak, jako siedzibę, miasto Ontario w Kanadzie, zob. Charity Commission of England and Wales, *The International Commission on Radiological Protection*, Charity number: 1166304, <https://register-of-charities.charitycommission.gov.uk/charity-search/-/charity-details/5078066/contact-information>, [dostęp: 24.11.2024].

<sup>118</sup>Zob. International Commission on Radiological Protection, *International Recommendations on Radiological Protection. Revised by the International Commission on Radiological Protection at the Sixth International Congress of Radiology, London, 1950*, „British Journal of Radiology” 1951, nr 46, s. 5.

<sup>119</sup>Por. International Commission on Radiological Protection, *Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Revised December 1954*, British Institute of Radiology, London 1955.

<sup>120</sup>Rekomendacje te zawierały jednak słownik pojęć do dzisiaj stosowanych w zakresie ochrony radiologicznej: promieniowania jonizującego (*ionizing radiation*); dawki (*dose*); dawki pochłoniętej (*absorbed dose*); dawki dopuszczalnej (*permissible dose*); dawki dla personelu (*personnel dose*); zagrożenia promieniowaniem (*radiation hazard*). W zakresie maksymalnej dawki dopuszczalnej (*maximum permissible dose*) dokonano w ICRP 1954 ważnego – i nadal, co do zasady, aktualnego – rozróżnienia pomiędzy taką dawką dla pracowników i dla ogółu ludności (dawka populacyjna). Żadnej z tych dawek nie określano jeszcze *in concreto*. Natomiast w zakresie dawki populacyjnej zalecano, by maksymalne dopuszczalne jej poziomy zmniejszyć dziesięciokrotnie poniżej poziomów przyjętych dla narażenia zawodowego, zob. ICRP 1954, wyd. cyt., s. 8–20. To ostatnie zalecenie, wskazuje R. Walgate, stanowiło przełom o charakterze historycznym dla ochrony radiologicznej, obejmując nią

w 1984 r. A. Kaul, zawarte w ICRP 1954 sformułowanie koncepcji ochrony przed promieniowaniem było już wcześniej intuicyjnie praktykowane. Publikacja ta utworzyła jednak fundament ochrony radiologicznej polegającej na stosowaniu środków ochronnych, przy rozsądnym uwzględnieniu dostępnej na dany moment wiedzy, w taki sposób, by liczba narażonych osób i prawdopodobieństwo ich narażenia były jak najmniejsze, a dawki promieniowania jonizującego, otrzymaniwane przez te osoby – możliwie małe<sup>121</sup>.

## Pierwsze pomiary stężeń radonu w budynkach (1956 r.)

Pierwsze pomiary stężeń radonu w budynkach przeprowadził w Szwecji w 1956 r. B. Hultqvist. Obejmowały one niemal 1000 domów wzniesionych z użyciem betonu łupkowego o dużej zawartości radu<sup>122</sup>. W piśmiennictwie amerykańskim wskazuje się, że początkowo nie przydawano temu badaniu większego znaczenia z uwagi na przeświadczenie, że problem występuje wyłącznie lokalnie, na półwyspie skandynawskim<sup>123</sup>. Warto jednak zaznaczyć, że opinia ta o tyle nie jest trafna, że analogiczne do B. Hultqvista spostrzeżenia o obecności radonu w budynkach sformułował, również w 1956 r., polski badacz E. Trembaczowski<sup>124</sup>. Wydaje się jednak, że pozostają one w literaturze przedmiotu (niestety) niezauważone.

## Raport Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej z 1956 r. (ICRP 1956)

W 1956 r. Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej wprowadziła szereg poprawek do swoich rekomen-

dacji ICRP 1954. Poprawki te ujęto w formie raportu (*1956 Report on Amendments during 1956 to the 1954 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP 1956)<sup>125</sup>. Konieczność dokonania tak szybkiej aktualizacji rekomendacji wynikała z postępów badań nad genetycznymi skutkami narażenia na promieniowanie jonizujące<sup>126</sup>.

Powyższy raport z 1956 r. wprowadził do rekomendacji ICRP pojęcie „terenu kontrolowanego”, stanowiące zresztą aktualnie element polskiego języka prawnego, definiując je jako obszar, w którym narażenie zawodowe personelu na promieniowanie lub materiały promieniotwórcze jest nadzorowane przez inspektora ds. bezpieczeństwa radiologicznego<sup>127</sup>. W piśmiennictwie tego okresu podkreślano, że taka forma ochrony przestrzeni powinna występować również w przypadku narażenia na działanie radonu<sup>128</sup>. Dla personelu przebywającego w obrębie terenów kontrolowanych powinny zostać określone dopuszczalne poziomy narażenia zawodowego, natomiast dla każdej osoby w dowolnym miejscu poza terenami kontrolowanymi maksymalne dopuszczalne poziomy narażenia wynoszą 10% poziomów narażenia zawodowego<sup>129</sup>.

## Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 maja 1957 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego

Oba wyżej opisane rozporządzenia (z 1952 r.<sup>130</sup> oraz z 1953 r.<sup>131</sup>) oraz tymczasową instrukcję z 1955 r.<sup>132</sup> uchylono przepisem § 92 pkt 1 rozporządzenia Rady Ministrów

nie tylko pracowników, lecz także ogół ludności, zob. R. Walgate, *Radiation exposure: Moving standards in 1950s*, „Nature” 1985, nr 313, s. 175.

<sup>121</sup>Zob. A. Kaul, *Derzeitiger wissenschaftlicher Stand des Strahlenschutzes. Vortrag, gehalten anlässlich der Herbsttagung des ÖVS 1984 am 29. November 1984 in Wien*, „Österreichischer Verband für Strahlenschutz – Mitteilung” 1985, nr 1, s. 6.

<sup>122</sup>Por. B. Hultqvist, *Studies on naturally occurring ionising radiations with special reference to radiation doses in Swedish houses of various types*, „Handlingar. Fjarde Serien” Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar, Stockholm 1956, cyt. za M. Shimo, *History of Radon Research. From the Beginnings to 1980s*, „Japanese Journal of Health Physics” 2022, nr 4, s. 166; A.C. George, *World...*, wyd. cyt., s. 16.

<sup>123</sup>Zob. W. Jacobi, *The History...*, wyd. cyt., s. 42.

<sup>124</sup>Por. E. Trembaczowski, *Zawartość radu i uranu w lessach i utworach lessopodobnych Wyżyny Lubelskiej*, „Annales Universitatis Mariae Curie Skłodowska” 1956, nr 6, s. 239.

<sup>125</sup>Por. International Commission on Radiological Protection, *1956 Report on Amendments during 1956 to the 1954 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, „Radiation Research” 1958, nr 6, s. 539–542.

<sup>126</sup>Zob. K. Sankaranarayanan, J. Wassom, *Reflections on the impact of advances in the assessment of genetic risks of exposure to ionizing radiation on international radiation protection recommendations between the mid-1950s and the present*, „Mutation Research/Reviews in Mutation Research” 2008, nr 1–2, s. 3; por. K.L. Mossman, *A Brief History of Radiation Bioeffects*, [w:] *Health Effects of Exposure to Low-Level Ionizing Radiation*, red. W.R. Hendee, F. Edwards, IOP Publishing, Bristol-Philadelphia 1996, s. 1–26. Uwzględnić należy okoliczność wskazania w piśmiennictwie, już w XXI w., że czas przygotowywania rekomendacji przez ICRP wynosi aktualnie ok. dziesięciu lat, zob. C. Clement, W. Rühm, J. Harrison, K. Applegate, D. Cool, C.M. Larsson, C. Cousins, J. Lochard, S. Bouffler, K. Cho, M. Kai, D. Laurier, S. Liu, S. Romanov, *Keeping the ICRP recommendations fit for purpose*, „Journal of Radiological Protection” 2021, nr 41, s. 1392.

<sup>127</sup>Zob. International Commission on Radiological Protection, *1956 Report...*, wyd. cyt., s. 540.

<sup>128</sup>Por. C.B. Brooke, *Radiation hazards in the distribution and use of luminizing compounds*, „Royal Society of Health Journal” 1960, nr 4, s. 228–231; F. Ellis, *Reduction of Radiation Hazards in the Use of Radium And Similar Sources*, „Proceedings of the British Institute of Radiology” 1960, nr 391, s. 467.

<sup>129</sup>Zob. International Commission on Radiological Protection, *1956 Report...*, wyd. cyt., s. 540; por. E.E. Pochin, E. Rock Carling, *Report on emergency exposure to external radiation*, Medical Research Council, Westminster, London 1960, s. 147, [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/37/004/37004437.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/004/37004437.pdf), [dostęp: 12.10.2024].

<sup>130</sup>Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 6 sierpnia 1952 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w przemysłowych laboratoriach radiologicznych.

<sup>131</sup>Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 27 stycznia 1953 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w lekarskich zakładach rentgenowskich i na oddziałach szpitalnych, na których stosuje się rad.

<sup>132</sup>Tymczasowa Instrukcja Ministra Zdrowia z dnia 3 listopada 1955 r. dotycząca ochrony zdrowia przy stosowaniu ciał promieniotwórczych



z dnia 23 maja 1957 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego<sup>133</sup>. Jego załącznik nr 2 wskazywał najwyższe dopuszczalne stężenia przy narażeniu ciągłym. Odnośnie do radonu ( $Rn^{222}$ ) takie stężenie w powietrzu określono na  $10^{-7}$  mikrokiurów na mililitr ( Ci/ml), co jest równoważne  $3700 \text{ Bq/m}^3$ . Rozporządzenie z 1957 r. zawierało przepisy normujące obowiązki kierowników zakładów pracy odnośnie do bezpieczeństwa pracowników. Pierwszy z tych obowiązków obejmował zapoznanie z treścią rozporządzenia pracowników zatrudnionych bądź przyjmowanych do pracy przy źródłach promieniowania jonizującego (§ 83 ust. 1), którzy fakt takiego zapoznania potwierdzić mieli własnoręcznym podpisem (§ 83 ust. 2). Kierownik zakładu pracy dopuszczał pracowników do pracy w warunkach narażenia na działanie promieniowania jonizującego dopiero po ich przeszkoleniu (§ 84 ust. 1).

## Publikacja Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej z 1959 r. (ICRP 1)

Od 1959 r. rekomendacje Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej były wydawane w formie numerowanych publikacji. Pierwsza z nich pochodzi z 1959 r. (*ICRP Publication 1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, ICRP 1)<sup>134</sup>. Określono w niej, że narażenie na promieniowanie jonizujące może wywołać skutki, które uwidocznia się tak u narażonej osoby, jak i jej potomstwa. Skutki te określono odpowiednio jako somatyczne i genetyczne<sup>135</sup>.

Jednocześnie w ICRP 1 znacznie rozszerzono, zawarte w dokumentach ICRP 1954 i ICRP 1956, unormowania dotyczące grup (kategorii) narażenia na promieniowanie. Wprowadzono cztery kategorie takiego narażenia, jednakże rekomendacje dotyczące narażenia indywidualnego

w zakładach przemysłowych, w zakładach służby zdrowia i pracowniach naukowo-badawczych.

<sup>133</sup>Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 maja 1957 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 34, poz. 148 z późn. zm.).

<sup>134</sup>Por. International Commission on Radiological Protection, *ICRP Publication 1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Pergamon Press, New York-Paris-London-Los Angeles 1959.

<sup>135</sup>Tamże, s. 8–9.

<sup>136</sup>Tamże, s. 10.

<sup>137</sup>Obejmowała ona: osoby dorosłe, które pracują w pobliżu terenów kontrolowanych, ale same nie są zatrudnione przy pracach powodujących narażenie na promieniowanie jonizujące (podkategoria Ba); osoby dorosłe, które w ramach swoich obowiązków okazjonalnie wchodzi na teren kontrolowany, ale nie są uważane za pracujące w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące (podkategoria Bb); członków społeczeństwa, mieszkających w sąsiedztwie terenów kontrolowanych (podkategoria Bc). Z uwagi na okoliczność, że do ostatniej podkategorii Bc zalicza się również dzieci, maksymalna dawka dopuszczalna dla tej kategorii powinna być trzykrotnie niższa, niż dla osób zaliczanych do podkategorii Ba i Bb, zob. ICRP 1, wyd. cyt., s. 13.

<sup>138</sup>Tamże.

<sup>139</sup>Tamże.

<sup>140</sup>Tamże, s. 9–10.

<sup>141</sup>Por. W.S. Snyder, *Present Trends in Estimation of Internal Dose*, [w:] *Fifth Annual Meeting of the Bio-Assay and Analytical Chemistry Group, Gatlinburg, Tennessee October 1-2, 1959*, United States Atomic Energy Commission, Oak Ridge 1960, s. 49.

<sup>142</sup>L.S. Taylor, *Radiation exposure as a reasonable calculated risk*, "Health Physics" 1958, nr 1, s. 62.

<sup>143</sup>Zob. E.N. Parker, *Radioactive Fallout from Nuclear Explosions. Report DASA-1188*, Defense Atomic Support Agency, Washington 1960, s. 19.

<sup>144</sup>Por. International Commission on Radiological Protection, *ICRP Publication 2. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation*, Pergamon Press, Oxford-London-Edinburgh-New York-Toronto-Sydney-Paris-Braunschweig 1960.

<sup>145</sup>Zob. ICRP 2, wyd. cyt., s. 3–6.

<sup>146</sup>Por. ICRP 1, wyd. cyt., s. 10.

sformułowane tylko dla pierwszych dwóch z nich<sup>136</sup>: kategoria A: narażenie zawodowe – obejmująca osoby zazwyczaj pracujące na terenie kontrolowanym; kategoria B: narażenie szczególnych grup<sup>137</sup>; kategoria C: narażenie całości populacji<sup>138</sup>; kategoria D: narażenie medyczne<sup>139</sup>.

Przedmiotowe, pierwsze numerowane, rekomendacje ICRP nie zawierały unormowań, dotyczących radonu. Odnosiły się jednak do niego pośrednio w takim zakresie, w jakim nawiązywały do promieniowania jonizującego pochodzącego ze źródeł naturalnych. W ICRP 1 wskazano, że działanie tego typu promieniowania na organizm nie zostało jeszcze dobrze rozpoznane przez naukę, różni się ono w zależności od lokalizacji i ma wpływ na funkcjonowanie organizmu<sup>140</sup>. Stanowisko to było akceptowane w ówczesnym piśmiennictwie<sup>141</sup>. Podkreślano w nim niedostatek wiedzy co do szkodliwości promieniowania jonizującego ze źródeł naturalnych, czyniąc z jednej strony założenie, że „ryzyka tego nie da się jednoznacznie zdefiniować”<sup>142</sup>, a z drugiej, że wywoływać musi ono skutki genetyczne analogiczne do tych, wywoływanych przez źródła sztuczne<sup>143</sup>.

## Publikacja Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej z 1959 r. (ICRP 2)

Druga numerowana publikacja pochodzi również z 1959 r. (ICRP 2)<sup>144</sup>. Poświęcona była obliczeniom dopuszczalnej dawki skażenia wewnętrznego dla różnych radionuklidów dla narażenia zawodowego. Publikacja ta wprowadziła, podobne jak w ICRP 1, kategorie narażenia: kategoria A (narażenie zawodowe), kategoria B (narażenie szczególnych grup), kategoria C (narażenie całości populacji)<sup>145</sup>, rezygnując tylko z określonej w ICRP 1 kategorii D (narażenie medyczne)<sup>146</sup>. W odniesieniu do narażenia na

radon określono je jako „przypadek wyjątkowy”<sup>147</sup>, zalecając, by z uwzględnieniem 40 godzin pracy tygodniowo nie dopuszczano do pracy górników w warunkach stężeń radonu przekraczających 30 pCi/l<sup>148</sup> (1110 Bq/m<sup>3</sup>).

## Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 czerwca 1968 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego

Zawarte w rozporządzeniu z 1957 r.<sup>149</sup> przepisy dotyczące stężeń radonu zostały z dniem 23 grudnia 1968 r. uchylone przepisem § 31 rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 18 czerwca 1968 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego<sup>150</sup>. Opierając się na delegacji z § 29 tego rozporządzenia, wydano zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej oraz Pełnomocnika Rządu do spraw Wykorzystania Energii Jądrowej z dnia 15 grudnia 1969 r. w sprawie największych dopuszczalnych dawek promieniowania jonizującego oraz innych wskaźników z zakresu ochrony przed promieniowaniem<sup>151</sup>. W załączniku nr 1 do tego zarządzenia określono trzy kategorie największych dopuszczalnych stężeń dla radonu w powietrzu: dla pracowników zatrudnionych w warunkach narażenia kategorii A przy narażeniu ciągłym przy pracy w wymiarze 40 godzin na tydzień: 3 · 10<sup>-8</sup> Ci/cm<sup>3</sup> (1110 Bq/m<sup>3</sup>); dla pracowników zatrudnionych w warunkach narażenia kategorii B przy narażeniu ciągłym przy pracy w wymiarze 40 godzin na tydzień: 10<sup>-8</sup> Ci/cm<sup>3</sup> (370 Bq/m<sup>3</sup>); natomiast dla osób dorosłych znajdujących się na terenie i w otoczeniu zakładów,

z wyjątkiem pracowników kategorii A i B, przy wymiarze 168 h na tydzień: 10<sup>-9</sup> Ci/cm<sup>3</sup> (37 Bq/m<sup>3</sup>).

Ta trzecia kategoria narażenia w omawianym zarządzeniu z 1969 r. wymaga komentarza. Wyznaczono dla niej dopuszczalne stężenie radonu wynoszące, w jednostkach układu SI, 37 Bq/m<sup>3</sup> dla osób dorosłych znajdujących się „w otoczeniu zakładów”. Obowiązujące w dacie wejścia w życie tego zarządzenia rozporządzenie z dnia 6 listopada 1946 r. o ogólnych przepisach dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy<sup>152</sup> jednoznacznie regulowało w rozdziale 15 części II, w § 42, higienę otoczenia zakładu pracy<sup>153</sup>. Wspomniany akt prawny nie definiował jednak samego pojęcia „otoczenia zakładu pracy”, w szczególności nie precyzował, jaki jest wymiar przestrzenny takiego otoczenia<sup>154</sup>. Dlatego też trudno ocenić jednoznacznie, dla jakiej konkretnie odległości od terenu zakładu określono *de facto* kategorię najwyższego dopuszczalnego stężenia dla radonu, wynoszącą 37 Bq/m<sup>3</sup>. Zresztą nawet współcześnie dolny limit detekcji dla stężenia radonu wynosi średnio ok. 50 Bq/m<sup>3</sup><sup>155</sup>, nie jest więc wiadome, w jaki sposób taką dokładność pomiaru, która pozwalałaby na ustalenie stanu przekroczenia stężenia radonu w wysokości akurat 37 Bq/m<sup>3</sup>, zamierzano realizować w latach 60. XX w.

## Masowe pomiary stężeń radonu w Polsce (1969 r.)

W 1969 r. przeprowadzono w Polsce (Warszawa, Łódź, Mysłowice, Świętochłowice, Zagorze, Katowice) pomiary stężeń radonu w budynkach mieszkalnych, wzniesionych z betonu, kruszywa hutniczego i żużlobetonu<sup>156</sup>. Badania te

<sup>147</sup>ICRP 2, wyd. cyt., s. 8.

<sup>148</sup>Tamże.

<sup>149</sup>Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 maja 1957 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego.

<sup>150</sup>Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 czerwca 1968 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20, poz. 122).

<sup>151</sup>Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej oraz Pełnomocnika Rządu do spraw Wykorzystania Energii Jądrowej z dnia 15 grudnia 1969 r. w sprawie największych dopuszczalnych dawek promieniowania jonizującego oraz innych wskaźników z zakresu ochrony przed promieniowaniem (M. P. z 1970 r. Nr 1, poz. 7).

<sup>152</sup>Rozporządzenie Ministrów: Pracy i Opieki Społecznej, Zdrowia, Przemysłu, Odbudowy, Administracji Publicznej oraz Ziem Odzyskanych z dnia 6 listopada 1946 r. wydane w porozumieniu z Ministrami: Obrony Narodowej, Skarbu, Sprawiedliwości, Oświaty, Rolnictwa i Reform Rolnych, Komunikacji, Poczty i Telegrafów, Leśnictwa oraz Aprowizacji i Handlu o ogólnych przepisach dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. Nr 62, poz. 344 z późn. zm.).

<sup>153</sup>Przepis ten stanowił: Szkodliwe dla zdrowia odpadki gazowe, ciekłe lub stałe powinny być usuwane z zakładu w sposób zabezpieczający przed tą szkodliwością i unieszkodliwiane przez oczyszczenie mechaniczne, chemiczne lub biologiczne, jak pochłanianie, spalanie, rozcieńczanie, zobojętnianie, odprowadzenie do zamkniętych zbiorników itp.

<sup>154</sup>W ówczesnie obowiązujących przepisach wyróżniano jeszcze „najbliższe otoczenie zakładu”, jak w art. 4 ust. 3 ustawy z dnia 22 kwietnia 1959 r. o utrzymaniu czystości i porządku w miastach i osiedlach (Dz. U. Nr 27, poz. 167 z późn. zm.). W orzecznictwie wyjaśniano, że to pojęcie należy rozumieć jako bezpośrednie otoczenie zakładu, por. orzeczenie GKA z 9.12.1961 r., III-6618/61, OSP 1962, nr 11, poz. 311.

<sup>155</sup>Zob. J. Olszewski, K. Walczak, P. Politański, K. Domeradzka-Gajda, K. Kowalczyk, M. Zmysłony, M. Brodecki, M. Stępnik, *Residential...*, wyd. cyt., s. 2–4. Również GIS w ogłoszeniu z 2022 r. o organizacji pomiarów porównawczych w zakresie średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu budynków określił, w szczegółowych wymaganiach odnośnie wyposażenia, jakie powinno zapewnić laboratorium, dolny limit detekcji radonu na 50 Bq/m<sup>3</sup>, zob. Główny Inspektor Sanitarny, *Ogłoszenie o organizacji międzylaboratoryjnych pomiarów porównawczych w zakresie średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu budynków*, wrzesień 2022 r., <https://www.gov.pl/attachment/98eb659d-0504-44ad-b7b9> [dostęp: 23.07.2024]. Jeszcze w 2003 r. ten dolny limit detekcji dla stężenia radonu określano nawet na 100 Bq/m<sup>3</sup>, por. S. Chałupnik, M. Wysocka, *Pomiary...*, wyd. cyt., s. 66.

<sup>156</sup>Por. J. Peńsko, K. Mamont, T. Wardaszko, *Pomiary promieniowania jonizującego w niektórych budynkach mieszkalnych w Polsce*, „Nukleonika” 1969, nr 24, s. 415–425.

stanowiły swoisty przełom, ponieważ w dotychczasowym piśmiennictwie PRL zagadnienie narażenia na radon wewnątrz pomieszczeń czy na promieniowanie naturalne *in abstracto*, odnoszono jedynie do regionów świata, gdzie „dawki otrzymywane przez ludność są wielokrotnie większe, np. w okolicach Kerali w Indii (...), w Brazylii (...) czy w granitowych okolicach Francji”<sup>157</sup>. Rzeczone badania wykazały, że w mieszkaniach objętych pomiarami osiągają ok. 75 Bq/m<sup>3</sup>, zresztą nie sposób nie wyrazić tu zastrzeżenia, że przeprowadzone były one poza terenami cechującymi się ponadnormatywnymi stężeniami radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń<sup>158</sup>. Wydaje się, że badania i pomiary koncentrowano na zagadnieniu promieniotwórczości zastosowanych materiałów budowlanych. Autorzy opracowania akcentowali, że istotnym w tym zakresie niebezpieczeństwem są nowe rodzaje materiałów budowlanych, wytwarzanych z produktów ubocznych przemysłu hutniczego. Składnikiem tych materiałów były popioły dymnicowe, wytwarzane w elektrociepłowniach opalanych pyłem węglowym<sup>159</sup>. Opracowanie to jest o tyle istotne, że prezentuje jednocześnie ówczesny stan wiedzy w PRL, zgodnie z którym „nauka nie odpowiedziała dotychczas na pytanie, czy naturalne tło promieniowania odgrywa szkodliwą rolę dla zdrowia człowieka, czy też jest czynnikiem sprzyjającym jego rozwojowi”<sup>160</sup> oraz że „jest również możliwe, iż pewna liczba chorób nowotworowych powstaje pod wpływem naturalnego promieniowania jonizującego”<sup>161</sup>.

## Publikacja Międzynarodowej Komisji Ochrony Radiologicznej z 1977 r. (ICRP 24)

Wydana w 1977 r. publikacja (*ICRP Publication 24, 1977. Radiation Protection in Uranium and Other Mines, ICRP 24*)<sup>162</sup> była pierwszą rekomendacją w całości poświęconą ochronie radiologicznej w kopalniach uranu i innych. Potwierdzała ona w całości zalecenia ICRP 21<sup>63</sup> w zakresie nieprzekraczania w kopalniach średniego stężenia, wynoszącego (w jednostkach układu SI) 1110 bekereli na metr sześcienny<sup>164</sup>. Zarazem w ICRP 24 sformułowano szerokie rekomendacje odnośnie do stosowania w kopalniach wentylacji mechanicznej, środków ochrony indywidualnej, monitoringu powietrza i pracy zmianowej<sup>165</sup>, co stanowiło potwierdzenie postulatów formułowanych w piśmiennictwie już w XIX w.<sup>166</sup> i XX w.<sup>167</sup> oraz w wydawanych od 1915 r. zaleceniach dotyczących ochrony radiologicznej<sup>168</sup>.

## Wpływ termomodernizacji budynków na poziom stężeń radonu w pomieszczeniach (1978 r.)

Kolejne pomiary stężeń radonu w budynkach przeprowadzono w latach 70. XX w. w Austrii<sup>169</sup>, w USA<sup>170</sup> i Norwegii<sup>171</sup>.

Na szczególną uwagę zasługują spostrzeżenia, jakie poczynił w 1978 r. G.A. Swedjemark na gruncie analiz stężeń radonu w pomieszczeniach, prowadzonych przez

<sup>157</sup>T. Majle, *Obciążenie populacji ludzkiej dawką promieniowania jonizującego w świetle współczesnych poglądów*, „Roczniki Państwowego Zakładu Higieny” 1965, tom XVI, s. 510.

<sup>158</sup>Por. rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (Dz. U. poz. 1139). Załącznik do rozporządzenia określa jako takie tereny w województwie dolnośląskim: powiat dzierzoniowski; powiat karkonoski; miasto na prawach powiatu Jelenia Góra; powiat kamiennogórski; powiat kłodzki; powiat lubański; powiat lwówecki; powiat polkowicki; powiat trzebnicki; powiat wałbrzyski; miasto na prawach powiatu Wałbrzych; powiat ząbkowicki; powiat zgorzelecki; powiat złotoryjski, ponadto w województwie lubelskim – powiat tomaszowski, w województwie opolskim: powiat nyski; powiat prudnicki, w województwie podkarpackim: powiat bieszczadzki; powiat jasielski; powiat krośnieński; powiat leski; powiat mielecki; powiat sanocki, w województwie śląskim – powiat cieszyński, w województwie świętokrzyskim: powiat kielecki; powiat opatowski oraz powiat skarżyski.

<sup>159</sup>Zob. J. Peńsko, K. Mamont, T. Wardaszko, *Pomiary...*, wyd. cyt., s. 416.

<sup>160</sup>Tamże, s. 415.

<sup>161</sup>Tamże.

<sup>162</sup>Por. International Commission on Radiological Protection, *ICRP Publication 24. Radiation Protection in Uranium and Other Mines*, “Annals of the ICRP” 1977, nr 1.

<sup>163</sup>Por. ICRP 2, wyd. cyt., s. 8.

<sup>164</sup>Zob. ICRP 24, wyd. cyt., s. 6.

<sup>165</sup>Tamże, s. 8–14.

<sup>166</sup>Por. F.W. Härtling, W. Hesse, *Der Lungenkrebs...*, wyd. cyt., s. 327–329.

<sup>167</sup>Por. A. Pirchan, H. Šikl, *Cancer...*, wyd. cyt., s. 721; J. Stoklasa, *Die Bedeutung...*, wyd. cyt., s. 1199–1200; H. Droschl, *Ein Fall...*, wyd. cyt., s. 274–282.

<sup>168</sup>Zob. H. Smith, *The international...*, wyd. cyt., s. 42; L.S. Taylor, *The founding...*, wyd. cyt., s. 1899; J. Boice Jr, L.T. Dauer, K.R. Kase, F.A. Mettler, R.J. Vetter, *Evolution...*, wyd. cyt., s. 3–4.

<sup>169</sup>Por. F. Steinhauser, *Long-term measurements of Rn 222, Rn 220, Pb 214 and Pb 212 concentrations in the air of private and public buildings and their dependence on meteorological parameters*, “Health Physics” 1975, nr 29, s. 705–713.

<sup>170</sup>Por. A.C. George, A.J. Breslin, *The distribution of ambient radon and radon daughters in residential buildings, in the New Jersey-New York area*, [w:] *Conference on Natural Radiation Environment III. Houston, TX, USA; 23 – 28 Apr 1978*, red T.F. Gesell, W.M. Lowder, US Atomic Energy Commission, Oak Ridge 1980, s. 1272–1292.

<sup>171</sup>Por. E. Strandén, L. Berteig, F. Ugleitveit, *A study on radon in dwellings*, “Health Physics” 1979, nr 3, s. 413–421.



niego od 1974 r.<sup>172</sup>. Autor ten wskazał, że od kryzysu energetycznego z 1973 r.<sup>173</sup> podjęto w Szwecji istotne wysiłki w zakresie zmniejszenia zużycia energii, jako że ze względu na klimat tego kraju jej 20% przeznaczane jest na ogrzewanie budynków. Najłatwiejszą metodą przeciwdziałania utracie ciepła jest uszczelnianie i ocieplanie budynków oraz zapobieganie cyrkulacji powietrza<sup>174</sup>. Następtwem tych zabiegów jest jednak postępujący wzrost stężeń radonu w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi, w szczególności tych nowo budowanych. Dawki pochodzącego od radonu promieniowania jonizującego są ponad dwukrotnie większe w przypadku osób przebywających w budynkach wzniesionych w latach 70. XX w. w stosunku do budynków powstałych przed 1950 r., co wynika z ograniczenia obiegu powietrza w tych nowszych. Problem ten, jak stwierdził G.A. Swedjemark, występować musi we wszystkich krajach charakteryzujących się podobnym klimatem, a z uwagi na nowe technologie stosowane w budownictwie będzie on narastał<sup>175</sup>.

Pogląd szwedzkiego badacza znalazł, po 46 latach, potwierdzenie w opracowaniu polskich autorów, J. Olszewskiego i K. Walczak, którzy przypisali dramatyczny wzrost stężeń radonu w dolnośląskiej miejscowości Kowary właśnie okoliczności termomodernizacji budynków<sup>176</sup>. Również w USA dostrzeżono, że z tego powodu stężenia radonu przekroczyły dopuszczalne normy w największej liczbie budynków w historii pomiarów<sup>177</sup>.

## Regulacje prawne radonu jako przykład gadamerowskiego „stapiania się horyzontów”

Ewolucję regulacji prawnych radonu rozważać można, z perspektywy filozoficznej, na tle koncepcji hermeneutyki H.G. Gadamera<sup>178</sup>, według której rozumienie jest procesem o charakterze dialektycznym, wynikającym ze „stapiania się horyzontów” (*Horizontverschmelzung*)<sup>179</sup>.

Hans-Georg Gadamer zakłada, że pełne zrozumienie danego zjawiska jest możliwe tylko wtedy, gdy dochodzi do dialogu między różnymi horyzontami – zbiorami perspektyw, uprzedzeń i kontekstów. Proces taki funkcjonuje na wielu poziomach, przybierając postać „fuzji” pomiędzy

tym, który wiedzę zdobywa (*interpretans*), a tym, czego uczy się on (*interpretandum*). Następuje więc specyficzny dialog między *interpretans a interpretandum*, między współczesnością a przeszłością<sup>180</sup>. Zarazem to, co uczący się poznaje, ulega włączeniu w jego pogląd na daną sprawę, zarówno a *simili* (przez nawiązanie do już posiadanej wiedzy), jak i a *contrario* (przez zyskanie innego, nowego spojrzenia na dane zagadnienie, poszerzenie perspektywy). W odniesieniu do radonu rzeczona *Horizontverschmelzung* następuje w obrębie nauki i prawa. Horyzontem pierwotnym (podstawowym) będzie tu naukowy opis ryzyka związanego z narażeniem na produkty rozpadu radonu (art. 3 pkt 15a Prawa atomowego). Rozwój tej wiedzy cechuje się wysoką dynamiką, której zmienność i postępy stawiają przed prawodawcą wyjątkowe wyzwania interpretacyjne. Kolejnym horyzontem jest ten, wynikający z konieczności dostosowania warstwy normatywnej do aktualnej wiedzy o zagrożeniach radiologicznych. Tym samym „stapianie horyzontów” opierać się będzie na ciągłym dialogu między tym, co zostało naukowo ustalone, odkryte, a tym, co społecznie oczekiwane. Przed legislatorem stoi więc trudne zadanie wykreowania takiego prawa, które *non solum* odpowiada na aktualny stan wiedzy, *sed etiam* wiedzę tę interpretuje, dostosowując ją do społecznych oczekiwań w przedmiocie prawa do środowiska bezpiecznego od szkodliwego działania promieniowania jonizującego.

Proces łączenia się horyzontów powinien być – podnosi Gadamer – kontrolowany. Rzecz w tym, by wchłaniać przekaz (*in hoc casu*: przekaz nauki), aplikując go do własnej perspektywy (*in hoc casu*: perspektywy normatywnej), jednak w świadomości odrębności tych dwóch obszarów. Prawodawca musi więc być „świadomy pracy efektywnych dziejów” w procesie swojego działania<sup>181</sup>. W kontekście regulacji normatywnych radonu prawo nie tylko przyjmuje wiedzę naukową w sposób bierny, ale także działa jako *sui generis* tłumacz i interpretator zagrożeń, których specyfika – jak w przypadku tego gazu – polega na braku możliwości ich zmysłowego postrzegania, wykraczając poza bezpośrednie doświadczenie obywatela. *Horizontverschmelzung* polega w omawianej sytuacji na harmonijnym połączeniu

<sup>172</sup>Por. G.A. Swedjemark, *Radon in dwellings, some preliminary results of continuous recording. Report 1974-020*, National Institute of Radiation Protection, Stockholm 1974; G.A. Swedjemark, *The ionizing in dwellings related to the building materials. Report 1977-004*, National Institute of Radiation Protection, Stockholm 1974; G.A. Swedjemark, *Radon in dwellings in Sweden. Report S-104-01*, National Institute of Radiation Protection, Stockholm 1978, [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/09/398/9398592.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/09/398/9398592.pdf), [dostęp: 5.10.2024].

<sup>173</sup>Por. R.D. Lifset, *A new understanding of the American energy crisis of the 1970s*, „Historical Social Research” 2014, nr 4, s. 22–42.

<sup>174</sup>Zob. G.A. Swedjemark, *Radon in dwellings, some...*, wyd. cyt., s. 1–2.

<sup>175</sup>Tamże, s. 17–21.

<sup>176</sup>Por. J. Olszewski, K. Walczak, *Radon in houses of Kowary–Sudety Mountains, Poland*, „Nukleonika” 2020, nr 2, s. 150–151.

<sup>177</sup>Zob. W.J. Angell, *The US radon problem, policy, program and industry: achievements, challenges and strategies*, „Radiation Protection Dosimetry” 2008, nr 1, s. 8.

<sup>178</sup>Por. J. Grondin, *Hans-Georg Gadamer: A Biography*, Yale University Press, New Haven 2003.

<sup>179</sup>Por. M. Wojewoda, *Pluralizm i problem dialogu międzykulturowego w interpretacji Charlesa Taylora*, „Studia Philosophiae Christianae” 2008, nr 2, s. 268–269.

<sup>180</sup>Zob. J. Grondin, *Gadamera doświadczenie i teoria wychowania: uczenie się, że inny może mieć rację*, „Kwartalnik Pedagogiczny” 2015, nr 2, s. 23–24.

<sup>181</sup>Por. H.G. Gadamer *Prawda i metoda. Zarys hermeneutyki filozoficznej*, Inter Esse, Kraków 1993, s. 292–293.

moralnych zobowiązań prawodawcy z naukowym poznaniem.

Zarazem poglądy Gadamera można odnieść również i do tekstu aktu prawnego. Chociaż nosi on walor normatywny, to wszakże jego zrozumienie jest procesem nieustannym, nie sposób nigdy określić, że dana jego interpretacja cechuje się ostatecznością, jest zawsze wiążąca, zamknięta i definitywna. Każdy, dokonujący wykładni aktu prawnego, czyni to wprawdzie z perspektywy własnego horyzontu, wchodząc jednak w dialog z horyzontem tekstu. Rozumienie takie nie jest absolutne, stanowi wyłącznie ogniwo w łańcuchu historycznie uwarunkowanych rozumień. Taki akt pojęcia powtarza się przy każdej interpretacji przepisów *ab ovo*, daje istnienie nowej prawdzie<sup>182</sup>. Gadamer określa, że „łańcuch kolejnych interpretacji konkretyzujących tekst to (...) tradycja. Tradycję trzeba zatem rozumieć jako ciąg kolejnych oddziaływań czy skutków tekstu (*Wirkungsgeschichte*)”<sup>183</sup>. Największym wyzwaniem w procesie „stapiania horyzontów” będzie dokonanie swoistej *translatio* pomiędzy językiem nauki a językiem prawa tak, by przepisy były zrozumiałe i możliwe do zastosowania, a jednocześnie odzwierciedlały najnowszy stan wiedzy. Radon, niewidzialne zagrożenie, wymaga regulacji pozwalających na uchwycenie jego specyficznych właściwości jako czynnika promieniotwórczego, a jednocześnie umożliwiających społeczeństwu działanie oparte na tych przepisach. W tym kontekście prawodawca jest mediatorem, tworzącym przystępne, operacyjne regulacje na podstawie złożonych wyników badań, jednocześnie w reaktywny sposób aktualizując warstwę normatywną w odpowiedzi na nowe, a zweryfikowane naukowo odkrycia. Hermeneutyka Gadamera zakłada, że proces „rozumienia” nie ulega nigdy zakończeniu, polega na ciągłym zbliżaniu się do prawdy.

W kontekście regulacji radonu oznacza to, że prawo powinno posiadać „wbudowany” mechanizm, pozwalający na elastyczne reagowanie na zmiany w stanie wiedzy i technologii detekcji radonu.

Tu, z dużą dozą uznania, przywołać należy prace izraelskich naukowców, K. Kovlera i A. Tsapalova. Autorzy ci nie odwołują się wprawdzie do teorii filozoficznych w swoich pracach, niemniej jednak formułują wnioski, jednoznacznie – tu parafrazując niemieckiego filozofa – „wtapiające się w koncepcję stapiania horyzontów”. Postulują aktualizację unormowań prawnych radonu i metod pomiarów jego stężeń w ramach dynamicznego procesu, w którym prawo stale adaptuje się do nowych informacji, zachowując przy tym spójność z wcześniejszymi regulacjami i zobowiązaniami wobec społeczeństwa<sup>184</sup>.

<sup>182</sup>S. Szymik, *Historia oddziaływania tekstu (Wirkungsgeschichte) a studium Nowego Testamentu*, „The Biblical Annals” 2004, nr 1, s. 129–130.

<sup>183</sup>Tamże, s. 130.

<sup>184</sup>Por. K. Kovler, A. Tsapalov, *A challenging path to rational and harmonised international regulation of indoor radon*, „Radiation Protection Dosimetry” 2023, nr 8–9, s. 1047–1055; A. Tsapalov, K. Kovler, *Metrology for Indoor Radon Measurements and Requirements for Different Types of Devices*, „Sensors” 2024, nr 2, s. 1–13.

## Podsumowanie

W świetle zaprezentowanej historii badań i regulacji prawnych, dotyczących radonu, dostrzegalne jest, że rozwój wiedzy i przepisów odnośnie do narażenia na ten gaz odzwierciedla ewolucję nie tylko rozumienia ryzyka zdrowotnego, ale także fundamentalnych pojęć w filozofii ochrony zdrowia i bezpieczeństwa radiologicznego. Radon, od momentu swojego odkrycia, przeszedł drogę od substancji postrzeganej pierwotnie jako neutralna, nieszkodliwa, do czynnika wymagającego aktywności legislacyjnej. Proces ten wpisuje się w dialektykę między społecznym postrzeganiem zagrożeń a dynamiczną naturą prawa, które ewoluuje pod wpływem kolejnych odkryć naukowych oraz zmieniającej się świadomości społecznej.

Ta swoista „spirala interpretacyjna”, w której każda nowa regulacja wynika z rosnącego zasobu wiedzy i doświadczeń, sugeruje, że postrzeganie radonu nie jest czymś statycznym, lecz nieustannie formującym się konceptem społecznym i prawnym. W konsekwencji można przewidywać, że w przyszłości, wraz z dalszymi zdobyczami nauki, również sama istota regulacji będzie przedmiotem rewizji – być może w kierunku jeszcze bardziej holistycznego podejścia, które uwzględni także i długoterminowe skutki działania promieniowania naturalnego na zdrowie i życie ludzkie. W tym kontekście powinniśmy spodziewać się dalszej modyfikacji materii normatywnej opartej na odkryciach przyszłych dekad. Z perspektywy hermeneutyki prawa każda regulacja będzie ulegać aktualizacji, kiedy nowe dane naukowe ujawniające dodatkowe skutki zdrowotne, wynikające z narażenia na radon, dostarczą kolejnych argumentów na rzecz bardziej rygorystycznych czy bardziej złożonych ram ochrony radiologicznej.

Radon, jako substancja niewidzialna i bezwonna, stawia przed prawodawcą wyjątkowe wyzwania związane z poznaniem i identyfikacją ryzyka. W ramach epistemologii prawa radon można postrzegać jako archetyp zagrożenia ukrytego – czegoś, co wykracza poza ludzkie zmysły i wymaga zewnętrznych, technologicznych instrumentów pomiaru, by móc rozpoznać jego obecność.

Z powyższych rozważań wynika, że regulacje dotyczące radonu wpisują się w szerszy filozoficzny dyskurs o „prawie do bezpieczeństwa” w obliczu zagrożeń niewidzialnych. Takie prawo, operujące na granicy epistemologicznych ograniczeń i ontologicznych wyzwań, można rozumieć jako narzędzie interpretacyjne, które starało się nadążyć za zmiennym charakterem wiedzy naukowej i społecznych oczekiwań. Pozostaję w przeświadczeniu, że publikacja niniejsza stworzy fundament do dalszych analiz filozoficznych nad relacją prawa atomowego z dynamicznie rozwijającymi się odkryciami nauki.

## Notka o autorze

**Robert Bobkier** – dyrektor zarządzający (Abraham&Ben Hadar Law and Audit), audytor wewnętrzny II stopnia (Effective Radon Solutions). Autor posiada uprawnienia starszego inspektora do spraw bhp.

## Literatura

### Piśmiennictwo

“Allers Familij Journal” 1924, nr 10.

**Angell W.J.**, *The US radon problem, policy, program and industry: achievements, challenges and strategies*, “Radiation Protection Dosimetry” 2008, nr 1.

**Bale W.F.**, *Hazards Associated with Radon and Thoron. Unpublished memorandum to the U.S. Atomic Energy Commission 1951.*

**Baltrukiewicz Z.**, Musiałowicz T., *100 lat ochrony przed promieniowaniem jonizującym*, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 1999.

**Barbosa S.M.**, Donner R.V., Steinitz G., *Radon applications in geosciences – Progress & perspectives*, “The European Physical Journal Special Topics” 2015, nr 224.

**Barbosa-Lorenzo R.**, Barros-Dios J.M., Ruano-Ravina A., *Radon and stomach cancer*, “International Journal of Epidemiology” 2017, nr 2.

**Besserman L.**, *The Challenge of Periodization. Old Paradigms and New Perspectives*, [w:] *The Challenge of Periodization*, red. L. Besserman, Routledge, New York-London 2013.

**Blicharz G.**, *Niepewna przyszłość prawa? Wywiad z prof. Natalino Irtim*, „Forum Prawnicze” 2014, nr 24.

**Blix G.**, *Charting the ‘transitional period’: The emergence of modern time in the nineteenth century*, “History and Theory” 2006, nr 1.

**Bobkier R.**, *Ewolucja regulacji prawnych kąpielisk w II Rzeczypospolitej*, „Studia z Historii Społeczno-Gospodarczej XIX i XX Wieku” 2021, tom 24.

**Bobkier R.**, Herman P., *The Assassinations of the Ancient Jewish Sicarii from an Intelligence Analysis Perspective. Josephus Flavius Reexamined*, “Security Dimensions” 2023, nr 44.

**Boice Jr J.**, Dauer L.T., Kase K.R., Mettler F.A., Vetter R.J., *Evolution of radiation protection for medical workers*, “British Journal of Radiology” 2020, nr 93.

**Bouchard Ch.**, Curie P., Balthazar K., *Action physiologique de l'elimination du radium*, “Comptes Rendus de l'Académie des Sciences” 1904, nr 138.

**Brooke C.B.**, *Radiation hazards in the distribution and use of luminizing compounds*, “Royal Society of Health Journal” 1960, nr 4.

**Chmielowski P.**, *Metodyka historii literatury polskiej*, Wydawnictwo Przeglądu Pedagogicznego, Warszawa 1899.

**Chudy W.**, *Podstawowa periodyzacja dziejów i jej ramy: interpretacja historyczno-teologiczna w oparciu o Jana Pawła II „Teologię ciała”*, “Studia Theologica Varsaviensia” 1987, nr 1.

**Churchill D.**, *History, periodization and the character of contemporary crime control*, “Criminology & Criminal Justice” 2019, nr 4.

**Clarke R.**, Valentin J., *A history of the International Commission on Radiological Protection*, “Health Physics” 2005 nr 5.

**Clement C.**, Rühm W., Harrison J., Applegate K., Cool D., Larsson C.M., Cousins C., Lochard J., Bouffler S., Cho K., Kai M., Laurier D., Liu S., Romanov S., *Keeping the ICRP recommendations fit for purpose*, “Journal of Radiological Protection” 2021, nr 41.

**Conde-Sampayo A.**, Lorenzo-González M., Fernández-Villar A., Barros-Dios J.M., Ruano-Ravina A., *Exposure to residential radon and COPD: a systematic review*, “International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease” 2020, tom 15.

**Dobrzyńska M.M.**, Gajowik A., Wieprzowski K., *Radon-occurrence and impact on the health*, „Roczniki Państwowego Zakładu Higieny” 2023, nr 1.

**Droschl H.**, *Ein Fall von mehrfachen Radiumkrebsen*, “Zeitschrift für Krebsforschung” 1933, nr 38.

**Ellis F.**, *Reduction of Radiation Hazards in the Use of Radium And Similar Sources*, “Proceedings of the British Institute of Radiology” 1960, nr 391.

**Elster J.**, Geitel H., *Über die radioaktive Emanation in der atmosphärischen Luft*, “Physikalische Zeitschrift” 1902, nr 4.

**Fagin D.**, *Toms River. A Story of Science and Salvation*. Bantam Books, New York 2014.

**Failla G.**, *Radium protection*, “Radiology” 1932, nr 1.

**Gadamer H.G.**, *Prawda i metoda. Zarys hermeneutyki filozoficznej*, Inter Esse, Kraków 1993.

**Gaskin J.**, Coyle D., Whyte J., Krewski D., *Global Estimate of Lung Cancer Mortality Attributable to Residential Radon*, “Environmental Health Perspectives” 2018, nr 5.

**George A.C.**, Breslin A.J., *The distribution of ambient radon and radon daughters in residential buildings, in the New Jersey-New York area*, [w:] *Conference on Natural Radiation Environment III. Houston, TX, USA; 23–28 Apr 1978*, red T.F. Gesell, W.M. Lowder, US Atomic Energy Commission, Oak Ridge 1980.

**George A.C.**, *World history of radon research and measurement from the early 1900's to today*, “American Institute of Physics Conference Proceedings” 2008, nr 1.

**George A.C.**, *The history, development and the present status of the radon measurement programme in the United States of America*, “Radiation Protection Dosimetry” 2015, nr 1–3.

**Geyer** (brak imienia), *Uwagi ogólne o składzie chemicznym źródeł leczniczych*, „Zdrowie i Życie. Dziennik Urzędowy Izby Zdrowia w Generalnym Gubernatorstwie” 1941, nr 28, s. 197.

**Goldwater L.J.**, *From Hippocrates to Ramazzini: early history of industrial medicine*, “Annals of Medical History” 1936, nr 1.

**Gonzalez A.J.**, *Radiological protection in medicine: veni, vidi, vici, [w:] Radiation protection in medicine: setting the scene for the next decade. Proceedings of an International Conference organized by the International Atomic Energy Agency, hosted by the government of Germany, co-sponsored by the World Health Organization and held in Bonn, Germany, 3-7 December 2012*, International Atomic Energy Agency, Vienna 2015.

**Gómez-Anca S.**, Miguel Barros-Dios J., *Radon Exposure and Neurodegenerative Disease*, “International Journal of Environmental Research and Public Health” 2020, nr 17.

**Grabianka S.**, *Z techniki nasycania radonem (emanacją radową) wód zdrojowych*, „Polska Gazeta Lekarska” 1938, nr 22.

**Grondin J.**, *Hans-Georg Gadamer: A Biography*, Yale University Press, New Haven 2003.

**Grondin J.**, *Gadamera doświadczenie i teoria wychowania: uczenie się, że inny może mieć rację*, „Kwartalnik Pedagogiczny” 2015, nr 2.

**Grossi R.M.**, *Nuclear Law: The Global Debate*, [w:] *Nuclear Law. The Global Debate*, red. IAEA, Springer, Vienna-Berlin 2022.

**Grygier A.**, Skubacz K., Wysocka M., Bonczyk M., Piech A., Janik M., *Radon Exposure in the Underground Tourist Route–Historic Silver Mine in Tarnowskie Góry, Poland*, “International Journal of Environmental Research and Public Health” 2022, nr 19.

**Gwiazdowska B.**, Bulski W., Pruszyński A., Tołwiński J., *Historia Zakładu Fizyki Instytutu Onkologii w Warszawie w okresie kierownictwa prof. Cezarego Pawłowskiego*, “Polish Journal of Medical Physics and Engineering” 2007, nr 4.

**Harley J.H.**, *Sampling and measurement of airborne daughter products of radon*, “Nucleonics” 1953, nr 11.

**Härtling F.W.**, Hesse W., *Der Lungenkrebs, die Bergkrankheit in den Schneeberger Gruben*, “Vierteljahrsschrift für Gerichtliche Medizin und Öffentliches Sanitätswesen” 1879.

**Hendee W.R.**, *History, current status, and trends of radiation protection standards*, “Medical Physics” 1993, nr 5.

**Higgins G.M.**, Rogers J.T., *Effect of radium emanation on the histocyte in the liver of the white rat*, “The American Journal of Pathology” 1932, nr 3.

**Hueck W.**, *Kurzer Bericht über die Ergebnisse anatomischer Untersuchungen in Schneeberg*, “Zeitschrift für Krebsforschung” 1939, nr 47.

**Hultqvist B.**, *Studies on naturally occurring ionising radiations with special reference to radiation doses in Swedish houses of various*



- types, "Handlingar. Fjarde Serien" Kungl. Svenska Vetenskapsakademiens Handlinger, Stockholm 1956.
- IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Man-made Mineral Fibres and Radon. Volume 43, International Agency for Research on Cancer, Lyon 1988.
- International Commission on Radiological Protection, 1956 Report on Amendments during 1956 to the 1954 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, "Radiation Research" 1958, nr 6.
- International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 1. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Pergamon Press, New York-Paris-London-Los Angeles 1959.
- International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 2. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Report of Committee II on Permissible Dose for Internal Radiation, Pergamon Press, Oxford-London-Edinburgh-New York-Toronto-Sydney-Paris-Braunschweig 1960.
- International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 24. Radiation Protection in Uranium and Other Mines, "Annals of the ICRP" 1977, nr 1.
- International Commission on Radiological Protection, International Recommendations on Radiological Protection. Revised by the International Commission on Radiological Protection at the Sixth International Congress of Radiology, London, 1950, "British Journal of Radiology" 1951, nr 46.
- International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Revised December 1954, British Institute of Radiology, London 1955.
- International Nuclear Law in the Post-Chernobyl Period. A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency and the International Atomic Energy Agency, OECD Nuclear Energy Agency, Paris 2006.
- International X-ray and Radium Protection Committee, International Recommendations for X-ray and radium protection on the proposal of the Radio-Physics Section adopted by the Second International Congress of Radiology in Stockholm, July 27th, 1928, [w:] International Recommendations for X-ray and Radium Protection, Kung. Boktryckeriet. P.A. Norstedt & Söner, Stockholm 1929.
- International X-ray and Radium Protection Committee, International Recommendations for X-ray and Radium Protection. Revised by the International X-ray and Radium Protection Commission at the Third International Congress of Radiology, Paris, July 1931, "Acta Radiologica" 1931, tom 12.
- International X-ray and Radium Protection Committee, International recommendations for x-ray and radium protection. Revised by the International X-ray and Radium Protection Commission at the Fourth International Congress of Radiology, Zurich, July 1934, "British Journal of Radiology" 1934, nr 83.
- International X-ray and Radium Protection Committee, International Recommendations for X-ray and Radium Protection. Revised by the International X-ray and Radium Protection Commission at the Fifth International Congress of Radiology, Chicago, September 1937, British Institute of Radiology, London 1938.
- Jacobi W., The History of the Radon Problem in Mines and Homes, "Annals of the ICRP" 1993, nr 2.
- Jonkisz A., Logiczne ujęcie pytań i odpowiedzi. Uwagi merytoryczne i metodologiczne, "Roczniki Filozoficzne" 2021, nr 4.
- Kaul A., Derzeitiger wissenschaftlicher Stand des Strahlenschutzes. Vortrag, gehalten anlässlich der Herbsttagung des ÖVS 1984 am 29. November 1984 in Wien, "Österreichischer Verband für Strahlenschutz – Mitteilung" 1985, nr 1.
- Kerr R.A., Indoor Radon: The Deadliest Pollutant: The radon seeping into homes may be killing 5,000 to 20,000 Americans per year; the best action may be to stop smoking, "Science" 1988, nr 4852.
- King R.D., The Legal Implications of Residential Radon Contamination: The First Decade, "William & Mary Environmental Law and Policy Review" 1993, nr 1.
- Kleinschmidt R., Watson D., Janik M., Gillmore G., The presence and dosimetry of radon and thoron in a historical, underground metalliferous mine, "Journal of Sustainable Mining" 2018, nr 3.
- Koselleck R., The Practice of Conceptual History: Timing History, Shaping Concepts. Stanford University Press, Stanford 2002.
- Kozluk Ł., Historia odkrycia radonu i badań nad jego wpływem na zdrowie, „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna. Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki” 2021, nr 4.
- Kovler K., Tsapalov A., A challenging path to rational and harmonised international regulation of indoor radon, "Radiation Protection Dosimetry" 2023, nr 8–9.
- Krajewski S., O wyjątkowości Zagłady Żydów, „Zeszyty Społecznej Myśli Kościoła. Chrześcijaństwo-Swiat-Polityka”, 2018, nr 22.
- Lifset R.D., A new understanding of the American energy crisis of the 1970s, "Historical Social Research" 2014, nr 4.
- Lorenz E., Radioactivity and lung cancer; a critical review of lung cancer in the miners of Schneeberg and Joachimsthal, "Journal of the National Cancer Institute" 1944, nr 1.
- Lu L., Zhang Y., Chen C., Field R.W., Kahe K., Radon exposure and risk of cerebro-vascular disease: a systematic review and meta-analysis in occupational and general population studies, "Environmental Science and Pollution Research" 2022, nr 30.
- Ludewig P., Lorenzer E., Untersuchungen der Grubenluft in den Schneeberger Gruben auf den Gehalt von Radium-Emanation, "Zeitschrift für Physik" 1924, nr 22.
- Majle T., Obciążenie populacji ludzkiej dawką promieniowania jonizującego w świetle współczesnych poglądów, "Roczniki Państwowego Zakładu Higieny" 1965, tom XVI.
- Maślankiewicz K., Prace o Georgiusie Agricoli i nowe wydanie jego dzieł, „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 1957, nr 2.
- Mossman K.L., A Brief History of Radiation Bioeffects, [w:] Health Effects of Exposure to Low-Level Ionizing Radiation, red. W.R. Hendee, F. Edwards, IOP Publishing, Bristol-Philadelphia 1996.
- Mould R.F., Antoine-Henri Becquerel 1852-1908, „Nowotwory. Journal of Oncology” 2008, nr 6.
- Mould R.F., Pierre Curie 1859-1906, „Nowotwory. Journal of Oncology” 2006, nr 2.
- Mould R.F., Siedemdziesiąta piąta rocznica odkrycia sztucznego wytwarzania pierwiastków promieniotwórczych przez Irenę i Fryderyka Joliot-Curie, „Nowotwory. Journal of Oncology” 2010, nr 2.
- Oliver R., Seventy-five years of radiation protection, "The British Journal of Radiology" 1973, nr 550.
- Nowacki T.R., Ewolucja prawnego statusu organów nadzorujących bezpieczeństwo wykorzystywania energii jądrowej w Polsce, „Zeszyty Prawnicze” 2018, nr 3.
- Olszewski J., Walczak K., Radon in houses of Kowary-Sudety Mountains, Poland, „Nukleonika” 2020, nr 2.
- Parker E.N., Radioactive Fallout from Nuclear Explosions. Report DASA-1188, Defense Atomic Support Agency, Washington 1960.
- Pawel D.J., Puskin J.S., The U.S. Environmental Protection Agency's Assessment of Risks from Indoor Radon, "Health Physics" 2004, nr 1.
- Pawłowski C., Przepisy o środkach ochronnych zabezpieczających lekarzy, pracowników pomocniczych i chorych w czasie stosowania promieni X do celów rozpoznawczych i leczniczych oraz warunki pracy lekarzy i personelu pomocniczego w zakładach rentgenologicznych, Lekarski Instytut Naukowo-Wydawniczy, Warszawa 1947.
- Peńsko J., Mamont K., Wardaszko T., Pomiary promieniowania jonizującego w niektórych budynkach mieszkalnych w Polsce, „Nukleonika” 1969, nr 24.
- Perrow C., Normal accident at Three Mile Island, "Society" 1981, nr 5.
- Pirchan A., Šikl H., Cancer of the lung in the miners of Jachymov, "The American Journal of Cancer" 1932, nr 4.
- Pospieszny T., Maria Skłodowska-Curie. Zakochana w nauce, Wydawnictwo Po Godzinach, Warszawa 2020.
- Przylibski T.A., Radon i promieniowanie jonizujące w obiektach podziemnych w czasie prac eksploracyjnych, dokumentacyjnych i udostępniających, [w:] Dzieje górnictwa – element europejskiego dziedzictwa kultury. Tom 3, red. P.P. Zagożdżon, M. Madziarz, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2010.
- Przylibski T.A., Radon. Składnik swoisty wód leczniczych Sudetów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2005.
- Radium Exposure of Uranium Miners. Hearings and Reports on Atomic Energy 1967, U.S. Government Printing Office, Washington 1968.

- Rajewsky B.**, *Bericht über die Schneeberger Untersuchungen*, “Zeitschrift für Krebsforschung” 1944, nr 49.
- Raso M.G.**, Bota-Rabasedas N., Wistuba I.I., *Pathology and Classification of SCLC*, “Cancers” 2021, nr 13.
- Rickard Jackowitz A.**, *Radon's Radioactive Ramifications: How Federal and State Governments Should Address the Problem*, “Boston College Environmental Affairs Law Review” 1988, nr 16.
- Röntgen W.C.**, *Über eine neue Art von Strahlen*, “Sitzungsberichte der Würzburger Physikalisch-Medizinischer Gesellschaft”, 1895, nr 9.
- Rostoski O.**, Saupe E., Schmorl C.G., *Die Bergkrankheit der Erzbergleute in Schneeberg in Sachsen*. “Schneeberger Lungenkrebs”, “Zeitschrift für Krebsforschung” 1926, nr 4-5.
- Ruano-Ravina A.**, Aragonés N., Pérez-Ríos M., López-Abente G., Barros-Dios J.M., *Residential radon exposure and esophageal cancer. An ecological study from an area with high indoor radon concentration (Galicia, Spain)*, “International Journal of Radiation Biology” 2014, nr 4.
- Rutherford E.**, *Some cosmical aspects of radioactivity*, “Journal of the Royal Astronomical Society of Canada” 1907, nr 3.
- Sakula A.**, *Ramazzini's de Morbis Artificum and occupational lung disease*, “British Journal of Diseases of the Chest” 1983, nr 77.
- Sankaranarayanan K.**, Wassom J., *Reflections on the impact of advances in the assessment of genetic risks of exposure to ionizing radiation on international radiation protection recommendations between the mid-1950s and the present*, “Mutation Research/Reviews in Mutation Research” 2008, nr 1-2.
- Sasaki M.**, Fujibuchi T., *Development of the System of Radiological Protection and Medical Exposure: Basic Information and Trends*, “Radiation Environment and Medicine” 2020, nr 2.
- Scarre G.**, *Understanding the Moral Phenomenology of the Third Reich*, “Ethical Theory and Moral Practice” 1998, nr 4.
- Schieffelin W.J.**, *Uniformity in dosage of radium emanation*, “Scientific American” 1915, nr 2042.
- Schmidt R.**, *Radioaktivität im Bergbau – natürlich oder zivilisatorisch?*, [w:] *Strahlenschutz-Aspekte bei natürlicher Radioaktivität. 38. Jahrestagung des Fachverbandes für Strahlenschutz e.V. Dresden, 18. bis 22. September 2006*, red. E. Ettenhuber, R. Giessing, E. Beier, A. Bayer, Fachverband für Strahlenschutz, Köln 2006.
- Sen S.**, Dasgupta M.A., *Radon – a Silent Threat Catalysing a Future Public Health Crisis*, “Journal of Emerging Technologies and Innovative Research” 2022, nr 3.
- Shimo M.**, *History of Radon Research. From the Beginnings to 1980s*, “Japanese Journal of Health Physics” 2022, nr 4.
- Skłodowska-Curie M.**, *Stan obecny chemji polonu*, „Roczniki Chemii” 1926, tom 6.
- Smith H.**, *The international commission on radiological protection: historical overview*, “IAEA Bulletin” 1988, nr 3.
- Snyder W.S.**, *Present Trends in Estimation of Internal Dose*, [w:] *Fifth Annual Meeting of the Bio-Assay and Analytical Chemistry Group, Gatlinburg, Tennessee October 1-2, 1959*, United States Atomic Energy Commission, Oak Ridge 1960.
- Spoerer M.**, *Praca przymusowa pod znakiem swastyki. Cudzoziemscy robotnicy, jeńcy wojenni i więźniowie w Niemczech i okupowanej Europie w latach 1939-1945*, Muzeum II Wojny Światowej w Gdańsku, Gdańsk 2015.
- Steinhausler F.**, *Long-term measurements of Rn 222, Rn 220, Pb 214 and Pb 212 concentrations in the air of private and public buildings and their dependence on meteorological parameters*, “Health Physics” 1975, nr 29.
- Stoklasa J.**, *Die Bedeutung der Luftradioaktivität für die Entstehung der Joachimsthaler und Schneeberger Bergkrankheit*, “Deutsche Medizinische Wochenschrift” 1933, nr 31.
- Stranden E.**, Berteig L., Ugletveit F., *A study on radon in dwellings*, “Health Physics” 1979, nr 3.
- Swedjemark G.A.**, *Radon in dwellings in Sweden. Report S-104-01*, National Institute of Radiation Protection, Stockholm 1978.
- Swedjemark G.A.**, *Radon in dwellings, some preliminary results of continuous recording. Report 1974-020*, National Institute of Radiation Protection, Stockholm 1974.
- Swedjemark G.A.**, *The ionizing in dwellings related to the building materials. Report 1977-004*, National Institute of Radiation Protection, Stockholm 1974.
- Szumaska A.**, *Dozymetria soczewek oczu w medycynie z wykorzystaniem dawkomierzy termoluminescencyjnych (rozprawa doktorska przygotowana pod kierunkiem dr hab. Macieja Budzanowskiego)*, Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk, Kraków 2015.
- Szymik S.**, *Historia oddziaływania tekstu (Wirkungsgeschichte) a studium Nowego Testamentu*, „The Biblical Annals” 2004, nr 1.
- Ślaskowski W.**, *O periodyzacji*, „Kwartalnik Historii Prasy Polskiej” 1985-1986, nr 1.
- Taylor L.S.**, *History of the International Commission on Radiological Protection (ICRP)*, “Health Physics” 1958, nr 2.
- Taylor L.S.**, *Radiation exposure as a reasonable calculated risk*, “Health Physics” 1958, nr 1.
- Taylor L.S.**, *The founding and works of the National Council on radiation protection and Measurements – Some highlights*, “Medical Physics” 1995, nr 22.
- Taylor L.S.**, *The Work of the National and International Committees on X-ray and Radium Protection*, “Radiology” 1932, nr 1.
- Thomson W.**, *A Clinical Study of Primary Cancer of the Bronchi*, “The Ulster Medical Journal” 1933, nr 3.
- Trembaczowski E.**, *Zawartość radu i uranu w lessach i utworach lessopodobnych Wyżyny Lubelskiej*, “Annales Universitatis Mariae Curie Skłodowska” 1956, nr 6.
- Tsupalov A.**, Kovler K., *Metrology for Indoor Radon Measurements and Requirements for Different Types of Devices*, “Sensors” 2024, nr 2.
- Van Meerbeek J.P.**, Fennell D.A., De Ruyscher D.K., *Small-cell lung cancer*, “The Lancet” 2011, nr 378.
- Walgate R.**, *Radiation exposure: Moving standards in 1950s*, “Nature” 1985, nr 313.
- Walsh P.J.**, *Radiation dose to the respiratory tract of uranium miners – a review of the literature*, “Environmental Research” 1970, nr 1.
- Wojewoda M.**, *Pluralizm i problem dialogu międzykulturowego w interpretacji Charlesa Taylora*, “Studia Philosophiae Christianae” 2008, nr 2.
- Wójcik A.**, Harms-Ringdahl M., *Radiation protection biology then and now*, “International Journal of Radiation Biology” 2019, nr 7.
- Zdrojewicz Z.**, Strzelczyk J., *Radon Treatment Controversy*, “Dose-Response” 2006, nr 2.
- Zeeb H.**, Shannoun F. (red.), *WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*, World Health Organization, Geneva 2009.

## Akty prawne, orzecznictwo

- Orzeczenie GKA z 9.12.1961 r., III-6618/61, OSP 1962, nr 11, poz. 311.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia (Dz. U. poz. 1139).
- Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 6 sierpnia 1952 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w przemysłowych laboratoriach radiologicznych (Dz. U. Nr 39, poz. 275).
- Rozporządzenie Ministrów Pracy i Opieki Społecznej oraz Zdrowia z dnia 27 stycznia 1953 r. w sprawie higieny i bezpieczeństwa pracy w lekarskich zakładach rentgenowskich i na oddziałach szpitalnych, na których stosuje się rad (Dz. U. Nr 28, poz. 110).
- Rozporządzenie Ministrów: Pracy i Opieki Społecznej, Zdrowia, Przemysłu, Odbudowy, Administracji Publicznej oraz Ziemi Odzyskanych z dnia 6 listopada 1946 r. wydane w porozumieniu z Ministrami: Obrony Narodowej, Skarbu, Sprawiedliwości, Oświaty, Rolnictwa i Reform Rolnych, Komunikacji, Poczty i Telegrafów, Leśnictwa oraz Aprowizacji i Handlu o ogólnych przepisach dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. Nr 62, poz. 344 z późn. zm.).

- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 czerwca 1968 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 20, poz. 122).
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 23 maja 1957 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu promieniowania jonizującego (Dz. U. Nr 34, poz. 148 z późn. zm.).
- Tymczasowa Instrukcja Ministra Zdrowia z dnia 3 listopada 1955 r. dotycząca ochrony zdrowia przy stosowaniu ciał promieniotwórczych w zakładach przemysłowych, w zakładach służby zdrowia i pracowniach naukowo-badawczych (M.P. 1955 nr 105 poz. 1417).
- Ustawa z dnia 10 kwietnia 1986 r. Prawo atomowe (Dz. U. Nr 12, poz. 70 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 13 czerwca 2019 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. poz. 1593 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 22 kwietnia 1959 r. o utrzymaniu czystości i porządku w miastach i osiedlach (Dz. U. Nr 27, poz. 167 z późn. zm.).
- Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (t.j. Dz. U. z 2024 r. poz. 1277).
- Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej oraz Pełnomocnika Rządu do spraw Wykorzystania Energii Jądrowej z dnia 15 grudnia 1969 r. w sprawie największych dopuszczalnych dawek promieniowania jonizującego oraz innych wskaźników z zakresu ochrony przed promieniowaniem (M. P. z 1970 r. Nr 1, poz. 7).
- Zarządzenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 31 marca 1988 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego i wskaźników pochodnych określających zagrożenie promieniowaniem jonizującym (M. P. z 1988 r. Nr 14, poz. 124).

## Źródła internetowe

- Field R.W., *Reducing the risks from radon: Information and interventions. A guide for health care providers*, “Conference of Radiation Control Program Directors Publication” 2020, nr 3, <https://portal.ct.gov/-/media/DPH/Radon-Program/HCPProvGuide-Update-9-17-20.pdf>, [dostęp: 16.01.2024].
- Główny Inspektor Sanitarny, *Ogłoszenie o organizacji międzylaboratoryjnych pomiarów porównawczych w zakresie średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu budynków*, wrzesień 2022 r., <https://www.gov.pl/attachment/98eb659d-0504-44ad-b7b9>, [dostęp: 23.07.2024].
- Indoor Radon Abatement Act, Pub. L. No. 100-551, 102 Stat. 2755 (codified as amended at 15 U.S.C. §§ 266-67), <https://uscode.house.gov/view.xhtml?path=/prelim@title15/chapter53/subchapter3&edition=prelim>, [dostęp: 15.01.2024].
- International Commission on Radiation Units and Measurements, *About ICRU*, <https://www.icru.org/about-icru/>, [dostęp: 4.02.2024].
- Lewis R.K., *A History of Radon-1470 to 1984*, [w:] *Proceedings of the National Radon Meeting. Council of Radiation Control Protection Directors, Frankford 2006*, s. 2, <https://wpb-radon.com/pdf/History%20of%20Radon.pdf>, [dostęp: 22.10.2024].
- Pochin E.E., Rock Carling E., *Report on emergency exposure to external radiation*, Medical Research Council, Westminster, London 1960, [https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/\\_Public/37/004/37004437.pdf](https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/37/004/37004437.pdf), [dostęp: 12.10.2024].
- Unit converters*, [https://www.efunda.com/units/convert\\_units.cfm?mode=short&Form=294](https://www.efunda.com/units/convert_units.cfm?mode=short&Form=294), [dostęp: 15.10.2024].



# Zastosowanie spektroskopii odbiciowej w zakresie ultrafioletowym i widzialnym DRS (UV-VIS) w dozymetrii dużych dawek promieniowania jonizującego

## *Application of diffuse reflectance spectroscopy DRS (UV-VIS) in high-dose ionizing radiation dosimetrics*

Wojciech Głuszewski  
*Instytut Chemii i Techniki Jądrowej*

**Streszczenie:** Technika spektroskopii rozproszonego odbicia DRS (*diffuse reflectance spectroscopy*) to metoda analityczna stosowana jest zwykle do badania właściwości optycznych materiałów o nieregularnych lub chropowatych powierzchniach. (DRS (UV-VIS) oznacza, że widmo powstaje w wyniku zebrania przez układ optyczny o odpowiedniej geometrii rozproszonego na próbce promieniowania ultrafioletowego i widzialnego). Za pomocą DRS można oznaczać jakościowo i ilościowo związki chemiczne powstałe w wyniku działania promieniowania jonizującego. Najkorzystniejszy z punktu widzenia obserwacji radiacyjnych zjawisk jest pomiar różnicowy, który kompensuje specyficzności powierzchni. W artykule opisano sposób pomiaru dużych dawek promieniowania jonizującego z wykorzystaniem L-*á*-alaniny (DRS/Alanina). Użyto dwóch typów spektrofotometrów: Perkin Elmer Lambda 9 z przystawką refleksyjną do pomiarów różnicowych oraz UV-670 UV-VIS firmy Jasco z pomiarem względem wzorca bieli. Jako przykład opisano badania radiolizy polimerów z wykorzystaniem prostej i przemiatanej wiązki elektronów akceleratorów LAE 13/9 i Elektronika 10/10 oraz promieniowania gamma. Wykazano, że DRS można wykorzystać do pomiarów dawek promieniowania jonizującego używając, jako dozymetr alaninę. Stosunkowo proste i niedrogi rozwiązanie można być przydatne do szacowania dużych dawek rozproszonego promieniowania wokół akceleratorów elektronów.

**Słowa kluczowe:** DRS, spektroskopia, radioliza, dozymetria, alanina.

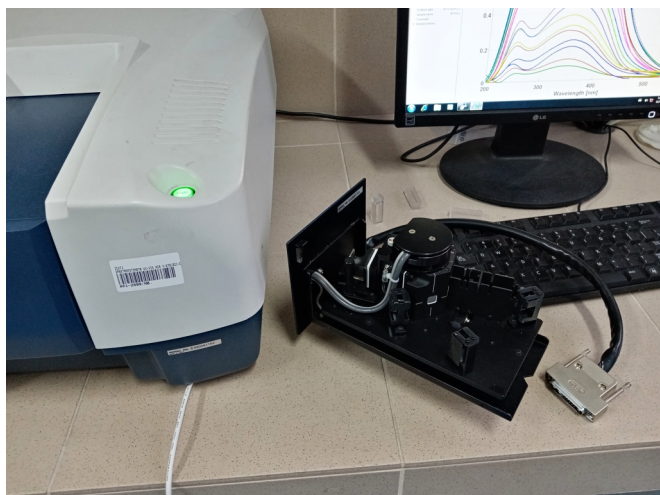
**Abstract:** *Diffuse reflectance spectroscopy (DRS) is an analytical method usually used to examine the optical properties of materials with irregular or rough surfaces. The source of information are the layers located just below the surface of the material. Using DRS, it is possible to qualitatively and quantitatively analyze chemical compounds formed as a result of the action of ionizing radiation. From the point of view of observing radiation phenomena, the most advantageous method is differential measurement, which compensates for surface specificities. The article describes the method of measuring large doses of ionizing radiation using L-*á*-alanine (DRS/Alanine). Two types of spectrophotometers were used: Perkin Elmer Lambda 9 with a reflection attachment for differential measurements and UV-670 UV-VIS from Jasco for measurements relative to the white standard. As an example, dosimetry in polymer radiolysis studies using the straight and swept electron beam of the LAE 13/9 and Elektronika 10/10 accelerators and gamma radiation is described. It has been shown that DRS can be used to measure ionizing radiation doses using alanine as a dosimeter. A relatively simple and inexpensive solution may be useful for estimating large doses of scattered radiation around electron accelerators.*

**Keywords:** *DRS, spectroscopy, radiolysis, dosimetry, alanine.*

Spektroskopia absorpcyjna w wersji odbiciowej światła w zakresie ultrafioletowym i widzialnym (UV-VIS DRS) jest szybkim i stosunkowo niedrogim narzędziem analitycznym, które służy do oznaczania produktów radiolizy

np. tworzyw polimerowych [1, 2]. Idea pomiaru jest teoretycznie prosta. Wiązkę światła analitycznego kierujemy na próbkę materiału. Większość światła wraca na zasadzie odbicia zwierciadlanego, część natomiast jest załamywana

do wnętrza i po odbiciach wewnętrznych i rozproszeniu wychodzi na zewnątrz. Ta właśnie część osłabiona w określonych częściach widma przez związki powstałe w wyniku radiolizy jest dla pomiaru najważniejsza. Rozkład kątowy i intensywność światła mają charakter statystyczny. W przeciwieństwie do tradycyjnej spektroskopii, która polega na pomiarze intensywności światła odbitego pod określonym kątem, w DRS analizuje się światło rozproszone we wszystkich kierunkach. Możemy dzięki temu badać materiały w dowolnych postaciach, np. w formie nieprzezroczystych folii lub proszków. W spektroskopii UV-VIS stosuje się promieniowanie elektromagnetyczne leżące w zakresie światła widzialnego („VIS”) oraz bliskiego ultrafioletu („UV”). W naszym przypadku były to długości fal od 190 do 800 nm. Urządzeniem służącym do badań za pomocą tej techniki jest spektrofotometr UV-VIS. DRS daje widma absorpcyjne próbki wyrażone funkcją Kubelki i Munka (FR), z której można wyprowadzić zwykłą gęstość optyczną. Podawane na wykresach intensywności jednostki FR należy rozumieć, jako przetworzoną funkcję OD (*optical density*). Pomiar jest nieniszczący i wymaga jedynie minimalnego przygotowania próbek. W analizie nie są potrzebne rozpuszczalniki, które mogłyby wpływać na przejściowe i końcowe produkty radiolizy. Najkorzystniejszy z punktu widzenia obserwacji radiacyjnych zjawisk jest pomiar różnicowy, który kompensuje specyficzności powierzchni. Po odjęciu widma próbki nienapromieniowanej od widma materiału napromieniowanego otrzymujemy informację jedynie o produktach powstałych w wyniku działania promieniowania jonizującego. Badania optyczne napromieniowanych polimerów są często porównywane z wynikami uzyskanymi za pomocą elektronowego rezonansu



**Fot. 1.** Spektrofotometr UV-670 UV-VIS firmy Jasco z przystawką do pomiarów DRS wyjętą na zewnątrz.

**Photo 1.** Jasco UV-670 UV-VIS spectrophotometer with the DRS measurement attachment removed.

paramagnetycznego (EPR), co prowadzi do dokładniejszej identyfikacji produktów radiolizy. Ze względu na stosunkowo niewielką intensywność światła rozproszonego pomiar DRS wymaga czulej aparatury. W związku ze stałym wzrostem możliwości analitycznych spektrofotometrów warto niekiedy wrócić do wcześniej prowadzonych prac w celu aktualizacji wyników badań.

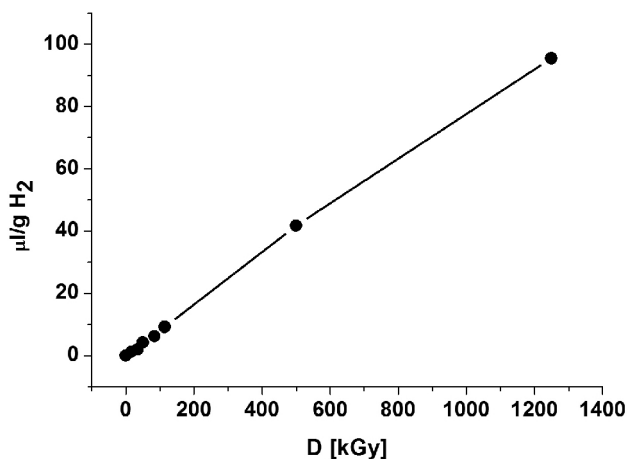
## Dozymetr -L-alaninowy

Dozymetria EPR/alaninowa wykorzystuje trwałe centra paramagnetyczne w formie wolnych rodników ( $\text{CH}_3\text{-CH-COOH}$ ), powstające jako efekt radiacyjnej deaminacji w krystalicznej -alaninie ( $\text{CH}_3\text{CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ ). Ponieważ w atomie węgla występują cztery różne podstawniki, alanina zaliczana jest do związków optycznie czynnych. W dozymetrii można stosować racemat (DL- -alaninę), czyli równomolową mieszaninę enancjomerów (D i L -alaniny) otrzymywaną w procesie chemicznej syntezy. Jednak znacznie czulsza, ale i kilkukrotnie droższa, jest optycznie czystsza alanina w formie enancjomerów. Komercyjnie dostępne są alaninowe dozymetry w formie: tabletek, polimerowych folii oraz saszetek z proszkiem. Elektronowy rezonans paramagnetyczny (EPR) jest selektywną i bardzo czułą metodą identyfikacji oraz oceny liczby wolnych rodników. W dozymetrii dużych dawek EPR stosowany jest od ponad 40 lat. Za wielkość dozymetryczną przyjmuje się amplitudę linii centralnej sygnału EPR napromieniowanej alaniny. Dla danego spektrometru i zadanych parametrów pomiarowych wielkość ta jest proporcjonalna do dawki pochłoniętej promieniowania w dozymetrze. Postęp w zakresie technik EPR i jakości komercyjnych dozymetrów sprawia, że zaczynają być one stosowane również w radioterapii. Wadą analizy EPR/Alanina jest wysoki koszt aparatury oraz handlowych dozymetrów. Alternatywą może być znacznie tańsza spektrofotometria z wykorzystaniem przystawki do DRS i alaniny – DRS/Alanina.

## Dozymetria wiązki prostej elektronów

Dozymetr DRS/Alanina wykorzystano w badaniach wielkości emisji wodoru ( $\text{H}_2$ ) powstającego na skutek radiolizy materiałów deponowanych w składowisku odpadów promieniotwórczych w okresie 10 000 lat<sup>1</sup> [3]. Temat został zlecony Instytutowi Chemii i Techniki Jądrowej (IChTJ) w Warszawie przez Narodowe Laboratorium Departamentu Energii Stanów Zjednoczonych – Los Alamos National Laboratory (w skrócie: Los Alamos lub LANL). Prace miały związek z eksploatacją WIPP (*Waste Isolation Pilot Plant*). Do napromieniowywania próbek bardzo

<sup>1</sup> Wielkość emisji wodoru zależy od dawki pochłoniętej, zakłada się więc, że efekt pochłonięcia w badanym materiale w krótkim czasie dawki rzędu MGy będzie podobny jak efekt oddziaływania na badany materiał promieniowania o wiele rzędów mniejszą mocą dawki w ciągu dziesiątków tysięcy lat (*przypr. red.*).

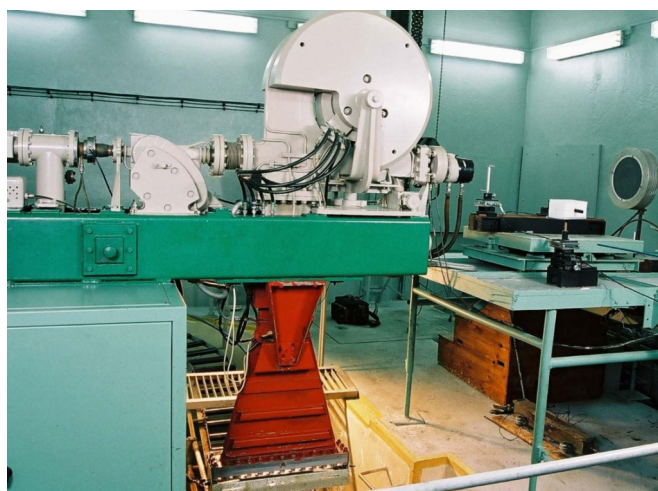


Rys. 1. Wydajność radiolityczna wodoru dla suchego gipsu została oszacowana na 0,033  $\mu\text{mol}/\text{J}$ . Dla gipsu po dodaniu wody i wysuszeniu wyniosła ona odpowiednio 0,053  $\mu\text{mol}/\text{J}$ .

Fig. 1. The radiolytic efficiency of hydrogen for dry gypsum was estimated at 0.033  $\mu\text{mol}/\text{J}$ . For gypsum, after adding water and drying, it was 0.053  $\mu\text{mol}/\text{J}$ , respectively.

dużymi dawkami (rzędu MGy) wykorzystywano wiązkę prostą dwufunkcyjnego przemysłowo-badawczego akceleratora LAE 13/9 o energii elektronów 8–13 MeV i mocy wiązki przemiatanej 6 kW (fot. 2, 3). Zastosowanie wiązki przemiatanej elektronów byłoby w tym przypadku bardzo czasochłonne. Wymagałoby wielodniowych napromieniowań ze szkodą dla analizy chromatograficznej [4, 5, 6].

Przekrój prostej wiązki elektronów wychodzącej z akceleratora określano wstępnie na podstawie zabarwienia folii z polichlorku winylu umieszczanej w statywie w miejscu, w którym następnie ustawiano fiolkę z próbką. Określony na folii środek wiązki elektronów zaznaczano następnie światłem lasera zamocowanego na ścianie naprzeciwko akceleratora. W miejscu plamki lasera zawieszano następnie badane próbki. Dawki promieniowania dostarczano



Fot. 2. Akcelerator elektronów LAE 13/9 ze stanowiskiem do badań naukowych wiązką prostą i czerwonym skanerem do przemiatania elektronów na szerokość transportera.

Photo 2. LAE 13/9 electron accelerator with a straight beam scientific research station and a red scanner for sweeping electrons across the width of the transporter.



Fot. 3. Wyjście wiązki prostej elektronów przyspieszanej w akceleratorze LAE 13/9. Miejsce umieszczenia próbki badawczej określonej na folii z PCW zaznaczono czerwonym plamką lasera.

Photo 3. Output of a straight beam of electrons accelerated in the LAE 13/9 accelerator. The location of the test sample marked on the PVC foil is marked with a red laser spot.

w postaci impulsów. W celu oszacowania dawki pojedynczego impulsu wykorzystywano dozymetr alaninowy, dla którego wcześniej wykonano krzywą kalibracji. Jako przykład podano wyniki badań radiolizy wodoru dla suchego gipsu, który przebadano do dawki 1400 kGy.

Oznaczono również wydajności wodoru dla L i DL-alaniny które podano w tabeli.

	/100 eV	$\mu\text{mol}/\text{J}$
alanina L	0,139	0,183
alanina LD	0,174	0,230

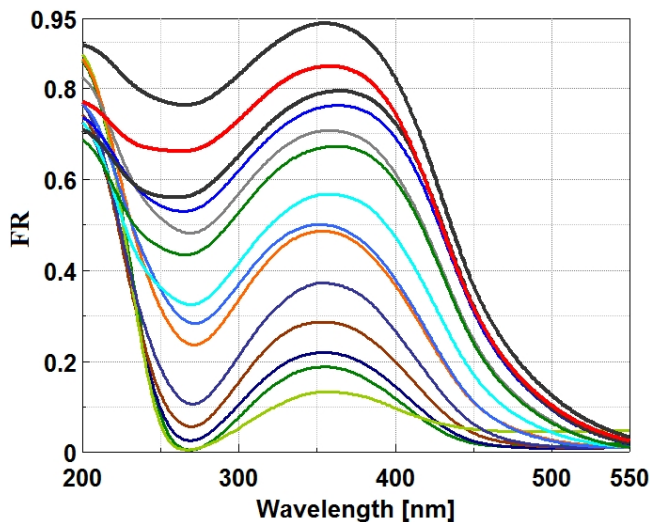
## Kalibracja dozymetru alaninowego

Aktualnie przeprowadzono ponowną kalibrację dozymetru alaninowego z wykorzystaniem spektrofotometru z przystawką do DRS firmy Jacso. Urządzenie pozwala mierzyć absorbancję DRS jedynie względem wzorca bieli z siarczanu baru ( $\text{BaSO}_4$ ). Aby uzyskać wynik analogicznie do otrzymywanego wcześniej ze spektrofotometru Perkin-Elmera należy od widma próbki napromieniowanej odjąć widmo próbki nienapromieniowanej za pomocą programu komputerowego. Perkin-Elmer Lambda 9 z przystawką refleksyjną do pomiarów różnicowych wyznaczał tę różnicę automatycznie w jednym pomiarze. Badania eksperymentalne miały na celu wyznaczenie zależności absorpcji FR w funkcji wielkości dawki.



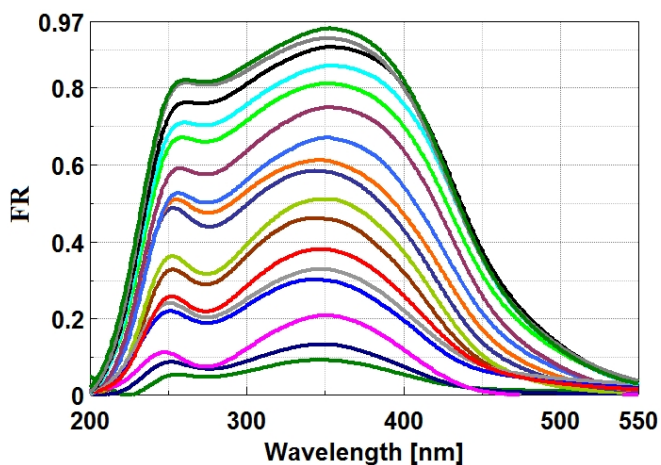
## Eksperyment

Alaninę typu L przesiano przez sito w celu ujednoczenia wielkości ziaren. Próbkę napromieniowywano w powietrzu w źródle promieniowania gamma GC-5000 (moc dawki pochłoniętej 1,32 kGy/h). Mierzono wartość FR dla próbek alaniny w kuwecie kwarcowej. Na rysunku zestawiono dla wygody jedynie wybrane widma DRS alaniny napromieniowanej dawkami pochłoniętymi od 15 do 450 kGy zmierzone względem wzorca bieli. Obliczono również widma będące różnicą próbki napromieniowanej i nienapromieniowanej dla dawek od 1 do 450 kGy. Wykreślono zależności między maksimum pików dla pasma 350 nm w widmie względnym w funkcji wielkości dawki. Opisano dwa zakresy zależności (FR – dawka) w przybliżeniu prostoliniowe: duże dawki 15–200 kGy i bardzo duże dawki 190 do 450 kGy.



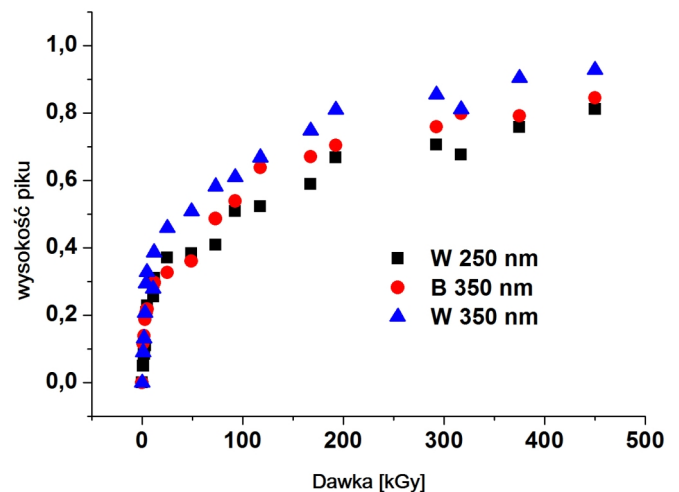
Rys. 2. Widma DRS alaniny względem wzorca bieli dla dawek od 1 do 250 kGy.

Fig. 2. DRS spectra of alanine against the white standard for doses from 1 to 250 kGy.



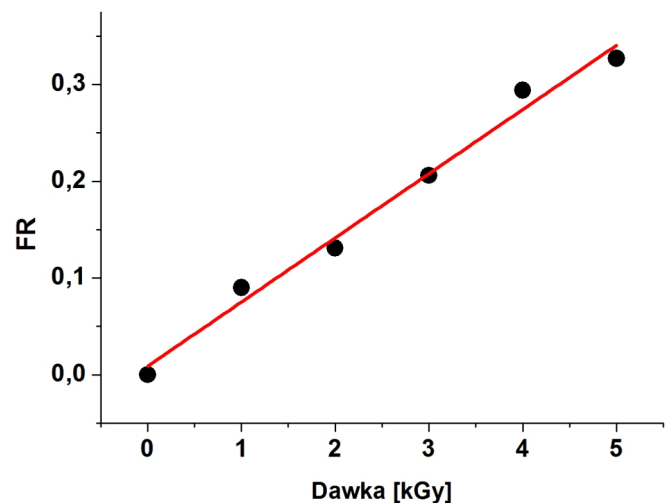
Rys. 3. Widma powstałe po odjęciu od widm próbki napromieniowanej widma próbki odniesienia (nienapromieniowanej) (dawki 1-450 kGy).

Fig. 3. Spectra obtained after subtracting the spectrum of the reference sample (non-irradiated) from the spectra of the irradiated sample (dose 1 to 450 kGy).



Rys. 4. Zestawienie wyników badań dla dawek promieniowania od 1 do 450 kGy.

Fig. 4. Summary of test results for radiation doses from 1 to 450 kGy.



Rys. 5. Ekstrapolacja wyników linią prostą w zakresie dawek 1–4 kGy.

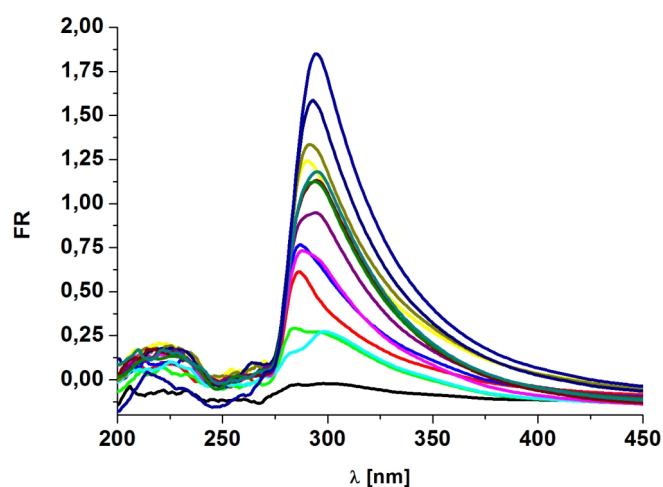
Fig. 5. Straight line extrapolation of results in the dose range 1–4 kGy.

## Radioliza polimerów

Niezwykle interesującym zagadnieniem w kontekście pomiarów DRS jest postulowana przez niektórych autorów możliwość radiacyjnej modyfikacji właściwości morfologicznych polimerów. Zagadnienie to autor analizował w kontekście radiolizy polipropylenu (PP). Należy podkreślić, że wszystkie sygnalizowane w literaturze zjawiska były obserwowane na granicy błęd pomiarowego i jak sądzę, wymagają gruntowniejszych badań. Teoretycznie nie ma bowiem przesłanek w podstawowej chemii radiacyjnej polimerów dla postulowania zmian krystaliczności. Należy rozważyć możliwość artefaktów wynikających np. ze znacznego rozgrzania tworzywa przy dostarczaniu dużej dawki promieniowania elektronowego. Przy takim postępowaniu łatwo o zmianę krystaliczności.

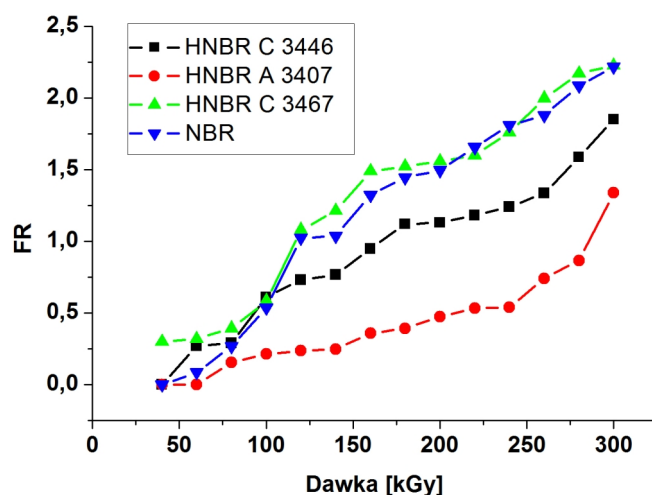
## DRS a chromatografia gazowa

Pierwsze prace z wykorzystaniem DRS prowadzone w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej dotyczyły post-radiacyjnych zjawisk w pierwotnym polipropylenie (PP). W przypadku dużych dawek jako dozymetr stosowano DRS/Alaninę. Próbki PP w formie proszków pobierano bezpośrednio z linii technologicznej. Polimer w tej postaci nie zawierał fotostabilizatorów i antyutleniaczy, bez których byłby praktycznie bezużyteczny. Kolejnym celem badań było wyjaśnienie mechanizmu efektu ochronnego aromatycznych stabilizatorów w radiolizie tworzyw sztucznych. DRS w oryginalny sposób połączono z chromatografią gazową produktów radiolizy naturalnych i syntetycznych polimerów, która dostarcza wielu cennych informacji na temat podstawowych zjawisk zachodzących w gniazdach jonizacji. Głównym skutkiem działania promieniowania jonizującego jest oderwanie atomu wodoru. W postaci cząsteczkowej opuszcza on materiał bezpowrotnie. Zjawisko ekstrakcji wodoru powoduje powstanie na łańcuchach polimeru reaktywnych makro-rodników, które reagują z tlenem zawartym w atmosferze powietrza. Zjawisko to inicjuje łańcuchowe procesy oksydegradacji. W sprzyjających warunkach rekombinacja rodników prowadzi do powstania wiązań poprzecznych i zjawisko sieciowania konkuruje z utlenianiem. Zdolność materiału do pochłaniania tlenu można dogodnie określić metodą chromatografii równoległe z analizą wodoru. Na chromatogramie otrzymujemy pasma charakterystyczne dla  $H_2$  i  $O_2$ . Porównanie uzyskanej wydajności radiacyjnej emisji wodoru z efektywnością zużycia tlenu pozwala stwierdzić, że w warunkach eksperymentalnych dla jednego radiacyjnie indukowanego makro-rodnika przypada ok. 20 cząsteczek tlenu. Na przykład za pomocą DRS badano radiolizę elastomerów typu NBR (kautczuk akrylonitrylo-butadienowy) i HNBR (kautczuk uwodorniony akrylonitrylo-butadienowy) [7, 8]. Handlowe oznaczenia



Rys. 6. Widma DRS elastomeru Therban dla dawek od 20 kGy do 300 kGy.

Fig. 6. DRS spectra of Therban elastomer for doses from 20 kGy to 300 kGy.



Rys. 7. Wysokości pików w widmie DRS w zakresie długości fal 290–380 nm w funkcji długości fali.

Fig. 7. Peak heights in the DRS spectrum in the wavelength range 290–380 nm as a function of wavelength.

wybranych kauczków (HNBR 3446) zawierają informacje o % zawartości akrylonitrylu (34) i liczbie resztkowych wiązań podwójnych. Kształt i intensywność widma DRS zależy zarówno od rodzaju grup karbonylowych, jak i podstawników, które zmieniają się w wyniku sieciowania i degradacji elastomeru. W widmach NBR i HNBR intensywność pasm w zakresie 300–380 nm zmieniała się w przybliżeniu proporcjonalnie do wielkości dawki. W zasadzie elastomery te można zastosować do szacowania dużych dawek promieniowania.

## Podsumowanie

Dozymetr DRS/Alanina jest tanią i eksperymentalnie prostą alternatywą dla dozymetrii EPR/Alanina. Może być on polecany do szacowania bardzo dużych dawek w badaniach np. odporności radiacyjnej materiałów stosowanych w składowiskach odpadów promieniotwórczych. Nie zawsze zależy nam bowiem na dostarczeniu dokładnie określonej dawki, ale jedynie dużej dawki. Tak jest, gdy napromieniamy materiały promieniowaniem rozproszonym wokół akceleratora [9]. Nie jesteśmy w stanie z góry określić, jaką dawkę materiał otrzyma po jednym dniu pracy akceleratora. Możemy jednak tę dawkę oszacować za pomocą dozymetru DRS/Alanina. Badania radiolizy materiałów z wykorzystaniem DRS mają nadal duży i jak się wydaje niewykorzystany potencjał [10–13].

## Notka o autorze

**Dr inż. Wojciech Głuszewski** – adiunkt w Centrum Badań i Technologii Radiacyjnych Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie. Chemik radiacyjny. Zajmuje się problematyką modyfikacji tworzyw polimerowych. Specjalista w zakresie technologii radiacyjnych i dozymetrii promieniowania jonizującego (zdjęcia i rysunki W. Głuszewski).

## Literatura

1. Zagórski Z.P., Rafalski A., *Diffuse reflectance spectrophotometry in polypropylene radiolysis study*, Radiation Physics and Chemistry, 5(48), 1996, 595–600.
2. Głuszewski W., Boruc B., Kubera H., Abbasowa D., *The use of DRS and GC to study the effects of ionizing radiation on paper artifacts*, Nukleonika, 2015, 60, 3, 665.
3. Głuszewski W., *Radioliza w składowiskach odpadów promieniotwórczych*, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, 2018, 1(109), 9–15.
4. Głuszewski W., *Tworzywa polimerowe dla energetyki jądrowej*, Nowa Energia, 2023, 2(88), 52–54.
5. Głuszewski W., *Szybkie elektrony (EB)*, Nowa Energia, 2(93), 2024, 30–32.
6. Głuszewski W., *Zastosowanie chromatografii gazowej do oznaczania radiolitycznego wodoru cząsteczkowego, którego oddzielenie inicjuje zjawiska wtórne w radiacyjnej modyfikacji polimerów*, Polimery, 64, 10, 2019, 44–49.
7. Głuszewski W., Zagórski Z.P., Rajkiewicz M., *The Comparison of Radiation and a Peroxide Crosslinking of Elastomers*. KGK und PV, 2015, 11/12, 46–49.
8. Bik J., Głuszewski W., Rzymiski W.M., Zagórski Z.P., (2003), *Radiation Physics and Chemistry* 67, 421, EB radiation crosslinking of elastomers.
9. Głuszewski W., *Wykorzystanie w technice radiacyjnej rozproszonego promieniowania wokół skanera przemysłowego akceleratora elektronów*, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, 1(131), 2024, 25–29.
10. Kubelka P., Munk F., *Ein Beitrag zur Optik der Farbanstriche*, Z. Tech. Phys., 12(1931), 593.
11. Perkampus H., *UV-VIS Spectroscopy and its applications*, Springer, Berlin (1992).
12. Zagórski Z.P., *Diffuse reflection spectrophotometry (DRS) for recognition of products of radiolysis in Polymers*, Int. J. Polymer. Mater., 2003, 52, 323–333.
13. Walo. M., *EPR studies of gamma irradiated poly(ether-urethane)s*, Radiation Physics and Chemistry, 2019, 19, 6.



Biuletyn „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna” wydawany jest od 1989 r. Do 2013 r. był drukowany i kolportowany (ostatnio w nakładzie 700 egzemplarzy) wśród osób i instytucji zainteresowanych zagadnieniami dozoru nad bezpieczeństwem jądrowym i ochroną radiologiczną. Od 2014 r. biuletyn wydawany jest w nowej, elektronicznej formie. Każdy numer biuletynu zamieszczany jest na stronie internetowej.

**Biuletyn „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna” znajduje się w wykazie czasopism naukowych Ministerstwa Edukacji i Nauki. Kwartalnik wydawany przez PAA otrzymał 40 pkt. w następujących dyscyplinach naukowych:**

- nauki o bezpieczeństwie,
- nauki fizyczne,
- nauki chemiczne,
- nauki prawne,
- nauki medyczne.

## INFORMACJA DLA AUTORÓW

Wydawca przyjmuje artykuły naukowe, których tematyka jest związana z zapewnieniem i kontrolą bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, w tym również związane z zabezpieczeniem i ochroną fizyczną materiałów jądrowych i obiektów jądrowych, technologiami jądrowymi i technikami radiacyjnymi, fizyką i chemią oraz inżynierią jądrową, naukami prawnymi, geologią i geofizyką czy bezpieczeństwem narodowym.

Każdy artykuł zamieszczony w biuletynie jest recenzowany przez dwóch recenzentów.

## ZASADY OGÓLNE

Tekst artykułu powinien prezentować aktualny stan wiedzy na poruszany temat oraz najnowsze dane. Artykuł powinien być podzielony na mniejsze logiczne fragmenty redakcyjne, opatrzone śródtytułami. Artykuł nie może być wcześniej publikowany ani zgłoszony do publikacji w innym czasopiśmie. Wydawca zastrzega sobie prawo nieprzyjęcia artykułu do publikacji, dokonywania skrótów, wprowadzania poprawek stylistycznych i redakcyjnych oraz zmian w tytule artykułu. Autorzy są zobowiązani do współpracy z Wydawcą w całym procesie przygotowywania artykułu do publikacji, w tym do terminowej korekty autorskiej.

## ZGŁOSZENIE DZIEŁA

Egzemplarze artykułu wraz z pełnym zestawem ilustracji mogą być przesyłane na adres:

**Biuletyn „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna”**

**Państwowa Agencja Atomistyki**

**ul. Nowy Świat 6/12,**

**00-400 Warszawa, Polska**

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

Zachęcamy do przesyłania artykułów drogą elektroniczną na wyżej wskazany adres e-mail. Szczegółowe informacje można uzyskać na stronie internetowej:

<https://www.gov.pl/web/paa/biuletyn-bezpieczenstwo-jadrowe-i-ochrona-radiologiczna>

Państwowa Agencja Atomistyki  
ul. Nowy Świat 6/12, 00-400 Warszawa  
[www.gov.pl/web/paa](http://www.gov.pl/web/paa)