

e-ISSN 2353-9062
ISSN 0867-4752

3 (121) 2021

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA



60 lat eksploatacji
Krajowego
Składowiska
Odpadów
Promieniotwórczych



PAŃSTWOWA
AGENCJA
ATOMISTYKI

Wydawca: **Państwowa Agencja Atomistyki**
ul. Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa

Redakcja: **Elżbieta ZALEWSKA**
Apolonia CICHOCKA
ul. Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa
TEL. 22 628 94 39
FAX 22 621 37 86
E-MAIL biuletyn@paa.gov.pl
WWW. 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
dr **Tomasz NOWACKI** – członek Rady

Maciej JURKOWSKI, Redaktor naczelny

Marek WOŹNIAK, Redaktor techniczny

e-ISSN 2353-9062
ISSN 0867-4752

Druk: Agencja Reklamowa TOP Agnieszka Łuczak

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLOGICZNA

BIULETYN INFORMACYJNY PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI

Nr 3 (121) 2021
Warszawa

Spis treści

Maciej Jurkowski Wywiad z byłym dyrektorem ZUOP Andrzejem Cholerzyńskim	5
Aneta Korczyc, Joanna Furtak Współpraca operatora składowiska z władzami i mieszkańcami Gminy Różan	12
Michał Przybysz Dozór jądrowy Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różanie	16
Magdalena Szostak, Marcin Banach Monitoring radiologiczny na terenie i w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych	24
Łukasz Koszuk, Zuzanna Podgórska, Iwona Słonecka Szkolna Radonowa Mapa Polski – projekt edukacyjny Fundacji Forum Atomowe	32

Szanowni Państwo

W bieżącym numerze Biuletynu, poza ostatnim artykułem, kontynuujemy tematykę związaną z obchodami jubileuszu sześćdziesięciolecia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Różaniu przypadającego we wrześniu bieżącego roku.

Ta okrągła rocznica jest dobrą okazją, by przybliżyć Państwu problematykę postępowania z odpadami promieniotwórczymi, zasięgając informacji niejako z pierwszej ręki, od **Andrzeja Cholerzyńskiego**, byłego długoletniego dyrektora Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP), nadzorującego KSOP. W udzielonym nam wywiadzie zechciał się on z nami i z Państwem podzielić, na podstawie własnych doświadczeń z ponad 45 lat pracy z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym, swymi wspomnieniami, obserwacjami i opiniami.

Rozwinięciem jednego z ważnych wątków poruszonych w tym wywiadzie jest artykuł **Anety Korczyk i Joanny Furtak** na temat współpracy ZUOP jako operatora KSOP z władzami i mieszkańcami Gminy Różan. Opisano w nim długoletni proces budowania zaufania i relacji opartych na wzajemnych korzyściach, przy zapewnieniu przez ZUOP pełnej przejrzystości działań prowadzonych w KSOP i umożliwieniu lokalnej społeczności weryfikacji bezpieczeństwa tych działań przez własnych, niezależnych ekspertów.

Poza taką lokalną, społeczną kontrolą operatora KSOP, podlega on nadzorowi i kontroli w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej ze strony specjalnie, ustawowo do tego powołanych organów państwowego dozoru jądrowego. **Michał Przybysz** w kolejnym artykule omawia zadania, wynikające z ustawy – Prawo atomowe, realizowane w ramach takiego dozoru nad KSOP w Różaniu, sprawowanego w interesie społecznym (także m.in. społeczności lokalnej), przez Prezesa i inspektorów dozoru jądrowego Państwowej Agencji Atomistyki. Autor szczegółowo opisuje, jakie aspekty eksploatacji KSOP są przedmiotem inspekcji dozorowych prowadzonych w KSOP, jaki jest zakres takich inspekcji i jakie są instrumenty egzekwowania przez organy dozoru usunięcia przez operatora nieprawidłowości stwierdzonych w toku inspekcji.

Zapewnienie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej KSOP jest obowiązkiem ZUOP, bo to operator ponosi niezbywalną odpowiedzialność za bezpieczeństwo prowadzonej przez siebie działalności. Istotnym instrumentem weryfikacji przez ZUOP bezpieczeństwa eksploatacji KSOP jest monitoring radiologiczny KSOP, któremu poświęcony jest kolejny artykuł. **Magdalena Szostak i Marcin Banach** przedstawiają w nim wyniki kilkuletnich badań monitoringu radiologicznego terenu i otoczenia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różaniu i płynące z nich wnioski dotyczące bezpieczeństwa ludności i środowiska w otoczeniu KSOP.

W ostatnim z zamieszczonych artykułów **Łukasz Koszuk, Zuzanna Podgórska i Iwona Słonecka** przedstawiają bardzo ciekawą inicjatywę Fundacji Forum Atomowe wykonania pomiarów stężenia promieniotwórczego produktów alfa-rozpadu radonu przez uczniów szkół w Polsce. Celem projektu było zwiększenie świadomości występowania naturalnych źródeł promieniowania jonizującego, a w szczególności – wpływu radonu na zdrowie, oraz praktyczne zapoznanie uczniów z szeroko pojętą dozymetrią promieniowania i ochroną radiologiczną.

Życzymy Państwu owocnej lektury,



Redaktor Naczelny
Maciej Jurkowski

Wywiad z byłym dyrektorem ZUOP Andrzejem Cholerzyńskim

Wywiad przeprowadził Maciej Jurkowski
Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki



Andrzej Cholerzyński, emerytowany były wieloletni dyrektor Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych zarządzający Krajowym Składowiskiem Odpadów Promieniotwórczych w Różanie.

M.J.: Składowisko odpadów promieniotwórczych w Różanie działa z sukcesem od 60 lat. Działając przez wiele lat w organizacji zarządzającej tym składowiskiem, obecnie pod nazwą ZUOP, ma Pan ogromną wiedzę o okolicznościach i ludziach, którym ten sukces zawdzięczamy, Pan jest niewątpliwie jednym z nich. Kiedy po raz pierwszy zainteresował się Pan problematyką odpadów promieniotwórczych i w jakich okolicznościach związał Pan z nią swoją karierę zawodową?

A.Ch.: Jak w wielu sytuacjach życiowych o podjęciu pracy w ZUOP (dla ułatwienia będę używał tego skrótu) zdecydował trochę przypadek, a może szczęśliwy traf. W roku 1974/1975 ukończyłem Wydział Chemiczny Politechniki Warszawskiej. W tamtych czasach każdy absolwent miał obowiązek podjęcia pracy w ciągu trzech miesięcy. Jeżeli

ktoś sam nie znalazł sobie pracy, dostawał nakaz pracy. Te sprawy załatwiał Pełnomocnik ds. zatrudnienia absolwentów. Pełnomocnik dysponował ofertami pracy w całym kraju. Ofertę pracy w Instytucie Badań Jądrowych (IBJ) w Świerku znalazłem właśnie u Pełnomocnika. Oferta jak na tamte czasy była atrakcyjna finansowo. Oferta nie zawierała informacji, w którym zakładzie mam być zatrudniony. Mój pierwszy szef, pan dr Marek Goliński polował na chemika i miał dobre układy z kadrową (dla młodych osób wyjaśniam, że w tamtych czasach kadrowy to był ktoś ważny, często współpracował ze Służbą Bezpieczeństwa). Rozmowa z moim przyszłym szefem przekonała mnie do pracy w ZUOP. Miałem być zatrudniony jako pracownik naukowy w pracowni, której szefem był pan Włodzimierz Tomczak, który właśnie wrócił z Belgii (ze stypendium MAEA¹).

Pracę rozpocząłem tydzień później, 10 marca 1975 roku. Dostałem na początek trochę artykułów i opracowań do poczytania, dla takiego ogólnego rozeznania się w problematyce odpadów promieniotwórczych. Taki był skromny początek mojej kariery zawodowej na całe życie.

W ZUOP przygotowanie pracownika do w pełni samodzielnej pracy trwa od 5 do 8 lat. Oczywiście od samego początku miałem mnóstwo szkoleń i ćwiczeń, których zaliczenie było warunkiem dopuszczenia do pracy z substancjami promieniotwórczymi. Już po trzech miesiącach pracy zostałem skierowany na sześciotygodniowy kurs ochrony radiologicznej w CLOR², uzyskałem wtedy najwyższe uprawnienia – inspektora typu B. Do tej pory pamiętam Zarządzenie 23/70³.

M.J.: Czy pamięta Pan osoby, które miały istotny wpływ na poszerzanie Pana wiedzy, zdobywanie umiejętności i kształtowanie podejścia do problemów

¹ Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej z siedzibą w Wiedniu.

² Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

³ Zarządzenie Pełnomocnika Rządu ds. Wykorzystania Energii Atomowej nr 23/70 regulujące całościowo problematykę pracy z substancjami promieniotwórczymi.

związanych z postępowaniem z odpadami promieniotwórczymi, w szczególności – z bezpieczeństwem ich przechowywania i składowania? Proszę nam przybliżyć sylwetki tych osób.

A.Ch.: Miałem wielu nauczycieli, którzy pracowali w ZUOP. Najważniejszym moim nauczycielem, który mnie ukształtował zawodowo był Włodzimierz Tomczak (był wtedy adiunktem). Jego droga, kariera zawodowa była dla mnie wzorcem. Moim pierwszym zadaniem, jakie otrzymałem w ZUOP było wdrożenie technologii oczyszczania niskoaktywnych ścieków promieniotwórczych metodą z zastosowaniem sorbentów nieorganicznych. Tę technologię Tomczak przywiózł z Belgii. Najpierw były badania laboratoryjne, potem już próby na instalacjach technologicznych. Aby uniknąć błędów, mój szef i ja założyliśmy ubrania robocze i w otoczeniu pracowników obsługi instalacji technologicznych wykonaliśmy sami pierwszy przerób z wykorzystaniem nowej technologii. Wyszło znakomicie. Uzyskaliśmy znaczne lepsze wyniki oczyszczania niż metodami stosowanymi wcześniej. Objętość szlamów była wyraźnie niższa i ich forma była dogodniejsza dla procesu asfaltowania. Wykonałem też porównawcze badania laboratoryjne asfaltowania szlamów otrzymanych za pomocą nowej technologii. Wyniki były bardzo dobre (podstawowym parametrem była ługowalność).

Bardzo często korzystałem z możliwości udziału w dyżurach technologicznych (praca na trzy zmiany). Praca w laboratorium, obsługa instalacji technologicznych to była najlepsza nauka i zdobywanie doświadczenia. Miałem dobrych nauczycieli, którzy byli kierownikami działów czy sekcji lub zwykłymi pracownikami z dużym doświadczeniem. To byli moi nauczyciele. Prawie od początku starałem się, aby opanować obsługę wszystkich instalacji technologicznych ZUOP. Dotyczy to też układów pomiarowych czy analitycznych używanych do celów technologicznych i badań laboratoryjnych. Dużo skorzystałem na współpracy z Politechniką Warszawską. Prawie od samego początku współpracowałem z panem profesorem Andrzejem Chmielewskim. Z tej współpracy były patenty. Ważnym elementem były też wspólne prace na rzecz elektrowni jądrowej w Żarnowcu. Do dzisiaj IChTJ⁴ jest zapleczem naukowym dla ZUOP, zawsze mogłem liczyć na wsparcie pana profesora Andrzeja Chmielewskiego i pani profesor Grażyny Zakrzewskiej.

Dużo nauczyłem się dzięki szkoleniom, kursom i konferencjom organizowanym przez MAEA w Wiedniu. Skorzystałem z rocznego stypendium w BNL w USA⁵. Znako- mitym dla mnie doświadczeniem były także projekty związane z elektrownią jądrową budowaną w Żarnowcu, współpracowałem z wybitnymi fachowcami. Mam wszystkie przeszkolenia związane z postępowaniem z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym

obejmujące również przechowywanie i składowanie odpadów promieniotwórczych. Mam bardzo dobre przygotowanie z zakresu ochrony fizycznej, w tym szkolenie w USA. Miałem szczęście do dobrych, fachowych i przyjaznych nauczycieli.

M.J.: **A jaki obecnie jest mechanizm pozyskiwania kandydatów oraz ich przygotowania i wdrażania do pracy w ZUOP? Czy łatwo jest ich pozyskać? Jakie są czynniki sprzyjające zainteresowaniu młodych ludzi taką pracą, decyzjom o jej podjęciu w ZUOP i związaniu z nią swojej kariery zawodowej? Dlaczego nie obawiają się oni wieloletniej stosunkowo bliskiej styczności w pracy z odpadami promieniotwórczymi?**

A.Ch.: ZUOP to fabryka chemiczna. Potrzebuje więc głównie chemików (technologia i inżynieria chemiczna). Stosowane są typowe podejścia: ogłoszenia w prasie, prywatne kontakty. Czasami sam się ktoś zgłasza. Niestety ZUOP nie jest obecnie atrakcyjny, nie możemy zaproponować dobrego wynagrodzenia na starcie (kiedyś w IBJ płace były o 20% wyższe niż w innych ośrodkach naukowych czy uczelniach.

Każdy, kto zgłasza się jako potencjalny pracownik ZUOP, nie ma dużych obaw związanych z pracą w warunkach narażenia. Przeważnie kandydat coś tam sobie poczyta i zadaje pytania w celu uzupełnienia lub wyjaśnienia wątpliwości. Jeżeli zgłaszają się osoby np. po historii czy socjologii, to rozmowa o zatrudnieniu jest krótka.

Niestety, często na warunkach finansowych rozmowa się kończy (oczekiwania są czasami na poziomie 7 tys. zł netto). W dawnych czasach można było zachęcać wyjazdami zagranicznymi, teraz to nie działa, można było też kusić karierą naukową (niestety w stanie wojennym zabrano nam pracownie badawcze). ZUOP jest jednak przyjazny możliwości zrobienia doktoratu w ośrodkach naukowych czy na uczelniach.

ZUOP w ramach swoich możliwości prowadzi również działalność informacyjną ukierunkowaną zwłaszcza na młodych ludzi (Dni Otwarte, wycieczki szkolne, broszury dla szkół). W budynku byłego reaktora EWA są przygotowane pomieszczenia wystawowe dla dużej liczby zwiedzających (czekają na energetykę jądrową).

M.J.: **Jakie działania związane z odpadami promieniotwórczymi lub wypalonym paliwem zaliczyłby Pan do największych sukcesów zawodowych? Jakie były źródłem Pana największej osobistej satysfakcji?**

A.Ch.: Mam dwa zrealizowane projekty, które były moim marzeniem. Pierwszy to instalacja wyparna, drugi to komora gorąca.

Od początku uważałem, że trzeba jak najszybciej przejść na oczyszczanie ścieków metodą wyparną. Ta

⁴ Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie.

⁵ Brookhaven National Laboratory – laboratorium narodowe podlegające Departamentowi Energii rządu Stanów Zjednoczonych Ameryki (US-DoE), Upton, New York, USA.

metoda daje gwarancję spełnienia z zapasem wszystkich kryteriów radiologicznych i chemicznych. Kiedy temat podjęto, pieniądze na ten projekt uzyskano w części z pomocy technicznej MAEA, a w części sfinansowano go ze środków własnych (dotacja budżetowa). Ja przygotowałem założenia, a projekt wykonali polscy specjaliści. Był tam pewien haczyk: należało się uporać z pienieniem i przerzutami skażeń do destylatu. Był też problem doczyszczania destylatu. Aparaty wykonały polskie firmy, budowa instalacji – to też dzieło polskiej firmy. Najdroższe wyposażenie wyparki to trzy szwajcarskie pompy obiegowe, każda w cenie dobrego samochodu. Ciekawostką jest to, że automatykę i sterowanie pracą wyparki z klawiatury komputera zaprojektował zespół, którym kierował doc. Sowiński, pierwszy Prezes PAA. Miałem obawy, ale jego zespół zrobił dobrą robotę. Współpracująca z wyparką instalacja odwróconej osmozy do doczyszczania destylatu i do oczyszczania ścieków o bardzo małym zasoleniu powstała w IChTJ.

W ramach programu PHARE została zbudowana komora gorąca do kapsułowania wypalonego paliwa jądrowego z polskich reaktorów badawczych. To drugi dla mnie ważny i trudny w realizacji projekt. Byłem kierownikiem tego projektu. Koszmarem było uzyskanie pozwolenia na budowę komory⁶. W końcu się udało, wykorzystałem w pewnym krytycznym momencie wsparcie Prezesa PAA pana profesora Jerzego Niewodniczańskiego (było to dla mnie osobiście bardzo niebezpieczne zagranie). Komora gorąca umożliwia przygotowanie wypalonego paliwa do przechowywania w suchym przechowalniku (wypalone paliwo z przechowalników ZUOP zostało zakapsułowane).

Gdy pojawił się Program GTRI (Inicjatywa Redukcji Zagrożeń Globalnych), którego celem był zwrot paliwa do kraju producenta, ZUOP skorzystał z tej możliwości. Program w całości był finansowany ze środków amerykańskich. Tu należy wspomnieć o nieżyjącym już panu Bożydarze Snopku, który przygotowywał wywozy. Miałem dużą satysfakcję, że współpracowałem z tak wybitnym fachowcem. Dzięki Darku.

M.J.: Przy rozwiązaniu pewnych problemów, związanych na przykład z planami zamknięcia składowiska w Różanie, czy z przygotowaniem wypalonego paliwa jądrowego do suchego przechowywania ZUOP korzystał z zagranicznej pomocy technicznej. Jak ocenia Pan efektywność tej pomocy oraz poziom wiedzy i umiejętności polskich inżynierów w porównaniu z ich partnerami zagranicznymi przy realizacji tych projektów?

A.Ch.: Oczywiście ZUOP korzystał ze środków pomocy technicznej MAEA, PHARE czy bezzwrotnej pomocy amerykańskiej. Zagraniczna pomoc techniczna umożliwiła realizację niezbędnych inwestycji obejmujących obiekty

i instalacje technologiczne, a także opracowanie nowych technologii związanych z przetwarzaniem i zestaniem odpadów promieniotwórczych. Bez pomocy zagranicznej budowa komory gorącej byłaby trudna. Dla KSOP-Różan został opracowany tzw. *safety case*, czyli raport bezpieczeństwa obejmujący eksploatację i zamknięcie składowiska.

W zakresie wiedzy i umiejętności nigdy nie mieliśmy kompleksów. Anglicy mieli problemy ze sterowaniem procesu cementowania (dostarczyli podstawowe aparaty instalacji cementowania). Polska część tej instalacji działała bez zarzutu. Pomogliśmy Anglikom i dzięki temu instalacja mogła być przekazana do eksploatacji. Niemcy mieli problemy z uzyskaniem wymaganej szczelności kapsułowania w komorze gorącej. Pracownicy ZUOP znaleźli rozwiązanie i po wprowadzeniu odpowiednich zmian kapsułowanie przebiegało bez problemów, co potwierdziły badania szczelności kapsuł.

M.J.: ZUOP odgrywał także bardzo istotną rolę w bezpośredniej, technicznej realizacji w Polsce zadań związanych z amerykańską inicjatywą GTRI, dotyczącą zarówno wywiezienia z Polski wypalonego paliwa z reaktorów badawczych, jak i fizycznych zabezpieczeń użytkowanych w Polsce źródeł wysokoaktywnych, wymagającą wielostronnej współpracy z partnerami zarówno krajowymi, jak i zagranicznymi. Jak Pan ocenia jakość i efektywność tej współpracy ze stroną amerykańską, stroną rosyjską, polskimi podmiotami administracji rządowej (w szczególności z organami dozoru jądrowego i organem założycielskim) oraz posiadaczami zezwoleń na eksploatację reaktora i użytkowanie źródeł promieniotwórczych?

A.Ch.: Chciałbym podkreślić, że współpraca w ramach obu projektów wszystkich stron wymienionych w pytaniu była wzorowa. Zaczniemy od GTRI. Realizacja tego projektu wymagała bardzo złożonej dokumentacji. Część tej dokumentacji przygotowywała strona polska, część rosyjska. To co jest wymagane, było w przepisach polskich, rosyjskich i międzynarodowych: wymagania techniczne, organizacja transportu, zgody na eksport i import materiałów jądrowych. Należało udowodnić, że to co wywozimy do Rosji, jest zgodne z oryginalną dokumentacją wypalonego paliwa. Paliwo było transportowane w specjalnych pojemnikach. Ich załadunek odbywał się w obecności inspektorów MAEA (plombowali każdy pojemnik). Na każdy transport należało uzyskać zezwolenie Prezesa PAA, jak wiadomo była to droga krzyżowa (śmiech), ale gdy była taka potrzeba, dostawaliśmy informacje czy decyzje bardzo szybko. Każdy transport musiał mieć dokumenty celne. Oddzielnym zagadnieniem był sam transport i jego ochrona fizyczna. W Polsce ochronę fizyczną zapewniała policja, później jednostki wojskowe ochrony granic (wszystkie te działania miały klauzulę „TAJNE”).

⁶ Mowa tu o pozwoleniu budowlanym, a nie zezwoleniu Prezesa PAA z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej (przyp. red.)

Poza naszymi granicami ochronę fizyczną zapewniała Rosja (ochrona ta była bardzo dobra i niewidoczna, też nie mogę o tym mówić).

Chciałem podkreślić szczególnie bardzo dobrą współpracę z naszymi partnerami w reaktorze MARIA, nigdy nas nie zawiedli.

Każdy transport i wywóz wymagał wielomiesięcznej współpracy dziesiątek instytucji, kilku ministerstw i setek różnych specjalistów z Polski, USA i Rosji.

To wszystko w ZUOP koordynował śp. pan Bożydar Snopek. Codziennie spotykaliśmy się, aby coś uzgodnić, podpisać gotowe dokumenty. W czasie realizacji wszystkich wywozów nie było sytuacji zagrożenia, że transport się nie odbędzie w wyznaczonym wcześniej przez stronę amerykańską terminie. Było trochę nerwowo zwłaszcza przy ostatnim transporcie drogą lotniczą z lotniska w Gdańsku (kolumna samochodów miała długość 500 m). Przy transporcie morskim transport do Gdyni odbywał się drogą kolejową. Wszystko było pod górkę.

Nie wiadomo, dlaczego Amerykanie wymyślili sobie, że ZUOP będzie inwestorem zastępczym w realizacji zabezpieczeń mechanicznych i elektronicznych obiektów instalacji, w których są źródła wysokoaktywne czy też alfa promieniotwórcze o odpowiedniej aktywności. Na ZUOP spadła cała realizacja wszystkich koniecznych zadań. Amerykanie ograniczali się (i nadal tak to wygląda), do wizyt, aby na początku wesprzeć nas w przekonaniu posiadaczy źródeł, aby zgodzili się na wykonanie odpowiednich zabezpieczeń. Po zakończeniu prac odbywał się odbiór/kontrolna strony amerykańskiej z udziałem pracowników ZUOP. Nigdy nie było żadnych zgrzytów. Trudne dyskusje były tylko, gdy negocjowaliśmy warunki finansowe dla ZUOP i naszych podwykonawców. Musieliśmy np. przedstawić koszty etatu w poszczególnych grupach specjalistów zaangażowanych we współpracę z USA.

Obecnie jesteśmy na innym poziomie, jeżeli chodzi o zabezpieczenie źródeł. Teraz wymienia się źródła na aparaty rentgenowskie. ZUOP zarabia więc na odbiorze źródeł do przechowania. Finansuje to strona amerykańska.

M.J.: Decyzje o lokalizacji centralnego składowiska zapadały w końcu lat 50. ubiegłego wieku z zastosowaniem kryteriów opartych na wiedzy o stosowanych wówczas na świecie technologiach składowania. Jakie czynniki przesądziły o tym, że obiekty w Różanie spełniają wymagania współcześnie stosowanych technologii składowania i związanych z nimi kryteriów akceptacji odpadów?

A.Ch.: Na początku na świecie traktowano odpady promieniotwórcze jak odpady przemysłowe. Były gromadzone w jakichś pojemnikach, a następnie wyrzucano je do rowów ziemnych i zasypywano ziemią. Szczęśliwie w Polsce nigdy tak nie robiono. Początkowo odpady przechowywano w miejscu, gdzie powstały. W którymś momencie zaczęto myśleć o tym, aby sprawę odpadów promienio-

twórczych jakoś uporządkować. Duża w tym zasługa pracowników CLOR. Można też przyjąć, że IBJ był zainteresowany rozwiązaniem sprawy odpadów, bo w tym ośrodku powstawały duże ilości odpadów promieniotwórczych (Świerk, Żerań).

Z tego początkowego chaosu wyłoniła się koncepcja składowiska i budowy w Świerku Stacji Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych. Na początku lat 70. funkcjonował już Zakład Unieszkodliwiania Substancji Promieniotwórczych (ZUSP) i Centralna Składnica Odpadów Promieniotwórczych (CSOP) w Różanie. Szczęśliwie w Różanie są dobre warunki geologiczne i hydrogeologiczne nawet, gdy mówimy o wymaganiach dla współczesnych składowisk powierzchniowych. Na terenie Różana były obiekty wojskowe w dobrym stanie, łatwe do zaadaptowania do celów przechowywania odpadów promieniotwórczych. Obiektem, który został zbudowany od początku była wybetonowana fosa. Nigdy w Różanie nie wysypywano odpadów luzem. Odpady do CSOP były przywożone w opakowaniach: hoboki stalowe, ocynkowane lub 200 l bębny stalowe ocynkowane. Początkowo stałe odpady nie podlegały żadnym działaniom, były upychane i to wszystko. Do CSOP nigdy nie przywożono ciekłych odpadów, zawsze podlegały zestaleniu w Świerku. W latach 70. podstawową technologią zestalania było asfaltowanie (technologia i instalacja z Belgii). Praktycznie od początku zarówno odpady zestalone, jak i stałe były układane warstwami i zalewane betonem. Na końcu wylewa się warstwę bitumiczną.

Składowisko to system sztucznych barier i działań ochronnych: postać chemiczna i fizyczna odpadów, materiał zestalający (asfalt, beton), opakowanie, konstrukcja składowiska i bariery naturalne związane z budową geologiczną. Dla tego systemu opracowuje się analizy bezpieczeństwa, które mają wykazać, że nawet w sytuacjach skrajnych nie dojdzie do skażeń środowiska. Już w ZUSP w badaniach laboratoryjnych przeprowadzono testy produktów zestalania dla różnych materiałów (asfalt, betony, tworzywa sztuczne). Określano ługowalność dla izotopów promieniotwórczych (np. Cs-137, Sr-90), wytrzymałość mechaniczną, odporność radiacyjną, odporność chemiczną. Mając te dane, opracowywane były analizy bezpieczeństwa, które wykazały, że nie będzie uwolnień substancji promieniotwórczych do środowiska.

Wszystkie analizy bezpieczeństwa były prezentowane w raportach bezpieczeństwa składowiska w Różanie. Raporty takie są podstawą do wydania zezwolenia na eksploatację składowiska. Analizy bezpieczeństwa wykonane w ramach programu PHARE przez Anglików potwierdziły, że składowisko w Różanie jest bezpieczne.

M.J.: Składowisko w Różanie nie jest wyposażone, zresztą w zgodzie z istniejącymi obecnie przepisami, w system odwodnienia, stosowany gdzie indziej w podobnych składowiskach. Jakie unikalne cechy ma to składowisko, że nie jest on potrzebny? Jakie podej-

mowano działania, by chronić bariery składowiska przed zagrożeniami wodnymi?

A.Ch.: Dla Różana zrobiono wyjątek: KSOP-Różan może być eksploatowane bez wymaganego obecnie drenażu. Przy czym należy pamiętać, że w przypadku składowisk powierzchniowych drenaż oznacza nie tylko odwadnianie, ale również musi zapewnić kontrolę przecieków pod składowiskiem. Buduje się specjalne korytarze pod komorami składowania pozwalające na pełną kontrolę ewentualnych przecieków. Zbiorniki zbiorcze wód drenażowych połączone są ze zbiornikiem poza polem składowania.

Drenaż dla składowiska w Różanie zostanie zbudowany na etapie zamknięcia składowiska.

KSOP-Różan ma rozbudowany system kontroli wód podziemnych. Od samego początku budowano na terenie składowiska i poza jego granicami siatkę piezometrów. W ustalonych przedziałach czasowych pobierane są z piezometrów próbki wody poddawane później analizom na obecność izotopów promieniotwórczych i zanieczyszczeń chemicznych. Z danych z kilkudziesięciu lat można stwierdzić, że KSOP nie stwarza zagrożenia dla środowiska i ludzi. Szczególna uwaga skierowana jest na ujęcia wody pitnej dla ludności.

System sztucznych barier ochronnych w KSOP-Różan, o którym wspominałem wcześniej, jak widać, skutecznie chroni przed uwolnieniami skażeń promieniotwórczych ze składowiska do środowiska.

M.J.: **Jakie jest obecnie podejście i plany postępowania ZUOP w odniesieniu do odpadów, przechowywanych w obiektach nr 2 i nr 3, umieszczonych w nich w początkowym okresie eksploatacji składowiska w Różanie (tzw. *legacy waste*), nie spełniających później wprowadzonych, obecnie obowiązujących kryteriów? Jak ma znaczenie dla bezpieczeństwa i jakich działań wymaga stwierdzona obecność trytu w wodach gruntowych pod obiektem nr 2?**

A.Ch.: W KSOP-Różan przechowywane są odpady długocyciowe, które na etapie zamknięcia składowiska zostaną ponownie przetworzone i przeniesione do nowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczym, też typu powierzchniowego, czyli tylko do dalszego przechowywania. Miejscem docelowym składowania, a nie przechowywania tych odpadów będzie składowisko głębokie.

ZUOP ma w planach wydobyć odpady z obiektów 2 i 3. Są czynione starania o pozyskanie środków na ten cel. Trzeba pamiętać, że odpady w obiektach 2 i 3 zostały wniesione przez ludzi. Przy ich usuwaniu można myśleć o robotach, ale można przyjąć, że wystarczą odpowiednie kombinezony stosowane przy pracach dekontaminacyjnych.

W Różanie uporządkowano sprawę zużytych źródeł radowych. Zostały one przeniesione do specjalnych wielowarstwowych pojemników z warstwą pochłaniającą radon, których objętość jest w granicach 50 l. Pojemnik właściwy

na zużyte źródła radowe to zaspawana gilza ze stali nierdzewnej o pojemności do 100 ml.

Nie znamy źródła trytu, który trafił do Różana, nie ma go w kartach odpadów. Zawartość trytu w próbkach pobieranych z piezometrów jest wiele rzędów poniżej dopuszczalnych limitów nawet dla wody pitnej. Trzeba pamiętać, że pomiary zawartości trytu na tak niskich poziomach na początku eksploatacji składowiska nie były możliwe ze względu na brak technik i układów pomiarowych.

Tak niski poziom stwierdzonych zawartości trytu w próbkach nie wymaga żadnych specjalnych działań.

M.J.: **W odbiorze społecznym sprawa odpadów promieniotwórczych jest jednym z najistotniejszych czynników budzących kontrowersje co do akceptacji programu budowy elektrowni jądrowych w Polsce, ze względu na konieczność zlokalizowania, budowy i uruchomienia nowego składowiska powierzchniowego. Z drugiej strony sprawa składowania odpadów z eksploatacji reaktorów badawczych oraz zużytych wysokoaktywnych źródeł promieniotwórczych z zastosowań w medycynie oraz w przemyśle i badaniach naukowych chyba nigdy nie budziła w opinii publicznej takich emocji. Czy sześć dekad rozwiązywania w Polsce z sukcesem problemów bezpiecznego postępowania z wypalonym paliwem i odpadami promieniotwórczymi przyczyniło się, lub ma taką szansę, by wygasić irracjonalne emocje? Jakie mamy doświadczenia z nastawieniem ludności zamieszkałej w okolicach Różana, a więc najbliższej składowanych lub przechowywanych tam odpadów? Jakie czynniki miały wpływ na kształtowanie się tego nastawienia?**

A.Ch.: Niestety tak się ukształtowała opinia publiczna, nie tylko w Polsce, ale i na całym świecie, że składowiska odpadów promieniotwórczych podświadomie kojarzone są przez ludzi z Hiroszimą i Czarnobylem. Jest to bardzo trudno zmienić, zwłaszcza że przeciwnicy energetyki na tej podstawie budują negatywne emocje. Fukushima też dołożyła swoje. Media poszukujące sensacji podsycają i rozbudzają nieuzasadniony strach.

ZUOP jest przygotowany do cierpliwego ich wyjaśniania. Wiele działań jest ukierunkowanych na młodych ludzi, uczniów. Daje to pozytywne wyniki, ale to wymaga czasu. ZUOP jest przygotowany na działania informacyjne w momencie, gdy zaczną się inwestycje związane z energetyką jądrową i budową nowego składowiska.

Ludność Różana zawsze podnosiła negatywny wpływ składowiska na ich życie. Tak powstały opłaty na rzecz gminy ustalone ustawowo. Ma to złagodzić „negatywny wpływ składowiska”. Od lat nie mamy już protestów przed składowiskiem.

M.J.: **Czy to skutek jedynie wspomnianych opłat na rzecz gminy, czy też jeszcze innych inicjatyw ZUOP w odniesieniu do lokalnej społeczności?**

A.Ch.: Opłaty na rzecz Gminy Różan są tylko jednym z elementów działań w stosunkach między państwem, a społecznością Różana. Różne inicjatywy rodziły się od lat 70. Pamiętam takie pismo od władz Różana, które ZUSP otrzymał w 1975. Jego treść ograniczała się do tego, abyśmy natychmiast zabrali te ODPADKI. Można sobie różnie myśleć o treści tego pisma, ale to był początek długiej drogi do stanu z dnia dzisiejszego. Zaczęliśmy rozmawiać. Zawsze uważaliśmy, że musimy być uczciwi w stosunku do naszych partnerów. Rozumieliśmy też to, że sąsiedztwo składowiska może stwarzać pewne ograniczenia dla rozwoju miasta i gminy. Wspieraliśmy inicjatywy rekompensat. Na początku to były propozycje inwestycji: przychodnia, szkoła, drogi itp. Te działania nie były jednak odczuwalne przez całą okoliczną ludność i nie były gwarantowane w dalszej perspektywie. Uważam, że system opłat rocznych jest najlepszą rekompensatą. Jest w tym jeden bezpiecznik: musi być zapewniona możliwość dostaw odpadów do składowiska przez 11 miesięcy. W przeszłości był przypadek usypania przed bramą przyzmy ziemi i postawienia spychacza, zagrażającego wjazd do składowiska. Poza pieniędzmi realizowaliśmy postulaty ludności dotyczące transparentności naszych działań i stworzenia mechanizmu kontroli społecznej. Od dawna o każdym transporcie odpadów do składowiska przekazujemy informację władzom gminy. Utworzono też niezależną Komisję Ochrony Radiologicznej, działającą w imieniu społeczności Różana, która ma bardzo duże uprawnienia kontrolne. Jej członkowie mają prawo do sprawdzenia dokumentacji odpadów i porównania jej ze stanem faktycznym (są wyposażeni w profesjonalne przyrządy pomiarowe). W razie wątpliwości mogą zlecić odpowiednie badania niezależnym laboratoriom.

Cała dokumentacja dotycząca bezpieczeństwa radiologicznego KSOP-Różan jest przekazywana władzom Gminy Różan. Mogą sami oceniać tę dokumentację, ale mają też prawo skorzystania z pomocy niezależnych ekspertów, jeżeli wyjaśnienia przedstawicieli ZUOP budzą wątpliwości (dotyczy to szczególnie specjalistycznych informacji czy obliczeń).

ZUOP dużą wagę przywiązuje do komunikacji społecznej: Dni Otwarte, wycieczki do Świerku, prezentacje dotyczące postępowania z odpadami, w tym ich przygotowanie do składowania. Oczkiem głowy jest młodzież szkolna. Nie ma pytań bez odpowiedzi i wyjaśnień. Na terenie składowiska został zbudowany obiekt, w którym są warunki do spotkań i prezentacji (rzutniki, ekrany).

Ważnym elementem bezpieczeństwa Różana są badania wód gruntowych na terenie i poza terenem składowiska. Czasami na życzenie mieszkańców wykonujemy dodatkowe pobory próbek wody, nawet jeżeli w ocenie specjalistów nie mają uzasadnienia.

Tak więc nie tylko kasa. Dla ZUOP ważne jest to, aby okoliczna ludność czuła się bezpieczna. Dla mnie jako dyrektora najważniejsze było to, aby nie powstało zagrożenie dla ludzi i środowiska.

M.J.: Pojemność składowiska w Różanie jest ograniczona, od dawna liczone się z koniecznością przygotowania jego zamknięcia, natomiast obserwuje się od kilku lat odwiekanie pierwotnie planowanego terminu podjęcia i efektywnego wdrożenia związanych z tym działań – w tym przede wszystkim – lokalizacji i budowy nowego składowiska powierzchniowego. Czy w Pana opinii już obecnie nie jesteśmy spóźnieni z tymi działaniami? I to nie tylko z uwagi na obecne plany rychłej rewitalizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej – PPEJ, ale także z punktu widzenia konieczności zapewnienia, po zamknięciu składowiska w Różanie, miejsca odpadom promieniotwórczym pochodzącym z reaktora badawczego oraz z produkcji i z ciągle rosnącego wykorzystania izotopów promieniotwórczych w krajowej gospodarce, w tym w szczególności w medycynie.

A.Ch.: Bez obaw, miejsca na odpady promieniotwórcze w KSOP-Różan wystarczy na potrzeby związane z eksploatacją reaktora MARIA, potrzeby przemysłu, medycyny i badań naukowych. Różan nie jest przewidywany jako miejsce składowania odpadów z energetyki jądrowej i nigdy zresztą nie był. Musi zostać wybudowane nowe składowisko. Powinno być ono oddane do eksploatacji najpóźniej rok przed uruchomieniem pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce.

Proces zamknięcia KSOP-Różan rozpocznie się, gdy zacznie już funkcjonować nowe składowisko.

Proces zamknięcia składowiska może potrwać do 15 lat. Tylko badania terenowe warstw zamykających składowisko to 5 lat.

M.J.: We wrześniu 1994 roku zapadły ważne decyzje dotyczące statusu prawnego i usytuowania w systemie administracji rządowej obecnego ZUOP, jako przedsiębiorstwa użyteczności publicznej, pod pewnymi względami uprzywilejowanego w porównaniu z innymi przedsiębiorstwami. Na podstawie ponad ćwierćwiecza Pańskich doświadczeń na kierowniczym stanowisku z działania ZUOP w takim charakterze, czy w Pana opinii było to dobre i wystarczające rozwiązanie, skutecznie zapewniające efektywną i bezpieczną realizację celów postawionych przed ZUOP? Pytam, ponieważ wydaje się, że nawet wśród specjalistów związanych z branżą jądrową nie wszyscy zdają sobie sprawę ze znaczenia, jakie dla zapewnienia bezpieczeństwa odpadów ma taki właśnie status prawny ZUOP. Proszę zatem o komentarz, jakie to ma znaczenie?

A.Ch.: Były dwa powody, dla których powstało przedsiębiorstwo użyteczności publicznej. Taki „krajowy” to wiązał się z faktem, że z ZUOP zawsze podbierano pieniądze na inne cele jednostki, której był częścią. Drugi – to prawny, wynikający z zaleceń międzynarodowych, chociażby MAEA czy organizacji UE. Państwo Polskie

musi zagwarantować, że instytucja zajmująca się odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym będzie miała możliwość CIĄGŁEGO funkcjonowania w każdych warunkach. To państwo odpowiada za bezpieczne postępowanie z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym, dotyczy to również przechowywania i składowania odpadów i paliwa jądrowego.

Państwo wykonuje swój obowiązek poprzez ZUOP. Status przedsiębiorstwa użyteczności publicznej oznacza, że ZUOP nie może być sprywatyzowany i nie może ogłosić upadłości. Stąd też ZUOP, nie może funkcjonować w ramach jakiejś innej jednostki np. można sobie np. wyobrazić upadłość jednostki badawczej, natomiast ZUOP – nie.

M.J.: **Od ponad roku jest już Pan na emeryturze, co pozwala, jak sądzę, spojrzeć na ZUOP i szerzej – na organizację i praktykę postępowania z odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym w Polsce – z pewnego dystansu, niejako już z zewnątrz. Równocześnie dysponuje Pan ogromną sumą wiedzy i doświadczeń nagromadzonych w ciągu 45 lat pracy zawodowej w tej dziedzinie. Dlatego na zakończenie proszę wskazać w niej obszary krytyczne, wymagające Pana zdaniem najpilniejszych działań, by zamierzona przez rząd rewitalizacja PPEJ mogła dokonać się bez opóźnień, skutecznie i bezpiecznie? Czyich i jakich pilnych decyzji należy oczekiwać i jakimi okażą się wyzwania dla Pańskich kolegów obecnie kierujących ZUOP?**

A.Ch.: Mój czas już się skończył. Zawsze Zakładowi Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, pracownikom ZUOP – moim kolegom znakomitym fachowcom – będę życzył samych sukcesów i będę się cieszył, gdy ZUOP będzie się rozwijał: nowe technologie, nowe obiekty technologiczne, nowe instalacje. Jest nowa dyrekcja ZUOP, zatrudnieni będą nowi ludzie. Jestem przekonany, że podołają, z bieżącą nie mają wyjścia. Jest dużo wyzwań związanych z bieżącą działalnością ZUOP i PPEJ. Dla ZUOP to technologie przetwarzania odpadów na terenie elektrowni jądrowej, budowa i eksploatacja nowego składowiska, Zamknięcie KSOP-Różan. Dużo trudnej roboty. Wiem, że jest świadomość tego, co należy zrobić w ramach PPEJ, potrzebne są decyzje i to jest kluczowa sprawa.

Miałem przyjemność pracować wśród porządných ludzi, którzy są wybitnymi fachowcami w swoich dziedzinach. Dotyczy to zarówno osób kierujących działami czy sekcjami, ale też pracowników podstawowych, operatorów instalacji. Można powiedzieć: Bóg zapłać.

M.J.: **Bardzo dziękuję za rozmowę.**

Z Andrzejem Cholerzyńskim, byłym długoletnim dyrektorem Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych nadzorującym Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych w Różanie rozmawiał Maciej Jurkowski – redaktor naczelny biuletynu „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna” Państwowej Agencji Atomistyki.

Współpraca operatora składowiska z władzami i mieszkańcami Gminy Różan

Repository operator cooperation with the authorities and residents of the Różan Community

Aneta Korczyc, Joanna Furtak
Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych

Streszczenie: Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych w Różanie funkcjonuje od 1961 roku¹. Początkowy brak działań informacyjnych doprowadził do protestów mieszkańców gminy oraz nieufności lokalnych władz. Wspólne działania podejmowane na przestrzeni lat przez operatora składowiska², Komisję Ochrony Radiologicznej przy Radzie Miasta Różan oraz Burmistrza Gminy Różan powodują, że wątpliwości związane z obecnością KSOP z roku na rok stają się mniejsze.

Słowa kluczowe: Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych, odpady promieniotwórcze, Komisja Ochrony Radiologicznej, współpraca z lokalnymi władzami.

Abstract: *The National Radioactive Waste Repository (NRWR) in Różan has been operating since 1961. The initial lack of information activities led to protests by the inhabitants of the commune and distrust of local authorities. The joint actions undertaken over the years by the repository operator – Radioactive Waste Management Plant (RWMP), the Radiation Protection Commission at the Różan City Council and the Mayor of the Różan Commune reduce the doubts related to the presence of the NRWR from year to year.*

Keywords: *National Radioactive Waste Repository, radioactive waste, Radiation Protection Commission, cooperation with local authorities.*

1. Wprowadzenie

Poszukiwania lokalizacji składowiska odpadów promieniotwórczych w Polsce rozpoczęły się kilkanaście lat po II wojnie światowej. W pierwszej kolejności wytypowano obiekty forteczne we wschodniej i południowej części kraju i określono także kryteria wyboru lokalizacji. Były to czasy, kiedy decyzje takie jak umieszczenie na terenie danej gminy składowiska odpadów promieniotwórczych były podejmowane zza biurka. Nie oznacza to jednak, że nie były one poparte wcześniejszymi analizami i badaniami. Jeśli można, z dzisiejszego punktu widzenia, mieć zastrzeżenia do braku dialogu społecznego, to warstwa merytoryczna tego procesu była prowadzona w sposób jak

najbardziej profesjonalny. Jako kryteria wyboru przyjmowano między innymi stan murów i podłóg obiektów fortecznych oraz ich grubość, odpowiednie warunki geologiczne, w tym niski poziom wód gruntowych, a także odpowiednią sieć dróg pozwalającą na bezpieczny dojazd. W kolejnym etapie prac wybrano dwie lokalizacje: w Dębem koło Serocka i w Różanie nad Narwią. 1 września 1960 roku Wojewódzka Komisja Planowania Gospodarczego wyraziła zgodę na lokalizację Centralnej Składowicy Odpadów Promieniotwórczych (CSOP) w fortach w rejonie miejscowości Różan n/Narwią, w powiecie Maków Mazowiecki. W kolejnych latach zapada decyzja o zlokalizowaniu CSOP w forcie nr 3.

¹ Jako składowisko krajowe KSOP od 1 stycznia 2002 roku, przedtem jako Centralna Składowica Odpadów Promieniotwórczych CSOP.

² Od 1 stycznia 2002 roku przedsiębiorstwo użyteczności publicznej pod nazwą Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych – ZUOP, początkowo funkcjonowało jako zakład Instytutu Badań Jądrowych (IBJ, a po jego podziale, od 1983 roku jako zakład Instytutu Energii Atomowej – IEA) w latach 1961–1970 roku pod nazwą Centrala Odpadów Promieniotwórczych, później do roku 1994 jako Zakład Unieszkodliwiania Substancji Promieniotwórczych – ZUSP, a w latach 1994–2001 jako Zakład Doświadczalny Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych – ZDUOP.

Od początku swojej działalności Centralna Składnica Odpadów Promieniotwórczych (obecnie Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych) była powodem niepokoju miejscowej ludności. Brak odpowiednich działań komunikacyjnych i edukacyjnych w pierwszych latach funkcjonowania spowodowały nieufność lokalnych władz do działań prowadzonych przez Instytut Badań Jądrowych (ówczesnego operatora CSOP). W latach 80. zaczęto podejmować inicjatywy zmierzające do nawiązania relacji z lokalną społecznością, a operator CSOP wraz z Państwową Agencją Atomistyki oraz władzami samorządowymi wychodzili naprzeciw oczekiwaniom społecznym w zakresie dostępu do informacji oraz finansowego wkładu operatora CSOP (od stycznia 1983 roku Instytutu Energii Atomowej – IEA) w rozwój infrastruktury.

2. Współpraca z lokalnymi władzami

Jednym z pierwszych działań komunikacyjnych było zorganizowane z inicjatywy Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki (PAA), przy współpracy Wojewody ostrołęckiego w kwietniu 1988 roku spotkanie przedstawicieli władz administracyjnych i politycznych województwa oraz Miasta i Gminy Różan, PAA oraz dyrekcji Instytutu Energii Atomowej (IEA). W wyniku dyskusji ustalono m.in. podpisanie umowy między dyrekcją IEA a Naczelnikiem Miasta i Gminy Różan w sprawie opłat dla Miasta i Gminy Różan z tytułu, jak to wtedy nazwano, „uciążliwości społecznej CSOP”. W lipcu tego samego roku została podpisana umowa między IEA a Urzędem Miasta i Gminy Różan w sprawie dalszej eksploatacji CSOP. IEA zobowiązał się do corocznego narastającego wkładu finansowego do zadań realizowanych przez UM i G Różan do czasu zaprzestania dostarczania odpadów promieniotwórczych do CSOP oraz do zapewnienia przez instytut partycypacji w wydatkowaniu środków niezbędnych do budowy przychodni zdrowia. Warto przy tej okazji wspomnieć, iż w roku 1988 Gmina Różan nie otrzymywała jeszcze, wprowadzonej w okresie późniejszym, opłaty za eksploatację składowiska, a środki przekazywane przez Instytut Energii Atomowej wspierały inwestycje prowadzone przez zarząd gminy. W grudniu 1990 zarząd Gminy i Miasta Różan zawarł kolejne porozumienie z Instytutem Energii Atomowej w Świerku, na mocy którego operator CSOP został zobowiązany m.in. do informowania każdorazowo zarządu o terminach przywozu do CSOP odpadów promieniotwórczych, umożliwienie przedstawicielom lokalnych władz obserwację czynności wyładowniczych i udostępnienie dokumentów przewozowych. IEA zobowiązał się również do przeszkolenia wybranych przedstawicieli mieszkańców Różana w zakresie ochrony radiologicznej i umiejętności dokonywania pomiarów oraz wyposażenie zarządu w podstawowy sprzęt pomiarowy umożliwiający dokonywanie samodzielnych pomiarów. Porozumienie obejmowało

również przedstawienie przez IEA pełnego opracowania wykonanych badań dotyczących CSOP wraz z wnioskami oraz organizację wykładów dla mieszkańców Różana, a także wycieczek do CSOP i do pracowni IEA w Świerku. Na mocy tego porozumienia zarząd Gminy Różan został zobligowany do rzetelnego informowania społeczności Różana i przedstawicieli środków masowego przekazu o warunkach eksploatacji CSOP i jej wpływie na środowisko oraz do prezentowania społeczności Różana otrzymanych z IEA informacji i wyników badań. Ponadto zdecydowano o powołaniu spośród mieszkańców Różana społecznej Komisji Ochrony Radiologicznej, której członkowie zostaną upoważnieni do bezpośredniego kontaktu z operatorem składowiska i przeprowadzania samodzielnych pomiarów na jej terenie. Wypracowane wtedy zasady współpracy pomiędzy władzami gminy a operatorem składowiska obowiązują do dnia dzisiejszego.

Obecność na terenie Gminy Różan składowiska odpadów promieniotwórczych wiąże się również ze wsparciem finansowym. W 1992 roku podpisano umowę o partycypację IEA w kolejnych projektach rozbudowy infrastruktury komunalnej i społecznej Gminy Różan. Na mocy tej umowy instytut zadeklarował wsparcie finansowe m.in. budowy oczyszczalni ścieków, modernizacji dróg, modernizacji sieci wodociągowej, kanalizacyjnej i energetycznej, budowy warsztatów szkolnych oraz strażnicy Ochotniczej Straży Pożarnej w Różanie, a w 1994 roku do ustawy Prawo atomowe dodano zapis o corocznej opłacie dla Gminy Różan z tytułu eksploatacji składowiska.

Po wydzieleniu w styczniu 2002 roku Zakładu Doświadczalnego Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych ze struktur IEA i przekształceniu w Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, 4 października 2002 roku zawarto nowe, zarazem ostatnie już porozumienie pomiędzy Gminą Różan a Zakładem Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych. Na mocy tego



Rys. 1. Członkowie Komisji Ochrony Radiologicznej podczas wizyty w KSOP w Różanie.

Fig. 1. Members of the Radiological Protection Commission during a visit to the NRWR in Różan.

porozumienia ZUOP zobowiązał się do kontynuacji systematycznych badań aktywności próbek środowiskowych na terenie KSOP i w jego otoczeniu oraz przekazywania zarządowi gminy i Komisji Ochrony Radiologicznej rocznego opracowania wykonanych badań. Ponadto w przypadku stwierdzenia zaistnienia jakiegokolwiek niekontrolowanego przedostania się do środowiska izotopu promieniotwórczego ZUOP jest zobligowany do natychmiastowego powiadomienia o tym zdarzeniu w formie pisemnej zarządu gminy i podjęcia wszelkich koniecznych działań zmierzających do zlikwidowania skutków tego zdarzenia, a następnie zlikwidowania lub zminimalizowania ewentualnych szkód powstałych w wyniku tych zdarzeń. Jak już wcześniej wspomniano, ZUOP wciąż informuje zarząd gminy o termiach przewozu do KSOP odpadów promieniotwórczych oraz umożliwia jej przedstawicielom oraz Komisji Ochrony Radiologicznej wgląd do wszystkich dokumentów dotyczących przewożonych odpadów promieniotwórczych. Dodatkowo udostępnia członkom Komisji Ochrony Radiologicznej podstawowy sprzęt umożliwiający dokonywanie pomiarów mocy dawki promieniowania jonizującego, zapewnia odpowiednie przeszkolenie, a także umożliwia wgląd do dokumentacji towarzyszącej dostarczonym na teren KSOP odpadom. Raz do roku zarząd gminy informowany jest o składowanych i przechowywanych w KSOP odpadach promieniotwórczych, w tym ich rodzaju, aktywności w przeliczeniu na koniec danego roku czy objętości. W dokumencie zawierającym te dane ZUOP umieszcza także wyniki monitoringu środowiskowego z danego roku, a także opisuje inne ważne wydarzenia, które wystąpiły na składowisku. Dodatkowo Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych prowadzi spotkania informacyjne i warsztaty edukacyjne dla radnych Miasta Różan, które przybliżają temat odpadów promieniotwórczych oraz ich składowania.

Zgodnie z ostatnim podpisanym porozumieniem zarząd gminy jest zobligowany do udostępniania mieszkańcom rzetelnych informacji dotyczących funkcjonowania składowiska.



Rys. 2. Warsztaty prowadzone dla członków radnych Miasta Różan.
Fig. 2. Workshops for members of the City Councilors of Różan.

wiska. Wśród nich powinny się znaleźć dane dostarczane przez ZUOP na temat składowanych odpadów promieniotwórczych i ich wpływu na środowisko. Ponadto w przypadku wykonywania przez Gminę Różan dodatkowych badań środowiskowych dotyczących eksploatacji KSOP, wyniki tych badań powinny zostać przedstawione pracownikom ZUOP.

3. Relacje z lokalną społecznością

Współpraca z lokalną społecznością oraz ich opinia na temat obecności Krajowego Składowiska Opadów Promieniotwórczych na terenie Gminy Różan jest jednym z filarów funkcjonowania tego obiektu. Poprzez akcję informacyjną w postaci Dni Otwartych KSOP i spotkań z przedstawicielami lokalnych władz ZUOP stara się przybliżyć szczegóły związane ze swoją działalnością. Początkowo, pomimo działalności prowadzonej zgodnie z przepisami prawa obowiązującego w danym okresie, a także regularnych kontroli organów nadzorczych, brak działań informacyjnych i konsultacji z mieszkańcami spowodował powstanie wielu mitów wokół składowiska. Mieszkańcy w obawie o zagrożenia wynikające z obecności substancji promieniotwórczych na terenie gminy organizowali protesty, a w 1988 roku zaprosili ekipę dziennikarzy z redakcji Ekspres Reporterów TVP, która nagrała audycję o CSOP. Zgłoszono wtedy postulat zaproszenia do CSOP ekspertów zagranicznych. Realizując ten postulat, Prezes PAA wystąpił do Dyrektora Generalnego Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej o przysłanie do Polski ekspertów misji Waste Management Advisory Programme (WAMAP), kompetentnych w zakresie unieszkodliwiania, przechowywania i składowania odpadów promieniotwórczych. Eksperti dokonali oceny gospodarki odpadami promieniotwórczymi w Polsce powstającymi przy przemysłowym i medycznym zastosowaniu izotopów, ocenili składowisko w Różanie i zapoznali się ze stosowanymi metodami unieszkodliwiania odpadów w ZUSP (obecnie ZUOP). Na zakończenie misji, na podstawie uzyskanych informacji i po wizjach lokalnych, eksperci uznali stosowane w Polsce metody unieszkodliwiania i składowania odpadów promieniotwórczych za właściwe.

Przeprowadzone kontrole, pomiary i inne opisane wyżej inicjatywy władz i społeczności lokalnej nigdy nie wykazały jakiegokolwiek negatywnego wpływu składowiska na zdrowie mieszkańców Miasta i Gminy Różan czy nierzetelnego wykonywania prac przez operatora. Należy pamiętać, że działalność KSOP jest prowadzona pod kontrolą organów dozoru jądrowego, a także była wielokrotnie poddawana ocenom międzynarodowych ekspertów w ramach misji realizowanych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej. Polskie wymagania odnoszące się do wytwarzania, wykorzystywania i transportu izotopowych źródeł promieniotwórczych, postępowania z odpadami promie-

niotwórczymi i obsługiwanie urządzeń zawierających źródła promieniotwórcze lub wytwarzających promieniowanie jonizujące wprowadzone zostały już w drugiej połowie lat 50. ubiegłego wieku, czyli przed rozpoczęciem działalności składowiska.

Lata współpracy przedstawicieli lokalnych władz z pracownikami Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych oraz działania zagwarantowane przez prawo pozwalają dostrzec znaczące korzyści wynikające z obecności składowiska. Dodatkowe środki otrzymywane z budżetu państwa pomagają w rozwoju gminy i zapewnieniu mieszkańcom szeregu udogodnień. Dzięki opłacie otrzymywanej z budżetu państwa rozbudowano sieć wodociągową oraz poprawiono stan dróg, a najmłodszy mieszkańcy Różana mają możliwość wyjazdu na kolonie za symboliczną kwotę. Opłata za lokalizację składowiska, często mylnie nazywana rekompensatą, stanowi obecnie 10,5 mln złotych i jest przekazywana każdego roku, bez ograniczeń co do wydatkowania tych środków, a także szczegółowej sprawozdawczości.

Po wielu latach działalności Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych wciąż istnieją nieprzychylnie opinie na temat jego funkcjonowania. Wszystkie wątpliwości i obawy zachęcają do dalszej debaty oraz zwiększenia działań informacyjnych i edukacyjnych. Niewielka część mieszkańców nadal obawia się wpływu substancji promieniotwórczych na środowisko oraz zdrowie swoje i przyszłych pokoleń oraz tego, że po zamknięciu składowiska większość odpadów promieniotwórczych zostanie w Różanie na zawsze.

Podsumowanie

Z całą pewnością można stwierdzić, że włączenie władz lokalnych do procesów związanych z działalnością składowiska jest niezbędne i stanowi jeden z głównych czynników długiego i bezpiecznego funkcjonowania KSOP. Chęć współpracy i otwartość władz Gminy Różan i Komisji Ochrony Radiologicznej oraz transparentność działań Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych stworzyły wieloletnią relację przynoszącą korzyści dla całego społeczeństwa. Inicjatywy Zakładu Unieszkodli-

wiania Odpadów Promieniotwórczych pozwoliły lokalnym władzom zapoznać się z tematem promieniotwórczości i przekonać o bezpiecznej eksploatacji KSOP, a działalność Komisji Ochrony Radiologicznej Rady Miejskiej w Różanie usprawnia wspólne przedsięwzięcia i stanowi łącznik pomiędzy operatorem składowiska a lokalną społecznością.

Opinie mieszkańców Gminy Różan stanowią bardzo cenną wskazówkę nie tylko do dalszej działalności KSOP, ale również dla przyszłych projektów jądrowych w Polsce. Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych dokłada wszelkich starań, aby relacje z lokalną społecznością były jak najlepsze, a wszelkie pytania odnośnie do działalności składowiska nie pozostawały bez odpowiedzi. Stworzenie dobrych relacji z władzami Gminy Różan oraz prowadzenie działań edukacyjnych zwiększyły zaufanie społeczeństwa do działalności KSOP i pozwoliły na tak długą jego eksploatację.

Notki o autorach

Aneta Korczyk – zastępczyni Dyrektora Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych ds. Administracji i Komunikacji, jest absolwentką Wydziału Technologii i Inżynierii Chemicznej Akademii Techniczno-Rolniczej im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich w Bydgoszczy (dziś Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy). Ukończyła studia podyplomowe na kierunku Zarządzanie Zasobami Ludzkimi na Akademii Leona Koźmińskiego w Warszawie. Zatrudniona w ZUOP od stycznia 2005 roku na stanowisku specjalisty, kierownika działu, a od roku 2018 Zastępcy Dyrektora w ZUOP.

Joanna Furtak – absolwentka kierunku Energetyka i Chemia Jądrowa na Uniwersytecie Warszawskim oraz KEPKO International Nuclear Graduate School w Korei Południowej. Pracownik działu składowania w ZUOP odpowiadająca za bezpieczeństwo odpadów promieniotwórczych oraz edukację i komunikację społeczną.

Literatura

1. Informacja o wykorzystaniu energii atomowej na potrzeby społeczno-gospodarcze w kraju w 1989 roku, Warszawa 1990.
2. Porozumienie pomiędzy Zarządem Gminy i Miasta Różan a Instytutem Energii Atomowej, 1990.
3. Porozumienie pomiędzy Zarządem Gminy i Miasta Różan a Instytutem Energii Atomowej, 1994.
4. Porozumienie pomiędzy Gminą Różan, państwowym przedsiębiorstwem użyteczności publicznej Zakładem Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, 2002.

Dozór jądrowy Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie

Nuclear regulatory supervision over the National Radioactive Waste Repository (KSOP) in Różan

Michał Przybysz
Państwowa Agencja Atomistyki

Streszczenie: Prezes Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) jako centralny organ administracji rządowej właściwy w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej jest naczelnym organem dozoru jądrowego sprawowanego nad Krajowym Składowiskiem Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie. Dozór jądrowy nad KSOP polega na wydawaniu zezwoleń i nadawaniu uprawnień pracowniczych Prezesa PAA, kontrolach przeprowadzanych przez inspektorów dozoru jądrowego oraz wydawaniu nakazów, zakazów i zaleceń pokontrolnych. W artykule przedstawiono opis składowiska, zakres kontroli i przykładowe działania naprawcze podjęte w KSOP przez zarządzający nim Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP).

Słowa kluczowe: Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP), Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP).

Abstract: The President of the National Atomic Energy Agency (PAA), as the central government administration body responsible for nuclear safety and radiological protection, is the Nuclear Regulatory Body for the National Radioactive Waste Repository (KSOP) in Różan. Regulatory control over the KSOP consists in licensing and personnel authorisations by the PAA President, inspections carried out by nuclear regulatory inspectors and enforcement decisions. The article presents the description of the repository, the scope of inspections and examples of corrective actions taken in the KSOP by its operator – the Radioactive Waste Management Plant (ZUOP).

Keywords: Radioactive waste management Plant (ZUOP), National Radioactive Waste Repository (KSOP).

1. Wstęp

Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) powstało w 1961 r. i położone jest w Róźnie w odległości ok. 90 km od Warszawy. Eksploatowane jest przez Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych – państwowe przedsiębiorstwo użyteczności publicznej (ZUOP). KSOP według klasyfikacji Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej jest składowiskiem typu powierzchniowego i zajmuje powierzchnię 3,045 ha. Składowisko powstało poprzez zaadaptowanie dawnego

fortu wojskowego, znajdującego się ok. 1,5 km od centrum miasta.

Składowisko jest przeznaczone do składowania krótkożyjących odpadów nisko- i średnioaktywnych oraz do okresowego przechowywania odpadów długożyjących.

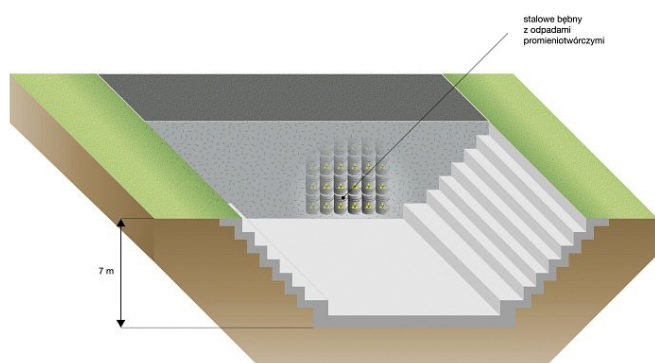
W KSOP składowane są wyłącznie odpady w postaci stałej lub zestalonej, a ponadto muszą spełniać następujące wymagania jakościowe¹:

- nie mogą generować produktów gazowych (z wyjątkiem odpadów zawierających izotopy rozpadające się do produktów gazowych, np. Ra-226),

¹ Wynikające z ustawy Prawo atomowe (art. 50, art. 52 i art. 55b), rozporządzenia Rady Ministrów ws. Odpadów promieniotwórczych i wypalnego paliwa jądrowego (Dz.U. 2015 poz. 2267) oraz warunków zezwolenia na eksploatację KSOP.

- nie zawierają substancji wybuchowych, łatwopalnych lub wykazujących się powinowactwem chemicznym w stosunku do barier ochronnych,
- nie zawierają cieczy nie związanej powyżej 1% całkowitej masy odpadów,
- umieszczone są w pojemnikach zamkniętych w sposób szczelny zabezpieczający przed wydostaniem się odpadów na zewnątrz.

Odpady krótkożyciowe nisko- i średnioaktywne składowane są wewnątrz suchej fosy (rys. 1), której dno i zbocza pokryte są 20 cm warstwą betonu. Odpady w postaci stałej i zestalonej znajdujące się w bębnach metalowych zabezpieczonych przed korozją są umieszczane wewnątrz fosy warstwami, a następnie pokrywane są warstwą betonu o konkretnych, zgodnych z procedurami ZUOP parametrach: wytrzymałością na ściskanie, wodoszczelnością, mrozoodpornością. Najwyżej położona warstwa odpadów pokrywana jest 40-centymetrową warstwą betonu, a następnie mieszanką mineralno-asfaltową, która uszczelnia składowisko i przeciwdziała infiltracji wód opadowych do wnętrza konstrukcji.



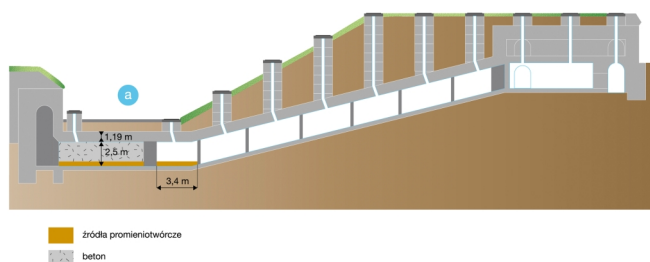
Rys. 1. Sucha fosa przeznaczona do składowania odpadów krótkożyciowych nisko- i średnioaktywnych [1].

Fig. 1. Short-lived low- and medium level radioactive waste disposal dry trench [1].

Zużyte zamknięte źródła promieniotwórcze krótkożyciowe nisko- i średnioaktywne składowane są wewnątrz podziemnego betonowego obiektu składającego się z 17 komór (rys. 2). Eksploatacja składowiska zakłada, że po wypełnieniu poszczególnej komory wypełnia się ją betonem w celu ograniczenia poziomu promieniowania, a wlot do komory zostaje odpowiednio uszczelniony i zamknięty. Skuteczność stosowanych barier ochronnych jest systematycznie kontrolowana przez ZUOP poprzez:

- ocenę narażenia radiologicznego pracowników na podstawie pomiarów indywidualnych oraz radioaktywności podstawowych elementów środowiska naturalnego (powietrze, woda, gleba, roślinność),
- ocenę poziomu promieniowania na terenie i w otoczeniu składowiska.

Stan radiologiczny środowiska na terenie KSOP i jego otoczenia badany jest przez dwa niezależne akredytowane laboratoria [1, 2].



Rys. 2. Obiekt 3a przeznaczony do składowania zużytych zamkniętych źródeł promieniotwórczych [1].

Fig. 2. Facility for disposal of spent sealed radioactive sources [2].

2. Zadania Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki w zakresie dozoru jądrowego nad Krajowym Składowiskiem Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) w Róźnie wynikające z ustawy Prawo atomowe

Prezes Państwowej Agencji Atomistyki (PAA) jest centralnym organem administracji rządowej właściwym w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Jego działalność określa ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe oraz akty wykonawcze do tej ustawy. Prezes PAA powoływany jest na wniosek ministra właściwego ds. klimatu (art. 109 ust. 2) na pięcioletnią kadencję przez Prezesa Rady Ministrów i premierowi składa do akceptacji roczne sprawozdania o swojej działalności za rok poprzedni wraz z oceną stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej kraju (art. 110 pkt. 13). Prezes PAA wykonuje swoje zadania przy pomocy Państwowej Agencji Atomistyki (art. 112). Nadzór nad Prezesem PAA w sensie ustawy o działach administracji rządowej sprawuje minister właściwy do spraw klimatu. Do zakresu działania Prezesa PAA należy wykonywanie zadań związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej kraju określonych w ustawie (art. 110), do których należy m.in.:

- opracowywanie projektów aktów prawnych w zakresie objętym ustawą i uzgadnianie ich w trybie określonym w regulaminie prac Rady Ministrów;
- wydawanie zaleceń technicznych i organizacyjnych w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej;
- sprawowanie nadzoru nad działalnością powodującą lub mogącą powodować narażenie ludzi i środowiska na promieniowanie jonizujące oraz przeprowadzanie kontroli w tym zakresie, w tym wydawanie decyzji w sprawach zezwoleń i uprawnień oraz innych decyzji przewidzianych w ustawie.

Zasady i tryb wykonywania ostatniego z wyżej wymienionych zadań w odniesieniu do KSOP określone są w rozdziale 9 ustawy jako dozór jądrowy sprawowany przez Prezesa PAA, jako naczelnego organu dozoru jądrowego

w Polsce i inspektorów dozoru jądrowego, przy pomocy Państwowej Agencji Atomistyki.

3. Dozór jądrowy nad KSOP w Różanie

Dozór jądrowy nad KSOP polega na kontroli przestrzegania przez ZUOP warunków zezwolenia na eksploatację KSOP, wydanego przez Prezesa PAA, nadawaniu przez niego uprawnień pracowniczych. Dodatkowo polega on na kontrolach przeprowadzanych w KSOP przez inspektorów dozoru jądrowego, a także zdalne śledzenie eksploatacji KSOP w oparciu o sprawozdania i informacje otrzymywane z KSOP w ramach **bieżącego nadzoru**, oraz wydawaniu nakazów, zakazów i zaleceń pokontrolnych. Kontrolą objęte są następujące czynności i aspekty eksploatacji:

- przyjmowanie odpadów do KSOP,
- ochrona fizyczna obiektów KSOP,
- stan techniczny obiektów KSOP,
- stan ochrony radiologicznej,
- sytuacje wynikające z bieżącego nadzoru, wprowadzanych zmian w zezwoleniu, modernizacji i modyfikacji w zakresie prowadzonej działalności objętej zezwoleniem,
- weryfikacja stwierdzonych podczas poprzednich kontroli dozorowych uchybień i nieprawidłowości oraz realizacji zaleceń, nakazów i zakazów.

Przyjmowanie odpadów do KSOP

Kontrola przyjmowania odpadów do składowiska polega na inspekcji transportu i rozładunku bębnow z odpadami promieniotwórczymi lub zużytymi źródłami promieniotwórczymi przetransportowanymi do KSOP. Podczas kontroli rozładunku sprawdzana jest **zgodność czynności wykonywanych przez pracowników ZUOP z obowiązującymi procedurami oraz instrukcjami**. Przed rozładowaniem (rys. 3) pojemników z odpadami prowadzący kontrolę dokonuje pomiarów mocy dawki za pomocą radio-



Rys. 3. Operacja rozładunku odpadów promieniotwórczych (źródło własne).

Fig. 3. Radioactive waste unloading operation.



Rys. 4. Pomiar mocy dawki przy pojeździe transportującym odpady promieniotwórcze (źródło własne).

Fig. 4. Measurement of the dose rate at a vehicle transporting radioactive waste.

metru i sprawdza, czy wyniki pomiarów przy pojeździe oraz w odległości 2 m od pojazdu nie przekraczają dopuszczalnych wartości. Zgodnie z wymaganiami ADR (Dz.U. z 2017 r., poz. 1119 z późn. zm.) maksymalny poziom promieniowania na powierzchni zewnętrznej pojazdu nie powinien przekraczać 2 mSv/h w żadnym punkcie powierzchni zewnętrznej pojazdu i 0,1 mSv/h w żadnym punkcie w odległości 2 m od zewnętrznej powierzchni pojazdu (rys. 4).

Dodatkowo podczas kontroli sprawdzane są **uprawnienia ADR kierowcy samochodu** transportującego odpady. Sprawdzane jest również **posiadanie niezbędnego wyposażenia pojazdu** wymaganego przepisami ADR pkt 8.1.5.2, tj.: klin pod koła, dwa stojące znaki ostrzegawcze, płyn do płukania oczu, kamizelka ostrzegawcza, latarka, rękawice ochronne, okulary ochronne oraz sprawdzane jest **oznakowanie pojazdu** transportującego odpady promieniotwórcze (rys. 5).

Oprócz kontroli rozładunku odpadów inspektorzy dozoru jądrowego dokonują przeglądu kart ewidencyjnych dostarczonych razem z odpadami oraz sprawdzają **zgodność informacji zawartych w kartach z informacjami znajdującymi się na etykietach pojemników**. Dokonuje się również niezależnych **pomiarów mocy dawki na powierzchni losowo wybranych pojemników** (rys. 6) i porównuje je z danymi wpisanymi w karcie ewidencyjnej. Sprawdza się w ten sposób prawidłowość zakwalifikowania danej sztuki przesyłki według kategorii zgodnie z tabelą 1.

Tabela 1. Kategorie sztuk przesyłki [4].

Table 1. Package categories [4].

Moc dawki na powierzchni mSv/h	Kategoria sztuki przesyłki
$0 < H' \leq 0,005$	I – BIAŁA
$0,005 < H' \leq 0,5$	II – ŻÓŁTA
$0,5 < H' \leq 2$	III – ŻÓŁTA**
$2 < H' \leq 10^*$	

* – używanie wyłączone; ** – warunki specjalne.



Rys. 5. Oznakowanie pojazdu transportującego odpady promieniotwórcze (źródło własne).

Fig. 5. Placards for radioactive materials placed on the radioactive waste transporting vehicle.



Rys. 6. Pomiary mocy dawki na powierzchni pojemników (źródło własne).

Fig. 6. Measurements of the dose rate on the surface of the containers.

Dodatkowo sprawdzana jest zgodność zapisów kart ewidencyjnych pojemników z odpadami promieniotwórczymi z aktualnym miejscem przechowywania bądź składowania odpadów. Na rysunku 7 przedstawiono przechowywane w KSOP pojemniki z odpadami, natomiast na rysunku 8 etap przeniesienia zużytych zamkniętych źródeł promieniotwórczych do obiektu 3a, do komory ich składowania, za pomocą pojemnika osłonowego.

Ochrona fizyczna obiektów KSOP

Inspektorzy dozoru jądrowego dokonują oceny aktualnego stanu ochrony fizycznej i porównania go z opisem systemu ochrony fizycznej wymaganego w KSOP. Zakres powyższej oceny obejmuje m.in. weryfikację stanu przedsięwzięć technicznych, w tym: ogrodzeń, systemów monitoringu i alarmowych.



Rys. 7. Odpady przechowywane w KSOP (źródło własne).

Fig. 7. Waste stored in the KSOP.



Rys. 8. Przeniesienie zużytych zamkniętych źródeł promieniotwórczych do komory przeznaczonej do składowania (źródło własne).

Fig. 8. Transfer of the spent sealed radioactive sources to a container for disposal.

Stan techniczny obiektów KSOP

W zakresie stanu technicznego obiektów KSOP kontrolujący sprawdzają m.in.: **poprawność działania wentylacji** (rys. 9 i 10) w obiektach wyposażonych w system wentylacji mechanicznej zgodnie z instrukcjami ZUOP.

Dodatkowo kontrolujący sprawdzają, czy obiekty KSOP nie posiadają widocznych uszkodzeń, które mogą powodować zagrożenie ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego. Sprawdzane jest także to, **czy w obiektach, w których przechowywane są odpady, nie gromadzi się woda** na posadzce w wyniku zalewania oraz czy nie skrapla się woda na ścianach wewnętrznych. Inspektorzy sprawdzają, **czy elementy istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa**, tj.: bariery chroniące przed niepowołanym dostępem oraz urządzenia mechaniczne **nie posiadają widocznych śladów uszkodzeń oraz zużycia**.



Rys. 9. Wentylator w obiekcie nr 8a w KSOP (źródło własne).

Fig. 9. Ventilator in facility no. 8a at the KSOP.



Rys. 11. Pomiar mocy dawki na powierzchni włazu obiektu do składowania zużytych zamkniętych źródeł promieniotwórczych (źródło własne).

Fig. 11. Measurement of the dose rate on the manhole surface of the disposal facility for spent sealed radioactive sources.



Rys. 10. Wentylatory w obiekcie nr 8a w KSOP (źródło własne).

Fig. 10. Ventilators in facility no. 8a at the KSOP.

Stan ochrony radiologicznej

W zakresie nadzoru nad stanem ochrony radiologicznej przeprowadzane są **pomiary mocy dawki promieniowania w KSOP**. Miejsca wykonywania pomiarów opisane są w wytycznych do prowadzenia kontroli. Pomiarów obejmują wszystkie obiekty, do których jest dostęp oraz charakterystyczne miejsca na terenie składowiska. Podczas pomiarów mierzony jest poziom tła naturalnego², będący punktem odniesienia dla pozostałych pomiarów. Pomiarów wykonuje się w obiektach, w których przechowywane są odpady, jak również w miejscach ich składowania. W przypadku składowanych odpadów krótkożyciowych nisko- i średnioaktywnych pomiar wykonywany jest na powierzchni fosy, w której składowane są odpady, natomiast w przypadku zużytych zamkniętych źródeł promieniotwórczych krótkożyciowych nisko- i średnioaktywnych pomiar wykonywany jest na powierzchni włazu obiektu przeznaczonego do składowania (rys. 11). Wielkość mocy dawki porównywana jest z wartościami zanotowanymi podczas wcześniejszych kontroli i w przypadku zmian wielkości jest to przedmiotem dodatkowych wyjaśnień.

² Mierzonego w odległości kilkudziesięciu metrów od zewnętrznej strony ogrodzenia KSOP.

Podczas kontroli **weryfikowane jest oznakowanie terenów nadzorowanych i kontrolowanych** w celu sprawdzenia, czy spełnia ono wymagania rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 20 lutego 2007 r. w sprawie podstawowych wymagań dotyczących terenów kontrolowanych i nadzorowanych (Dz.U. z 2007 r. poz. 910). Sprawdza się, czy w miejscu oznaczenia terenu kontrolowanego (rys. 12 i 13) widnieje informacja o rodzaju zagrożenia oraz czy wielkość mocy dawki na granicy terenu kontrolowanego bądź nadzorowanego świadczy o prawidłowym jego wyznaczeniu.

Dodatkowo podczas kontroli sprawdzane są **wyniki pomiarów dawek indywidualnych pracowników KSOP**, aby zbadać, czy otrzymane dawki nie przekraczają dawek granicznych. W zakresie pomiarów dozymetrycznych w środowisku sprawdzane są **moce dawki promienio-**



Rys. 12. Oznakowanie terenu kontrolowanego w KSOP (źródło własne).

Fig. 12. Safety sign of the controlled area at the KSOP.



Rys. 13. Oznakowanie terenu kontrolowanego w KSOP (źródło własne).

Fig. 13. Safety sign of the controlled area at the KSOP.

wania gamma na terenie KSOP przeprowadzane przez ZUOP, a także **wyniki z pobrania wymazów z powierzchni łatwo ścieralnych** w celu wykrycia ewentualnych skażeń promieniotwórczych. Sprzęt dozymetryczny stosowany przez ZUOP jest dodatkowo sprawdzany pod kątem **aktualności świadectw wzorcowania**.

W przypadku konieczności wejścia na teren kontrolowany sprawdzane jest, czy ZUOP dysponuje odpowiednim sprzętem do wykrywania skażeń promieniotwórczych oraz sprzętem do dekontaminacji (rys. 14).

W KSOP zdarza się, że prowadzone są prace na terenie nadzorowanym lub kontrolowanym, wykonywane przez pracowników zewnętrznych, nie będących pracownikami ZUOP. W takim przypadku sprawdzane jest, czy mają oni wydane **paszporty dozymetryczne** oraz kontrolowana jest **aktualność orzeczeń lekarskich** i to, czy dane orzeczenie zawiera **dopuszczenie do pracy w warunkach promieniowania jonizującego**.



Rys. 14. Sprzęt do wykrywania skażeń i dekontaminacji (źródło własne).

Fig. 14. Contamination detection and decontamination equipment.

Kontrola wynikająca z bieżącego nadzoru, wprowadzanych zmian w zezwoleniu, modernizacji i modyfikacji w zakresie prowadzonej działalności objętej zezwoleniem

W zakresie bieżącego nadzoru, wprowadzanych zmian w zezwoleniu, modernizacji i modyfikacji w ramach prowadzonej działalności objętej zezwoleniem sprawdzane są istotne, nie przewidziane wcześniej obszary eksploatacji składowiska. W wyniku bieżącego nadzoru stwierdzone zostały uszkodzenia i nieprawidłowości, które wymagały od ZUOP napraw lub przeprowadzenia prac budowlanych. Podczas jednej z kontroli stwierdzono pęknięcia wierzchniej warstwy mineralno-asfaltowej uszczelniającej składowisko i przeciwdziałającej infiltracji wód opadowych do wnętrza konstrukcji (rys. 15).

ZUOP przedmiotowe uszkodzenia naprawił. Na rysunku 16 przedstawiono naprawioną warstwę mineralno-asfaltową.

Innym przykładem działań wynikających z bieżącego nadzoru była kontrola, podczas której stwierdzono, że hala nr 8a przeznaczona do przechowywania odpadów jest zalewana wewnątrz przez wodę. Stanowiło to naruszenie wymagania zawartego w §17 ust. 1 rozporządzenia odpadowego polegające na braku zabezpieczenia obiektu przed zalaniem go wodą.

ZUOP dokonał naprawy wyżej wymienionej nieprawidłowości poprzez przebudowę skarpy przy obiekcie nr 8a.



Rys. 15. Pęknięcia wierzchniej warstwy mineralno-asfaltowej obiektu do składowania odpadów (źródło własne).

Fig. 15. Cracks in the top asphalt layer of a waste storage facility.



Rys. 16. Miejsce naprawy warstwy mineralno-asfaltowej obiektu do składowania odpadów (źródło własne).

Fig. 16. The place where the top asphalt layer of the waste storage facility was repaired.



Rys. 17. Przebudowana skarpa obiektu nr 8a oraz drenaż odwadniający obiekt (źródło własne).

Fig. 17. The reconstructed slope of the facility no. 8a and the drainage system.



Rys. 18. Operacja betonowania odpadów w celu ich składowania w obiekcie nr 8 (źródło własne).

Fig. 18. The process of concreting waste for disposal in facility no. 8.

Dodatkowo został wykonany drenaż, który chroni obiekt przed zalaniem (rys. 17).

Inspektorzy dozoru jądrowego uczestniczyli w operacji składowania opakowań typu bębny 200 l zawierających odpady promieniotwórcze poprzez ich zabetonowanie w obiekcie nr 8 (rys. 18). Kontrola miała na celu weryfikację, czy operacja przebiega zgodnie z instrukcją dotyczącą składowania odpadów. Składowane opakowania z odpadami promieniotwórczymi zostały przykryte betonem o określonej klasie wytrzymałości, wodoszczelności i mrozoodporności.

Weryfikacja stwierdzonych podczas poprzednich kontroli dozorowych: zaleceń, uchybień i nieprawidłowości oraz realizacji nakazów i zakazów

Podczas kontroli przeprowadzanych w KSOP mogą być stwierdzone trzy rodzaje niezgodności. W zależności od tego, jaki stanowią rodzaj naruszenia, mogą to być:

- **nieprawidłowość** – w przypadku stwierdzenia **stanu faktycznego lub prawnego niezgodnego z warunkami** określonymi w zezwoleniu lub przepisami regulującymi działalność objętą zezwoleniem,
- **uchybiecie** – w przypadku **niezgodności mogącej mieć wpływ na bezpieczeństwo** jądrowe lub ochronę radiologiczną innej niż nieprawidłowość,
- **okoliczności** mające negatywny wpływ na bezpieczeństwo jądrowe lub ochronę radiologiczną, które nie stanowią naruszenia wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, określonych w przepisach prawa lub w zezwoleniu, jednak **uzasadniające wydanie zalecenia**.

Wszystkie wymienione wyżej naruszenia stwierdzane w KSOP, podobnie jak przedstawione w części dotyczącej bieżącego nadzoru przykładowe nieprawidłowości (zalewanie posadzki obiektu nr 8a i pęknięcia nawierzchni mineralno-asfaltowej obiektu nr 8), były na bieżąco usuwane przez ZUOP. W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości Prezes Agencji wydaje decyzję nakazującą jej usunięcie w wyznaczonym terminie, natomiast w przypadku stwierdzenia uchybienia Prezes Agencji może skierować do kierownika kontrolowanej jednostki organizacyjnej wystąpienie pokontrolne w sprawie usunięcia tego uchybienia, wskazując termin jego wykonania [3]. Po usunięciu nieprawidłowości lub uchybienia ZUOP informuje o tym fakcie PAA i jest to weryfikowane podczas najbliższej kontroli. W przypadku zalecenia, którego wykonanie nie jest obligatoryjne przez jednostkę organizacyjną, również jest ono weryfikowane w przypadku zgłoszenia jego realizacji przez ZUOP.

4. Podsumowanie

Działanie nadzorcze prowadzone w KSOP przez inspektorów Państwowej Agencji Atomistyki pozwalają na zweryfikowanie, w jakim stopniu zachowane są zasady bezpie-

czeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. W przypadku stwierdzonej konieczności wprowadzenia działań naprawczych lub profilaktycznych, ZUOP realizuje te zadania, prowadząc składowisko w sposób bezpieczny i zgodny z wymaganiami prawa.

Notka o autorze

mgr inż. Michał Przybysz – inspektor dozoru jądrowego, Główny Specjalista w Wydziale Kontroli i Nieprolifracji, Departament Bezpieczeństwa Jądrowego, Państwowa Agencja Atomistyki.

Literatura

1. Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, <https://zuop.pl/KSOP>
2. Eksploatacyjny Raport Bezpieczeństwa Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie, Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, Świerk, sierpień 2002.
3. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe (Dz.U. z 2021 r., poz. 623 i 784).
4. Brain-wiki, Ochrona radiologiczna/Zasady transportu materiałów promieniotwórczych, https://brain.fuw.edu.pl/edu/index.php/Ochrona_radiologiczna/Zasady_transportu_materia%C5%82%C3%B3w_promieniotw%C3%B3rczych

Monitoring radiologiczny na terenie i w otoczeniu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych

Radiological monitoring in the National Radioactive Waste Repository and in its vicinity

Magdalena Szostak, Marcin Banach
Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych

Streszczenie: Operatorem Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych (KSOP) jest Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych (ZUOP), który na mocy Prawa atomowego z dnia 29 listopada 2000 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 623) oraz rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz.U. z 2021 r. poz. 663) jest zobligowany do monitorowania środowiska naturalnego na terenie składowiska i w jego otoczeniu z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Monitoring terenu i otoczenia jest jednym z elementów systemu multibarier stosowanym w KSOP dla zapewnienia bezpieczeństwa ludzi i środowiska. W artykule przedstawiono wyniki kilkuletnich badań monitoringu radiologicznego terenu i otoczenia Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różanie.

Słowa kluczowe: Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych (KSOP), monitoring radiologiczny środowiska.

Abstract: The operator of the National Radioactive Waste Repository (NRWR) is the Radioactive Waste Management Plant (RWMP) and under the Atomic Law of November 2000 (Journal of Laws of 2021, item 623) and ordinance of the Council of Ministers on radioactive waste and spent nuclear fuel (Journal of Laws of 2021, item 663) as well as other legal regulations, the RWMP is obliged to monitor the natural environment in the repository and in its vicinity from the point of view of nuclear safety and radiological protection. Monitoring of the area and the environment is one of the elements of the multi-barrier system used in the NRWR to ensure the safety of people and the environment. The article presents the results of several years of radiological monitoring of the area and surroundings of the National Radioactive Waste Repository in Różan.

Keywords: National Radioactive Waste Repository (NRWR), environmental radiological monitoring.

Wprowadzenie

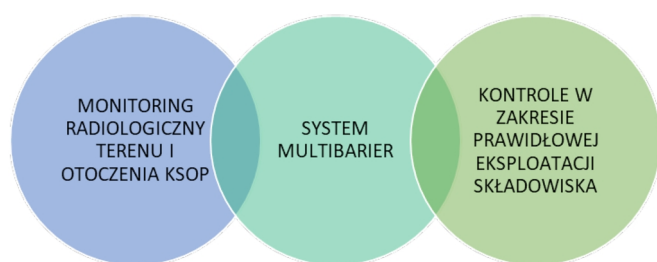
Krajowe Składowisko Odpadów Promieniotwórczych położone jest w miejscowości Różan nad Narwią (powiat Maków Mazowiecki) w odległości ok. 90 km od Warszawy i mieści się na terenie dawnego fortu, zajmując, zgodnie z odpisem z księgi wieczystej, powierzchnię 3,374 ha. Składowisko odpadów promieniotwórczych powstało w Różanie w roku 1961 i jest ono eksploatowane do chwili obecnej, będąc jedynym tego rodzaju obiektem w Polsce. Operatorem Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych jest Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych. O ogrodzony teren składowiska zajmuje powierzchnię 3,045 ha, natomiast pas izolacyjny

(buforowy) usytuowany za ogrodzeniem składowiska stanowi różnicę pomiędzy ww. powierzchniami. Od strony północnej fortu, w odległości ok. 400 m, znajdują się zabudowania miejskie, zaś od strony północno-wschodniej oddalona jest o ok. 800 m rzeka Narew. W odległości 1 km w kierunku północno-zachodnim znajduje się droga krajowa nr 61.

W składowisku tym znajdują się cztery historyczne obiekty fortowe zbudowane w latach 1905-1908. Obiekty te, tj. obiekt nr 1 (części a, b i c), 2, 3, 3a oraz wybetonowana część fosy zachodniej (obiekt nr 8) i fosy południowej (obiekt nr 8a) są miejscem przeznaczonym do składowania lub przechowywania odpadów promieniotwórczych niski i średnioaktywnych. Krajowe Składowisko Odpadów Pro-

mieniotwórczych jest przeznaczone do składowania krótkożyjących odpadów ($T_{1/2}$ 30 lat) nisko- i średnioaktywnych oraz przechowywania odpadów długożyjących. Zgodnie z klasyfikacją Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (MAEA) jest typem składowiska powierzchniowego.

Bezpieczeństwo i ochrona radiologiczna w Składowisku Odpadów Promieniotwórczych w Różaniu zapewniona jest poprzez stosowanie systemu wielu barier zapobiegających ewentualnemu uwolnieniu radionuklidów do środowiska, monitoring radiologiczny na terenie i w otoczeniu KSOP, kontrole w zakresie prawidłowej i bezpiecznej eksploatacji składowiska są prowadzone przez inspektorów dozoru jądowego Państwowej Agencji Atomistyki i inspektorów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej.



Rys. 1. Czynniki wpływające na bezpieczeństwo Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różaniu.

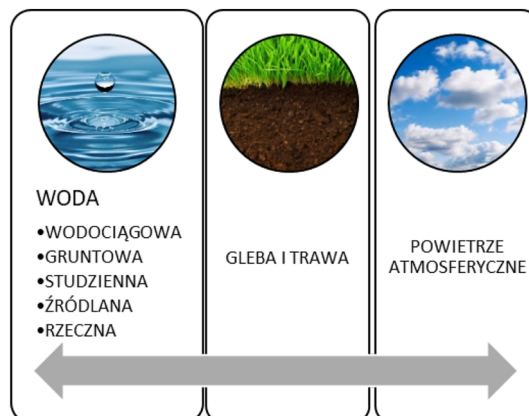
Fig. 1. Factors influencing the safety of the Radioactive Waste Repository in Różan.

Wymagania dotyczące monitorowania środowiska naturalnego na terenie składowiska i w jego otoczeniu reguluje rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądowego [1]. Zgodnie z jego zapisami podczas eksploatacji składowiska odpadów promieniotwórczych operator jest zobligowany zapewnić monitoring środowiska, obejmujący w szczególności:

- pomiary zawartości substancji promieniotwórczych w poszczególnych elementach środowiska:
 - wodach powierzchniowych znajdujących się w otoczeniu składowiska,
 - wodach podziemnych na terenie składowiska i wodach podziemnych występujących w jego otoczeniu,
 - wodzie wodociągowej na terenie składowiska i w jego otoczeniu,
 - powietrzu na terenie składowiska,
 - trawie i w glebie na terenie składowiska i w jego otoczeniu;
- pomiary mocy dawki promieniowania gamma na terenie składowiska i w jego otoczeniu oraz skażeń promieniotwórczych na terenie składowiska oraz na powierzchni dróg w otoczeniu składowiska;
- obserwacje hydrogeologiczne i meteorologiczne:
 - pomiary położenia zwierciadła wód podziemnych na terenie składowiska i w jego otoczeniu,

- pomiary wielkości opadów atmosferycznych na terenie składowiska i w jego otoczeniu;
- d) badania hydrogeochemiczne.

Monitoring terenu i otoczenia składowiska w Różaniu obejmuje pomiary własne ZUOP oraz pomiary prowadzone przez zewnętrzne jednostki badawcze.



Rys. 2. Elementy środowiska naturalnego kontrolowane w ramach monitoringu KSOP.

Fig. 2. Elements of the natural environment controlled under the NRWR monitoring.

Monitoring terenu KSOP

Usługę dotyczącą badań związanych z ochroną radiologiczną terenu Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych w Różaniu, w ramach umowy wykonują dla ZUOP laboratoria posiadające akredytację Polskiego Centrum Akredytacji. Badania oparte są na obowiązujących procedurach i normach.

Całkowita aktywność trytu i izotopów beta promieniotwórczych w wodzie wodociągowej i w wodzie gruntowej na terenie KSOP

Całkowita aktywność beta mierzona jest za pomocą licznika przepływowego, natomiast zawartość trytu za pomocą spektrometru ciekłoscyntylacyjnego.

Wody gruntowe pobierane są z 8 piezometrów zainstalowanych na terenie KSOP ze średniej głębokości od 25 do 27 m.

Woda wodociągowa pobierana jest z obiektu nr 4, gdzie znajdują się pomieszczenia biurowe, socjalne, wartownia i część konferencyjna. Rozmieszczenie punktów poboru wody z terenu KSOP przedstawiono na rysunku 3.

Na rysunku 4 pokazano przykładowy piezometr zlokalizowany na terenie składowiska, z którego pobierana jest woda do badania.

Średnie stężenie beta i trytu w wodach podziemnych pobieranych z wykorzystaniem piezometru na terenie KSOP na przestrzeni pięciu lat obrazuje rysunek 5. Zarejestrowane wartości poniżej nie wpływają na bezpieczeństwo ludzi i środowiska, odchylenia standardowe nie od-



Rys. 3. Punkty poboru próbek środowiskowych na terenie KSOP.
 Fig. 3. Environmental sampling points at in the area of the NRWR.

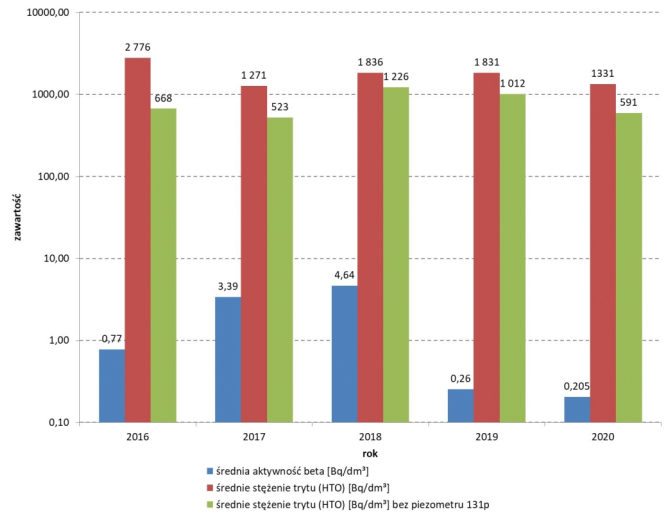


Rys. 4. Piezometr 10 pN z terenu KSOP.
 Fig. 4. 10pN piezometer from the NRWR site.

biegają znacząco w przypadku stężenia trytu od średniej za okres 2016–2020 roku. Granica wykrywalności trytu w wodzie wynosi 10 Bq/l. Granica detekcji całkowitej aktywności beta dla czasu 180 minut wynosi 0,014 Bq/l.

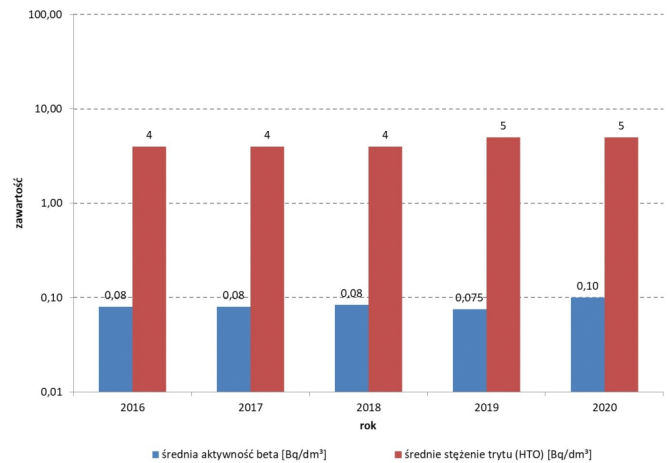
Ze względu na wysokie rejestrowane średnie stężenia trytu w piezometrze 131p w stosunku do pozostałych piezometrów na rysunku 5 zostały stworzone dwie kolumny. Kolorem czerwonym oznaczono średnie stężenie trytu ze wszystkich piezometrów, w tym 131p, a kolorem zielonym kolumnę przedstawiającą średnie stężenie trytu bez piezometru 131p.

Średnie stężenie beta i trytu w **wodach wodociągowych** na terenie KSOP przedstawiono na rysunku 6. Zastosowanie elektrolizy do wzbogacenia próbki w tryt pozwala obniżyć granicę wykrywalności trytu w wodzie z 10 Bq/l do 0,5 Bq/l. Granica detekcji stężenia beta dla czasu 180 minut wynosi 0,014 Bq/l.



Rys. 5. Średnie stężenie beta i trytu w wodach podziemnych na terenie KSOP.

Fig. 5. Average concentration of beta radioactivity and tritium content in groundwater in the area of the NRWR.



Rys. 6. Średnie stężenie beta i trytu w wodach wodociągowych na terenie KSOP.

Fig. 6. Average concentration of total beta radioactivity and tritium content in tap water in the area of the NRWR.

Zarejestrowane wartości stężenia trytu i beta w próbkach wody wodociągowej utrzymują się na bardzo niskim poziomie, a ich odchylenie nie odbiega więcej niż 10% od średniej za okres 2016–2020 roku.

Pomiary spektrometryczne gleby i trawy

Pomiar zawartości substancji promieniotwórczych w **glebach i trawach** wykonuje się za pomocą spektrometrii gamma. Na rysunku 3 zaznaczono 5 punktów poboru trawy i gleby na terenie KSOP. Próbkę gleby są pobierane w sposób zapewniający reprezentatywny wynik analizy. Sposób poboru jest zgodny z zaleceniami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej [3].

Do pomiarów oznaczeń ilościowych wykorzystuje się laboratoryjną spektrometrię promieniowania gamma. Zakres energii fotonów badanych radionuklidów zawiera

się w granicach od kilkunastu do ponad 2000 keV. Detektor umieszczony jest w niskotłowym domku osłonowym, który zapewnia zmniejszenie, przynajmniej o dwa rzędy wielkości, zewnętrznego tła promieniowania gamma.

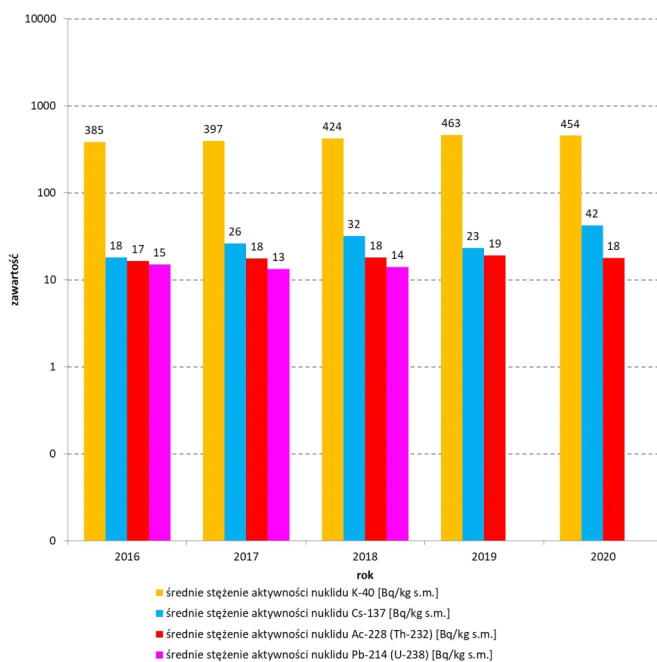
Średnie stężenie takich izotopów promieniotwórczych, jak K-40, Ac-228, Cs-137, Pb-214 (U-238) w glebie na terenie KSOP przedstawiono na rysunku 7.

Na podstawie pomiarów można zauważyć, że na przestrzeni pięciu lat można stwierdzić, że średnie stężenie izotopów w glebie utrzymuje się na zbliżonym poziomie z odchyleniem standardowym wyników pomiarów nie odbiegającym więcej niż 49%.

Próbki trawy zbiera się z otwartej płaskiej powierzchni, ścinając trawę na wysokości 2 cm nad podłożem za pomocą narzędzia zapewniającego „płaskie cięcie”, np. sierpa, nożyc ogrodniczych lub kosi mechanicznej. W zależności od pory roku i bujności trawy zapewnia to od 0,5 do 5 kg świeżej masy trawy. Należy unikać zmieszania trawy z glebą lub korzeniami podłoża oraz liśćmi i zdrewniałymi częściami drzew. Metoda poboru próbek trawy została opracowana z uwzględnieniem standardów Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej [3].

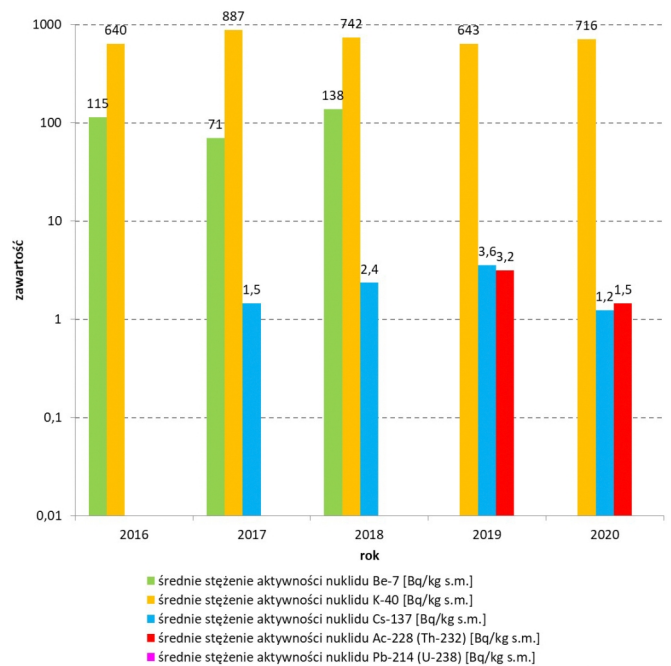
Średnie stężenie takich izotopów promieniotwórczych, jak Be-7, Cs-137, K-40 i Ac-228 (Th-232) w trawie na terenie KSOP przedstawiono na rysunku 8.

Na podstawie pomiarów można zauważyć, że na przestrzeni pięciu lat średnie stężenie izotopów w trawie utrzymuje się na zbliżonym poziomie, a odchylenie standardowe wyników pomiarów nie odbiega więcej niż 65%.



Rys. 7. Średnie stężenie wybranych izotopów promieniotwórczych w glebie na terenie KSOP (od 2019 roku zmieniła się jednostka wykonująca monitoring terenu KSOP i w związku z tym uległy zmianie procedury poboru próbek i metody pomiaru, stąd w latach 2019 i 2020 obserwujemy brak wyników pomiaru dla Pb-214).

Fig. 7. Average concentration of selected radioactive isotopes in the soil at the site of the NRWR.



Rys. 8. Średnie stężenie wybranych izotopów promieniotwórczych w trawie na terenie KSOP (od 2019 roku zmieniła się jednostka wykonująca monitoring terenu KSOP i w związku z tym uległy zmianie procedury poboru próbek i metody pomiaru, stąd w latach 2019 i 2020 obserwujemy brak wyników pomiaru dla Be-7, a pojawia się Ac-228).

Fig. 8. Average concentration of selected radioactive isotopes in grass at the premises of the NRWR.

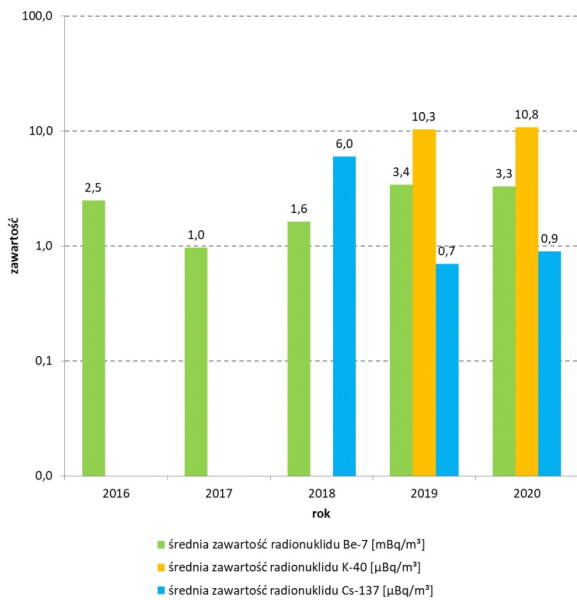
Analiza spektrometryczna izotopów promieniotwórczych zawartych w aerozolach atmosferycznych

Pomiar zawartości substancji promieniotwórczych w powietrzu na terenie składowiska prowadzony jest poprzez analizę spektrometryczną promieniowania gamma próbek aerozoli powietrza atmosferycznego zasysanych na filtr ze stacji typu ASS-500 działającej na terenie KSOP w Różanie. Filtry wymieniane są w trybie tygodniowym przez pracowników KSOP. Miejsce poboru aerozoli zaznaczone jest na rysunku 3.

Średnie stężenie izotopów promieniotwórczych, jak Be-7, Cs-137, K-40 w powietrzu na terenie KSOP przedstawiono na rysunku 9.

Pomiar dawki pochłoniętej od tła promieniowania jonizującego

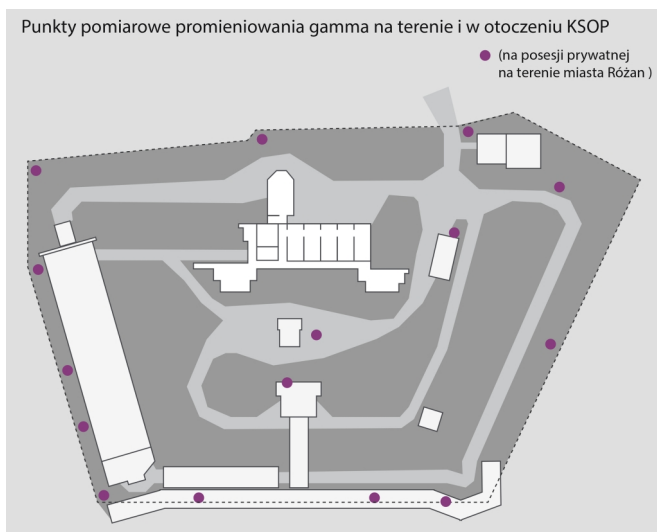
Do pomiaru dawki pochłoniętej od tła promieniowania jonizującego używa się detektorów termoluminescencyjnych TLD (rys. 11), które rozmieszcza się w wyznaczonych miejscach i poddaje ekspozycji przez trzy miesiące (I kwartał). Pomiar dawki pochłoniętej od tła promieniowania jonizującego pasywnymi detektorami TLD prowadzi się w 15 punktach pomiarowych. Punkty rozmieszczenia TLD na terenie i jeden w otoczeniu KSOP są przedstawione na rysunku 10, a wyniki pomiarów na rysunku 12.



Rys. 9. Średnie stężenie wybranych izotopów promieniotwórczych w powietrzu na terenie KSOP (od 2019 roku zmieniła się jednostka wykonująca monitoring terenu KSOP i w związku z tym uległy zmianie procedury poboru próbek i metody pomiaru, stąd w latach 2019 i 2020 obserwujemy obecność K-40 w powietrzu.

Cs-137 jest izotopem namierzalnym w powietrzu od wielu lat. W roku 2016 i 2017 jego stężenie było na poziomie poniżej granicy wykrywalności, w związku z tym nie jest uwzględniony na rysunku nr 9).

Fig. 9. Average concentration of selected radioactive isotopes in the air at the premises of the NRWR.



Rys. 10. Miejsca pomiarowe promieniowania gamma na terenie i w otoczeniu KSOP.

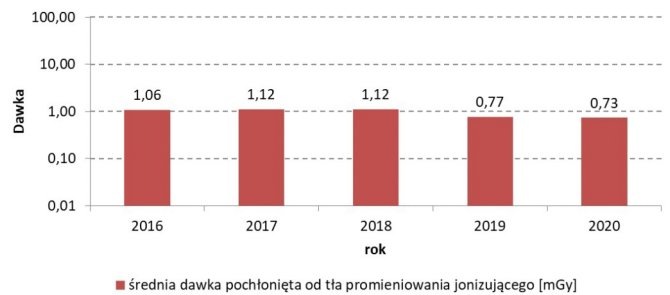
Fig. 10. Measurement sites of gamma radiation in the area and in the vicinity of the NRWR.

Rejestrowane średnioroczne dawki pochłonięte od tła promieniowania jonizującego na terenie KSOP są na niskim poziomie i nie zagrażają ludziom. Na przykład średnioroczna dawka otrzymywana przez statystycznego mieszkańca Polski w 2020 roku zgodnie z Rocznym Raportem Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki za 2020 rok wynosiła od promieniowania kosmicznego 0,33 mSv/rok, dawka od promieniowania gamma ziemskiego wynosiła 0,56 mSv/rok, razem około 0,9 mSv/rok.



Rys. 11. Pasywne detektory TLD.

Fig. 11. Passive TLD detectors.



Rys. 12. Średnioroczna dawka pochłonięta od tła promieniowania jonizującego na terenie KSOP.

Fig. 12. The average dose absorbed from the background of ionizing radiation at the premises of the NRWR.

Monitoring otoczenia KSOP

Monitoring otoczenia KSOP obejmuje:

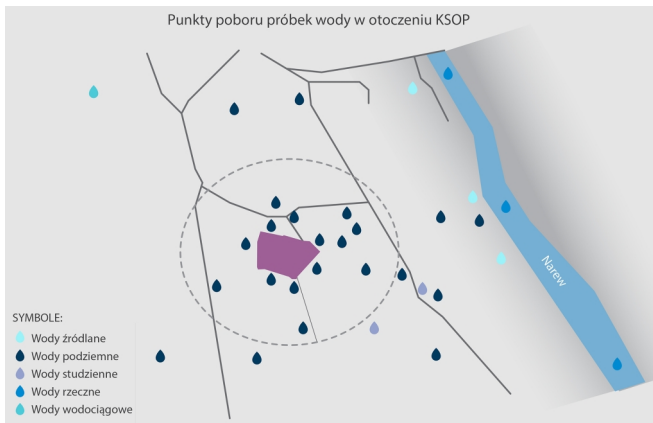
- pomiary stężenia trytu i izotopów beta promieniotwórczych w wodzie wodociągowej, powierzchniowej (rzeka Narew), gruntowej (piezometry, studnie) i źródłanej,
- pomiary spektrometryczne gamma w glebie i trawie,
- pomiary przestrzennego równoważnika dawki za pomocą detektorów termoluminescencyjnych.

Pomiary stężenia trytu i izotopów betapromieniotwórczych w wodach

Punkty, z których pobierane są próbki wody w otoczeniu KSOP, przedstawiono na rysunku 13. Jak widzimy na tym rysunku, w otoczeniu bliższym i dalszym są zlokalizowane punkty poboru: piezometry, ujścia źródełek, studnie, rzeka.

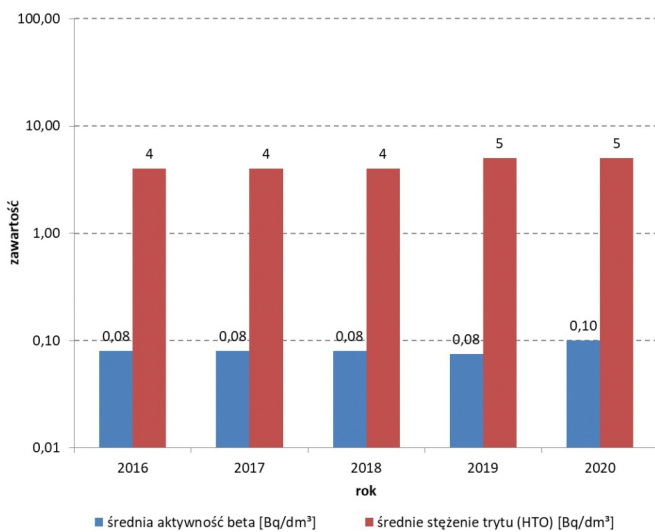
Średnie stężenie beta i trytu w wodach powierzchniowych (wody źródlane i rzeczne) w otoczeniu KSOP przedstawiono na rysunku 14.

Średnie stężenie beta i trytu w wodach powierzchniowych (wody źródlane i rzeczne) w otoczeniu KSOP od wielu lat utrzymuje się na stałym poziomie, a odchylenie standardowe nie odbiega więcej niż 20%.



Rys. 13. Punkty poboru wody z otoczenia KSOP.

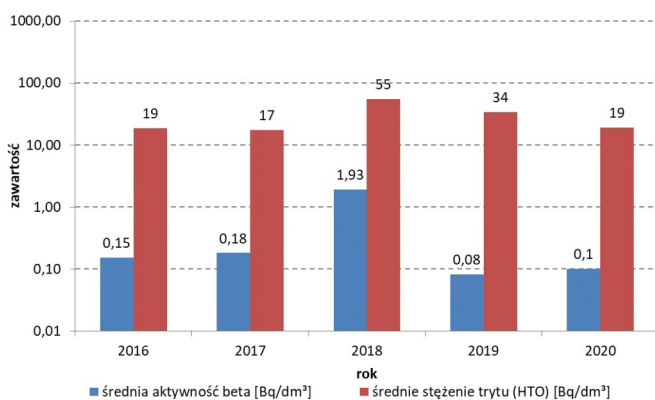
Fig. 13. Water sampling points from the NRWR environment.



Rys. 14. Średnie stężenie beta i trytu w wodach powierzchniowych (wody źródłane i rzeczne) w otoczeniu KSOP.

Fig. 14. Average concentration of beta and tritium in surface waters (spring and river waters) in the vicinity of the NRWR.

Średnie stężenie beta i trytu w wodach powierzchniowych (wody gruntowe i studzienne) w otoczeniu KSOP przedstawiono na rysunku 15.



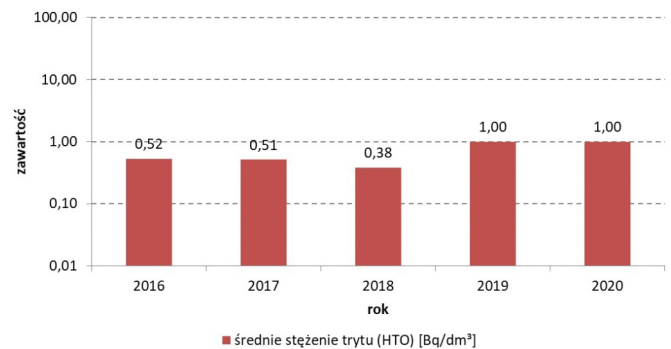
Rys. 15. Średnie stężenie beta i trytu w wodach powierzchniowych (wody gruntowe i studzienne) w otoczeniu KSOP.

Fig. 15. Average concentration of beta and tritium in surface waters (groundwater and well water) in the vicinity of the NRWR.

Średnie stężenie beta i trytu w wodach powierzchniowych (wody gruntowe i studzienne) w otoczeniu KSOP od wielu lat utrzymuje się na niskim poziomie.

Średnie stężenie trytu w wodach wodociągowych z ujęcia miejskiego gminy Różan przedstawiono na rysunku 16.

Mierzone wartości stężenia trytu w wodach wodociągowych stanowią nie więcej niż 1% dopuszczalnej wartości dla wody pitnej określonej w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. z 2017 r., poz. 2294).

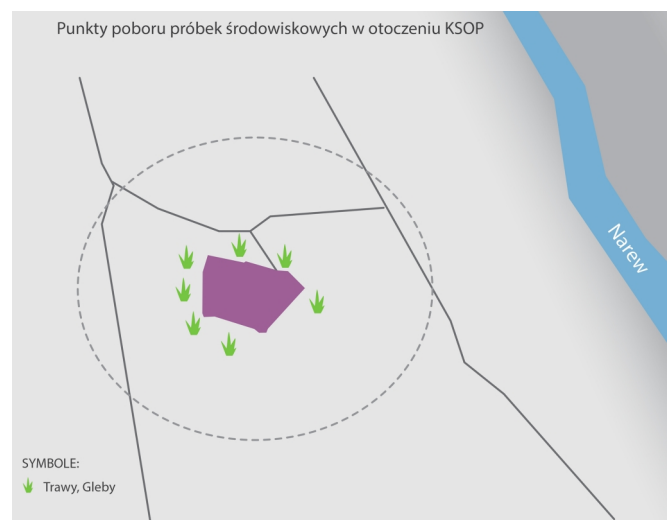


Rys. 16. Średnie stężenie trytu w wodach wodociągowych z ujęcia miejskiego gminy Różan.

Fig. 16. Average concentration of tritium in tap waters from the municipal intake of the Różan commune.

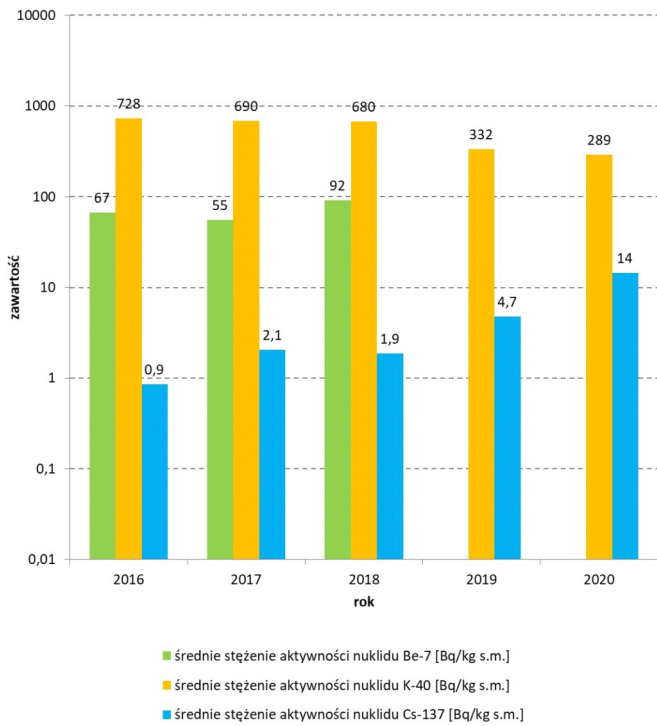
Pomiary spektrometryczne gamma w glebie i trawie w otoczeniu KSOP

Na rysunku 17 przedstawiono punkty poboru próbek gleby i trawy z otoczenia KSOP. Średnie stężenie wybranych izotopów promieniotwórczych w trawie w otoczeniu KSOP przedstawiono na rysunku 18, a średnie stężenie izotopów promieniotwórczych w glebie w otoczeniu KSOP na rysunku 19.



Rys. 17. Punkty poboru próbek gleby i trawy z otoczenia KSOP w gminie Różan.

Fig. 17. Soil and grass sampling points in the vicinity of the NRWR in Różan.



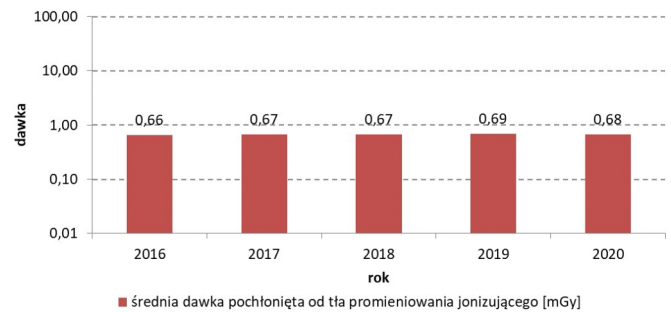
Rys. 18. Średnie stężenie izotopów w trawie w otoczeniu KSOP.
 Fig. 18. Average concentration of radioactive isotopes in the grass in the vicinity of the NRWR.

Rejestrowane wartości izotopów w trawie fluktuują, mimo to utrzymują się na niskim poziomie i nie zagrażają florze i faunie znajdującej się w otoczeniu składowiska.

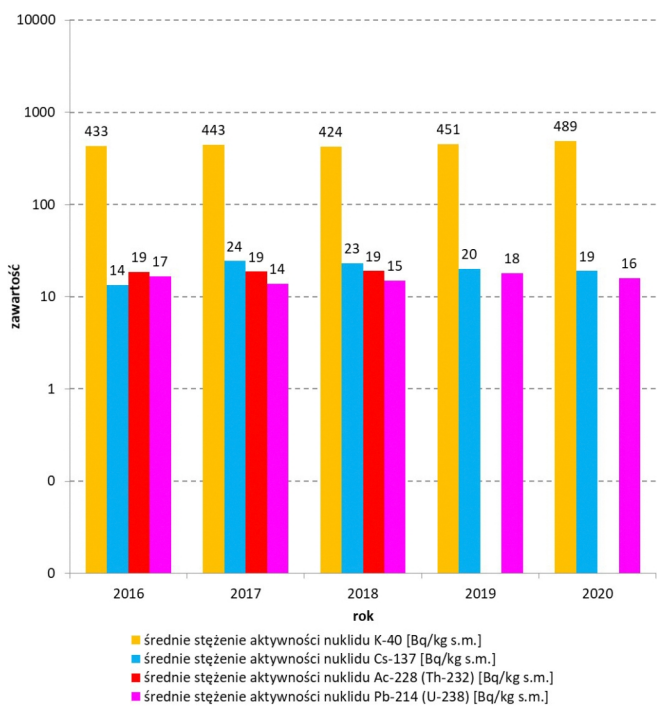
Średnie stężenia wybranych izotopów promieniotwórczych w trawie i glebie w otoczeniu KSOP od wielu lat utrzymują się na zbliżonym poziomie, odchylenie standardowe wyników pomiaru nie odbiegało więcej niż 30%.

Pomiar średniorocznej dawki pochłoniętej od tła promieniowania jonizującego w otoczeniu KSOP

Punkt rozmieszczenia dawkomierza TLD (1 dawkomierz) w otoczeniu przedstawiono na rysunku 10. Wyniki pomiarów średniorocznej dawki pochłoniętej od tła promieniowania jonizującego w otoczeniu KSOP przedstawiono na rysunku 20.



Rys. 20. Średnioroczna dawka pochłonięta od tła promieniowania jonizującego w otoczeniu KSOP.
 Fig. 20. The average dose absorbed from the background of ionizing radiation in the vicinity of the NRWR.



Rys. 19. Średnie stężenie izotopów promieniotwórczych w glebie w otoczeniu KSOP (od 2019 roku zmieniła się jednostka wykonująca monitoring otoczenia KSOP i w związku z tym uległy zmianie procedury poboru próbek i metody pomiaru, stąd w latach 2019 i 2020 obserwujemy brak wyników pomiaru dla Ac-228).
 Fig. 19. Average concentration of radioactive isotopes in the soil in the vicinity of the NRWR.

Obserwacje hydrologiczno-meteorologiczne

Monitoring terenu i otoczenia KSOP obejmuje również obserwacje hydrologiczno-meteorologiczne. Obserwacje te polegają na:

- pomiary **położenia zwierciadła wody** w piezometrach na terenie KSOP; pomiary prowadzi się raz w tygodniu,
- pomiary **wysokości opadu i temperatury powietrza**; pomiary prowadzone są w ogródku metrologicznym na terenie KSOP codziennie.

Badania hydrogeochemiczne próbek wody gruntowej

Monitoring terenu i otoczenia KSOP obejmuje również badania hydrogeochemiczne próbek wody gruntowej. Do badań tych należą pomiary:

- pH,
- przewodność elektrolityczna właściwa (PEW 25°C),

- NH_4 zasadowość ogólna (CaCO_3), stężenie wodorowęglanów (HCO_3),
- aniony (Br, Cl, F, NO_2 , NO_3 , SO_4 , HPO_4),
- kationy (B, Ba, Ca, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Na, SiO_2 , Sr, Ti, Zn),
- kationy (As, Li, V, Al, Cd, Co, Cu, Mo, Ni, Pb).

Podsumowanie

Badania fizykochemiczne dla Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych prowadzą certyfikowane jednostki z całego kraju posiadające ogromne doświadczenie, wiedzę i uprawnienia do wykonywania tego typu pomiarów.

Uzyskane wyniki z badań monitoringu składowiska, na przestrzeni lat, utrzymują się na zbliżonym poziomie. Zarejestrowane wartości stężeń izotopów promieniotwórczych nie mają negatywnego wpływu tak na bezpieczeństwo osób z ogółu ludności, jak i środowiska naturalnego. Widoczne rejestrowane wzrosty stężeń promieniotwórczych w wielu przypadkach mieszczą się w granicach niepewności pomiarowych i w rzeczywistości nie są znaczące, nie mają wpływu na bezpieczeństwo ogółu ludności i środowiska.

W rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 7 grudnia 2017 roku w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz. U. z 2017 r., poz. 2294, Załącznik nr 4) w „Wymaganiach radiologicznych, jakim powinna odpowiadać woda” określono, że dopuszczalne stężenie trytu w wodzie do picia nie może przekraczać 100 Bq/l, a całkowita dopuszczalna dawka wynosi 0,1 mSv/rok. Dawka powyższa nie jest przekroczona, jeżeli aktywność alfa nie przekracza wartości 0,1 Bq/l i całkowita aktywność beta nie przekracza wartości 1 Bq/l (Raport WHO i Dyrektywa UE), całkowita aktywność beta dla wody z ujęcia miejskiego jest znacznie niższa niż 1 Bq/l. Przeprowadzone analizy pokazują, że badana woda wodociągowa pobrana z kranu na terenie Krajowego Składowiska Odpadów Promieniotwórczych spełnia wymagania określone w ww. rozporządzeniu.

Prowadzony stały monitoring i uzyskiwane niskie rejestrowane wyniki pomiarów pozwalają nam na ocenę, że

składowisko nie stwarza zagrożenia dla środowiska naturalnego ani dla ludności lokalnej.

Poziom rejestrowanych dawek promieniowania w otoczeniu KSOP jest podobny do występujących wskazań w innych miejscach w kraju. Dzięki tak dużej ilości badań prowadzonych przez niezależne jednostki na obszarze składowiska i w jego otoczeniu można się pokusić o stwierdzenie, że jest to jeden z najlepiej przebadanych terenów w naszym kraju.

Notka o autorach

mgr Magdalena Szostak – specjalista ds. ochrony radiologicznej i pomiarów radiometrycznych w Dziale Ochrony Radiologicznej i Kontroli Odpadów w Zakładzie Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych. Absolwentka wydziału chemii Akademii Podlaskiej w Siedlcach o specjalności chemia analityczna. Już na studiach podjęła pracę w Laboratorium Pomiarów Dozymetrycznych w Narodowym Centrum Badań Jądrowych i zdobywała doświadczenie zawodowe jako analityk laboratoryjny. Od 2015 roku zatrudniona w ZUOP. W roku 2019 zdobyła uprawnienia inspektora ochrony radiologicznej IOR-1.

mgr inż. Marcin Banach – absolwent Politechniki Warszawskiej oddział w Płocku, Wydziału Budownictwa, Mechaniki i Petrochemii o kierunku Technologie chemiczne, specjalność – technologie chemiczne. Ukończył studia podyplomowe na Politechnice Warszawskiej, w zakresie informatyka i techniki internetu oraz w Wyższej Szkole Ekologii i Zarządzania w Warszawie na wydziale Zarządzanie studia podyplomowe, kierunek Bezpieczeństwo i higiena pracy. Od 2005 związany z ZUOP, początkowo jako specjalista ds. ochrony radiologicznej, a od 2009 kierownik Działu Ochrony Radiologicznej i Kontroli Odpadów. Od 2011 dodatkowo pełni funkcję inspektora ochrony radiologicznej w ZUOP z uprawnieniami typu IOR-1, IOR-2.

Literatura

1. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 10 marca 2021 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego (Dz.U. 2021 poz. 663).
2. Sprawozdania Zakładu Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych – Przedsiębiorstwo Państwowe z działalności wykonywanej na podstawie ZEZWOLENIA Nr 1/2002/KSOP Różan z dnia 15 stycznia 2002 r. na eksploatację KSOP w Różanie.
3. IAEA, Measurement of Radionuclides In Food and the Environment, A Guidebook, Technical Reports Series No. 295, 1989.
4. Zakład Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych, <http://www.zuop.pl>

Szkolna Radonowa Mapa Polski – projekt edukacyjny Fundacji Forum Atomowe

Szkolna Radonowa Mapa Polski – projekt edukacyjny Fundacji Forum Atomowe

Łukasz Koszuk¹, Zuzanna Podgórska², Iwona Stonecka²

¹ Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego, Fundacja Forum Atomowe

² Wydział Fizyki Politechniki Warszawskiej, Fundacja Forum Atomowe

Streszczenie: „Szkolna Radonowa Mapa Polski” to projekt edukacyjny zrealizowany przez Fundację FORUM ATOMOWE w roku szkolnym 2020/2021. Celem projektu było zwiększenie świadomości występowania naturalnych źródeł promieniowania jonizującego, w szczególności radonu i jego wpływu na zdrowie. W projekcie wzięło udział 46 szkół z całej Polski. Każda szkoła otrzymała cztery pasywne detektory radonu typu CR-39. Pomiar stężenia radonu w budynkach szkolnych wykonywano według ściśle określonej procedury, opisanej w artykule. W ramach projektu uczniowie realizowali także benchmark porównawczy pt. „Ocena stężenia radonu”. Ideą zadania było zapoznanie uczniów z techniką analizy zdjęć mikroskopowych płytek CR-39 detektorów radonu oraz metodami analizy danych. W artykule przedstawiono najważniejsze informacje dotyczące radonu, omówiono metody pomiaru jego stężenia w budynkach, opisano także szczegółowo przebieg i wyniki projektu „Szkolna Radonowa Mapa Polski”.

Słowa kluczowe: Radon, monitoring radonu, mapa stężenia radonu w szkołach, projekt edukacyjny.

Abstract: „School Radon Map of Poland“ is an educational project carried out by the ATOMIC FORUM Foundation in the 2020/2021 school year. The aim of the project was to raise awareness of the occurrence of natural sources of ionizing radiation, in particular radon, and its impact on health. 46 schools from all over Poland participated in the project. Each school received four CR-39 passive radon detectors. The radon concentration in school buildings was measured according to a strictly defined procedure described in the article. Students also performed a special task – a comparative benchmark entitled „Assessment of radon concentration“. The idea of the task was to familiarize students with the technique of analyzing microscopic images of CR-39 radon detectors plates and methods of data analysis. The article presents the most important information about radon, discusses the methods of measuring its concentration in buildings, and describes in detail the course and results of the „School Radon Map of Poland“ project.

Keywords: Radon, radon monitoring, map of radon concentration in schools, educational project.

1. Wstęp

Radon jest naturalnie występującym promieniotwórczym gazem szlachetnym, który powstaje w wyniku alfa-promieniotwórczej przemiany radu znajdującego się w skorupie ziemskiej. Radon występuje w powietrzu, glebie i w wodzie. Znaczna część średniej rocznej dawki efektywnej pochodzącej ze źródeł naturalnych w Polsce pochodzi właśnie od radonu i jego radioaktywnych pochodnych, tzw. krótkożytych produktów rozpadu radonu. Stanowi aż 30,3% (^{222}Rn) i 2,6% (^{220}Rn) całkowitej dawki efektywnej otrzymywanej w ciągu roku przez statystycznego Polaka (dane z 2020 roku) [5], co daje średnią dawkę efektywną

równą odpowiednio 1,2 mSv dla radonu i 0,1 mSv dla toronu [5].

Radon i izotopy pochodne dostają się do organizmu z wdychanym powietrzem drogą oddechową.

Dotychczas dawka pochodząca od radonu i jego pochodnych nie była wliczana do dawki efektywnej dla pracowników, jednak w 2019 roku zmieniona została ustawa Prawo atomowe (ustawa z dnia 13 czerwca 2019 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej, Dz.U. z 2019, poz. 1593.)

Zmiany wynikały między innymi z implementacji Dyrektywy Rady Euratom (Dyrektywa Rady 2013/59/Euratom z dnia 5 grudnia 2013 r. ustanawiającej

podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego. W ustawie Prawo atomowe dodano artykuły 23b-g, dotyczące narażenia na radon w miejscach pracy i w budynkach przeznaczonych na pobyt ludzi oraz określono zakres odpowiedzialności za działania informacyjne i monitorowanie narażenia na radon m.in. w miejscach pracy i budynkach użyteczności publicznej.

Ustalono także poziom odniesienia dla średniorocznego stężenia promieniotwórczego radonu w powietrzu w: miejscach pracy wewnątrz pomieszczeń oraz pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi – w wysokości 300 Bq/m^3 (bekereli na metr sześcienny) [7]. Warto zaznaczyć, że Światowa Organizacja Zdrowia uznaje radon za drugi po paleniu papierosów czynnik powodujący nowotwory układu oddechowego u ludzi. Co więcej, wskazuje na istotny statystycznie wzrost ryzyka zachorowania już przy stężeniach radonu powyżej 100 Bq/m^3 [6]. Warto zwrócić uwagę, że średnie stężenie radonu wewnątrz pomieszczeń w Polsce to 50 Bq/m^3 [4].

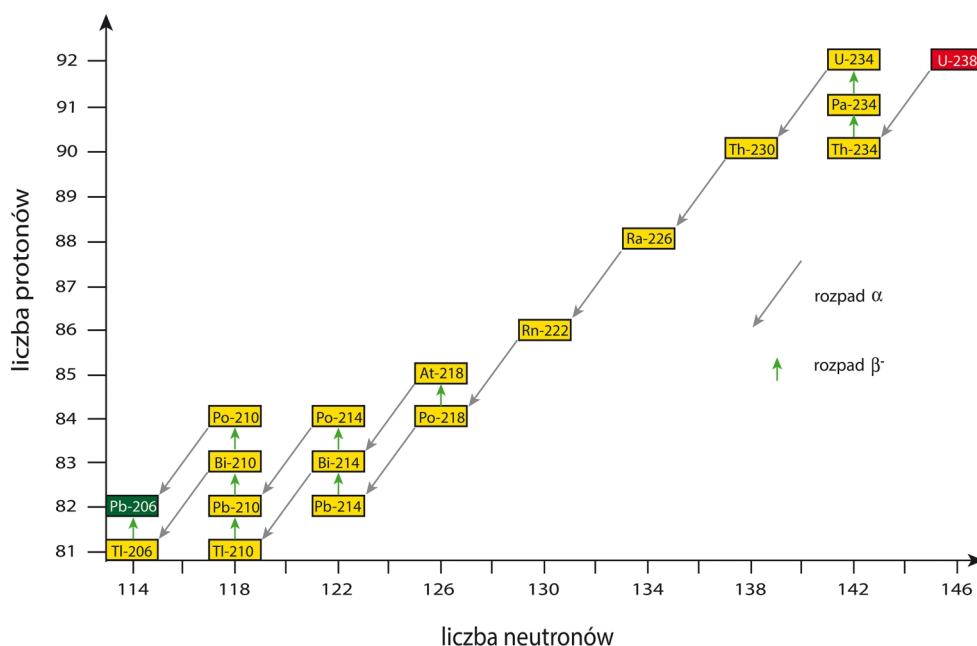
Fundacja FORUM ATOMOWE od początku swojej działalności w 2008 roku podkreśla szczególną rolę edukacji i promocji wiedzy w dziedzinie pokojowego wykorzystania energii jądrowej i promieniotwórczości. Fundację stanowi zespół młodych, aktywnych i ambitnych osób, specjalistów w swoich dziedzinach, m.in. w fizyce jądrowej, ochronie radiologicznej, energetyce, energetyce jądrowej. Zespół zrealizował z powodzeniem kilka projektów edukacyjnych, w tym najbardziej znany – „Atomowy Autobus – Mobilne Laboratorium”. Zmiany Prawa atomowego i podkreślenie znaczenia pomiarów radonu skłoniły fundację do przygotowania i realizacji ogólnopolskiego projektu pt. „Szkolna Radonowa Mapa Polski”. Projekt zrealizowany został w roku szkolnym 2020/2021 i skierowany był

przede wszystkim do kół naukowych przedmiotów ścisłych szkół średnich. Jego celem było przede wszystkim zwiększenie świadomości występowania naturalnych źródeł promieniowania jonizującego, w szczególności wpływu radonu na zdrowie oraz zapoznanie uczniów z zagadnieniami związanymi z szeroko pojętą dozymetrią promieniowania i ochroną radiologiczną. W projekcie wzięło udział 46 szkół z całej Polski. W artykule przedstawiono szczegóły projektu – założenia, przebieg i wyniki pomiarów radonu w szkołach.

2. Radon – podstawowe informacje [1]

Występujące w skorupie ziemskiej naturalne pierwiastki promieniotwórcze uran i tor ulegają rozpadowi, w wyniku których powstaje m.in. rad, cechujący się okresem półrozpadu ok. 1600 lat. Pierwiastek ten występuje w każdym z trzech naturalnych szeregów promieniotwórczych: torowym, uranowo-radowym i uranowo-aktynowym. Rad ulega przemianie alfa, powodując powstanie gazowego radioaktywnego radonu.

Radon jest jedynym naturalnym promieniotwórczym gazem szlachetnym występującym w środowisku. Łatwo przedostaje się z głębi ziemi do atmosfery. Jest bezbarwny w temperaturze pokojowej, bezwonny, niepalny, stosunkowo łatwo rozpuszcza się w wodzie. Jest około 8 razy cięższy niż gazy atmosferyczne. Liczba atomowa radonu jest równa 86, a masowa zależy od rodzaju izotopu. Znanymi jest ponad 30 izotopów radonu, w tym 4 naturalne: ^{218}Rn , ^{219}Rn , ^{220}Rn oraz ^{222}Rn . Z punktu widzenia dozymetrii i ochrony radiologicznej największe znaczenie ma ^{222}Rn zwany radonem, będący elementem szeregu uranowo-radowego (rys. 1). Okres połowicznego rozpadu



Rys. 1. Szereg promieniotwórczy uranowo-radowy [1].

Fig. 1. Uranium-238 decay series.

^{222}Rn wynosi 3,824 dnia i jest najdłuższy w porównaniu do pozostałych izotopów radonu. Okres połowicznego rozpadu ^{220}Rn – toronu, pochodzącego z szeregu torowego wynosi 56 s, ^{219}Rn – aktynonu (szereg uranowo-aktynowy) – 4 s, a dla ^{218}Rn (produkt rozpadu ^{222}Rn , szereg uranowo-radowy) czas ten wynosi zaledwie 35 ms. Okres połowicznego rozpadu radonu ^{222}Rn jest wystarczający, aby gaz wydostał się z Ziemi, ale też na tyle krótki, że część atomów, jakie dostają się do płuc, ulega rozpadowi. W przypadku toronu czas półrozpadu 56 s w zasadzie ogranicza możliwość jego migracji do wierzchniej warstwy gleby, a w przypadku pomiarów w budynkach dodatkowo przyczynia się do podniesienia wskazań przyrządów tuż przy powierzchni materiałów budowlanych.

Radon przedostaje się do pomieszczeń poprzez nie szczelności w fundamentach czy otwory na instalacje. Największym źródłem radonu w pomieszczeniach zamkniętych jest podłóżo pod budynkiem, z którego na skutek efektu kominowego, czyli zasysania radonu w wyniku różnicy ciśnień panującej na zewnątrz i wewnątrz, gaz przedostaje się do środka. Wydajność wnikania radonu do budynków zależy zarówno od stopnia nie szczelności fundamentów, jak również od rodzaju podłóża, ponieważ gleby mają różną przepuszczalność.

Innym źródłem radonu w pomieszczeniach są materiały budowlane, takie jak cegły, pustaki czy beton, które mogą zawierać rad i tor emitujące radon oraz toron bezpośrednio do pomieszczeń. Rejony górskie, zwłaszcza południowo-zachodniej Polski, czyli tereny Sudetów, stanowią duże źródło naturalnie występujących substancji promieniotwórczych, które mają jednocześnie wpływ na zwiększoną obecność radonu w powietrzu w porównaniu do rejonów centralnej czy północnej Polski. Kolejne źródła radonu w pomieszczeniach zamkniętych to doprowadzane do budynków woda i gaz ziemny, które stanowią jednak zaledwie niecały procent w ogólnym stężeniu radonu w pomieszczeniach [4].

Stężenie radonu w powietrzu zmienia się w ciągu roku (zmiennosc sezonowa) oraz w ciągu doby. Wykazano wyższe poziomy stężenia aktywności radonu w budynkach mieszkalnych w nocy niż w dzień [4], co tłumaczy się m.in. większą częstotliwością wietrzenia pomieszczeń w ciągu dnia. Zmiany stężenia radonu w zależności od pory roku zależą od położenia geograficznego, ale w przypadku Polski większe wartości w pomieszczeniach zamkniętych odnotowuje się w okresie zimowym, kiedy zmarzlina podłóża nie pozwala na jego przenikanie do powietrza, natomiast cieplejsza strefa pod budynkiem i wokół budynku stanowi wówczas jego główne miejsce przenikania.

Podsumowując, stężenie radonu w budynkach zależy od rodzaju podłóża, szczelności budynku, wykorzystanych materiałów budowlanych, pory roku oraz wysokości – im wyższe piętro tym stężenie aktywności radonu wewnątrz pomieszczeń jest niższe.

Stężenie radonu w budynkach mieszkalnych można próbować zmniejszać poprzez systematyczne wietrzenie pomieszczeń, jednak najważniejszą kwestią jest zidentyfikowanie źródła narażenia i dostosowanie odpowiedniego rozwiązania do panującej sytuacji. W przypadku wystąpienia bardzo wysokich poziomów stężenia aktywności radonu w powietrzu może okazać się konieczne zainstalowanie systemu wypompowującego powietrze spod budynku. Dla dopiero powstających budynków przeprowadza się badania gruntu, na którym ma zostać usytuowany budynek. Taka ekspertyza polega na ocenie tzw. indeksu radonowego na podstawie wyników pomiarów stężenia aktywności radonu w powietrzu glebowym i ocenie przepuszczalności podłóża. W razie konieczności zaleca się stosowanie specjalnych barier antyradonowych ograniczających skutecznie przenikanie radonu z gruntu do wnętrza budynku.

3. Jak zmierzyć radon?

Istnieje kilka metod pomiaru radonu w powietrzu. Można je podzielić według różnych kryteriów, m.in. na metody aktywne i pasywne czy też ze względu na metodę detekcji lub czas trwania pomiaru. Metody aktywne to różnego rodzaju profesjonalne przyrządy pomiarowe, które mierzą w czasie rzeczywistym, uśredniając wynik z pewnego krótkiego, zdefiniowanego okresu (np. 10 min, 1 godz.), rejestrując zmiany stężenia w czasie.

Drugą grupę stanowią metody pasywne. Są to detektory, które w zależności od konstrukcji i zasady działania umieszcza się w miejscu ekspozycji i uzyskuje uśredniony wynik dla danego czasu ekspozycji. W przypadku detektorów z węglem aktywnym pomiar trwa od 24 do 96 h. Najczęściej używa się detektorów śladowych i takie też detektory rekomendowane są do przeprowadzania pomiarów średniorocznego stężenia radonu np. w miejscach pracy, ponieważ pozwalają na ekspozycję trwającą co najmniej 30 dni, zgodnie z zaleceniami wynikającymi z przepisów krajowych [8]. Nazywane są one też SSNTD (ang. *Solid State Nuclear Track Detectors*). Zwyczajowa nazwa detektorów to CR-39 (od nazwy materiału, z którego są wykonane, a który to kiedyś służył do produkcji soczewek w okularach dla pilotów wojskowych).



Rys. 2. Pasywny detektor radonu typu CR-39 [1].

Fig. 2. Passive radon detector CR-39.

Detektory pasywne CR-39 są najczęściej stosowanym na świecie typem detektorów radonu do długotrwałych, niedrogich i dokładnych pomiarów stężenia radonu w powietrzu. Układ pomiarowy składa się z obudowy, czyli tzw. komory dyfuzyjnej, wykonanej z plastiku o specjalnych właściwościach. Wewnątrz umieszczana jest płytka ze specjalnego polimeru. Rozmiar i kształt detektora zależy od producenta.

Radon ze względu na swoje właściwości i stosunkowo krótki czas półrozpadu ulega przemianie w izotopy pochodne. Tej przemianie towarzyszy emisja promieniowania. Powstałe cząstki alfa uderzają w powierzchnię płytki znajdującej się w pojemniku i powodują powstanie mikrouszkodzeń.

Po czasie ekspozycji, czyli po czasie, gdy detektor w pojemniku znajduje się w miejscu pomiaru, jest on odsyłany do laboratorium do analizy, którą poprzedza proces wytrawiania. Jest to obróbka termochemiczna polegająca na zanurzeniu detektorów w stężonym roztworze zasady (NaOH lub KOH). Roztwór musi mieć odpowiednio wysoką temperaturę, sięgającą nawet 80 czy 90°C. Temperatura spowoduje powiększenie mikrouszkodzeń na powierzchni płytki, a tym samym ich uwidocznienie. Ważny w tym procesie jest czas. Zbyt długie poddawanie roztworu wysokiej temperaturze spowoduje znaczne powiększenie śladów – zaczną one na siebie na chodzić, co w efekcie uniemożliwi analizę pod mikroskopem. Analiza mikroskopowa opiera się na algorytmach pozwalających na rozpoznanie śladów pochodzących od radonu na podstawie ich kształtu i rozmiaru, a następnie na ich zliczenie. Im więcej śladów, tym większa wartość ekspozycji. Na tę wielkość składają się dwa czynniki: stężenie aktywności radonu [Bq/m^3] oraz czas ekspozycji [h]. Im dłużej ekspozujemy detektor i im większe jest stężenie radonu, tym większa jest liczba śladów. Aby uzyskać ostateczną wartość stężenia, znając czas ekspozycji, wyniki odczytuje się z krzywej kalibracyjnej uzyskanej na podstawie analizy detektorów wzorcowych, wyeksponowanych wcześniej w znanych warunkach stężenia radonu.

Jak każda metoda pomiaru, detektory typu CR-39 mają swoje wady i zalety. Niewątpliwą zaletą jest niski koszt pomiaru, fakt, że można wykonać wiele pomiarów w jednym czasie. Wykonanie pomiaru jest łatwe, a wyniki są dokładne i miarodajne. Ponadto komory dyfuzyjne są elementami wielokrotnego użytku, dzięki czemu minimalizuje się negatywny wpływ na środowisko. Wadą może być na przykład to, że uzyskujemy uśredniony wynik pomiaru i nie jesteśmy w stanie zaobserwować zmian stężenia radonu w czasie, a to może się zmieniać np. w ciągu doby.

Aby ocenić ryzyko związane z radonem w konkretnym pomieszczeniu czy konkretnym budynku, należy wykonać pomiar z użyciem odpowiednich detektorów. Żadna inna metoda przewidywania stężenia radonu nie jest w 100% skuteczna, ponieważ na ostateczny wynik ma wpływ wiele różnych czynników, m.in. zawartość naturalnych pierwiast-

ków promieniotwórczych w podłożu, jego przepuszczalność, nawet obecność uskoków tektonicznych, czyli takie parametry, które nie są widoczne gołym okiem. Ważne w tym aspekcie są także: konstrukcja i wiek budynku, rodzaj i szczelność okien, czy budynek jest podpiwniczony, czy posiada system wentylacji i/lub klimatyzacji. Te wszystkie czynniki łącznie, z np. zwyczajami użytkowników danego budynku (częstość otwierania okien), mają wpływ na narażenie człowieka spowodowane ekspozycją na promieniowanie pochodzące od radonu i jego pochodnych.

Stężenie radonu może się znacznie różnić nawet w dwóch sąsiednich i pozornie podobnych budynkach. Idealnym rozwiązaniem byłoby więc wykonanie pomiarów w każdym budynku w Polsce, co dałoby nam rzeczywisty obraz narażenia na radon w danym momencie. Tylko tak skonstruowana mapa mogłaby posłużyć do oceny narażenia konkretnych osób w zależności od miejsca ich przebywania.

Oczywiście takie rozwiązanie nie może zostać zrealizowane w rzeczywistym świecie. Wykonuje się pomiary na szeroką skalę, w celu zidentyfikowania takich obszarów, na których ryzyko wystąpienia podwyższonego stężenia jest większe. Nie oznacza to jednak, że we wszystkich budynkach, poza zidentyfikowanymi obszarami, problem radonu nie występuje.

Tworzenie map ryzyka radonowego obrazuje korelację pomiędzy pewnymi czynnikami, np. wyraźnie widać zależność między budową geologiczną podłoża a stężeniem radonu w budynkach. Czynniki geologiczne mogą stanowić pewne źródło informacji i być czynnikami, na podstawie których można oszacować ryzyko wystąpienia podwyższonych stężeń aktywności radonu w niektórych regionach. Jednak dane te muszą być uzupełniane o szczegółowe informacje dotyczące warunków pomiaru, rodzaju budynku itp.

Aby mapa mogła spełnić swoją rolę, bardzo ważne jest, by zapewnić jednakową procedurę pomiarową, czyli wykonywać pomiary w taki sam sposób we wszystkich punktach oraz dokładnie opisać wszystkie dodatkowe okoliczności i czynniki, jakie mogą mieć wpływ na wynik (wiek budynku, konstrukcja, rodzaj okien, podpiwniczenie). W naszym projekcie wykonujemy pomiary tą samą metodą, umieszczamy je na poziomie parteru zgodnie z instrukcją, detektory są analizowane w jednakowy sposób, przez to samo laboratorium.

Wiele krajów w Europie prowadzi badania na szeroką skalę czego efektem jest **Europejska Mapa Radonowa** [9]. Państwa zaangażowane w jej tworzenie opracowały międzynarodowe standardy wykonywania map tak, aby w poszczególnych krajach przygotowywane one były w jednakowy sposób. Przyjęto jako zasadę jednakowy typ detektorów (detektory śladowe), czas ekspozycji minimum 30 dni, analizę w zatwierdzonym, certyfikowanym laboratorium. Mapy są podzielone na poligony o boku 10 km

i wartości z pomiarów w tych obszarach są poddawane szczegółowej analizie. Dzięki temu mapy mogą być porównywane ze sobą i mogą być narzędziem do prowadzenia dalszych badań i szacowania narażenia na radon oraz prowadzenia pogłębionych analiz geostatystycznych.

4. Przebieg projektu

Projekt Szkolna Radonowa Mapa Polski składał się z dwóch głównych części. Pierwsza to pomiar stężenia radonu w szkołach. Pierwotny plan zakładał udział 48 szkół – po trzy szkoły w województwie. Starano się, aby szkoły były dobrane tak, by rozkład punktów pomiarowych był w miarę równomierny. Niestety ze względu na trudności spowodowane epidemią wiele szkół nie było w stanie wziąć udziału w projekcie. Z dwóch województw: zachodniopomorskiego i warmińsko-mazurskiego nie zgłosiła się ani jedna szkoła. Mimo tych przeszkód do udziału w projekcie udało się zrekrutować 46 szkół.

Każda placówka otrzymała po cztery detektory śladowe radonu, które rozstawiała w pomieszczeniach zgodnie z przesłaną instrukcją. Pomiar powinien trwać minimum 30 dni. Uczestnicy projektu odsyłali do fundacji detektory tuż po zakończeniu pomiaru. Następnie trafiły one do specjalistycznego laboratorium firmy Radonova w Szwecji, gdzie zostały odczytane zgodnie z akredytowaną procedurą. Uczestnicy projektu opracowywali i wypełniali formularz dotyczący warunków pomiaru. Należało podać m.in.: datę rozpoczęcia i zakończenia ekspozycji, dane dotyczące lokalizacji i charakterystyki budynku, rok budowy budynku, typ okien, szczegółowe informacje na temat miejsca rozłożenia detektorów, odległości od okien itp. Wszystkie zebrane informacje były istotne do szczegółowej analizy i interpretacji wyników pomiarów.

Drugą część to benchmark porównawczy, pt.: „Ocena stężenia radonu”. To specjalne zadanie, które polegało na analizie zdjęć mikroskopowych płytek CR-39 detektorów radonu według dostarczonej instrukcji. Benchmarking to metoda poszukiwania modelowych rozwiązań w celu uzyskania najlepszych wyników poprzez uczenie się od innych i korzystanie z ich doświadczenia. Benchmarki porównawcze organizowane są w wielu dziedzinach nauki i techniki. Podobnie jak w tym przypadku, benchmark polegał na rozwiązaniu konkretnego zadania z użyciem wskazanych przez fundację metod i narzędzi. Uczestnictwo w benchmarkach pozwala dostrzec własne błędy, których sami nie zauważylibyśmy, a widzimy je dopiero, gdy porównujemy wyniki z innymi uczestnikami. Dzięki temu podnosimy jakość naszej pracy, badań i korygujemy błędy. Zadanie nie było obowiązkowe, nie mniej jednak wzięło w nim udział 40 grup z ponad 20 szkół, łącznie 160 uczniów. Za najlepsze wyniki Fundacja nagrodziła grupę 52 uczniów. Treść zadania–benchmarku oraz wyniki

otrzymane przez uczniów zostały opublikowane na stronie internetowej projektu: <https://forumatomowe.org/szkolna-radonowa-mapa-polski/#radon-benchmark>. Zespół fundacji zorganizował także webinarium dla uczniów i nauczycieli na każdym etapie projektu.

5. Pomiar stężenia radonu w szkołach

Pomiar stężenia radonu w szkołach odbywał się według ścisłej instrukcji. Pomiar zaczynał się w momencie zdjęcia folii, w którą zapakowane były detektory CR-39. Folię należało zdjąć dopiero, gdy zostało wybrane miejsce ekspozycji, w momencie rozpoczęcia pomiaru. Detektor pozostający w folii nie traci swoich właściwości i pozostaje „czysty” – nie rejestruje promieniowania, czyli nie wykonuje pomiaru. Detektory należało umieścić w różnych pomieszczeniach na poziomie 0 (parter), w piwnicy lub na piętrze. Wybór miejsca ekspozycji detektorów pozostawał po stronie uczniów i nauczycieli. Detektory należało umieścić na szafce/półce/regale (najlepiej w miejscu trudno dostępnym tak, żeby uniemożliwić jego przekładanie w trakcie pomiaru i ingerencję osób postronnych). Detektorów nie można było jednak umieszczać:

- w miejscach bezpośrednio nasłonecznionych,
- w przeciągu,
- w pobliżu źródeł ciepła, takich jak grzejniki, piece, kominki, telewizory, dekodery i inne urządzenia elektroniczne,
- na parapetach,
- wewnątrz innych obiektów,
- w zasięgu małych dzieci i zwierząt,
- na podłodze,
- bliżej niż w odległości 50 cm od zewnętrznej ściany budynku,
- bliżej niż w odległości 25 cm od pozostałych ścian,
- w wilgotnym miejscu,
- w pobliżu ujęcia wody.

Raz umieszczony detektor musiał się znajdować w tym samym miejscu przez cały czas pomiaru. Nie wolno go było przestawiać czy przenosić do innego pomieszczenia. Z pomieszczenia należało korzystać tak jak zwykle – łącznie z wietrzeniem, używaniem klimatyzacji itp.

Wspólnie z uczniami nauczyciele opracowywali i wypełniali ankietę dotyczącą warunków pomiaru. Należało podać m.in.: numer każdego detektora znajdującego się przy kodzie kreskowym, datę rozpoczęcia ekspozycji (otwarcia folii i umieszczenia w miejscu pomiaru), datę końca ekspozycji (zdjęcia detektora z miejsca pomiaru), dane dotyczące lokalizacji i charakterystyki budynku, rok budowy budynku, typ okien, sposób użytkowania pomieszczenia itp.

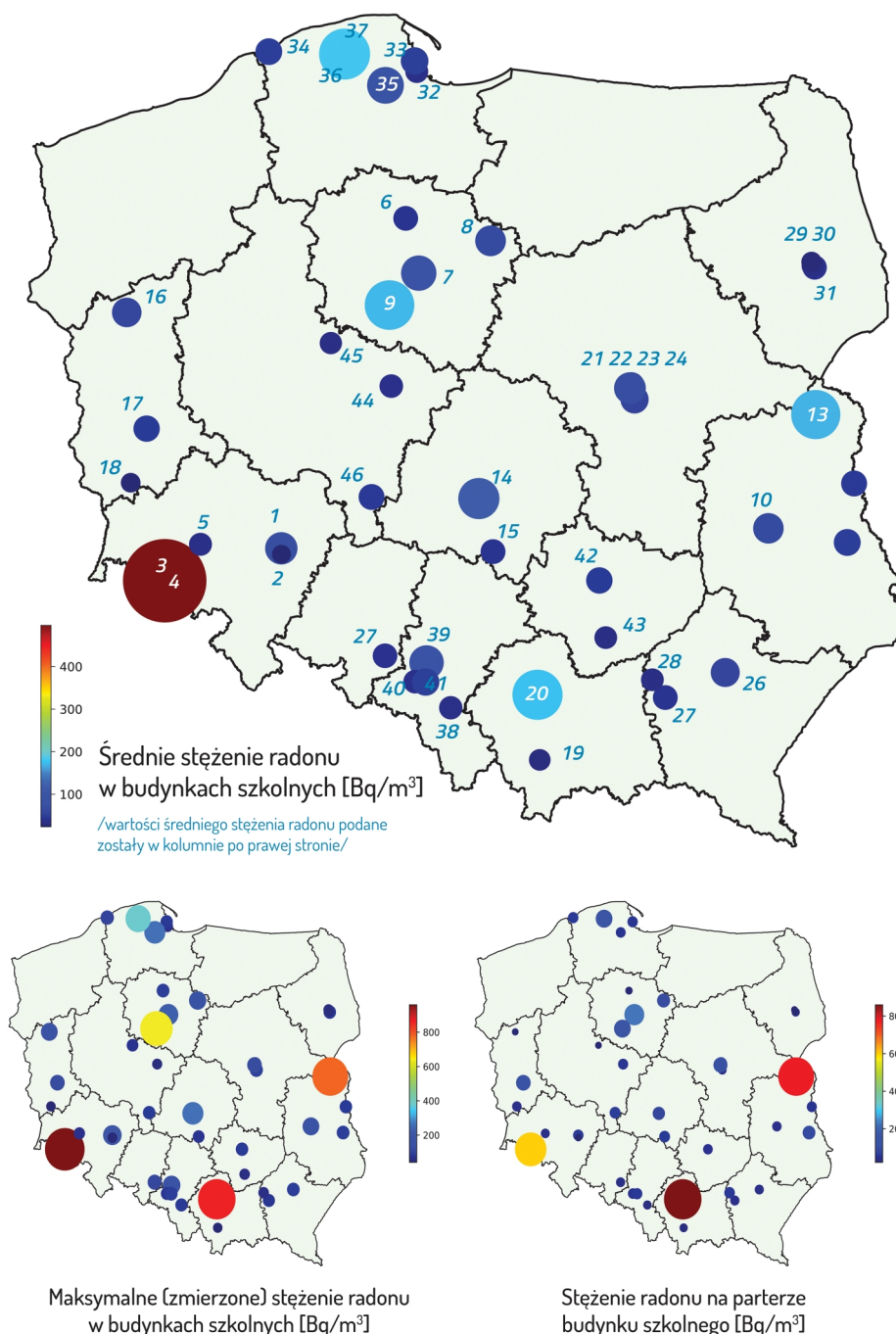
Po upływie 30 dni od dnia rozpoczęcia ekspozycji należało zebrać detektory i odesłać do fundacji bez dodatkowego zabezpieczenia folią. Choć w wielu laboratoriach

nadal jest to częsta praktyka, nie powinna być stosowana. Jak potwierdzono w badaniach, szczelne pakowanie detektorów w folię po ekspozycji prowadzi do powstawania dodatkowych śladów na powierzchni detektora w związku z uwalnianiem pewnej ilości radonu zaabsorbowanej w materiale obudowy. To powoduje zawyżenie wyniku [10]. Następnie detektory trafiły do analizy w specjalistycznym laboratorium w Szwecji.

6. Szkolna Radonowa Mapa Polski

Wyniki pomiarów zrealizowanych w szkołach zostały naniesione na mapę konturową Polski, uzyskując w ten sposób mapę stężenia radonu w powietrzu na bazie ok. 200 punktów pomiarowych. W ten sposób utworzona została **Szkolna Radonowa Mapa Polski**. Na rysunku 3 zaprezentowano trzy mapy:

- średnie stężenie radonu w szkołach (średnia z czterech detektorów, niezależnie od miejsca ich rozmieszczenia w budynku szkoły) – wyniki te zebrano także w tabeli 1,



Rys. 3. Wyniki pomiarów stężenia radonu w szkołach w okresie listopad 2020 – styczeń 2021 roku. Numery na mapie odpowiadają numeracji szkół w tabeli 1.

Fig. 3. Results of measurements of radon concentration in schools in the period November 2020 – January 2021. The numbers on the map correspond to the school numbers in table 1.

Tabela 1. Średnie stężenie radonu zmierzone w budynkach szkolnych w okresie listopad 2020 – styczeń 2021 roku.**Table 1.** Average radon concentration measured in school buildings in the period November 2020 – January 2021.

Numer szkoły (odpowiada numeracji na mapie, rys. 3)	Nazwa szkoły, miejscowość	Średnie stężenie radonu w budynku szkoły [Bq/m ³]
1.	VIII Liceum Ogólnokształcące im. Bolesława Krzywoustego, Wrocław	97±90
2.	Liceum Ogólnokształcące Nr V, Wrocław	30±14
3.	I Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Żeromskiego, Jelenia Góra	191±216
4.	Liceum Ogólnokształcące im. C. K. Norwida, Jelenia Góra	705±254
5.	Zespół Szkół Integracyjnych, Legnica	46±22
6.	II Liceum Ogólnokształcące, Świecie	54±28
7.	Zespół Szkół Mechanicznych, Elektrycznych i Elektronicznych, Toruń	117±81
8.	I Liceum Ogólnokształcące im. Filomatów Ziemi Michałowskiej, Brodnica	87±61
9.	Zespół Szkół Mechaniczno-Elektrycznych, Inowrocław	240±269
10.	Zespół Szkół Energetycznych, Lublin	86±52
11.	I Liceum Ogólnokształcące im. Tadeusza Kościuszki, Włodawa	60±18
12.	I Liceum Ogólnokształcące im. Stefana Czarnieckiego, Chełm	65±17
13.	I Liceum Ogólnokształcące im. Józefa Ignacego Kraszewskiego, Biała Podlaska	236±363
14.	Zespół Szkół Politechnicznych im. Komisji Edukacji Narodowej, Łódź	162±91
15.	Zespół Szkół Ponadpodstawowych Nr 1 im. Stanisława Staszica, Radomsko	55±18
16.	Zespół Szkół Technicznych i Ogólnokształcących, Gorzów Wielkopolski	80±63
17.	I Liceum Ogólnokształcące im. Edwarda Dembowskiego, Zielona Góra	62±50
18.	Zespół Szkół Ekologicznych im. Unii Europejskiej, Zielona Góra	33±15
19.	I Liceum Ogólnokształcące im. Eugeniusza Romera, Rabka-Zdrój	40,3±6,5
20.	IV Prywatne Liceum Ogólnokształcące im. Królów Polskich, Kraków	246±410
21.	CLVII Liceum Ogólnokształcące, Warszawa	63±26
22.	Liceum Ogólnokształcące Niepubliczne Nr 40, Warszawa	72±24
23.	VII Liceum Ogólnokształcące im. Juliusza Słowackiego, Warszawa	41±15
24.	XXV Społeczne Liceum Ogólnokształcące im. Marzenny Okońskiej, Warszawa	94±34

- maksymalne stężenie radonu zmierzone w szkole (każda szkoła samodzielnie dokonywała wyboru pomieszczeń, były to zwykle korytarze, sale lekcyjne, zaplecza lub sekretariaty),
- stężenie radonu zmierzone na poziomie parteru (okazuje się, że nie wszystkie szkoły, które wzięły udział w projekcie posiadają parter, dlatego nie zostały tu uwzględnione).

Szkolna Radonowa Mapa Polski dostępna jest także w formie interaktywnej oraz w postaci plakatu na stronie internetowej projektu: <https://forumatomowe.org/szkolna-radonowa-mapa-polski>.

Najwyższą wartość średnią stężenia radonu w budynku zarejestrowano w Jeleniej Górze (705±254) Bq/m³. Warto podkreślić, że średnia dla budynku zawiera wyniki z różnych kondygnacji. W ramach projektu uczniowie podejmowali decyzję o tym, gdzie detektory zostaną umieszczone, odnotowywali wszystkie szczegóły, aby następnie móc

samodzielnie wyciągnąć wnioski i zaobserwować zależność pomiędzy wysokością a wartością stężenia radonu. Dlatego też należy interpretować pojedyncze wyniki z uwzględnieniem warunków pomiaru (system wietrzenia pomieszczenia, kondygnacja). Przykładem może być Kraków (246±410) Bq/m³, w którym jeden z czterech wyników przekroczył 800 Bq/m³, a pozostałe były na poziomie średniej dla Polski 50 Bq/m³. W tej placówce trzy pomiary wykonane były na poziomie pierwszego piętra, a jeden detektor znajdował się na parterze.

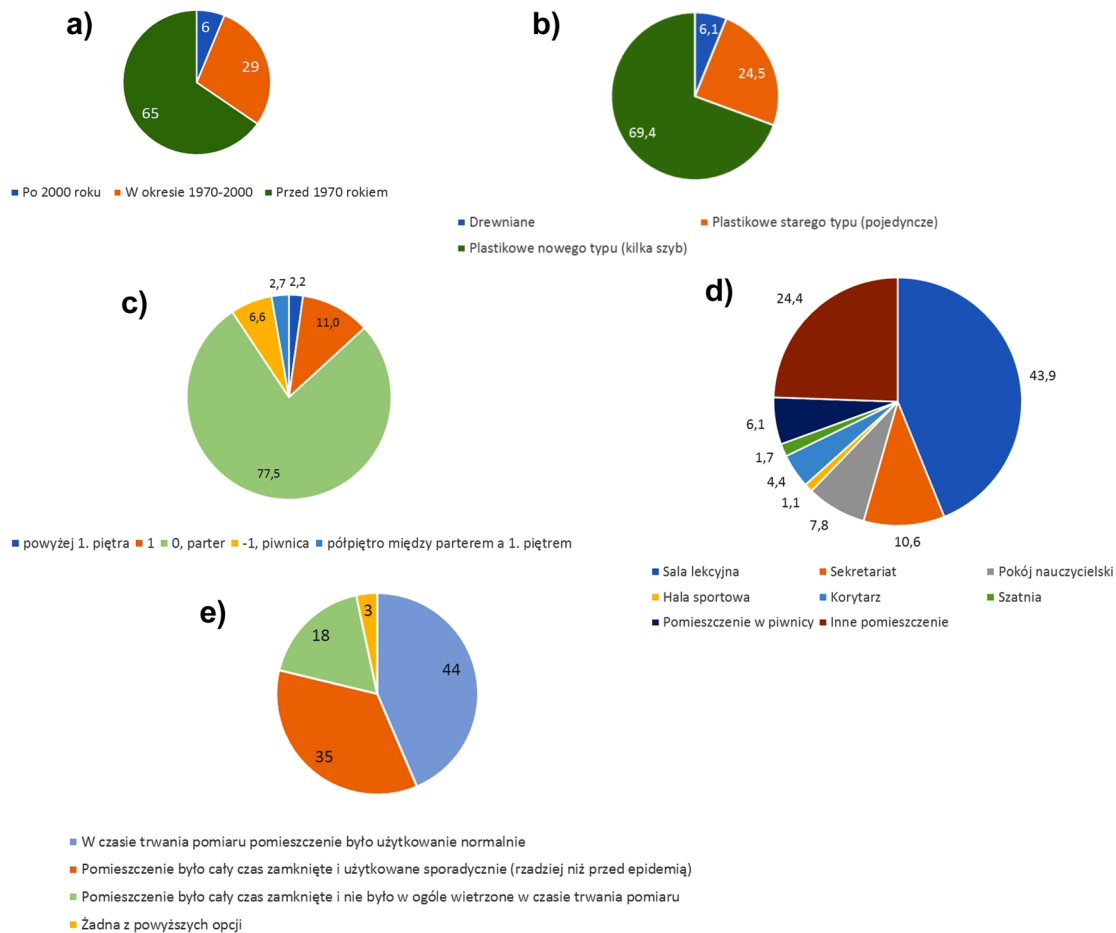
Warto wspomnieć, że w Polsce zdefiniowane zostały regiony, w których spodziewać się można wyższych wyników stężenia radonu w powietrzu w budynkach z uwagi na warunki geologiczne. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 czerwca 2020 r. w sprawie terenów, na których średnioroczne stężenie promieniotwórcze radonu w powietrzu wewnątrz pomieszczeń w znacznej liczbie budynków może przekraczać poziom odniesienia, wyszcze-

gólnia 27 powiatów i miast na prawach powiatów. Wyniki pomiarów prowadzonych w szkołach w ramach projektu potwierdziły podwyższone wyniki m.in. w Jeleniej Górze oraz w pojedynczych punktach pomiarowych na poziomie parteru w innych miejscowościach (np. Wrocław). Należy podkreślić, że podwyższone wyniki stężenia radonu odnotowano także w miejscowościach spoza rozporządzenia, a zatem nie można przyjąć, że na terenach nie ujętych w rozporządzeniu problem dotyczący zwiększonej ekspozycji na radon w budynkach nie występuje.

Z uwagi na różne warunki pomiaru pojedyncze pomiary w danej lokalizacji mogą się znacząco od siebie różnić, dlatego też wartość odchylenia standardowego niejednokrotnie przekracza wartość średniej. Co więcej, wyniki uzyskane dla danego budynku nie mogą być uznawane za wynik dla sąsiednich czy dla większego obszaru. Jedynie pomiar wykonany w danym miejscu z zachowaniem tej samej procedury daje informację pozwalającą na oszacowanie narażenia na radon, z uwzględnieniem wszystkich dodatkowych parametrów pomiaru.

Warunki pomiarów stężenia radonu w szkołach, zadeklarowane przez uczniów w ankiecie, przedstawiają wykresy

na rysunku 4. Większość szkół znajdowała się w budynkach wybudowanych przed 1970 rokiem (65%). W prawie 70% szkół zainstalowane są okna plastikowe nowego typu, zawierające kilka szyb, co wpływać może na szczelność konstrukcji. Zdecydowana większość detektorów, około 78%, rozmieszczona została na parterze budynków. 6,6% detektorów zostało umieszczonych w piwnicach, gdzie stężenie radonu jest bardzo duże. To powodowało duży rozrzut otrzymanych wyników dla jednego budynku. Około 44% detektorów rozmieszczonych zostało w salach lekcyjnych, około 25% w innym, niezdefiniowanym przez uczniów pomieszczeniu. Najprawdopodobniej były to zaplecza techniczne. Uczniowie umieszczali także detektory w pokojach nauczycielskich i sekretariatach oraz sporadycznie w szatniach czy halach sportowych. Projekt realizowany był w czasie trwania pandemii, a pomiary wykonywane były w okresie, gdy wprowadzono obowiązkowe nauczanie zdalne, co ma odzwierciedlenie w wynikach ankiety. Aż 53% pomieszczeń, w których znajdowały się detektory, było zamkniętych i nieużywanych (a tym samym niewietrzonych) wcale lub sporadycznie.



Rys. 4. Wyniki ankiety przeprowadzonej w szkołach dotyczącej warunków pomiaru (liczby na wykresach opisują udział procentowy): a – data budowy szkoły, b – typ okien, c – rozmieszczenie detektorów w szkołach (kondygnacja), d – rodzaj pomieszczenia, w którym dokonywano pomiaru, e – warunki panujące w pomieszczeniu w czasie wykonywania pomiaru.

Fig. 4. Results of a survey conducted in schools on the measurement conditions (the numbers in the charts describe the percentage): a – date of construction of the school, b – type of windows, c – arrangement of detectors in schools (storey), d – type of room where the measurements were taken, e – room conditions during the measurement.

7. Podsumowanie

Cel projektu, jakim było zwiększenie świadomości występowania naturalnych źródeł promieniowania jonizującego, w szczególności wpływu radonu na zdrowie, oraz zapoznanie uczniów z zagadnieniami związanymi z szeroko pojętą dozymetrią promieniowania i ochroną radiologiczną, czyli cel edukacyjny, został niewątpliwie zrealizowany. Szkolna Radonowa Mapa Polski nie zastąpi oczywiście ogólnopolskich pomiarów o krajowym zasięgu i odpowiednio większej gęstości próbowania.

Strona internetowa projektu:

<https://forumatomowe.org/szkolna-radonowa-mapa-polski>

Projekt został zrealizowany w partnerstwie z Ministerstwem Klimatu i Środowiska oraz we wsparciu merytorycznym firmy Radonova, która dostarczyła detektory do pomiaru i wykonała odczyt tych detektorów w specjalistycznym, akredytowanym laboratorium.

Notki o autorach

mgr Łukasz Koszuk – w latach 2009–2019 pracownik Zakładu Energetyki Jądrowej w Narodowym Centrum Badań Jądrowych (Zespół Obliczeń Neutronowych i Nowych Technologii), a obecnie doktorant w Zakładzie Fizyki Jądrowej na Wydziale Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Współzałożyciel i Prezes Fundacji Forum Atomowe. Zawodowo zajmuje się fizyką reaktorów jądrowych.

mgr inż. Zuzanna Podgórska – doktorantka w Zakładzie Fizyki Jądrowej na Wydziale Fizyki Politechniki Warszawskiej, Inspektor Ochrony Radiologicznej IOR-3, członek European Radon Association, wolontariuszka Fundacji Forum Atomowe i Fundacji Nuclear.pl. Kierownik polskiego oddziału i Ekspert ds. Radonu w laboratorium Radonova Laboratories.

mgr inż. Iwona Słonecka – absolwentka Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej na specjalizacji fizyka medyczna, obecnie dokto-

rantka Zakładu Fizyki Jądrowej tego samego wydziału. Od 8 lat zawodowo związana z ochroną radiologiczną i dozymetrią, szczególnie dozymetrią biologiczną, termoluminescencyjną i optoluminescencyjną. Popularyzator nauki, opiekun prac inżynierskich i magisterskich, nauczyciel szkolny i akademicki, szkoleniowiec. Wolontariuszka Fundacji Forum Atomowe. Od 6 lat czynny inspektor ochrony radiologicznej.

Literatura

1. Z. Podgórska, I. Słonecka, Ł. Koszuk, Radon i jego źródła. Przewodnik Młodego Odkrywcy, Fundacja Forum Atomowe, 2020.
2. World Health Organization, Radon and health, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>
3. Ustawa z dnia 29 listopada 2000 r. Prawo atomowe, Dz.U. z 2021 r., poz. 1792.
4. K. Mamont-Cieśla, Radon – promieniotwórczy gaz w środowisku człowieka. <http://www.if.pw.edu.pl/~pluta/pl/dyd/mtj/MTJ-W-wa/Radon-1a.pdf>
5. Raport roczny. Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2020 roku, <http://www.paa.gov.pl>
6. World Health Organization, Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective, 2009.
7. Ustawa z dnia 13 czerwca 2019 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej, Dz.U. z 2019, poz. 1593.
8. Krajowy plan działania w przypadku narażenia na radon, <https://www.gov.pl/web/gis/krajowy-plan-dzialania-w-przypadku-narazenia-na-radon>
9. G. Cinelli, T. Tollefsen, P. Bossew, V. Gruber, K. Bogucarskis, L. De Felice, M. De Cort, Digital version of the European Atlas of natural radiation, Journal of Environmental Radioactivity, Volume 196, 2019, s. 240–252.
10. H. Möre, L.M. Hubbard, ^{222}Rn Absorption in Plastic Holders for Alpha Track Detectors: A Source of Error, *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 74, Issue 1–2, 1 October 1997, s. 85–91.

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.

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. Bonifraterska 17,

00-203 Warszawa, Polska

E-mail: biuletyn@paa.gov.pl

Zachęcamy do przesyłania artykułów drogą elektroniczną na wyżej wskazany adres e-mail.

Państwowa Agencja Atomistyki
ul. Bonifraterska 17, 00-203 Warszawa
www.gov.pl/web/paa