

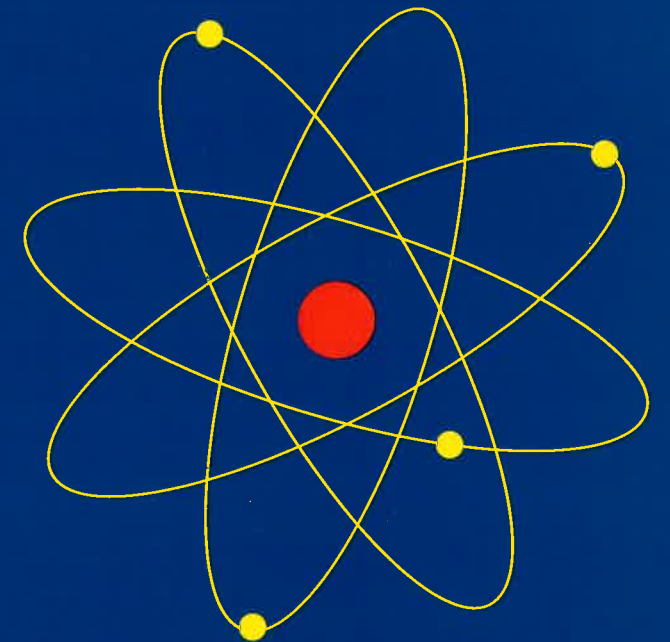
ISSN 0867 - 4752

2/96 (Vol. 27)

*BEZPIECZEŃSTWO
JĄDROWE*

i

*OCHRONA
RADIOLOGICZNA*



PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE i OCHRONA RADIOLOGICZNA

BIULETYN INFORMACYJNY PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI

Nr 2/96 (Vol. 27)
Warszawa

SPIS TREŚCI

Informacja Państwowej Agencji Atomistyki o stanie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 1995 r.	3
Janusz Włodarski Strategiczny Program Rządowy „Gospodarka odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym w Polsce” – zaakceptowany	32
Kazimierz Przewłocki Składowiska odpadów promieniotwórczych w głębokich formacjach geologicznych w różnych krajach świata.	33

Wydawca
PAŃSTWOWA AGENCJA ATOMISTYKI

Redakcja: 00-921 Warszawa, ul. Krucza 36
tel.: 695 98 22, 629 85 93
fax: 695 98 15
e-mail: ageato@atos.warman.com.pl

Przewodniczący Rady Programowej
Witold ŁADA

Wydanie publikacji dofinansowane przez Komitet Badań Naukowych

ISSN 0867-4752

Druk: WEMA

Szanowni Państwo,

Po raz kolejny zamieszczamy w naszym piśmie informację o stanie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce. Opracowanie to jest częścią obszernego dokumentu „Atomistyka oraz bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna w Polsce w 1995 r.”

Niektóre zagadnienia, stanowiące integralną część opracowania (np. podstawy prawne działania organów i służb sprawujących nadzór i kontrolę w zakresie bjjor) zostały omówione w artykułach opublikowanych w poprzednim numerze Biuletynu. Jednakże ze względu na znaczenie tej tematyki i zainteresowanie jakie budzi uznaliśmy za celowe przedstawienie Państwu pełnej informacji o stanie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 1995 r.

Z pewnością zainteresują Państwa również artykuły, których tematem są gospodarka odpadami promieniotwórczymi w Polsce i projektowanie składowisk odpadów promieniotwórczych w głębokich formacjach geologicznych w różnych krajach świata.

Wiadomo, że wszystkie kraje wykorzystujące energię jądrową w różnych dziedzinach życia i gospodarki muszą rozwiązać problem odpadów promieniotwórczych – także Polska. Dlatego tak ważny jest fakt zaakceptowania przez Radę Ministrów w maju br. opracowanego w PAA – Strategicznego Programu Rządowego (SPR) „Gospodarka odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym w Polsce”.

Ustawodawstwo nawet najbiedniejszych krajów świata zabrania eksportowania (w celu ostatecznego ich składowania) odpadów promieniotwórczych poza granice państwa, w którym one powstały. W wielu krajach rozpoczęto więc programy badawcze nad lokalizacją i budową docelowych składowisk odpadów promieniotwórczych. Przedstawienie takich programów badawczych realizowanych w różnych krajach z pewnością rozszerzy i pogłębi Państwa wiedzę w tej dziedzinie.

Główny Inspektor Dozoru Jądrowego

INFORMACJA PAŃSTWOWEJ AGENCJI ATOMISTYKI O STANIE BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ W POLSCE W 1995 ROKU

Istotną częścią dokumentu „Atomistyka oraz bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna w Polsce w 1995 r.” jest obszerna informacja PAA o stanie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony przed promieniowaniem.

Zawiera ona podstawowe dane o źródłach potencjalnego zagrożenia radiacyjnego w Polsce i możliwych zagrożeniach transgranicznych od obiektów jądrowych zlokalizowanych poza jej granicami. Szczegółowo przedstawiono tu zadania oraz uprawnienia organów i służb sprawujących nadzór i kontrolę w zakresie bjjor, jak również podstawy prawne ich działania. Dokonano też oceny sytuacji radiacyjnej na terenie i w otoczeniu Ośrodka Badawczego w Świerku oraz Centralnej Składowicy Odpadów Promieniotwórczych. Wiele miejsca poświęcono omówieniu sytuacji radiacyjnej w środowisku naturalnym oraz narażeniu ludności Polski i wybranych grup zawodowych, zatrudnionych przy pracach ze źródłami promieniowania jonizującego. Poziom narażenia ludności określono na podstawie danych obrazujących skażenie środowiska naturalnego, natomiast narażenie zawodowe – na podstawie kontroli dawek indywidualnych.

W „Uwagach końcowych” wspomnianego dokumentu prof. J. Niewodniczański, Prezes PAA, tak ocenił stan bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej: „*Stan obecny należy uznać za zadowalający, aczkolwiek obecnie obowiązujące przepisy w tym zakresie wymagają analizy i nowelizacji. Dotyczy to przede wszystkim wyraźnego określenia odpowiedzialności i rozgraniczenia kompetencji; zagadnienia ochrony przed promieniowaniem pracowników i ogółu ludności (w tym np. pacjentów) oraz pomiarów skażeń promieniotwórczych środowiska, produktów rolnych itp., pozostają obecnie w kompetencji różnych urzędów, co może prowadzić do wystąpienia nieprawidłowości. Obecna, dobra współpraca wszystkich zainteresowanych organów i służb daje pozytywne rezultaty, ale wydaje się, że stosowna nowelizacja aktualnie obowiązującej ustawy Prawo atomowe byłaby korzystna. Prace takie są w PAA prowadzone, również – a może przede wszystkim – w zakresie przepisów niższej niż ustawa rangi, a decydujących o przyjęciu określonych standardów bezpieczeństwa i procedur postępowania w pracach ze źródłami promieniowania jonizującego. Niektóre zmiany obowiązujących zasad bezpiecznej pracy ze źródłami i ochrony ludności przed promieniowaniem wynikają z nowych zaleceń kompetentnych organizacji międzynarodowych.*

Polska wypełnia wszystkie swoje zobowiązania, wynikające z podpisanych przez nią konwencji i traktatów międzynarodowych dotyczących zagadnień jądrowych. Potwierdzają to np. odwiedzający regularnie nasz kraj inspektorzy organizacji międzynarodowych, kontrolujący stan zabezpieczeń materiałów jądrowych w Polsce. Wiarygodność Polski oraz stan bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej naszego kraju dodatkowo podnoszą specjalne dwustronne umowy międzyrządowe podpisane z naszymi sąsiadami. (...)

Przedstawiona w niniejszym opracowaniu analiza sytuacji radiacyjnej kraju pozwala na stwierdzenie, że pozostałe po próbnym wybuchach jądrowych i po awarii w Czarnobylu skażenia promieniotwórcze nie stanowią istotnego zagrożenia społeczeństwa, będąc niewielkim przyczynkiem do sumarycznej dawki (tj. z uwzględnieniem tła naturalnego) otrzymywanej przez naszych obywateli.”

Red.

BEZPIECZEŃSTWO JĄDROWE I OCHRONA RADIOLÓGICZNA

1. ŹRÓDŁA ZAGROŻENIA RADIACYJNEGO

1.1. Obiekty jądrowe w Polsce

Reaktor EWA

Reaktor EWA, o projektowej mocy nominalnej 10 MW (osiągniętej po przeróbce reaktora z początkowego poziomu 2 MW) był bezawaryjnie eksploatowany w Instytucie Badań Jądrowych, a potem w Instytucie Energii Atomowej od 1938 r. do 24 lutego 1995 r. Do chwili zakończenia eksploatacji, reaktor przepracował w 1995 r. 708 godzin na mocy nominalnej 9 MW. Reaktor wyłączono po wyczerpaniu się posiadanego zapasu paliwa jądrowego i spadku reaktywności w rdzeniu reaktora. Na początku 1995 r. praca reaktora była kontynuowana na podstawie Aneksu 1/94 do zezwolenia Prezesa PAA nr 6/93/EWA z dnia 24.06.1993 r., ważnego do końca lutego 1995 r. W dniu 23 lutego 1995 r. Prezes PAA wydał kolejne zezwolenie (nr 1/95/EWA) na eksploatację reaktora w stanie wyłączonym – do czasu uzyskania zezwolenia na likwidację reaktora. Po okresie schładzania paliwa zostało ono, w marcu 1995 r., przetransportowane z reaktora do schronu paliwowego przy reaktorze, a następnie (w czerwcu 1995 r.) do przechowalnika paliwa (obiekt 19A). Zarówno eksploatacja reaktora, jak i opisane wyżej operacje odbywały się prawidłowo, a dawka zbiorcza obsługi reaktora (53 osoby) wyniosła 0,053 osobosiwerta. W reaktorze pozostają nadal sprawne i działające układy niezbędne do zapewnienia jego bezpieczeństwa w stanie wyłączonym. Zatrudnienie personelu zostało ograniczone do niezbędnej liczby osób pracujących w systemie stałego dozoru obiektu i jego układów.

Reaktor MARIA

Reaktor MARIA, o projektowej mocy nominalnej 30 MW, eksploatowany w Instytucie Badań Jądrowych, a następnie w Instytucie Energii Atomowej od 1976 r. (z przerwą w latach 1985-93), jest wysokostrumieniowym reaktorem badawczym typu basenowego chłodnym wodą. Moderatorami są woda i beryl. W reaktorze wykorzystuje się wzbogacone paliwo. Reaktor MARIA jest wykorzystywany głównie do badań fizycznych oraz do produkcji izotopów.

Praca reaktora odbywała się zgodnie z zezwoleniem Prezesa PAA na kontynuację rozruchu energetycznego i próbną eksploatację reaktora MARIA (zezwolenie nr 2/94/MARIA z 19 maja 1994 r.). W 1995 r. miały miejsce dwa nie planowane wyłączenia reaktora, które według skali zdarzeń jądrowych Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej można zaliczyć do najniższego poziomu tzw. anomalii. Zdarzenia te, spowodowane niesprawnością systemu chłodzenia prętów kontrolnych, polegały na zerwaniu tych prętów (co prowadziło do automatycznego przerwania pracy reaktora). W następstwie tych zdarzeń, na polecenie Głównego Inspektora Dozoru Jądrowego, przerwano próbną eksploatację reaktora MARIA (na podstawie ww. zezwolenia) i opracowano program prac badawczych, mających na celu wyjaśnienie przyczyn i usunięcie występujących usterek w pracy reaktora. Badania obejmowały serię pomiarów cieplno-przepływowych na modelu kanału regulacyjnego, badania metalograficzne uszkodzonych prętów i kanału oraz serię badań w reaktorze ze zmienianym bocznikowaniem przepływu przez kosz rdzeniowy. W rezultacie tych prac, kontynuowanych do końca 1995 r., doprowadzono do zlokalizowania i wyeliminowania przyczyn złego odbioru ciepła w kanałach prętów kontrolnych, osiągając tym samym warunki do uzyskania zezwolenia na uruchomienie i próbną eksploatację reaktora w 1996 r.

W pierwszym półroczu 1995 r. eksploatacja reaktora MARIA, wraz z koniecznym transportem wypalonego paliwa do przechowalnika, przebiegała bez zakłóceń. W okresie tym reaktor przepracował 2171 godzin na mocy nominalnej 21 MW. Dawka zbiorcza obsługi reaktora (110 osób) wyniosła 0,208 osobosiwertów. Nie były natomiast prowadzone żadne prace przy Stanowisku Badawczo-Modelo-

wym Elektrowni Jądrowej (SBM EJ), stanowiącym formalnie odrębny obiekt jądrowy, a rozmowy z ew. kontrahentami rosyjskimi nie przyniosły rezultatów w kwestii wykończenia i eksploatacji tego urządzenia.

Zestawy krytyczne AGATA i ANNA

Zestawy te (znajdujące się w Instytucie Energii Atomowej) są częściowo rozmontowane i nie były w 1995 r. eksploatowane. Paliwo jądrowe przechowywane jest w zabezpieczonym schronie. Stan obecny zestawów nie stwarza żadnego zagrożenia.

Przechowalniki wypalonego paliwa

W Instytucie Energii Atomowej znajdują się dwa przechowalniki (wodne) wypalonego paliwa:

- nr 19, służący do przechowywania wypalonego paliwa typu EK-10 z pierwszego (do 1967 roku) okresu eksploatacji reaktora EWA (2594 elementów paliwowych) oraz zaktywowanych elementów reaktora i zużytych źródeł promieniowania gamma o zwiększonej aktywności;
- nr 19A, w którym przechowywane jest paliwo z reaktora EWA w ilości (stan na 31.12.1994 r.) 2540 elementów paliwowych typu WWR-SM i WWR-M2.

Ponadto 212 elementów paliwowych typu MR-6, używanych w reaktorze MARIA, składowanych jest w basenie paliwowym tego reaktora. Wszystkie przechowywane elementy wykazują stan zadowolający.

1.2. Obiekty jądrowe zlokalizowane wokół Polski

W odległości do ok. 250 km od granic Polski pracuje 7 elektrowni jądrowych (17 bloków – reaktorów energetycznych) o łącznej mocy zainstalowanej ok. 14 tys. MWe. Wśród nich znajduje się:

dziesięć bloków z reaktorami WWER-440 (o mocy 440 MWe):

- 4 bloki elektrowni Bohunice (Słowacja), w tym dwa bloki starego typu WWER-440/230,
- 2 bloki elektrowni Równe (Ukraina),
- 2 bloki elektrowni Dukowany (Czechy);

dwa bloki z reaktorem WWER-1000 (o mocy 1000 MWe):

- 1 blok elektrowni Chmielnicka (Ukraina),
- 1 blok elektrowni Równe (Ukraina);

trzy bloki z reaktorem BWR:

- 2 bloki elektrowni Barsebeck (Szwecja) po 600 MWe każdy,
- 1 blok elektrowni Krummel (Niemcy) o mocy 1260 MWe;

dwa bloki z reaktorami RMBK:

- 2 bloki elektrowni Ignalina (Litwa) po 1300 MWe każdy.

Na omawianym obszarze w budowie znajduje się 10 kolejnych bloków:

- 4 bloki WWER-440 elektrowni Mochovce (Słowacja),
- 1 blok WWER-1000 elektrowni Równe (Ukraina),
- 2 bloki WWER-1000 elektrowni Temelin (Czechy),
- 3 bloki WWER-1000 elektrowni Chmielnicka (Ukraina).

W krajach sąsiadujących z Polską, w odległości 650 km od naszych granic, pracuje 26 elektrowni jądrowych (49 bloków – reaktorów energetycznych). W 1995 r. nie stwierdzono żadnych awarii w reaktorach wokół Polski.

1.3. Użytkownicy źródeł promieniowania jonizującego

Potencjalne zagrożenie radiacyjne w Polsce stanowią m.in. zakłady użytkujące źródła promieniowania jonizującego. Zagrożenie to ma różny wymiar, zależnie od rodzaju posiadanych źródeł i prowadzonych prac. Np. jednostki prowadzące prace w terenie, przewożące źródła po drogach publicznych, wykonujące prace ze źródłami otwartymi czy eksploatujące źródła i akceleratory stosowane w terapii medycznej stanowią większe zagrożenie niż inni użytkownicy źródeł.

Szczególne miejsce, z uwagi na potencjalne zagrożenie radiacyjne, wśród wszystkich jednostek stosujących preparaty promieniotwórcze zajmuje Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Izotopów (OBRI) w Świerku, który jest głównym producentem i dystrybutorem materiałów promieniotwórczych w Polsce oraz Zakład Do-

świadczalny Unieszkodliwiania Odpadów Promieniotwórczych Instytutu Energii Atomowej (ZDUOP IEA) w Świerku wraz z podległą mu Centralną Składnicą Odpadów Promieniotwórczych (CSOP) w Różanie. Przeprowadzone w 1995 r. przez Państwowy Inspektorat Bezpieczeństwa Jądowego i Ochrony Radiologicznej kontrole wykazały zadowalający przebieg eksploatacji oraz stan techniczny OBRI i CSOP. Praca tych obiektów w 1995 r. nie stwarzała zagrożenia dla personelu, ludności i środowiska.

Ogólną charakterystykę użytkowników źródeł promieniowania jonizującego, z wyłączeniem pracowni rentgenowskich wykorzystujących promieniowanie o energii mniejszej od 300 keV (aparaty rentgenowskie stosowane w diagnostyce medycznej, instrumentalnej analizie chemicznej i inne), podano w tabeli 1.

Ponadto zarejestrowanych jest ok. 12 300 użytkowników, którzy dysponują ok. 1,5 mln sztuk czujek dymu (stan na 31.12.1995 r.). Około 27% z nich stanowią wciąż czujki starego typu, ze źródłami Pu-238 i Pu-239,

zwane potocznie czujkami „plutonowymi”. W roku 1991 zaprzestano wydawania zezwoleń na ich instalowanie. Począwszy od 1992 r. prowadzona jest wymiana czujek starego typu na czujki ze źródłem Am-241 o aktywności do 40 kBq, które są w pełni bezpieczne. Z uwagi na brak zagrożenia od izotopowych czujek dymu nowej generacji, dopuszczono do powszechnego użytku kilka typów izotopowych czujek dymu, utrzymując kontrolę jedynie nad ich hurtową dystrybucją.

Szczególną grupę „użytkowników źródeł promieniotwórczych”, stwarzającą potencjalne zagrożenie radiacyjne Polski, stanowią osoby usiłujące wwieźć do naszego kraju materiały promieniotwórcze bez wymaganego zezwolenia. Dzięki wyposażeniu punktów granicznych w przyrządy do kontroli dozymetrycznej, pojazdy przewożące niezidentyfikowane ładunki emitujące promieniowanie są przez Straż Graniczną bądź zawracane (w 1995 r. było 409 takich przypadków na 11 347, w których stwierdzono podwyższoną radiację), bądź zatrzymywane (przypadki takie są traktowane jako próba przemytu).

Tabela 1

Liczba użytkowników źródeł promieniowania jonizującego

Użytkownik	Liczba
Pracownie z otwartymi źródłami promieniowania w tym: klasy I	458
klasy II	16
klasy III	80
Jednostki stosujące źródła otwarte w terenie	362
Pracownie ze źródłami defektoskopowymi	42
Pracownie stosujące aplikatory medyczne	153
Pracownie telegammaterapii	26
Pracownie radiacyjne (duże źródła izotopowe)	17
Instytucje stosujące izotopową aparaturę kontrolno-pomiarową	17
Instytucje stosujące zamknięte źródła bez stałych osłon	1465
Akceleratory przemysłowe, lecznicze i badawcze	215
Magazyny źródeł promieniotwórczych	41
Producenci źródeł i aparatury ze źródłami	43
Instalatorzy czujek dymu i aparatury kontrolno-pomiarowej	19
Instytucje prowadzące obrót źródłami promieniotwórczymi	347
	79

2. ORGANY I SŁUŻBY SPRAWUJĄCE NADZÓR I KONTROLĘ W ZAKRESIE BJIOR ORAZ PODSTAWY PRAWNE ICH DZIAŁANIA

Nadzór i kontrola w sprawach bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej (bjior) prowadzone są w celu ograniczenia zagrożenia radiacyjnego związanego ze stosowaniem materiałów jądowych, źródeł promieniotwórczych i urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące. Istotne znaczenie ma również kontrola zagrożenia od promieniowania naturalnego, wzmożonego wskutek działań człowieka, jak również systematycznie prowadzona kontrola skażeń promieniotwórczych środowiska. Działania te stanowią ważne zobowiązania państwa w stosunku do jego obywateli i prowadzone są na podstawie odpowiednich regulacji prawnych.

Zgodnie z ustawą – Prawo atomowe, od 1986 r. każda działalność związana ze stosowaniem materiałów jądowych, źródeł promieniowania jonizującego oraz gospodarka odpadami promieniotwórczymi podlega w Polsce szczególnemu nadzorowi, określone w ustawie jako państwowy dozór bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej, zwanemu w skrócie dozorem jądowym. Jego organami są: Prezes PAA oraz powoływani (i odwoływani) przez niego Główny Inspektor i inspektorzy dozoru jądowego. Funkcję Głównego Inspektora Dozoru Jądowego pełni obecnie Wiceprezes PAA, a inspektorzy dozoru jądowego są pracownikami podległej Prezesowi PAA jednostki budżetowej pn. Państwowy Inspektorat Bezpieczeństwa Jądowego i Ochrony Radiologicznej. Prace związane z realizacją zadań nałożonych ustawą – Prawo atomowe na ww. organy dozoru wykonuje, poza zadaniami pozostawionymi bezpośrednio w gestii Prezesa PAA, Główny Inspektor Dozoru Jądowego i inspektorzy PIBJiOR, a także – w określonym zakresie – Departament Ochrony Radiologicznej i Obrony Cywilnej oraz upoważnieni przez Prezesa PAA pracownicy innych jednostek.

- Zadania dozoru jądowego obejmują m.in.:
- ustalenie wymagań niezbędnych do zapewnienia bjiior;
 - wydawanie zezwoleń na prowadzenie działalności związanej z materiałami jądowymi, źródłami promieniowania jonizującego i odpadami promieniotwórczymi;
 - nadawanie uprawnień państwowych do zajmowania określonych stanowisk w jednostkach prowadzących prace związane z wykorzystaniem energii atomowej;
 - dokonywanie kontroli w obiektach jądowych i w innych jednostkach na terenie kraju oraz stosowanie – w razie konieczności – sankcji określonych w ustawie;
 - dokonywanie analiz i ocen stanu bjiior w kraju.

Prace niezbędne do zapewnienia stałej kontroli skażeń promieniotwórczych w środowisku oraz możliwości ograniczania skutków wydarzeń radiacyjnych powstałych w kraju lub za granicą prowadzą:

- Centralny Ośrodek Pomiaru Skażeń Promieniotwórczych (COPSP);
- Ośrodek Dyspozycyjny Służby Awaryjnej (ODSA);
- Krajowy Punkt Kontaktowy (KPK).

Wymienione służby działają w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej – jednostce badawczo-rozwojowej nadzorowanej przez Prezesa PAA.

Prezes PAA, sprawując nadzór i kontrolę w zakresie bjiior, ściśle współdziała – na podstawie odrębnych przepisów i porozumień – z następującymi organami i jednostkami:

- Państwową Inspekcją Sanitarną i Państwową Inspekcją Sanitarną Polskich Kolei Państwowych (w zakresie kontroli stanu ochrony radiologicznej zakładów wykorzystujących zamknięte źródła promieniotwórcze i pracowni izotopowych);
- Państwowym Inspektoratem Ochrony Środowiska (głównie w zakresie funkcjonowania systemu pomiarów skażeń środowiska);
- Komendą Główną Państwowej Straży Pożarnej (w zakresie likwidacji lub ograniczania zagrożeń radiacyjnych spowodowanych sytuacjami awaryjnymi w kraju);
- Wojewodami (orzecanie w sprawach gospodarczego wykorzystania odpadów przemysłowych).

słowych zawierających substancje promieniotwórcze pochodzenia naturalnego);

- Wyższym Urzędem Górniczym (w zakresie nadzoru i kontroli nad rozpoznawaniem i ograniczeniem zagrożeń radiacyjnych w podziemnych zakładach górniczych). W celu pełniejszej realizacji wymienionych zadań, w 1995 r. podpisano nowe, trójstronne porozumienie pomiędzy Głównym Inspektorem Sanitarnym, Prezesem WUG i Prezesem PAA;
- Szefostwem Wojsk Obrony Przeciwchemicznej (w zakresie postępowania awaryjnego i działań interwencyjnych, lokalnych krajowych, w sytuacjach nadzwyczajnych zagrożeń radiacyjnych);
- Centralnym Szpitalem Klinicznym Wojskowej Akademii Medycznej (w zakresie pomocy medycznej poszkodowanym w wyniku awarii jądrowych i wypadków radiacyjnych);
- Urzędem Ochrony Państwa (szczególnie w zakresie ochrony fizycznej materiałów i obiektów jądrowych);
- Komendą Główną i Biurem Kontroli Ruchu Granicznego Straży Granicznej (w zakresie zabezpieczeń materiałów jądrowych i źródeł promieniowania jonizującego przed nielegalnym przewozem przez granice Polski).

Zadania Prezesa PAA związane z nadzorem i kontrolą w sprawach bjiór wynikają również z podpisanych przez Polskę konwencji i zawartych umów międzynarodowych.

3. DOZÓR JĄDROWY

3.1. Ustalanie wymagań w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej

Podstawowe wymagania w zakresie ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego, których przestrzeganie jest konieczne przy pracy w warunkach narażenia na promieniowanie ustalone są w ustawie – Prawo atomowe oraz w zarządzeniach Prezesa PAA. Regulują one m.in. następujące zagadnienia:

- dawki graniczne promieniowania jonizującego i wskaźniki pochodne oraz wzory do ich obliczania;

- odpady promieniotwórcze (zasady klasyfikacji i gospodarowania);
- sprzęt dozymetryczny oraz ewidencja wyników pomiarów dozymetrycznych;
- ewidencja i kontrola źródeł promieniowania;
- ewidencja i kontrola materiałów jądrowych oraz ich ochrona fizyczna;
- szkolenie i nadawanie uprawnień do zajmowania określonych stanowisk w obiektach jądrowych i w innych jednostkach prowadzących prace w warunkach narażenia na promieniowanie jonizujące;
- przywóz, wywóz i przewóz materiałów jądrowych, źródeł promieniotwórczych i urządzeń zawierających takie źródła;
- plany awaryjne w obiektach jądrowych;
- strefa ochronna wokół obiektu jądrowego.

Wymagania dotyczące ochrony radiologicznej w pracowniach stosujących aparaty rentgenowskie o energii promieniowania do 300 keV określone są w zarządzeniach Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej.

Wspomniane zarządzenia, wydane w latach ubiegłych, wymagają zmian i nowelizacji. Prace w tym kierunku są prowadzone zarówno w zakresie nowelizacji ustawy – Prawo atomowe, jak i niektórych aktów wykonawczych.

W roku 1995 w obowiązującym stanie prawnym w zakresie „prawa atomowego” dokonano następujących zmian:

1. Określono nowe, zgodne z przepisami międzynarodowymi, wartości stężenia radonu w pomieszczeniach przeznaczonych na stały pobyt ludzi [zarządzenie Prezesa PAA z dnia 7.07.1995 r. zmieniające zarządzenie w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego i wskaźników pochodnych określających zagrożenie promieniowaniem jonizującym (Mon. Pol. nr 35, poz. 419)];
2. W ustawie – Prawo atomowe zastrzeżono sankcje karne za niezgodne z przepisami działania z materiałami jądrowymi oraz źródłami i odpadami promieniotwórczymi. Poprawka do ustawy została wprowadzona w związku z faktami nielegalnego przewozu materiałów jądrowych i źródeł promieniotwórczych w latach 1992–93. Ww. zmiana została wprowadzona ustawą

z dnia 21.07.1995 r. o zmianie ustaw: o Urzędzie Ministra Spraw Wewnętrznych, o Policji, o Urzędzie Ochrony Państwa, o Straży Granicznej oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. nr 104, poz. 515);

3. Ustalono wymagania dla jednostek organizacyjnych i osób fizycznych występujących o zezwolenia w sprawach bjiór. Wymagania te określa rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 21 listopada 1995 r. w sprawie warunków wydawania zezwoleń na działalność związaną z wykorzystaniem energii atomowej (Dz.U. z 1996 r., nr 3, poz. 16).

Ponadto zostało wydane rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu, podpisane w porozumieniu z Prezesem PAA, z dnia 4.04.1995 r. w sprawie BHP, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych (Dz.U. nr 67, poz. 342). Rozporządzenie określa warunki pracy w podziemnych zakładach górniczych przy stosowaniu urządzeń izotopowych i źródeł promieniowania jonizującego, jak i zasady pracy w warunkach zagrożenia radiacyjnego naturalnymi substancjami promieniotwórczymi.

3.2. Wydawanie zezwoleń na działalność ze źródłami promieniowania jonizującego

Stosowanie materiałów jądrowych, źródeł promieniotwórczych, urządzeń zawierających takie źródła lub wytwarzających promieniowanie jonizujące oraz inna, określona w ustawie – Prawo atomowe działalność polegająca na wykorzystywaniu energii jądrowej, może być prowadzona na podstawie zezwolenia Prezesa PAA, a w przypadku aparatów rentgenowskich o energii promieniowania do 300 keV – na podstawie zezwolenia państwowego wojewódzkiego inspektora sanitarnego.

Z upoważnienia Prezesa PAA zezwolenia wydaje Główny Inspektor Dozoru Jądrowego. Projekty decyzji w sprawach zezwoleń przygotowuje Państwowy Inspektorat Bezpieczeństwa Jądrowego i Ochrony Radiologicznej, po przeprowadzeniu analizy i oceny dokumentacji wymaganej od wnioskodawców.

W 1995 r. wydano łącznie 552 zezwolenia, a ich liczba – w zależności od rodzaju działalności – podana jest w tabeli 2.

Tabela 2

Lp.	Rodzaj działalności	Liczba zezwoleń
1	Uruchomienie pracowni i stosowanie otwartych źródeł promieniotwórczych	73
2	Uruchomienie pracowni i stosowanie zamkniętych źródeł promieniotwórczych	26
3	Stosowanie aparatury kontrolno-pomiarowej	211
4	Działalność uprawnionego instalatora: – aparatury kontrolno-pomiarowej – izotopowych czujek dymu	3 99
5	Produkcja źródeł promieniotwórczych i aparatury kontrolno-pomiarowej	5
6	Stosowanie źródeł promieniotwórczych w terenie	16
7	Stosowanie zamkniętych źródeł promieniotwórczych do prac defektoskopowych	30
8	Stosowanie urządzeń wytwarzających promieniowanie jonizujące	10
9	Stosowanie aplikatorów izotopowych	4
10	Transport źródeł promieniotwórczych	4
11	Obrót źródłami promieniotwórczymi i urządzeniami zawierającymi te źródła	71

Ponadto wydano 1891 decyzji dotyczących stosowania izotopowych czujek dymu w systemach przeciwpożarowych. Działając w współpracy z wojewodami, w oparciu o obowiązujące przepisy wydano 110 opinii w sprawie gospodarczego wykorzystania odpadów przemysłowych zawierających substancje promieniotwórcze.

Zgodnie z zaleceniami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej dotyczącymi bezpiecznego transportu materiałów promieniotwórczych oraz obowiązującymi w tym zakresie w Polsce przepisami transportowymi, po dokonaniu przeglądu i oceny przedłożonej dokumentacji, wydano dwa świadectwa (PL/002/S-85 i PL/001/S-85 Rev. 3) na materiały promieniotwórcze w specjalnej postaci wyprodukowane w Polsce oraz jedno świadectwo (F/220/B(U)-PL58) dopuszczające opakowanie transportowe wyprodukowane we Francji do okresowego stosowania w Polsce.

W 1995 r. wprowadzono obowiązek uiszczania opłaty skarbowej za wydawane zezwolenia na działalność związaną z wykorzystaniem energii atomowej. Z tego tytułu do Skarbu Państwa wpłynęło ok. 57 000 zł.

3.3. Nadawanie uprawnień w zakresie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej

Zgodnie z przepisami ustawy – Prawo atomowe, w obiektach jądrowych i w innych jednostkach, w których występuje narażenie na promieniowanie jonizujące, na określonych stanowiskach mogą być zatrudniane osoby mające uprawnienia państwowe. Warunkiem uzyskania uprawnień jest m.in. ukończenie wymaganego szkolenia w zakresie ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa jądrowego oraz zdanie egzaminu przed Państwową Komisją Egzaminacyjną, powoływaną przez Prezesa PAA.

Szkolenie osób ubiegających się o nadanie uprawnień wymaganych w obiektach jądrowych prowadzi kierownik obiektu, a w innych jednostkach – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej lub –

w określonych przypadkach – upoważnione ośrodki szkoleniowe.

Programy szkoleń (z wyjątkiem określonych stanowisk w obiektach jądrowych, zastrzeżonych do osobistej decyzji Prezesa PAA) zatwierdza oraz nadaje uprawnienia – w drodze decyzji z upoważnienia Prezesa PAA – Główny Inspektor Dozoru Jądrowego.

W 1995 r. nadano następujące uprawnienia:

- 1) uprawnienia dot. stanowisk w obiektach jądrowych:
 - a) operator reaktora (uprawnienia typu A) – 5 osób;
 - b) kierownik zmiany reaktora (upr. typu A) – 1 osoba;
 - c) kierownik reaktora (upr. typu D) – 1 osoba.
- 2) uprawnienia dot. stanowisk w innych jednostkach:
 - a) inspektor ochrony radiologicznej (upr. typu B) – 188 osób;
 - b) inspektor ochrony radiologicznej (upr. typu C) – 188 osób;
 - c) kierownik akceleratora (upr. typu C1) – 132 osoby;
 - d) kierownik akceleratora (upr. typu E1) – 20 osób.
- 3) tzw. rozszerzone uprawnienia (wymagane w przypadku zmiany pracy osoby uprawnionej):
 - a) (upr. typu B) – 90 osób;
 - b) (upr. typu C) – 24 osoby.

3.4. Kontrola zakładów stosujących źródła promieniowania jonizującego

W jednostkach organizacyjnych, które na podstawie posiadanych zezwoleń prowadzą prace z materiałami jądrowymi, źródłami promieniotwórczymi, urządzeniami wykrywającymi promieniowanie itp. inspektorzy dozoru jądrowego i upoważnieni pracownicy CLOR przeprowadzili w 1995 r. 442 kontrole w zakresie ochrony radiologicznej. Kontrole wykonywane na mocy porozumienia między organami dozoru jądrowego i inspekcji sanitarnej przeprowadzało niezależnie 25 Woje-

wódzkich Stacji Sanitarno-Epidemiologicznych. Do PIBJiOR przekazano 431 protokółów z kontroli. Podobnie jak w latach ubiegłych, kontrole te przeprowadzone zostały głównie w zakładach i instytucjach stosujących izotopowe czujki dymu w instalacjach sygnalizacji pożaru.

4. EWIDENCJA I KONTROLA MATERIAŁÓW JĄDROWYCH ORAZ ICH OCHRONA FIZYCZNA

Materiały jądrowe (ogółem ok. 7000 kg) na terenie Polski, w tym paliwo jądrowe zgromadzone na terenie Ośrodka Badawczego w Świerku, objęte są Krajowym Systemem Ewidencji i Kontroli oraz Ochrony Fizycznej Materiałów Jądrowych. Działania w tej dziedzinie (inspekcje i rachunkowość) prowadzone są przez Wydział ds. Nieprolifracji Dep. Współpracy z Zagranicą PAA we współpracy z Systemem Zabezpieczeń MAEA (*Safe-guard*), przy czym sprawy ochrony fizycznej podlegają nadzorowi Dep. Ochrony Radiologicznej i Obrony Cywilnej.

W 1995 r. przeprowadzono 40 inspekcji krajowych, dotyczących zabezpieczeń materiałów jądrowych, w czasie których skontrolowano 4 rejony bilansu materiałów jądrowych. Tak jak corocznie, w 1995 r. została przeprowadzona inwentaryzacja w 50 instytucjach w Polsce posiadających materiały jądrowe.

W ramach wspólnych (z udziałem inspektorów MAEA) przeprowadzono także 16 miesięcznych, 6 kwartalnych i 3 roczne inspekcje na terenie Ośrodka Badawczego w Świerku. Podczas kontroli przeprowadzonych przez inspektorów MAEA, wykonano pomiary kontrolne paliwa wypalonego i świeżego wykorzystywanego w jądrowych reaktorach badawczych. Przeprowadzone kontrole zabezpieczeń wykazały, że materiały jądrowe wykorzystywane są zgodnie z przeznaczeniem.

W 1995 r. został w Polsce ujawniony przypadek nielegalnego posiadania materiału jądrowego, który został ujęty w comiesięcznych raportach przekazywanych do MAEA.

5. SYTUACJA RADIACYJNA NA TERENIE I W OTOCZENIU OŚRODKA BADAWCZEGO W ŚWIERKU ORAZ CENTRALNEJ SKŁADNICY ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH

Ośrodek w Świerku

W celu zapewnienia bezpiecznych warunków pracy i eksploatacji urządzeń Ośrodka w Świerku, Służba Ochrony Radiologicznej Instytutu Energii Atomowej (poprzednio Zakład Ochrony Radiologicznej IEA) przy współpracy ze służbami dozymetrycznymi OBRI i IPJ prowadzi systematyczną kontrolę stanu radiacyjnego środowiska oraz narażenia personelu i ludności na promieniowanie jonizujące. Kontrola ta obejmuje między innymi:

- pomiary emisji substancji promieniotwórczych do atmosfery oraz do środowiska wodnego,
- pomiary radioaktywności głównych komponentów środowiska oraz pomiary mocy dawki promieniowania X i gamma,
- pomiary dawek indywidualnych oraz skażeń wewnętrznych pracowników Ośrodka.

Poniżej przedstawiono najważniejsze dane pomiarowe i informacje obrazujące sytuację radiacyjną Ośrodka w Świerku w 1995 r.

a) Emisja substancji promieniotwórczych z obiektów Ośrodka w Świerku do atmosfery:

– reaktor MARIA:

- gazy szlachetne (głównie argon) – $1,2 \cdot 10^{14}$ Bq, co stanowi ok. 12,5% rocznego limitu uwolnień;
- I-131 mniejsza niż $1,2 \cdot 10^6$ Bq/tydzień, co stanowi mniej niż 1,2% tygodniowego limitu uwolnień dla tego reaktora.

– reaktor EWA:

- gazy szlachetne (głównie argon) – $1,2 \cdot 10^{13}$ Bq;
- I-131 mniejsza niż $2,4 \cdot 10^7$ Bq; co stanowi 5,4% rocznego limitu uwolnień dla tych izotopów.

Reaktor EWA został wyłączony 24.02.1995 r.

– obiekty OBRI:

- I-131 i I-125 – $0,98 \cdot 10^9$ Bq, przy średniej wartości stężenia wynoszącej $0,46$ Bq/m³, stanowiącej ok. 0,6% obowiązującego limitu.
- b) Emisja ciekłych substancji promieniotwórczych z Ośrodka w Świerku.

Zawartość substancji promieniotwórczych w ściekach ogólnych usuwanych w 1995 r. z Ośrodka w Świerku do Oczyszczalni Miejskiej w Otwocku kształtowała się następująco:

- średnie stężenie izotopu Cs-137 wynosiło $0,3 \text{ Bq/dm}^3$, izotopu Co-60 – $0,5 \text{ Bq/dm}^3$;
- w pojedynczych próbkach występowały izotopy Sn-113, Cr-51 i Sb-124 o stężeniach od $0,07 \text{ Bq/dm}^3$ do $0,8 \text{ Bq/dm}^3$.

Limit tzw. stężenia aktywności równoważnej ścieków (uwzględniający obecność różnych izotopów promieniotwórczych) wynosi 3700 Bq/dm^3 . Powyższe dane wskazują zatem, że aktywności całkowite substancji promieniotwórczych usuwanych z Ośrodka są znacznie niższe od obowiązujących limitów.

c) Radioaktywność głównych komponentów środowiska oraz tło promieniowania X i gamma w otoczeniu Ośrodka w Świerku.

W 1995 r. pobrano łącznie 884 próby elementów środowiskowych, przeprowadzając każdorazowo pomiary globalnej zawartości izotopów betapromieniotwórczych oraz wykonując 376 analiz spektrometrycznych, oznaczając zawartości poszczególnych izotopów gammapromieniotwórczych. Uzyskano następujące wyniki pomiarowe:

- aerozole atmosferyczne; średnie zawartości izotopu Cs-137 wynosiły ok. $3,7 \cdot 10^{-6} \text{ Bq/m}^3$ dla stacji na terenie Ośrodka w Świerku i dla stacji nad rzeką Świder;
- opad całkowity; zawartości izotopu Be-7 w próbach miesięcznych zbieranych z terenu Ośrodka oraz ze Stacji PAN wynosiły odpowiednio 15 Bq/m^2 i 17 Bq/m^2 ;
- wody drenażowo-opadowe; w wodach drenażowo-opadowych usuwanych z Ośrodka w Świerku do rzeki Świder średnia zawartość izotopu Cs-137 wynosiła 50 mBq/dm^3 ;
- trawa z okolicy Ośrodka w Świerku; średnie zawartości izotopu Cs-137 wynosiły ok. 12 Bq/kg s.m. (suchej masy) wobec ok. 725 Bq/kg s.m. zawartości naturalnego izotopu K-40;
- mleko z okolicznych gospodarstw; średnie zawartości izotopu Cs-137 wynosiły ok. $2,0 \text{ Bq/dm}^3$ wobec 58 Bq/dm^3 zawartości naturalnego izotopu K-40,
- szlamy z przepompowni ścieków ogólnych (w tym sanitarnych); średnie zawartości izo-

topu Cs-137 wynosiły ok. 2410 Bq/kg s.m. , zawartości innych izotopów zawierały się w granicach od ok. 135 Bq/kg s.m. (Co-60) i 845 Bq/kg s.m. (Cr-51) do ok. 15 Bq/kg s.m. (Nb-95) – szlamy te nie są usuwane poza teren Ośrodka w Świerku,

- średnia wartość mocy dawki promieniowania X i gamma przy ogrodzeniu oraz w okolicy Ośrodka w Świerku w 1995 r. wynosiła $1,6 \text{ mGy}$ i nie odbiegała od wartości występujących w innych regionach kraju.

Dane o bieżącej sytuacji radiacyjnej na terenie i w otoczeniu Ośrodka w Świerku są systematycznie przekazywane do Departamentu Ochrony Radiologicznej i Obrony Cywilnej PAA. Dane te pozwalają stwierdzić, że nie obserwuje się wpływu pracy Ośrodka w Świerku na środowisko przyrodnicze w jego otoczeniu.

Centralna Składnica Odpadów Promieniotwórczych (CSOP) w Różanie

Zakład Ochrony Radiologicznej Instytutu Energii Atomowej prowadził w 1995 r. systematyczne pomiary radiometryczne i dozymetryczne obrazujące:

- radioaktywność głównych elementów środowiska naturalnego na terenie i w otoczeniu CSOP;
- poziom promieniowania na terenie składowiska i w jego otoczeniu;
- narażenie indywidualne osób zatrudnionych w CSOP.

Pomiarami kontrolnymi objęto następujące elementy środowiska naturalnego:

- wody Narwi w jej górnym i dolnym biegu w stosunku do położenia CSOP;
- wody gruntowe z 8 odwiertów na terenie składowiska i z 4 odwiertów poza jej terenem;
- wody studzienne z dwóch okolicznych gospodarstw;
- glebę, trawę oraz żyto ze strefy nadzorowanej;
- wodę wodociągową z terenu CSOP;
- powietrze atmosferyczne (na terenie składowiska).

Łącznie w 1995 r. pobrano 106 prób środowiskowych z terenu i okolic CSOP w Różanie, każdorazowo oznaczając globalną zawartość nuklidów betapromieniotwórczych oraz zawartość trytu w próbkach wód. Wyniki pomiarów aktywności środowiska naturalnego są zbliżone do wyników z lat ubiegłych.

Wykonano 82 analizy spektrometryczne próbek elementów środowiska naturalnego, w tym 43 analizy wód gruntowych. W wodach, poza naturalnym izotopem K-40, zidentyfikowano obecność izotopu Cs-137 na poziomie 2-3-krotnie wyższym od progu detekcji wynoszącego 25 mBq/dm^3 .

Wykonano 39 analiz filtrów aerozoli występujących w powietrzu. Stwierdzono obecność izotopu Cs-137 o średnim stężeniu $12 \mu\text{Bq/m}^3$ oraz obecność izotopów pochodzenia naturalnego (Be-7 i K-40) na poziomie wynoszącym odpowiednio $5,6 \text{ mBq/m}^3$ i $0,1 \text{ mBq/m}^3$.

Ponadto przeprowadzono pomiary stężeń radonu na terenie otwartym składowiska w pobliżu obiektów składowania odpadów radowych i torowych. Wyniki pomiarów wskazują, że stężenia te nie przekraczają wartości kilku Bq/m^3 tj. nie odbiegają od poziomów występujących w innych rejonach kraju.

W wodzie pobranej z 8 piezometrów znajdujących się na terenie CSOP stężenie trytu utrzymywało się na poziomie z roku ubiegłego (maksymalnie kilka kBq/dm^3 w 7 piezometrach oraz kilkadziesiąt kBq/dm^3 w jednym piezometrze). Nie stwierdzono pojawienia się nowych miejsc występowania trytu w stosunku do roku ubiegłego. W próbkach wody pobranej z 2 piezometrów (z łącznej liczby 8 piezometrów) stężenie trytu nie przekraczało 1 kBq/dm^3 , a w pozostałych 6 piezometrach nie przekraczało kilku Bq/dm^3 . Wspólnie z Państwowym Instytutem Geologicznym prowadzone są w dalszym ciągu prace mające na celu wyjaśnienie i zlokalizowanie źródła skażeń trytem. Rejestrowane poziomy nie stanowią zagrożenia dla ludności zamieszkałej w otoczeniu CSOP w Różanie.

Kontrolę tła promieniowania zewnętrznego na terenie otwartym składowiska prowadzono w 1995 r. za pomocą dawkomierzy termoluminescencyjnych umieszczonych w 18 punktach kontrolnych na terenie i przy ogrodzeniu składowiska. Wyniki pomiarów wskazują, że maksymalna wartość mocy dawki nie przekraczała dwukrotnej wartości tła naturalnego; średni poziom promieniowania wynosił $1,8 \text{ mGy/rok}$ i nie odbiegał od poziomu tła naturalnego. Wyniki pomiarów aktywności elementów środowiska naturalnego oraz promieniowania gamma utrzymują się na poziomie wyników z lat ubiegłych.

W 1995 r. przeprowadzono w CSOP 10 kompleksowych kontroli obiektów technologicznych ZDUOP zakończonych protokołami dozymetrycznymi, w tym 2 okresowe kontrole w CSOP w Różanie.

6. SKAŻENIA PROMIENIOTWÓRCZE ŚRODOWISKA

Kontrolę skażeń promieniotwórczych na terenie kraju (poza terenami wokół obiektów jądrowych w Świerku i CSOP w Różanie) prowadzi Służba Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych (SPSP), utworzona na podstawie Uchwały nr 265/64 Rady Ministrów z 29 sierpnia 1964 r. określającej organizację i zakres działania SPSP.

Celem prowadzonej kontroli skażeń promieniotwórczych jest systematyczne zbieranie i opracowywanie danych o stopniu zanieczyszczenia środowiska i żywności izotopami promieniotwórczymi pozwalającymi na:

- ocenę sytuacji radiologicznej i ocenę stopnia napromieniowania ludności;
- prognozowanie skutków powodowanych zanieczyszczeniem środowiska substancjami promieniotwórczymi oraz ewentualnie formułowanie zaleceń w tym zakresie;
- wypełnienie postanowień konwencji i umów dwustronnych o wczesnym powiadamianiu o awariach jądrowych.

Wynikające stąd zadania są następujące:

- prowadzenie pomiarów stężeń izotopów promieniotwórczych w komponentach środowiska i żywności;
- stały nadzór, pozwalający na natychmiastowe wykrycie wzrostu poziomu skażeń w warunkach awarii i alarmowanie o sytuacji awaryjnej;
- gromadzenie informacji o sytuacji radiologicznej środowiska i śledzenie długookresowych zmian skażenia promieniotwórczego środowiska;
- uruchamianie w wypadku awarii szerokiej sieci poboru próbek i punktów pomiarowych, umożliwiających szybkie pomiary dla oszacowania zagrożenia radiologicznego w skali lokalnej i ogólnopolskiej.

Służbę Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych tworzy Centralny Ośrodek Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych (COPSP) znajdujący się w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej oraz następujące placówki pomiarowe:

■ *Stacje pomiarowe nadzorowane przez PAA*

Dziesięć stacji typu ASS-500, które wykonują:

- ciągle zbieranie aerozoli atmosferycznych na filtry i spektrometryczne oznaczanie poszczególnych radioizotopów w próbie tygodniowej.

W 1995 r. rozpoczęto w tych stacjach instalowanie dodatkowych zespołów detekcyjnych umożliwiających ciągle prowadzenie pomiarów:

- mocy dawki promieniowania gamma,
- radioaktywności zbieranych na filtry stacji izotopów pochodzących z awarii jądrowych.

Ponadto w pięciu stacjach zainstalowano układy pomiarowe duńskiego systemu wczesnego wykrywania skażeń, pozwalające na ciągłą obserwację poziomu radioaktywności opadu całkowitego. Powyższe prace modernizacyjne umożliwią bieżącą obserwację i przekazywanie danych pomiarowych w systemie „on line”.

■ *Stacje pomiarowe Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (stacje IMiGW)*

Dziewięć stacji zlokalizowanych w placówkach IMiGW, które wykonują:

- ciągły pomiar mocy dawki promieniowania gamma,
- ciągle zbieranie opadu całkowitego i pomiar zawartej w nim aktywności całkowitej beta w próbie tygodniowej,
- ciągle zbieranie aerozoli atmosferycznych i pomiar aktywności całkowitej beta w próbie dobowej.

■ *Wojewódzkie Stacje Sanitarno-Epidemiologiczne (WSSE)*

Czterdzieści dziewięć stacji podległych właściwym wojewódzkim inspektorom sanitarnym, które wykonują:

- pomiary całkowitej aktywności beta mleka (raz w miesiącu) i w produktach spożywczych (raz na kwartał),

- oznaczanie zawartości określonych radionuklidów (Cs-137, Cs-134, Sr-90) w wybranych produktach spożywczych (dwa razy w roku),
- ciągły pomiar mocy dawki promieniowania gamma.

■ *Stacje pomiarowe Ministerstwa Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej (MRiGŻ)*

Siedemnaście Okręgowych Stacji Chemiczno-Rolniczych, które wykonują pomiary całkowitej aktywności beta podstawowych gatunków zbóż (raz w roku), warzyw (raz w miesiącu w okresie wegetacji warzyw zielonych lub dwa razy w roku w przypadku warzyw korzeniowych), owoców (jeden lub dwa razy) oraz dziewiętnaście Wojewódzkich Zakładów Higieny Weterynaryjnej, które wykonują pomiary całkowitej aktywności beta mięsa (raz na kwartał, pasz oraz trawy (raz na dwa miesiące w okresie wegetacji), a także oznaczają Cs-137 w wybranych próbkach.

Wyniki pomiarów z ww. stacji przekazywane są do COPSP zgodnie z ustalonym harmonogramem.

■ *Stacje pomiarowe Ministerstwa Obrony Narodowej (stacje MON)*

Jedenaście stacji zlokalizowanych na terenach jednostek Wojsk Obrony Przeciwchemicznej, które wykonują ciągle pomiary mocy dawki promieniowania gamma. Wyniki pomiarów przesyłane są automatycznie do Centralnego Ośrodka Analizy Skażeń (COAS) w Szefostwie Wojsk Obrony Przeciwchemicznej Sztabu Generalnego, a następnie – poprzez Państwowy Inspektorat Ochrony Środowiska (PIOŚ) – do COPSP.

■ *Stacje pomiarowe Obrony Cywilnej Kraju (stacje OC)*

Jedenaście stacji pomiarowych przy Wojewódzkich Inspektoratach Obrony Cywilnej, które wykonują ciągle pomiary mocy dawki promieniowania gamma. Wyniki przesyłane są do Sztabu Obrony Cywilnej Kraju (OCK) w Warszawie, a w przypadkach awaryjnych – do COPSP.

Wymienione stacje pomiarowe SPSP tworzą sieć: alarmową, podstawową i specjalistyczną. Sieć alarmową tworzą obecnie przede wszystkim placówki pomiarowe w stacjach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Sieć specjalistyczną, poza wymienionymi wyżej placówkami resortowymi (np. MRiGŻ), tworzą również placówki pomiarowe zlokalizowane w instytutach i jednostkach naukowo-badawczych oraz niektórych wyższych uczelniach.

Nadzór nad systemem kontroli skażeń promieniotwórczych sprawuje Departament Ochrony Radiologicznej i Obrony Cywilnej PAA, który również przygotowuje okresowe raporty oceniające sytuację radiacyjną w kraju.

Wymienione wyżej następujące stacje pomiaru skażeń promieniotwórczych: 10 stacji typu ASS-500 (z których 5 stanowi własność Państwowego Inspektoratu Ochrony Środowiska) zlokalizowanych w placówkach naukowo-badawczych, 9 stacji zlokalizowanych w placówkach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej i 11 stacji zlokalizowanych na terenach jednostek wojskowych – stanowi sieć monitoringu skażeń promieniotwórczych w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska.

7. ZAWODOWE NARAŻENIE NA PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE

Narażenie radiacyjne osób, wynikające z wykonywania obowiązków zawodowych związanych ze stosowaniem źródeł promieniowania jonizującego, określa się jako sumę napromienienia zewnętrznego (narażenie zewnętrzne) i napromienienia wewnętrznego (narażenie wewnętrzne).

W celu utrzymania właściwych warunków bezpieczeństwa pracy ze źródłami promieniowania jonizującego stosuje się odpowiednie limity narażenia radiacyjnego, które w przepisach polskich (Prawo atomowe, Zarządzenie Prezesa PAA z 31 marca 1988 r.) określone są jako dawki graniczne.

Dawki graniczne obejmują zarówno narażenie zewnętrzne jak i wewnętrzne, bez uwzględnienia napromienienia pochodzenia kosmicznego oraz od naturalnych pierwiastków pro-

mieniotwórczych zawartych normalnie w środowisku i w organizmie człowieka, a także nie obejmują dawek medycznych otrzymywanych w diagnostyce i terapii. Zgodnie z obowiązującymi aktualnie krajowymi przepisami, dawka graniczna dla osób zatrudnionych w warunkach narażenia zawodowego w ciągu kolejnych 12 miesięcy, wyrażona jako efektywny równoważnik dawki (tj. obrazujący narażenie całego organizmu człowieka) wynosi 50 mSv. Równocześnie ze względu na możliwość napromienienia poszczególnych narządów i tkanek, przepisy dopuszczają wyższe dawki graniczne dla pojedynczych narządów lub tkanek.

Osoby zatrudnione w warunkach, w których istnieje możliwość otrzymania dawki większej niż 0,1 wartości limitu rocznego (dawki granicznej), muszą być poddane systematycznej kontroli narażenia. Dopuszcza się przy tym możliwość kontroli środowiska pracy zamiast kontroli poszczególnych osób, w sytuacjach gdy pewne jest, że nie przekroczy się 0,3 wartości limitu rocznego. Jeżeli istnieje możliwość przekroczenia 0,3 limitu dawki granicznej grupy zawodowo narażonej na promieniowanie jonizujące związane z pracą, obowiązuje stosowanie indywidualnej kontroli narażenia.

W 1995 r. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej przy współpracy Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), Międzynarodowej Organizacji Pracy (ILO), Agencji Energii Jądrowej Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD/NEA), Organizacji Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) oraz Wszechnicy Amerykańskiej Organizacji Zdrowia (PAHO) opracowała nowe, międzynarodowe zalecenia dotyczące podstawowych norm ochrony radiologicznej i bezpieczeństwa źródeł promieniowania jonizującego. Zalecenia te, po oficjalnym przyjęciu przez Radę Zarządzającą MAEA we wrześniu 1995 r., zostały opublikowane w dokumencie MAEA pt. „Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources” (Safety Series No 115).

W odniesieniu do osób narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące, powyższe zalecenia wprowadzają następujące, nowe

wartości limitów narażenia (wg terminologii krajowej – dawek granicznych):

- a) średnia roczna dawka efektywna (wg terminologii krajowej – efektywny równoważnik dawki) w okresie pięciu kolejnych lat nie może przekroczyć 20 mSv;
- b) maksymalna dawka efektywna w ciągu jednego roku nie może przekroczyć 50 mSv, przy zachowaniu wymagania określonego w punkcie a).

Limity narażenia (dawki graniczne) dotyczące pojedynczych narządów i tkanek nie uległy zmianie. Powyższe, nowe zalecenia stanowiąc będą podstawę przy wprowadzaniu stosownych zmian w przepisach krajowych dotyczących ochrony radiologicznej.

Kontrolę i rejestrację narażenia zawodowego w Polsce prowadzą:

- dla zatrudnionych w zakładach stosujących źródła promieniowania jonizującego (z wyłączeniem Instytutu Fizyki Jądrowej w Krakowie, wykonującego kontrolę we własnym zakresie, oraz zakładów i jednostek wymienionych poniżej) – Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej;
- dla zatrudnionych w zakładach posiadających i stosujących wyłącznie aparaty rentgenowskie o energii promieniowania mniejszej od 300 keV – Instytut Medycyny Pracy;
- dla zatrudnionych w jednostkach podległych Ministerstwu Obrony Narodowej i Ministerstwu Spraw Wewnętrznych – Wojskowy Instytut Higieny i Epidemiologii.

Ponadto zawodowe narażenie na promieniowanie jonizujące występuje w górnictwie podziemnym, z uwagi na wzmożone działalnością człowieka promieniowanie pochodzące od naturalnych pierwiastków promieniotwórczych. Kontrolę i rejestrację narażenia radiacyjnego pracowników podziemnych zakładów górniczych prowadzą:

- Główny Instytut Górnictwa (kopalnie węgla kamiennego i niektóre kopalnie rud metali i surowców mineralnych);
- Instytut Medycyny Pracy (kopalnie rud metali i surowców mineralnych).

7.1. Kontrola narażenia zawodowego sprawowana przez jednostki podległe PAA

Pomiary dawek indywidualnych osób narażonych zawodowo na promieniowanie jonizujące wykonywane są przede wszystkim przez Zakład Kontroli Dawek i Wzorcowania Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej za pomocą dawkomierzy fotometrycznych, używanych przez osoby kontrolowane w cyklach kwartalnych lub miesięcznych. Łącznie w 1995 r. kontrolą dawek indywidualnych objętych było 6047 osób zatrudnionych w 358 zakładach, w tym 305 osób w 27 zakładach podlegało kontroli w cyklu miesięcznym.

Wyniki pomiarów wskazują, że 97,8% i 99,7% ogólnej liczby kontrolowanych osób otrzymało dawki mniejsze odpowiednio od 0,1 i 0,3 rocznego limitu, przy czym najniższy odsetek osób, które otrzymały dawki poniżej 0,1 limitu wynosił 94,6% i dotyczył zakładów przemysłowych, a najwyższy – 99,8% – dotyczył zakładów naukowych. Odnotowano 5 przypadków dawek powyżej rocznego limitu, w tym:

- 3 przypadki w zakładach przemysłowych (123, 78 i 54 mSv);
- 2 przypadki w zakładach naukowych (67 i 62 mSv).

O przypadkach tych, po zgłoszeniu do ODSA, powiadamiano poszczególne zakłady, które przeprowadzały postępowania wyjaśniające oraz podejmowały stosowne działania ograniczające możliwość występowania nadmiernej zagrożenia radiacyjnego.

W jednostkach organizacyjnych należących do resortu atomistyki, kontrolą dawek indywidualnych objętych było w 1995 r. 989 osób, w tym:

- 633 pracowników Ośrodka w Świerku,
- 160 pracowników Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej (IChiTJ) w Warszawie,
- 196 pracowników Instytutu Fizyki Jądrowej (IFJ) w Krakowie.

Pomiary dawek indywidualnych pracowników Ośrodka w Świerku oraz IChiTJ wykonywane są przez CLOR za pomocą dawkomierzy fotoelektrycznych, natomiast do pomiaru dawek indywidualnych pracowników IFJ używane są dawkomierze termoluminescencyjne (pomiar te wykonuje Samodzielna Pracownia

Ochrony przed Promieniowaniem IFJ). Wyniki pomiarów, dotyczące 1995 r., wskazują, że w Ośrodku w Świerku 98,6% oraz 99,5% ogólnej liczby kontrolowanych otrzymało dawki odpowiednio poniżej 0,1 i 0,3 limitu rocznego, przy czym najniższy odsetek osób, które otrzymały dawki mniejsze od 0,1 limitu wynosił 96,0% i dotyczyło to Ośrodka Badawczo—Rozwojowego Izotopów, w którym jednak zarejestrowano 1 przypadek przekroczenia limitu rocznego (62 mSv). Najniższy – spośród jednostek organizacyjnych Ośrodka w Świerku – poziom narażenia utrzymywał się w Instytucie Problemów Jądrowych, w którym nie zarejestrowano żadnego przypadku otrzymania przez pracownika dawki powyżej 0,1 rocznego limitu. Analogicznie przedstawiała się sytuacja w IChiTJ i IFJ.

Ponadto w Ośrodku w Świerku 44 osoby objęto pomiarami skażeń wewnętrznych za pomocą licznika promieniowania całego ciała. U wszystkich kontrolowanych osób obserwuje się nadal obecność izotopu Cs-137, pochodzącego z okresu awarii czarnobylskiej. Zawartości innych sztucznych izotopów promieniotwórczych u osób kontrolowanych nie przekraczały 0,01 rocznych limitów wchłonięć.

7.2. Kontrola narażenia zawodowego w zakładach podległych Ministerstwu Zdrowia i Opieki Społecznej

Kontrolą dawek indywidualnych objęte są osoby narażone na promieniowanie rentgenowskie o energii poniżej 300 keV. Kon-

trole tą sprawuje Zakład Dozymetrii Promieniowania Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi za pomocą dawkomierzy fotometrycznych używanych w cyklach dwumiesięcznych. W 1995 r. kontrolą dawek indywidualnych objętych było 27 668 osób pracujących w 2870 zakładach, wśród których ok. 84% stanowią pracownicy zakładów służby zdrowia.

Wyniki pomiarów wskazują, że w 1995 r. ok. 99,8% osób narażonych zawodowo na promieniowanie rentgenowskie otrzymało dawki poniżej 0,1 limitu rocznego, a ponad 98,5% otrzymało dawki roczne nie przekraczające 1 mSv. Najniższy odsetek osób, które otrzymały dawki poniżej 0,1 limitu wynosił 98,7% i dotyczył pracowników radiologii zabiegowej w placówkach służby zdrowia. Zarejestrowano tylko jeden przypadek otrzymania przez pracownika dawki przekraczającej limit roczny. Strukturę grup zawodowych osób objętych kontrolą dawek indywidualnych podano w tabeli 3.

7.3. Kontrola zawodowego narażenia w jednostkach podległych Ministrom Spraw Wewnętrznych i Obrony Narodowej

Pomiary dawek indywidualnych osób zawodowo narażonych na promieniowanie jonizujące prowadzone są przez Zespół Nadzoru Radiologicznego Wojskowego Instytutu Higieny i Epidemiologii. Pomiary te wykonywane są za pomocą dawkomierzy fotometrycznych

Tabela 3

Rodzaj zakładu	Liczba osób	%	Liczba zakładów	%
Służba Zdrowia	23251	84,04	2266	78,95
Przemysł	1682	6,08	239	8,33
Placówki Naukowo-Badawcze	782	2,83	170	5,92
Szkoły Medyczne	1185	4,28	21	0,73
Wojewódzkie Stacje San.-Epid.	150	0,54	51	1,78
Zakłady Techniki Medycznej	361	1,30	56	1,95
Zakłady Weterynaryjne	136	0,49	51	1,78
Inne	121	0,44	16	0,56
Razem:	27668	100,00	2870	100,00

(błony fotograficzne) używanych w cyklach kwartalnych. Łącznie w 1995 r. w obu resortach kontrolą dawek indywidualnych objętych było 1540 osób, w tym 1130 w MON i 410 w MSW.

W resortcie obrony ponad 97,3% osób objętych kontrolą otrzymało dawki poniżej 0,5 mSv tj. poniżej 0,01 limitu rocznego, a u 30 osób (2,7%) zarejestrowano dawki roczne w przedziale 0,5 – 15 mSv tj. poniżej 0,3 limitu rocznego.

W resortcie spraw wewnętrznych 97,1% kontrolowanych osób otrzymało dawki poniżej 0,01 limitu rocznego, a jedynie 12 osób (2,9%) otrzymało dawki z zakresu 0,5 – 15 mSv.

W 1995 r. w obu ww. resortach nie stwierdzono przypadku przekroczenia kwartalnego lub rocznego limitu dawki.

7.4. Kontrola narażenia zawodowego w górnictwie

W odróżnieniu od zagrożeń radiacyjnych pochodzących od sztucznych izotopów promieniotwórczych i urządzeń emitujących promieniowanie, zagrożenie radiacyjne w górnictwie spowodowane jest przede wszystkim podwyższonym poziomem promieniowania jonizującego w kopalniach, wywołanym promieniotwórczością naturalną. Do podstawowych źródeł tego zagrożenia należy zaliczyć:

- radon i pochodne jego rozpadu występujące w powietrzu kopalnianym,
 - promieniowanie gamma emitowane przez naturalne izotopy promieniotwórcze (głównie rad), zawarte w skałach górotworu,
 - wody kopalniane (oraz strącone z tych wód) o podwyższonej zawartości izotopów radu.
- Dwa pierwsze czynniki obejmują praktycznie wszystkich górników zatrudnionych pod ziemią, natomiast zagrożenie radiacyjne pochodzące od wód kopalnianych występuje w szczególnych przypadkach i dotyczy ograniczonej liczby pracowników.

Zarządzenie Prezesa Wyższego Urzędu Górniczego z 3 sierpnia 1994 r. (M.P. nr 45, poz. 368) wprowadza podział wyrobisk dołowych na dwie klasy zagrożenia radiacyjnego:

- klasa A – wyrobiska, w których wartość rocznego efektywnego równoważnika dawki mieści się w zakresie 5 – 20 mSv,

- klasa B – wyrobiska, w których wartość rocznego efektywnego równoważnika dawki jest większa od 20 mSv.

Kwalifikacji wyrobiska do określonej klasy dokonuje się w oparciu o następujące wskaźniki:

- stężenie energii potencjalnej alfa krótkożyłowych produktów rozpadu radonu,
- moc dawki promieniowania gamma,
- stężenie radu w wodach i osadach.

Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu z 14 kwietnia 1995 r. (Dz.U. nr 67, poz. 342) określa wymogi kontroli w poszczególnych klasach wyrobisk:

- w wyrobiskach klasy A wymagana jest kontrola stanowiska pracy,
- w wyrobiskach klasy B – kontrola stanowiska pracy i kontrola indywidualna zatrudnionych osób.

Rozporządzenie określa maksymalny roczny efektywny równoważnik dawki, dla osób pracujących w podziemnych zakładach górniczych w wyrobiskach zagrożonych radiacyjnie, jako równy 50 mSv, przy czym w ciągu 5 kolejnych lat sumaryczna wartość nie powinna przekraczać 100 mSv. W ten sposób zrównano górników z innymi grupami zawodowymi narażonymi, z racji wykonywanej pracy, na promieniowanie jonizujące. Rozporządzenie wprowadza także dwa poziomy, tzn.:

- poziom inspekcyjny, wynoszący 2 mSv rocznie, przekroczenie którego nakłada na zakład obowiązek bardziej szczegółowej kontroli warunków w miejscu pracy,
- poziom interwencyjny, wynoszący 5 mSv rocznie, przekroczenie którego nakłada obowiązek prowadzenia działań prewencyjnych w celu likwidacji lub obniżenia zagrożenia na stanowisku pracy.

Oznacza to, że we wszystkich wyrobiskach zaliczonych do zagrożonych radiacyjnie (od rocznego równoważnika dawki promieniowania wynoszącego 5 mSv) konieczne jest prowadzenie działań prewencyjnych mających na celu przynajmniej obniżenie stanu zagrożenia radiacyjnego poniżej tego poziomu. Omawiane rozporządzenie określa również wartości wskaźnika zagrożenia dla limitów dawek i poziomów zagrożenia oraz wymaganą częstotliwość kontroli środowiskowej poszczególnych wskaźników zagrożenia.

Zgodnie z „Raportem o stanie zagrożenia radiacyjnego górników w 1995 roku”, opracowanym przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, który kontroluje stan zagrożenia radiacyjnego górników, dla 208 695 osób zatrudnionych pod ziemią w kopalniach węgla kamiennego (w tym ok. 5000 górników, zatrudnionych przy pracach związanych głównie z usuwaniem osadów dołowych, narażonych jest na promieniowanie gamma od radonośnych wód i osadów) wartość efektywnego rocznego zbiorczego równoważnika dawki od poszczególnych źródeł zagrożenia radiacyjnego wynosiła:

- krótkożyłowe produkty rozpadu radonu – 115 osobosiwertów,
- promieniowanie gamma – 0,5 osobosiwerta,
- radonośne wody i osady – 10 osobosiwertów.

Stwierdzono, że na 65 kopalni węgla kamiennego, poziom inspekcyjny przekroczony jest w 22 kopalniach (w tym w dwóch z powodu zagrożenia osadami, a w pozostałych z powodu produktów rozpadu radonu), przy czym wyrobiska zagrożone radiacyjnie klasy A stwierdzono w 7 kopalniach, a klasy B – w jednej. Przekroczenie poziomu inspekcyjnego stwierdzono ponadto w 3 wyrobiskach w kopalni rud metali nieżelaznych i w 3 wyrobiskach innych kopalni. Poziom interwencyjny także został przekroczony w 3 wyrobiskach kopalni rud i w 3 wyrobiskach innych kopalni. Oceniono, że dla ok. 90% górników wartość rocznego efektywnego równoważnika dawki, związanej z ich miejscem pracy, wynosi poniżej 2 mSv, dla 9% – od 2 do 5, dla 1% – od 5 do 20, przy czym nie zanotowano w całym górnictwie węgla kamiennego przekroczenia dawki 20 mSv rocznie.

Kontrolę narażenia górników w kopalniach innych niż kopalnie węgla kamiennego wykonuje przede wszystkim Instytut Medycyny Pracy (IMP) z Łodzi. W roku 1995 IMP dokonał oceny narażenia na krótkożyłowe produkty rozpadu radonu w 4 kopalniach rud cynku i ołowiu, 6 kopalniach rud miedzi oraz 4 kopalniach surowców chemicznych. W żadnej z kopalni nie istnieje możliwość przekroczenia

wartości 20 mSv. Najwyższą średnią roczną dawkę otrzymali niektórzy pracownicy kopalni surowców chemicznych „Bolko” (9,38 mSv) i „Wiry” (7,94 mSv). Najniższe średnie dawki roczne otrzymali pracownicy kopalni rud cynku i ołowiu „Trzebionka” (0,88 mSv), kopalni rud miedzi „Sieroszowice” (0,57 mSv) oraz kopalni surowców chemicznych „Nowy Łąd” (0,39 mSv). W pozostałych kopalniach średnie roczne narażenie wahało się w granicach od 1,41 mSv (kopalnia rud miedzi „Polkowice”) do 4,74 mSv (kopalnia rud cynku i ołowiu „Bolesław”).

8. KRAJOWA SŁUŻBA AWARYJNA

Krajową służbę awaryjną, oprócz systemu stacji wczesnego ostrzegania w ramach Służby Pomiarów Skażeń Promieniotwórczych, stanowią:

- Krajowy Punkt Kontaktowy (KPK), ustanowiony decyzją nr 3 Prezesa PAA z 20 czerwca 1990 r.;
- Ośrodek Dyspozycyjny Służby Awaryjnej (ODSA), ustanowiony zarządzeniem nr 6/73 Pełnomocnika Rządu ds. Wykorzystania Energii Jądrowej, z 10 marca 1993 r., w sprawie organizacji i zakresu działania służby awaryjnej do likwidacji wypadków i ich skutków.

Krajowy Punkt Kontaktowy stanowi składnik systemu informacyjno-ostrzegawczego Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (będącego wypełnieniem postanowień międzynarodowej konwencji o wczesnym powiadomieniu o awarii jądrowej, ratyfikowanej przez Polskę w 1988 roku). KPK jest również elementem systemu dwustronnego powiadamiania o zagrożeniach radiacyjnych, w ramach podpisanych przez Polskę umów z krajami sąsiednimi. W 1995 r. KPK nie przyjmował, ani nie przekazywał żadnych informacji o wydarzeniach jądrowych, których skala wymagałaby takich czynności, ponieważ zdarzeń takich nie było. Otrzymano jedynie informacje o incydentach jądrowych, których rozmiar nie przekraczał progu przyjętego w konwencji międzynarodowej i które nie mogły spowodować żadnego zagrożenia dla naszego kraju.

KPK brał również udział w czterech testach kontrolnych organizowanych przez *Emergency Response Unit* MAEA w Wiedniu oraz w ćwiczeniach o kryptonimie GROM w Petersburgu.

Ośrodek Dyspozycyjny Służby Awaryjnej jest – dyżurującym w sposób ciągły – punktem przyjmowania informacji o zdarzeniach jądrowych w kraju, które wymagają oceny, interpretacji czy interwencji oraz udzielającym pomocy w usuwaniu skutków tych zdarzeń. W 1995 r. ODSA przyjął 73 zgłoszenia, a jego ekipy dokonały 25 interwencji w terenie. Oprócz 3 fałszywych zgłoszeń, pozostałe 70 to:

- przypadki z czujkami dymu (kradzieże, porzucenia, uszkodzenia, znaleziska) – 36
- kradzieże źródeł promieniotwórczych (oprócz czujek dymu) – 5
- awarie urządzeń zawierających źródła promieniowania – 5
- znaleziska źródeł niewiadomego pochodzenia – 1
- znaleziska preparatów z materiałami rozszczepialnymi – 3
- skażenia pracowni izotopowych – 2
- interwencje graniczne – 8

– informacje o przekroczeniu dawek indywidualnych zagrożenia zawodowego (analiza przyczyn, interwencje) – 10

KPK i ODSA zorganizowane są w Centralnym Laboratorium Ochrony Radiologicznej w Warszawie.

Istotnym elementem systemu ochrony radiacyjnej kraju, którego nie można pominąć przy omawianiu krajowej służby awaryjnej, jest działalność kontrolna Straży Granicznej. Na polskich przejściach granicznych zainstalowano 65 stacjonarnych punktów pomiarowych, tzw. bramek dozymetrycznych. W 1995 r. funkcjonariusze Straży Granicznej skontrolowali radiometrycznie 34 899 219 środków transportu, w wyniku czego w 11 347 przypadkach stwierdzono podwyższony stopień radiacji. Po dokonaniu szczegółowej kontroli nie zezwolono na wjazd do Polski 409 transportom. W toku kontroli na drogowych przejściach granicznych ujawniono również 4 próby przemytu materiałów promieniotwórczych, w tym w dniu 8 listopada 1995 r. w GPK Głucholazy ujawniono 11 źródeł promieniotwórczych, zawierających izotop stront-90, wwożonych nielegalnie do Polski.

SYTUACJA RADIACYJNA W ŚRODOWISKU NATURALNYM ORAZ NARAŻENIE LUDNOŚCI W KRAJU*

Podstawowymi wielkościami charakteryzującymi ogólną sytuację radiacyjną w środowisku są:

- poziom promieniowania gamma, obrazujący narażenie zewnętrzne ludzi od naturalnych i sztucznych źródeł promieniowania jonizującego, istniejących w środowisku lub wprowadzonych w wyniku działalności człowieka,
- zawartości naturalnych i sztucznych izotopów promieniotwórczych w komponentach środowiska naturalnego, a w konsekwencji w artykułach spożywczych, obrazujące narażenie wewnętrzne ludzi w wyniku wchłonięcia izotopów drogą pokarmową.

Wymienione wielkości charakteryzują się naturalną zmiennością i są w poważnym stopniu uzależnione od wprowadzonych do środowiska substancji promieniotwórczych pochodzących z wybuchów jądrowych oraz awarii w Czarnobylu.

Wykonane w 1995 r. radiometryczne pomiary elementów środowiska w Polsce wskazują, że zawartości sztucznych radionuklidów w powietrzu, opadach atmosferycznych, wodach powierzchniowych i w wodzie pitnej są na poziomie z okresu przed awarią czarnobylską. W niektórych artykułach spożywczych pochodzenia zwierzęcego oraz roślinnego obserwuje się nadal obecność izotopu Cs-137 wyższą od poziomu z 1985 r., tj. sprzed awarii czarnobylskiej. Zawartości izotopu Sr-90 w komponentach środowiska i artykułach spożywczych są na poziomie rejestrowanym przed awarią w Czarnobylu.

1. POWIETRZE ATMOSFERYCZNE

Poziom promieniowania gamma

Poziom promieniowania gamma określano na podstawie pomiarów dawek wykonywanych za pomocą dawkomierzy termoluminescencyjnych umieszczonych na wysokości 1 m nad powierzchnią ziemi w 69 punktach po-

miarowych na terenie kraju. Wykonane w 1995 r. pomiary wskazują, że średnie wartości mocy dawek promieniowania gamma w poszczególnych punktach pomiarowych wynosiły od ok. 56 nGy/h (6,5 μR/h) do ok. 100 nGy/h (11,6 μR/h) przy średniej wartości 70 nGy/h (8 μR/h) dla Polski. Średnie dobowe wartości mocy dawek promieniowania gamma wyznaczane na podstawie wartości chwilowych mierzonych radiometrami w 10 stacjach alarmowych wskazują, że wartości te zawierają się w granicach od ok. 61 nGy/h (7 μR/h) do ok. 113 nGy/h (12 μR/h) przy średniej wartości 83 nGy/h (9,5 μR/h).

Wyniki pomiarów wskazują, że poziom promieniowania gamma w Polsce w 1995 r. nie odbiegał od poziomu z roku 1985. Wyższe wartości mocy dawki promieniowania gamma występują głównie w południowych regionach kraju i wynikają z lokalnych warunków geologicznych.

Aerozole atmosferyczne i opad całkowity

Zawartość substancji promieniotwórczych w powietrzu atmosferycznym określana jest na podstawie pomiaru stężenia pyłów (aerozoli) radioaktywnych w powietrzu oraz pomiaru radioaktywności opadu całkowitego. Wartości te zmieniają się w bardzo szerokim zakresie (ponad dziesięciokrotnie) w zależności od aktualnych warunków meteorologicznych.

Radioaktywność powietrza pochodząca od sztucznych izotopów spowodowana była w 1995 r. jedynie obecnością izotopów Cs-137 i Cs-134. Dane pomiarowe uzyskane z 9 wysokoczułych stacji rozmieszczonych w różnych rejonach kraju wskazują, że zawartości tych izotopów w powietrzu zawierały się w granicach od ok. $0,3 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³ do ok. $3,5 \cdot 10^{-5}$ (średnio $2,4 \cdot 10^{-6}$ Bq/m³).

Radioaktywność powietrza, pochodząca od naturalnego izotopu promieniotwórczego Be-7, wynosiła ok. $0,8 \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ do ok. 9,8 Bq/m³ (średnio ok. 2,8 Bq/m³).

* Opracowano głównie na podstawie materiałów Centralnego Laboratorium Ochrony Radiologicznej.

Średnie krajowe zawartości sztucznych izotopów cezu i strontu w rocznym opadzie całkowitym w 1995 r. wynosiły: 2,1 Bq/m² dla Cs-137 oraz poniżej 1 Bq/m² dla Sr-90, tj. były na poziomie z 1985 r. (rys. 1).

Dane te wskazują, że o poziomie radioaktywności powietrza w 1995 r. decydowały izotopy pochodzenia naturalnego, których stężenie promieniotwórcze jest o kilka rzędów wyższe od stężenia sztucznego izotopu Cs-137.

W 1995 r. radioaktywność globalna beta (naturalna i sztuczna) aerozoli atmosferycznych zawierała się w granicach od 0,5 · 10⁻³ Bq/m³ do 4 · 10⁻³ Bq/m³ (średnio około 10⁻³ Bq/m³), co odpowiada wartościom z roku 1985. Powyższe wartości są ok. 100-krotnie niższe od poziomów w latach 1962 – 63, tj. w okresie intensywnych prób z bronią jądrową.

2. GLEBA

Radioaktywność gleby pochodząca od sztucznych izotopów osadzonych na powierzchni ziemi w wyniku opadu promieniotwórczego, uwarunkowana jest obecnie jedynie zawartością izotopów Cs-137 i Cs-134. Dane pomiarowe wskazują na powolny spadek stężenia izotopów cezu w glebie. Stężenie izotopów Cs-137 i Cs-134 w powierzchniowej warstwie gleby niekulturowanej wynosiło średnio ok. 3,22 kBq/m² dla Cs-137 i 0,11 kBq/m² dla Cs-134. Stężenia zawierały się w granicach 0,55 – 15,07 kBq/m² dla Cs-137 i nie przekraczały 0,59 kBq/m² dla Cs-134. Obserwowane różne wartości stężeń w różnych rejonach kraju spowodowane są lokalnymi opadami deszczowymi w czasie awarii czarnobylskiej. Stężenia izotopu Cs-137 rejestrowane w glebie przed awarią wahały się w granicach 0,2 – 0,99 kBq/m². Średnia aktywność globalna beta gleby w 1995 r. wynosiła ok. 470 Bq/kg (łącznie z izotopem K-40), co – przyjmując gęstość gleby 1,5 kg/dm³ – odpowiada aktywności beta 71 kBq/m² w warstwie 10 cm. W poszczególnych próbkach gleby globalne stężenie izotopów betapromieniotwórczych zawierało się w 1995 r. w granicach 103 – 822 Bq/kg.

3. WODY OTWARTE ORAZ OSADY DENNE

Wody otwarte

Radioaktywność tych wód w 1995 r. określano na podstawie pomiarów zawartości Cs-137 oraz Ra-226 i K-40 w próbach wody pobieranych dwa razy w roku z głównych rzek i ich dorzeczy oraz wybranych jezior.

Wyniki pomiarów wskazują, że w 1995 r. w wodach otwartych zawartości izotopu Cs-137 zawierały się w granicach:

- od 3,0 mBq/dm³ do 17,3 mBq/dm³ (średnio ok. 7,4 mBq/dm³) w jeziorach,
- od 3,9 mBq/dm³ do 16,9 mBq/dm³ (średnio ok. 7,4 mBq/dm³) w rzekach.

Stężenia izotopów pochodzenia naturalnego w tych wodach wynosiły:

izotop Ra-226

- od 0,8 mBq/dm³ do 1,8 mBq/dm³ (średnio 1,3 mBq/dm³) dla jezior,
- od 1,2 mBq/dm³ do 52,4 mBq/dm³ (średnio 8,2 mBq/dm³) dla rzek;

izotop K-40

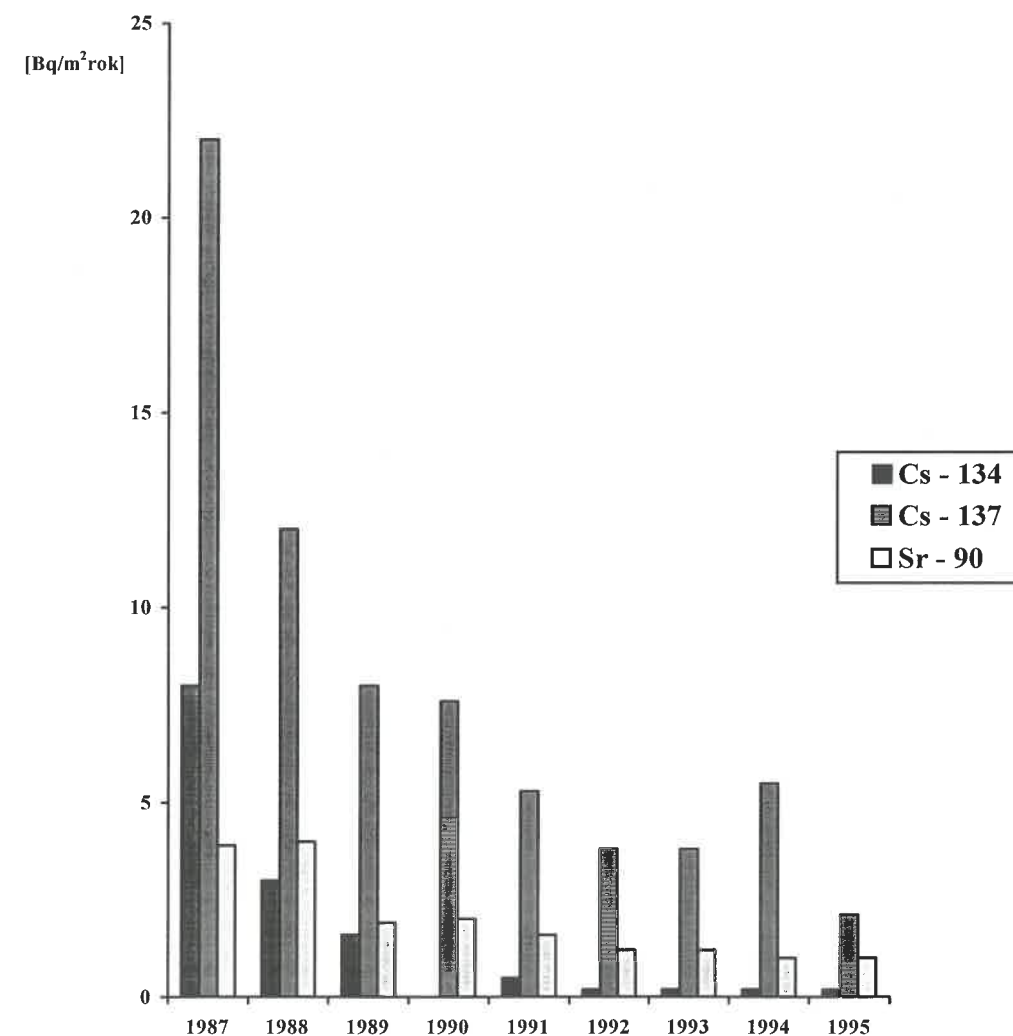
- od ok. 70 mBq/dm³ do 200 mBq/dm³ (średnio 68 mBq/dm³) dla jezior,
- od ok. 70 mBq/dm³ do 495 mBq/dm³ (średnio 165 mBq/dm³) dla rzek.

Stężenia izotopu trytu (pochodzenia naturalnego i sztucznego) w wodach otwartych zawierały się w granicach od ok. 0,5 Bq/dm³ do ok. 2,7 Bq/dm³.

Wyższe wartości radioaktywności wód otwartych występują w rejonie południowym kraju i są spowodowane wyższymi poziomami skażeń po awarii czarnobylskiej (Cs-137), jak i działalnością górniczą (odprowadzanie do środowiska wód kopalnianych o podwyższonych zawartościach naturalnych izotopów radu).

Pomiary radioaktywności wód przybrzeżnych Bałtyku wykonywane są przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (oddział w Gdyni) wg programu koordynowanego przez Stały Komitet MORS działający w ramach Komisji Helsińskiej.

Aktywność Cs-134, Cs-137, Sr-90 w średnim rocznym opadzie całkowitym w Polsce w latach 1987 – 95



Aktywność w średnim rocznym opadzie całkowitym w Polsce w roku 1986 wynosiła:
 Cs-134 – 753 Bq/m²
 Cs-137 – 1511 Bq/m²
 Sr-90 – 22 Bq/m²

Rys. 1

Wyniki pomiarów stężeń izotopu Cs-137 w powierzchniowej warstwie wody w określonych strefach południowego Bałtyku w 1995 r. kształtowały się następująco:

- strefa pełnomorska: od 72,2 do 103,6 Bq/m³ (średnio 83,7 Bq/m³),
- strefa brzegowa: od 77,7 do 87,4 Bq/m³ (średnio 81,1 Bq/m³),
- Zatoka Gdańska: od 52,6 do 86,7 Bq/m³ (średnio 74,4 Bq/m³).

Analiza wyników pomiarów wskazuje, że średni poziom zawartości izotopu Cs-137 w wodach polskiej strefy Bałtyku w 1995 r. wyniósł 79,3 Bq/m³, tj. obniżył się o ok. 10% w porównaniu do roku ubiegłego.

Osady dennie

W 1995 r. prowadzono pomiary radioaktywności osadów dennych wód otwartych śródlądowych oraz strefy południowej Bałtyku.

Zawartości izotopów promieniotwórczych w osadach dennych wód otwartych śródlądowych (rzeki i jeziora) wynosiły:

- izotop Cs-137; od 1,3 do 53 Bq/kg s.m. (dla rzek), od 6,7 do 83 Bq/kg s.m. (dla jezior),
- izotop Ra-226; od 9,1 do 43 Bq/kg s.m. (dla rzek), od 5,3 do 8,5 Bq/kg s.m. (dla jezior),
- izotop K-40; od 157 do 596 Bq/kg s.m. (dla rzek), od 70 do 147 Bq/kg s.m. (dla jezior).

Zawartości radionuklidów w osadach dennych wód przybrzeżnych Bałtyku (strefa południowa) w warstwie do 15 cm kształtowały się następująco:

- dla izotopu Cs-137 od ok. 14 Bq/kg s.m. (suchej masy) do ok. 270 Bq/kg s.m.,
- dla izotopów plutonu (Pu-239 i Pu-240 łącznie) od ok. 0,6 Bq/kg s.m. do ok. 8 Bq/kg s.m.

Zawartości izotopów naturalnych w osadach wynosiły:

- dla izotopu K-40 od ok. 640 Bq/kg s.m. do ok. 1035 Bq/kg s.m.,
- dla izotopu Ra-226 od ok. 34 Bq/kg s.m. do ok. 44 Bq/kg s.m.

Nie zarejestrowano istotnych zmian w stosunku do danych z roku 1994.

4. ARTYKUŁY SPOŻYWCZE I PRODUKTY ŻYWNOŚCIOWE

Mleko płynne i mleko odtłuszczone w proszku

Produktem stanowiącym istotny wskaźnik zagrożenia radiologicznego od spożywanych produktów jest mleko. Można przyjąć, że mleko wnosi ok. 30 – 50% izotopów cezu do całkowitej podaży tych izotopów w przeciętnej racji pokarmowej w Polsce. W mleku płynnym (świeżym) średnia zawartość izotopów cezu w 1995 r. wynosiła ok. 1,1 Bq/dm³ (w 1994 r. również ok. 1,1 Bq/dm³) wobec wartości 0,4 Bq/dm³ w roku 1985, tj. w okresie sprzed awarii czarnobylskiej (rys. 2). W poszczególnych próbkach zawartości cezu w 1995 r. wynosiły od 0,1 Bq/dm³ do 13,3 Bq/dm³ (w 1994 r. od ok. 0,1 Bq/dm³ do ok. 15 Bq/dm³).

W proszku mlecznym uzyskanym z mleka odtłuszczonego średnia zawartość izotopów cezu w 1995 r. wynosiła ok. 28 Bq/kg (odpowiada to 2,1 Bq/dm³ przy założeniu, że 1 kg proszku = 12 dm³ płynu) i była na poziomie z roku 1994. Rejestrowane rozrzuty radioaktywności poszczególnych próbek (5 – 116 Bq/kg lub w przeliczeniu na mleko płynne 0,4 – 9,7 Bq/dm³) wynikają z różnych poziomów skażeń promieniotwórczych występujących po awarii czarnobylskiej w poszczególnych regionach kraju.

Zawartość izotopów Sr-90 w mleku płynnym świeżym oraz w mleku z proszku w 1995 r. zawierała się w granicach 0,05–0,17 Bq/dm³ (0,05 – 0,15 w roku 1994) i była na poziomie z okresu przed awarią czarnobylską.

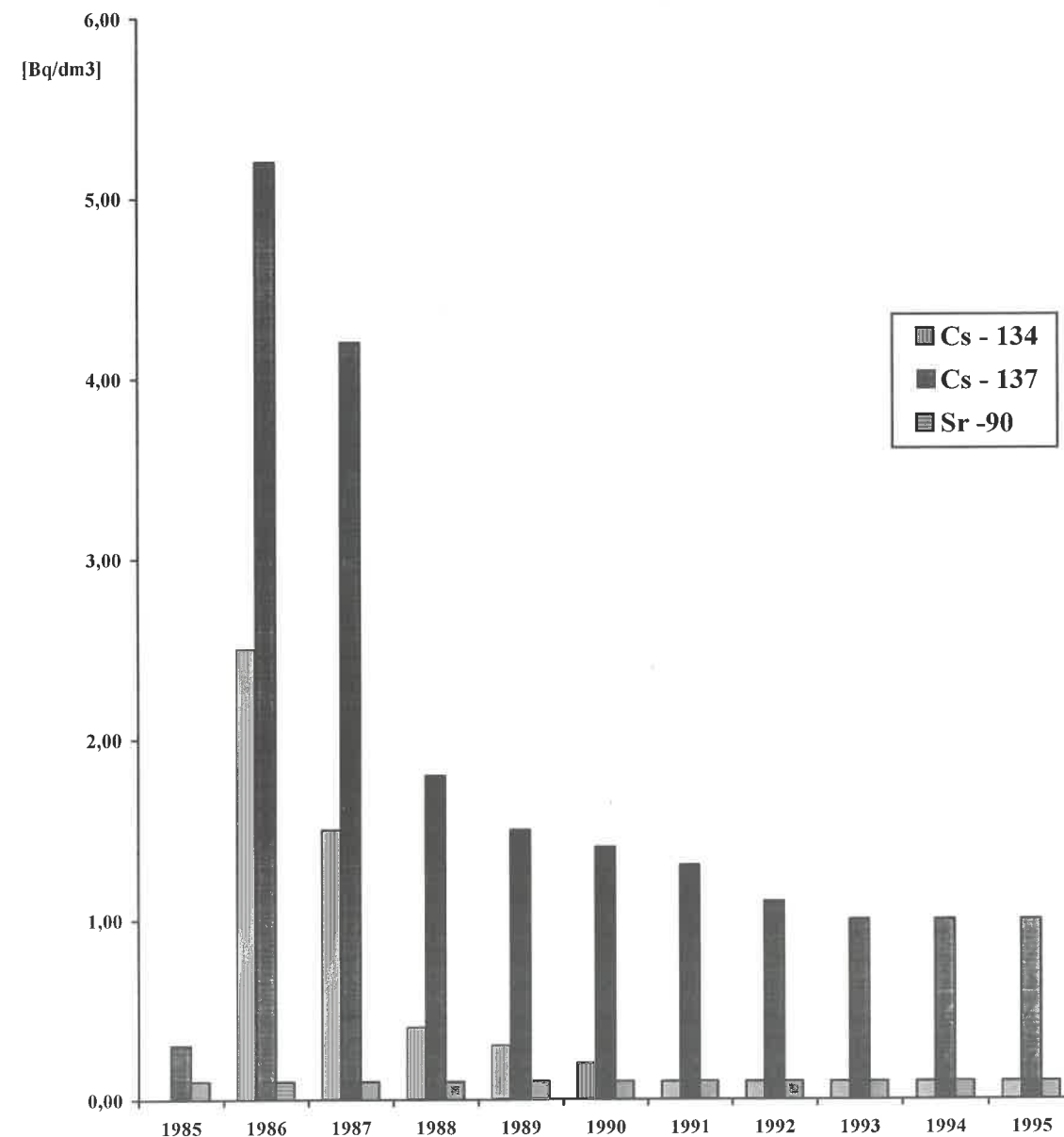
Warto dla porównania podać, że stała zawartość naturalnego izotopu promieniotwórczego K-40 w mleku wynosi około 43 Bq/dm³.

Mięso, drób i ryby

Średnie zawartości radionuklidów pochodzenia sztucznego (Cs-137, Cs-134 i Sr-90) w roku 1995 utrzymywały się na poziomie podobnym, jak w 1994 r.

Średnia zawartość izotopów cezu w różnych rodzajach mięsa w 1995 r. wynosiła 2,1 Bq/kg wobec średniej zawartości cezu w mięsie przed awarią czarnobylską 0,8 Bq/kg. Próbkę mięsa pobierane były m.in. z wołowi-

Średnie roczne aktywności w mleku Cs-134, Cs-137, Sr-90 w Polsce w latach 1985 – 95



Rys. 2

ny, cielęciny i wieprzowiny, przy czym – podobnie jak w roku ubiegłym – najmniejsze stężenie cezu było w próbkach wieprzowiny.

W mięsie z dziczyzny w 1995 r. zawartość izotopów cezu była kilkakrotnie wyższa niż w mięsie zwierząt hodowlanych i wynosiła średnio 15 Bq/kg w mięsie z sarniny i 41 Bq/kg w mięsie z dzika.

W mięsie z drobiu stężenie izotopów cezu w 1995 r. wynosiło średnio ok. 0,8 Bq/kg, wobec 0,4 Bq/kg z okresu sprzed awarii czarnobylskiej. Zawartość izotopów cezu w mięsie ryb słodkowodnych w 1995 r. wynosiła średnio 2,8 Bq/kg wobec wartości 0,6 Bq/kg z okresu sprzed awarii (rys. 3).

Zawartość izotopu Sr-90 w wymienionych rodzajach mięsa w 1995 r. wynosiła poniżej 0,1 Bq/kg.

Stosunkowo wysokie, w porównaniu do 1985 r., zawartości izotopów cezu w mięsie wynikają z wchłonięcia przez organizmy zwierząt substancji promieniotwórczych drogą pokarmową przez bezpośrednie spożycie powierzchniowo skażonej roślinności i trawy. Należy jednak zaznaczyć, że poziomy te są co najmniej 10-krotnie niższe od obowiązujących w krajach Wspólnoty Europejskiej wartości dopuszczalnych stężeń izotopów cezu w produktach żywnościowych.

Warzywa, owoce, zboże, grzyby

Średnie stężenia izotopów cezu w zbożach, warzywach i owocach w 1995 r. (rys. 4) zawierały się w granicach 0,3 – 0,7 Bq/kg (przy wartościach od 0,1 do 4,9 Bq/kg w poszczególnych próbkach) tj. były podobne do stężeń z 1994 r. (0,1 – 4,3 Bq/kg) i z okresu sprzed awarii czarnobylskiej (0,2 – 1,1 Bq/kg). Podane wartości maksymalne (4,9 Bq/kg w 1995 r.) dotyczą warzyw cebulowych.

Najwyższe poziomy stężenie izotopu cezu występują w podgrzybkach i charakteryzują się bardzo dużym rozrzutem wartości w zależności od miejsca poboru próbki (od 160 do 1040 Bq/kg); średnio 381 Bq/kg. Zawartości cezu w innych gatunkach grzybów są kilkakrotnie niższe od stężeń cezu w podgrzybkach.

Wyniki pomiarów pojedynczych próbek grzybów przeprowadzone w 1985 r. wskazują, że średnie stężenie izotopu cezu wynosiło od

ok. 60 Bq/kg do 170 Bq/kg dla różnych gatunków grzybów i było wynikiem skumulowanego w ściółce leśnej cezu pochodzącego z wcześniejszych prób z bronią jądrową (rys. 5).

Zawartość izotopu Sr-90 w warzywach, owocach, zbożu i grzybach w 1995 r. nie przekraczała 1 Bq/kg, tj. utrzymywała się na poziomie z 1985 r.

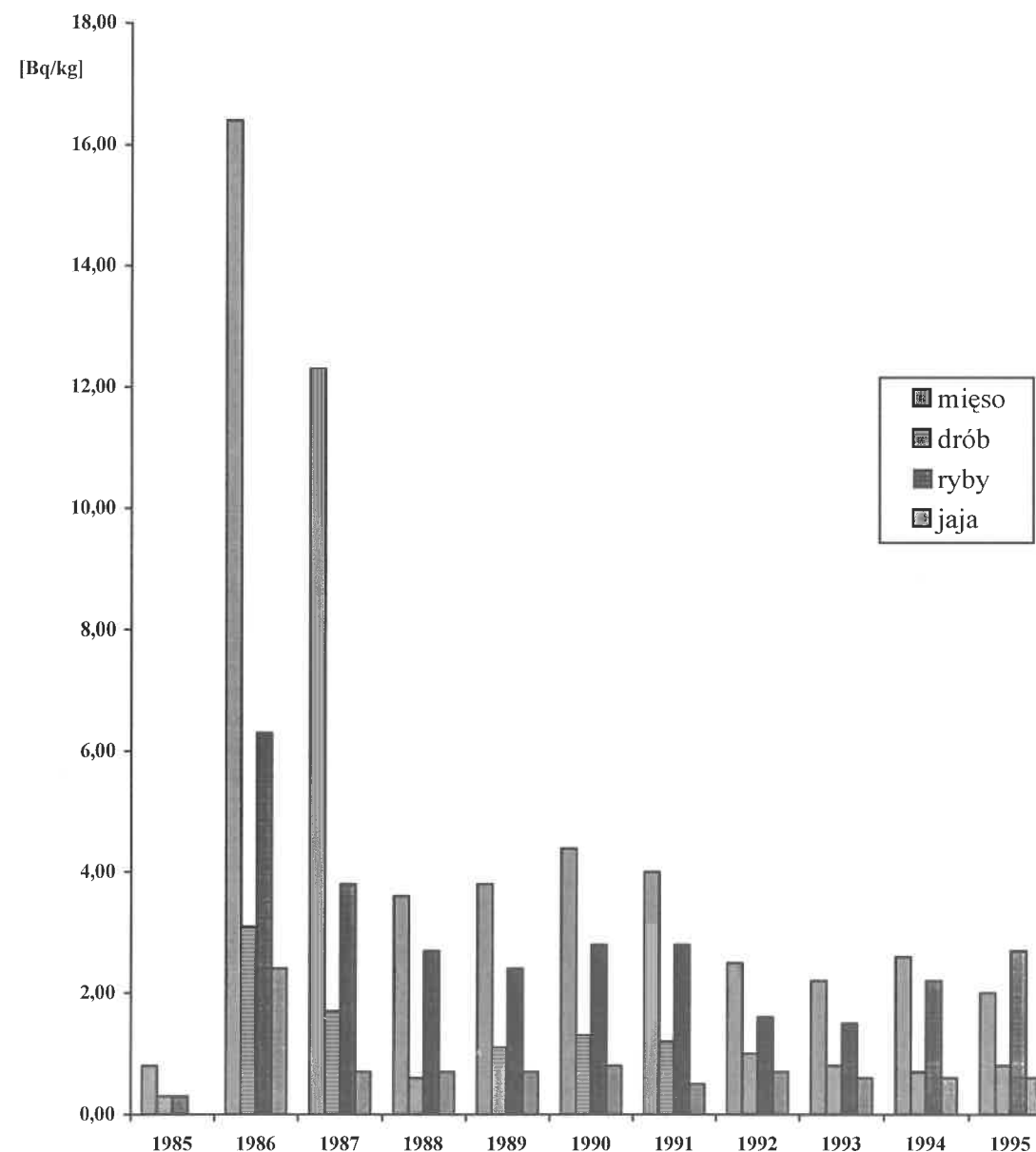
5. NARAŻENIE RADIACYJNE LUDNOŚCI

Narażenie radiacyjne ludności obejmuje napromienienie od źródeł naturalnych obecnych w środowisku, jak i napromienienie od źródeł sztucznych stosowanych w medycynie, przemyśle, nauce, rolnictwie itp.

W celu ograniczenia narażenia człowieka na promieniowanie jonizujące ustanawia się tzw. limity dawek. Dawki te wyrażane są jako efektywne równoważniki dawek i pochodzą od zewnętrznego oraz wewnętrznego napromienienia organizmu człowieka. Podstawowym przepisem określającym te limity jest Zarządzenie Prezesa PAA z 31.03.1988 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego i wskaźników pochodnych określających zagrożenie promieniowaniem jonizującym. Dokument ten stanowi między innymi, że dawka graniczna dla osób narażonych wskutek skażeń promieniotwórczych środowiska (tzn. sztucznych radionuklidów wprowadzonych do środowiska przez człowieka), zamieszkałych lub przebywających w ogólnie dostępnym otoczeniu źródeł promieniowania jonizującego, wyrażana jako efektywny równoważnik dawki w ciągu roku wynosi 1 mSv. Dopuszcza się zwiększenie tej dawki do wartości 5 mSv rocznie pod warunkiem, że wieloletnia wartość średnia nie przekroczy 1 mSv.

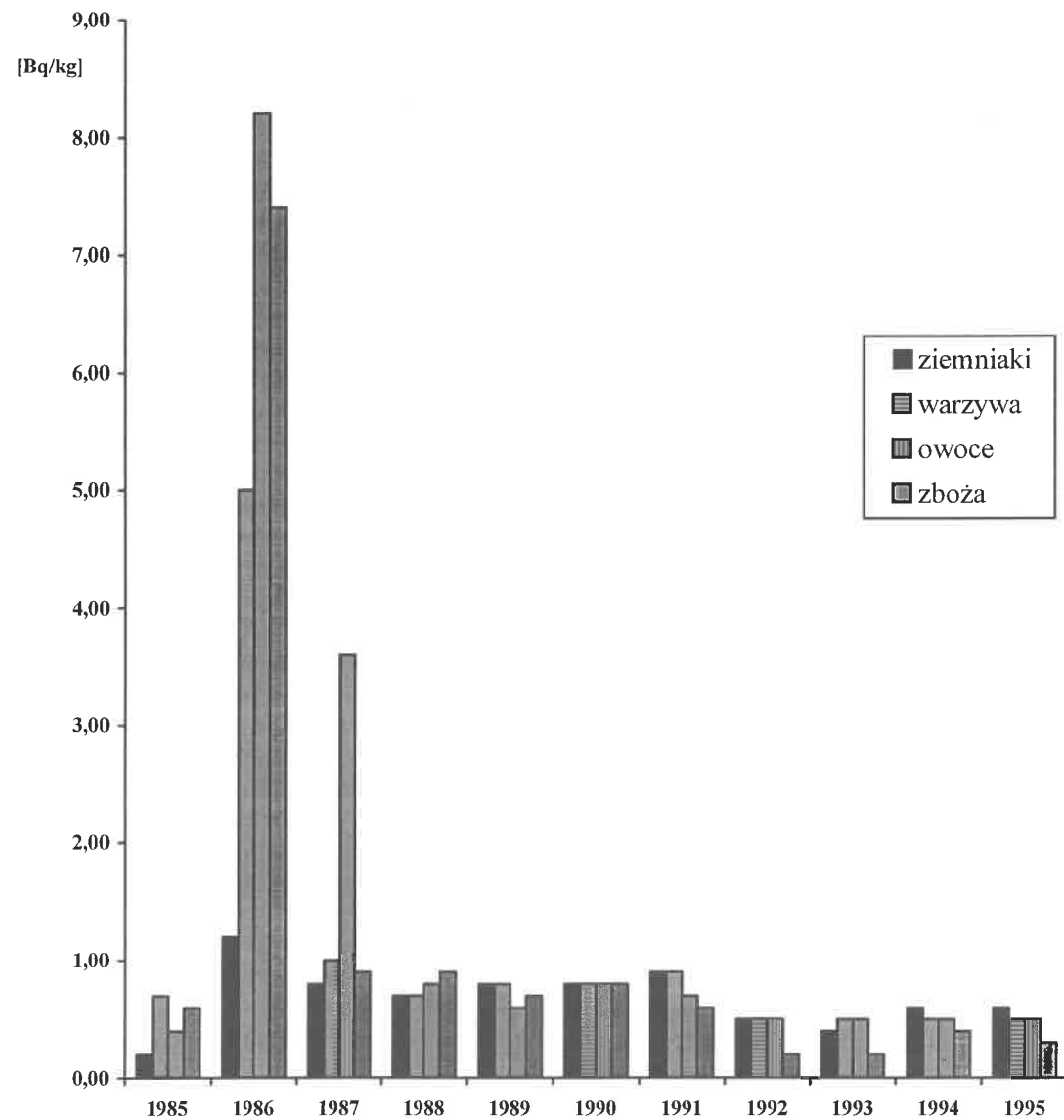
Dawki te nie obejmują dawek od promieniowania naturalnego i stosowanego w medycynie. Ocenia się, że wartość efektywnego równoważnika dawki jaką otrzymuje mieszkaniec Polski w ciągu roku od naturalnych źródeł promieniowania wynosi około 2,8 mSv, a od źródeł promieniowania stosowanych w medycynie – około 1,6 mSv.

Średnie roczne aktywności Cs-137 w mięsie, drobiu, rybach, jajach w Polsce w latach 1985 – 95



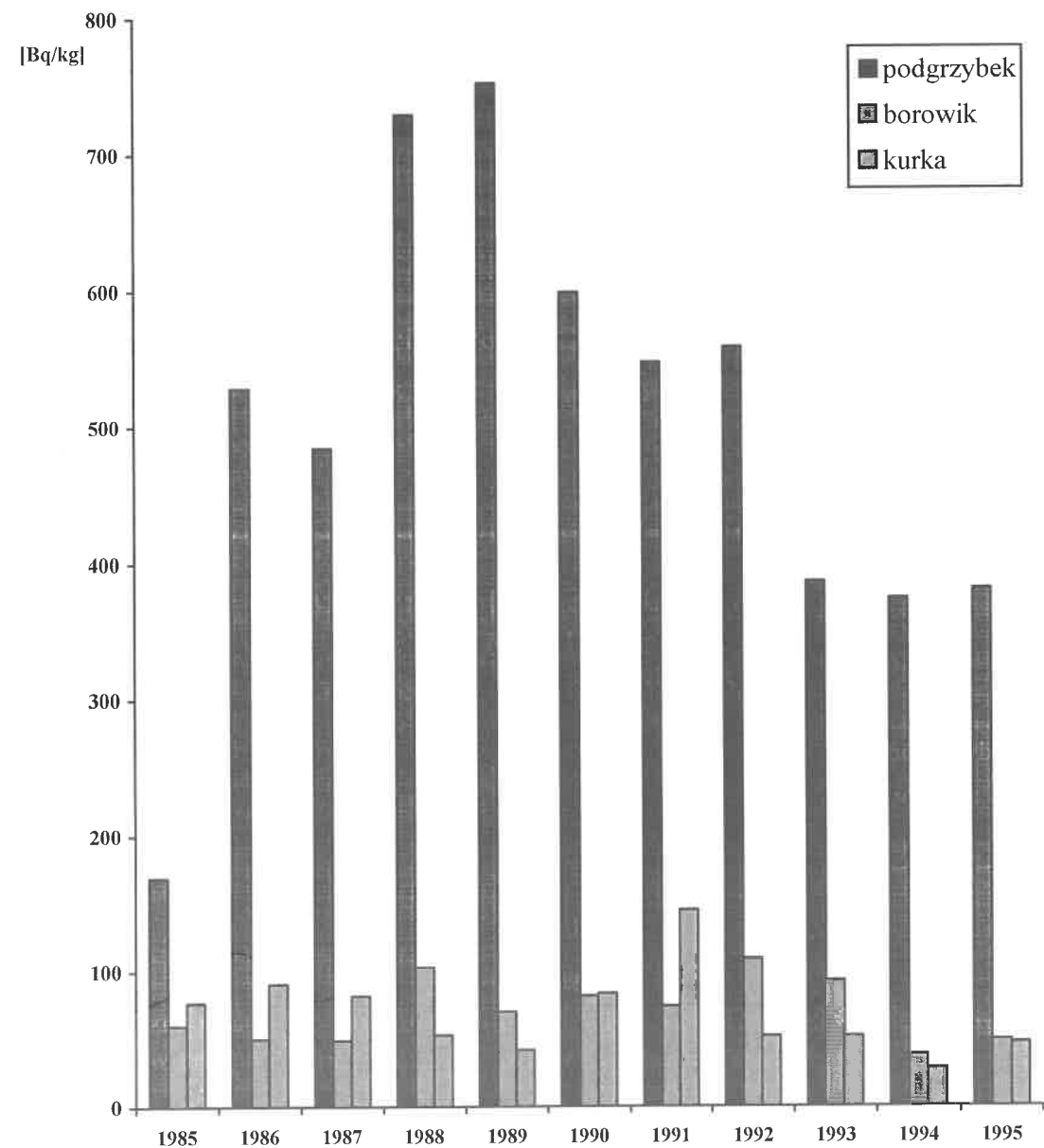
Rys. 3

Średnie roczne aktywności Cs-137
w warzywach, owocach, zbożach
w Polsce w latach 1985 – 95



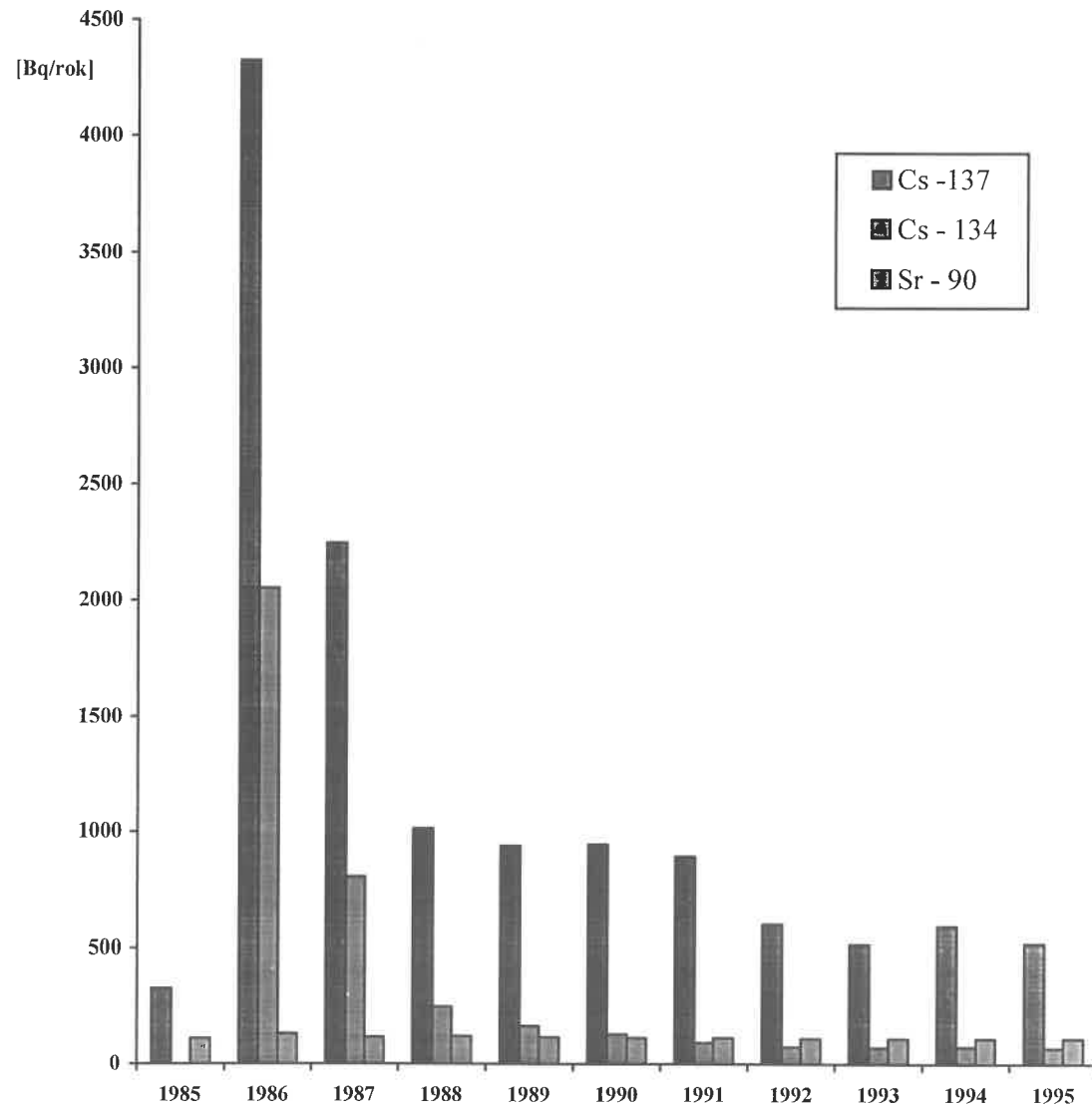
Rys. 4

Aktywność (Cs-134 + Cs-137)
w grzybach leśnych
w Polsce w latach 1985 – 95



Rys. 5

**Średnia roczna podaż z żywnością
Cs-134, Cs-137, Sr-90
w Polsce w latach 1985 – 95**



Rys. 6

Prowadzone systematycznie w kraju pomiary tła promieniowania gamma w powietrzu decydujące o wartości dawek od napromienienia zewnętrznego wskazują, że utrzymuje się ono na poziomie z okresu sprzed awarii czarnobylskiej. Potwierdzają to wyniki pomiarów radioaktywności powietrza oraz powierzchniowej warstwy gleby omówione w poprzedniej części tego rozdziału. Procesy migracji izotopu Cs-137 w głąb gleby sprawiają, że wpływ promieniowania gamma od tego izotopu na narażenie zewnętrzne jest pomijalnie mały w porównaniu z promieniowaniem naturalnym.

Narażenie ludności kraju w 1995 r. wynikające z obecności sztucznych radionuklidów wprowadzonych do środowiska w wyniku awarii w 1986 r. określone jest zatem napromienieniem wewnętrznym spowodowanym udziałem artykułów i produktów żywnościowych oraz płodów rolnych w diecie przeciętnego mieszkańca Polski. Przyjmując średnie wartości skażeń izotopami promieniotwórczymi poszczególnych artykułów żywnościowych i średnie statystyczne ich spożycie w ciągu roku, można obliczyć średnią roczną podaż izotopów drogą pokarmową. W 1995 r. udział mleka w rocznej podaży Cs-137 stanowił 39%, a mięsa 18%. Wysokie spożycie ziemniaków i warzyw powoduje, że mimo niskich poziomów skażeń, produkty te wnoszą ponad 10% Cs-137 do rocznej podaży. Średnią roczną podaż z żywnością izotopów Cs-134,

Cs-137 i Sr-90 w Polsce w latach 1985–95 przedstawiono na rys. 6.

Na rysunku nie uwzględniono spożycia dziczyzny i grzybów, których skażenie cezem jest znacznie wyższe niż pozostałych artykułów żywnościowych. Jednak udział dziczyzny i grzybów w średniej rocznej racji pokarmowej w Polsce jest mały i nie wpływa istotnie na średnią roczną podaż izotopów cezu.

Na podstawie rocznych limitów wchłonięć izotopów drogą pokarmową (równoważnych rocznemu efektywnemu równoważnikowi dawki 1 mSv), można obliczyć efektywny roczny równoważnik dawki otrzymywanej w wyniku spożywania żywności zawierającej sztuczne izotopy promieniotwórcze. W 1995 r. wynosił on 14 μ Sv/rok. Uwzględniając lokalne różnice w poziomie skażeń cezem oraz w składzie rocznej racji pokarmowej można przyjąć, że maksymalne dawki od wchłonięć cezu mogą być 5-krotnie wyższe. Wynika stąd, że roczny efektywny równoważnik dawki, otrzymanej w 1995 r. przez mieszkańca Polski w wyniku skażeń środowiska i żywności sztucznymi izotopami promieniotwórczymi, nie przekroczył pojedynczych procentów rocznej dawki granicznej.

Warto zwrócić uwagę, że średnia roczna podaż naturalnego K-40 z żywnością wynosi około 50 kBq, a wynikająca stąd dawka – 250 μ Sv. Średni roczny efektywny równoważnik dawki od wszystkich źródeł naturalnych wynosi w Polsce około 2,8 mSv.

STRATEGICZNY PROGRAM RZĄDOWY „GOSPODARKA ODPADAMI PROMIENIOTWÓRCZYMI I WYPALONYM PALIWEM W POLSCE” – ZAAKCEPTOWANY

Janusz Włodarski

W numerze 22/95 biuletynu „Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna” zamieszczony został obszerny artykuł *Strategia gospodarki odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym w Polsce na tle rozwiązań przyjętych w niektórych krajach europejskich*. W artykule tym przedstawiono działania Państwowej Agencji Atomistyki, dot. kompleksowego rozwiązania problemu odpadów promieniotwórczych. Jednym z zadań było opracowanie i przedłożenie do uzgodnień międzyresortowych projektu Strategicznego Programu Rządowego (SPR) *Gospodarka odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym w Polsce*. Zrealizowanie tego programu planowano na lata 1996 – 98.

W styczniu 1995 r. zakończono prace nad projektem programu. Został on pozytywnie oceniony przez zainteresowane resorty, a Stały Zespół ds. Kryzysowych rekomendował program do rozpatrzenia Komitetowi Spraw Obronnych Rady Ministrów (KSORM). Wobec pozytywnych opinii Komitetu i po aktualizacji zmieniającej m.in. okres jego realizacji na lata 1997 – 99, program został rekomendowany do rozpatrzenia przez Radę Ministrów.

21 maja 1996 r. SPR *Gospodarka odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym w Polsce* uzyskał akceptację rządu RP.

Chcielibyśmy przypomnieć, że program ten przewiduje realizację następujących prac:

- Opracowanie zbioru aktów prawnych i dokumentów zgodnych z aktualnym prawodawstwem w Polsce, konwencjami międzynarodowymi i przepisami obowiązującymi

w Unii Europejskiej dot. gospodarki odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym.

- Opracowanie i wdrożenie zgodnego ze standardami europejskimi systemu organizacyjnego gospodarki odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym.
- Opracowanie i wdrożenie nowych technologii unieszkodliwiania odpadów promieniotwórczych.
- Opracowanie projektu ostatecznego zamknięcia składowiska odpadów promieniotwórczych w Różanie.
- Opracowanie koncepcji ostatecznego zagospodarowania wypalonego paliwa jądrowego z reaktorów EWA i MARIA oraz poprawa obecnych warunków przechowywania tego paliwa.
- Analiza wariantowa bilansów, unieszkodliwiania i składowania promieniotwórczych odpadów oraz wypalonego paliwa z reaktorów jądrowych nowej generacji (w przypadku podjęcia w Polsce programu jądrowego) w latach 2010 – 2100.
- Wytypowanie lokalizacji i opracowanie materiałów wyjściowych do „Założeń techniczno-ekonomicznych” nowego składowiska odpadów nisko- i średnioaktywnych.
- Wytypowanie lokalizacji i opracowanie koncepcji składowiska odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego w głębokich formacjach geologicznych.
- Podjęcie działań informacyjnych dla społeczeństwa w zakresie gospodarki odpadami promieniotwórczymi.

SKŁADOWISKA ODPADÓW PROMIENIOTWÓRCZYCH W GŁĘBOKICH FORMACJACH GEOLOGICZNYCH W RÓŻNYCH KRAJACH ŚWIATA

Kazimierz Przewłocki

UWARUNKOWANIA I TRENDY ŚWIATOWE

W latach osiemdziesiątych przyjęto na świecie zasadę, że kraj, który czerpie korzyści ze stosowania energii jądrowej w różnych dziedzinach życia i gospodarki musi sam poradzić sobie z unieszkodliwianiem odpadów promieniotwórczych i to na tyle skutecznie, by tym problemem nie obciążać przyszłych pokoleń. Znalazło to swój wyraz w ustawodawstwie najbiedniejszych nawet krajów świata. Nie można odpadów promieniotwórczych ani wypalonego paliwa wyeksportować w celu ostatecznego ich składowania poza granice państwa, w którym one powstały.

Wypalone paliwo reaktorowe można uznać od razu za niebezpieczne odpady i przeznaczyć do ostatecznego składowania lub przekazać do zakładów przerobu paliwa wypalonego i powtórnie wykorzystać zawarte w nim materiały rozszczepialne. Powstałe w wyniku przerobu odpady określane są mianem odpadów wysokoaktywnych HLW (**High Level Waste**), które wymagają specjalnych technologii zarówno podczas przechowywania, jak i ostatecznego składowania.

Wielkie europejskie zakłady przerobu wypalonego paliwa reaktorowego (La Hague, Marcoul, Sellafield) jako warunek *sine qua non*, stawiają obowiązek odbioru wraz z odzyskanym materiałem rozszczepialnym, także wysokoaktywnych odpadów, które powstały w wyniku przerobu. W tej sytuacji prawie we wszystkich państwach świata, które mają energetykę jądrową, rozpoczęto programy badawcze nad lokalizacją i budową ostatecznych składowisk wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych.

Rozwiązanie tego problemu okazało się w praktyce niezwykle skomplikowane, ponieważ zarówno opakowania, w których umiesz-

cza się wysokoaktywne odpady, jak i miejsce ich złożenia muszą spełniać określone warunki. Przy najbardziej nawet liberalnych założeniach przyjmuje się, że:

- kanistry (opakowania) ze zwitryfikowanymi (zeszklwionymi) odpadami typu HLW lub wypalonym paliwem (*Once Through Cycle*) muszą być tak szczelne, by nie uległy uszkodzeniu przez co najmniej 1000 lat, a
- miejsce, w którym zamierza się zlokalizować składowisko musi mieć odpowiednią strukturę geologiczną i warunki hydrogeologiczne, uniemożliwiające przenikanie substancji promieniotwórczych do wód gruntowych i powierzchniowych przez następnych co najmniej 10.000 lat.

Jeszcze do niedawna wydawało się, że budowa takich składowisk jest sprawą bardzo pilną, ponieważ szybko zwiększała się ilość wypalonego paliwa reaktorowego w wodnych basenach przyelektrownianych (sposób składowania AR – *at reactor*). Okazało się jednak, że opracowane w latach osiemdziesiątych technologie tzw. suchego składowania wypalonego paliwa w specjalnie do tego celu zbudowanych budynkach (MRSF – *Monitored Retrievable Storage Facilities*) lub pojemnikach (typu CASTOR czy POLLUX), pozwalają na bezpieczne przechowywanie tego paliwa przez następnych kilkadziesiąt lat.

Ocenia się, że w 1995 r. w składowiskach tymczasowych (mokrych i suchych) znajdowało się już 170.000 tHM (*Heavy Metal*), zaś w roku 2010 ilość ta wzrosnie przypuszczalnie do 300.000 tHM. Roczne koszty składowania wypalonego paliwa reaktorowego nie są jeszcze na tyle wysokie, aby zmuszały do natychmiastowej budowy bardzo drogiej docelowych składowisk HLW. Na przykład koszty suchego składowania wynosiły w 1995 r. w Niemczech: dla wypalonego paliwa średnio 42 DM/kg, zaś dla 1 kg plutonu z przerobu pa-

Notka o Autorze

Janusz Włodarski – mgr inż. energetyki jądrowej, doradca Prezesa PAA ds. odpadów promieniotwórczych

liwa reaktorowego (tzw. *fission plutonium-Pu^f*) – 6000 DM/kg. Tym nie mniej *an gross* koszty te stale rosną i powodują wzrost ceny 1 kWh energii elektrycznej.

Na inny jeszcze aspekt zagadnienia zwrócił uwagę C. Bristol: „...ponieważ dotąd nie istnieje jeszcze działające na skalę przemysłową docelowe podziemne składowisko wypalonego paliwa reaktorowego i HLW, operatorzy reaktorów są w trudnej sytuacji z racji odpowiedzialności za gospodarkę wypalonym paliwem reaktorowym. Istnieje bowiem obawa, że opinia publiczna może zacząć protestować przeciwko ciągłemu powiększaniu się zasobów wypalonego paliwa bez jasnej koncepcji jego ostatecznego unieszkodliwiania...”. W efekcie w miejsce prób pośpiesznego projektowania składowisk wypalonego paliwa pojawiły się długookresowe programy badawcze finansowane w części także ze środków państwowych prawie we wszystkich krajach, które bądź mają energetykę jądrową, bądź też projektują u siebie jej wdrożenie. Tylko w dwóch krajach (USA i Niemcy) rozpoczęto już budowę ostatecznych składowisk HLW, ale mają one jeszcze status przedsięwzięć eksperymentalnych.

STAN PROJEKTOWANIA SKŁADOWISK GŁĘBOKICH NA ŚWIECIE

Argentyna. Rozważa się lokalizację przyszłego składowiska HLW w granitach. Wytypowano cztery lokalizacje: La Esperanza, Chasico (Prowincja Rio Negro), Calcatapul oraz Sierra del Medio (Chubut), gdzie obecnie koncentrują się prace badawcze. Składowisko będzie budowane na głębokości ok. 500 m. Przewiduje się, że w 1996 r. rozpocznie się głębienie szybów, a w 2010 r. – eksploatacja. Według założeń temperatura w złożu nie powinna przekraczać 60°C, zaś obciążenie termiczne 5 Wm². Kontenery mają być umieszczone w otworach ($\phi = 1000$ mm) wierconych w spągu wyrobisk na głębokość 4,5 m.

Belgia. Przewiduje się dalszą eksploatację 2 elektrowni jądrowych o łącznej mocy 5,6 GWe oraz budowę zakładu produkcji paliwa reaktorowego.

W Belgii nie ma łatwo osiągalnych złóż skał krystalicznych. Rozważa się więc budowę składowiska ILW (**Intermediate Level Waste**) i HLW w miejscowości Mol Dessel, gdzie znajduje się Belgijski Instytut Badań Jądrowych (*Nuclear Research Establishment*). Na głębokości 160 – 270 m znajduje się złożo ilów (*boom clay*), które uważane jest za odpowiednią formację skalną do składowania wszelkiego typu odpadów promieniotwórczych. Poniżej, na głębokościach 180 – 300 m znajduje się następne złożo ilów formacji westfalskiej zwanej „Grande stampe sterile” również nadające się do składowania HLW. Zamierza się oba te złoża udostępnić za pomocą 3 szybów o średnicy 4,5 m. Kanistry z odpadami typu HLW byłyby składowane w chodnikach (średnica 3,5 m) o łącznej długości 7,5 km. W osobnych chodnikach byłyby składowane ILW.

Chiny. Studia nad lokalizacją głębokiego składowiska HLW rozpoczęto w 1985 r. Planuje się składowanie HLW w granitach. Na zachodzie prowincji Zhejiang znajdują się duże masywy zbudowane z granitodiorytów. Za szczególnie perspektywiczny uważa się granitowy batolit, którego powierzchnia przekroju wynosi ok. 300 km². Tam prawdopodobnie, koło miejscowości Anhui, skoncentrują się dalsze prace badawcze.

Finlandia. W 1993 r. rząd fiński zdecydował, że wypalone paliwo reaktorowe będzie w przyszłości przerabiane w kraju. Wysokoaktywne zwitryfikowane (zeszklwione) odpady będą docelowo składowane w formacjach granitowych. Każda z dwóch firm energetycznych zajmujących się eksploatacją elektrowni jądrowych TVO (*Teollisuusolen Voima Oy*) i IVO (*Imatran Voima Oy*) projektowały do niedawna budowę 2 różnych składowisk zlokalizowanych w pobliżu eksploatowanych już elektrowni jądrowych Olkiluoto i Lovissa. Obecnie rysuje się koncepcja budowy jednego wspólnego składowiska, co powinno zmniejszyć koszty budowy prawie o połowę. Na wyspie Hastholmen (o pow. 1,7 km²) eksploatowane już jest płytkie podziemne składowisko LLW (**Low Level Waste**) i ILW typu komorowego zlokalizowane w granitach na głębo-

kości 110 m. Firma IVO, odpowiedzialna za eksploatację elektrowni Lovissa proponuje, aby zlokalizować tam również składowisko zwitryfikowanych odpadów z przerobu paliwa jądrowego (HLW). Druga konkurencyjna firma – TVO proponuje 3 inne lokalizacje w głębi kraju.

Ostateczną decyzję dotyczącą budowy składowiska parlament podejmie do roku 2000, zaś jego budowa i uruchomienie nastąpi wkrótce po roku 2010.

Francja. Francja, gdzie prawie 78% energii elektrycznej pochodzi z elektrowni jądrowych, ma również przemysł przerobu wypalonego paliwa jądrowego – zakłady w La Hague i Marcoule. Wbrew oczekiwaniom nie jest ona jednak zbyt mocno zaawansowana w projektowaniu składowiska HLW. Obecnie zakłada się, że przez najbliższe 30 lat HLW będą przechowywane w składowiskach tymczasowych (*interim storages*). Na składowisko docelowe HLW wyselekcjonowano dotychczas 4 perspektywiczne lokalizacje: Aisne (iły), Deux Sevres (granity), Main-et-Loire (tupki) i Ain (sole). Z ostatnich doniesień wynika, że ANDRA (*Agence Nationale pour la Gestion des Dechets Radioactifs*) zainteresowana jest zbudowaniem podziemnego laboratorium badawczego w złożach ilów lub granitów, co świadczy o skoncentrowaniu się francuskich zainteresowań na tych dwóch typach skał.

Hiszpania. Pomimo dobrze rozwiniętej energetyki jądrowej budowa składowiska HLW znajduje się w fazie koncepcji. Dopiero w 1992 r. opracowano tam niezbędne kryterium lokalizacji głębokiego składowiska w solach lub granitach, a w 1994 r. dla podobnego składowiska w skałach ilastych. Wydaje się jednak, że nie dokonano jeszcze wyboru pomiędzy tymi opcjami i nie podjęto decyzji o lokalizacji składowiska.

Holandia. Holandia eksploatuje obecnie dwie elektrownie jądrowe o mocy 500 MWe. Scenariusze przyszłościowe przewidują, że instalowana moc może być w niedalekiej przyszłości podniesiona do 3000 MWe. Dlatego też w latach 1985 – 89 uruchomiono program badawczy, przewidujący ułożenie składowiska w jednym z kilku wysadów solnych znajdujących się na terenie Holandii. Przeprowa-

dzono obszerne studia geologiczne i symulacyjne, w których od razu zakładano udostępnienie górnicze jednego z wysadów i składowanie w komorach 2 typów odpadów, osobno ILW i LLW oraz wysokoaktywnych w komorach ługowniczych suchych na głębokości 1000 m i wypełnionych solanką na głębokości około 2000 m. Na razie nie ma jednak informacji o wyborze określonej lokalizacji i rozpoczęciu prac.

Indie. Za najbardziej perspektywiczną formację na składowisko HLW uważa się skały wylewne. W Indiach tzw. Równina Dekkańska (*Deccan Trap*) wypełniona jest lawą bazaltową, rozciągającą się od Indii Centralnych do zachodniego brzegu subkontynentu. Blisko brzegu znajdują się duże masywy granitognejsów bardziej odpowiednie na składowisko ze względu na wyższą od bazaltowej temperaturę topnienia lawy granitowej. W nich prawdopodobnie zostanie zlokalizowane składowisko HLW.

Japonia. Niełatwo w Japonii znaleźć odpowiednią lokalizację na składowisko HLW, choćby z tego względu, że wszystkie złoża (w tym także skalne) są tam stosunkowo niewielkie, co utrudnia zapewnienie odpowiednich filarów ochronnych. Ponadto większość terytorium Japonii jest sejsmicznie aktywna. Tym nie mniej presja na szybką budowę takiego składowiska już istnieje, nie tylko ze względu na rozwiniętą energetykę jądrową, ale też dlatego, że w Tokai rozpoczął już pracę zakład przerobu wypalonego paliwa jądrowego TVF (*Tokai Vitrication Facility*) i w 1995 r. wyprodukowano już pierwszy kanister z zeszkliwionymi HLW. Poza tym w miejscowości Monju uruchomiono prototyp pierwszego w Japonii reaktora powielającego, co spowoduje powstawanie nowego typu odpadów promieniotwórczych. Dlatego też w styczniu 1995 r. uruchomiono drugi zakład wypalonego paliwa RETF (*Recycling Equipment Testing Facility*). Wielką wagę przykładają się w Japonii do akceptacji społecznej (*public understanding and co-operation*) tego typu przedsięwzięć. Za perspektywiczne – na lokalizację składowiska HLW – uważa się tam skały magmowe (granity).

Kanada. Na rozległym terytorium Kanady, istnieje w zasadzie możliwość lokalizacji składowiska w dowolnej formacji skalnej. W przeszłości rozważano różne nadające się do tego utwory skalne: skały wylewne, pokładowe łupki i pokładowe złoża solne. Ostatecznie wybrano granity w miejscowości Whiteshell w pobliżu Jądrowego Ośrodka Badawczego. Istnieje tam batolit granitowy stwarzający dogodne warunki do lokalizacji składowiska. Nie zatwierdzono jednak tej lokalizacji prawdopodobnie na skutek protestów opinii publicznej. O istnieniu w Kanadzie opozycji przeciwko planom budowy składowiska HLW świadczy choćby fakt, że CEEA (*Canadian Environmental Assessment Agency*) w latach 1994 – 95 musiała zorganizować aż w 24 miastach publiczne sesje tzw. *open houses*, podczas których uzasadniano potrzebę budowy składowisk i zaznajamiano mieszkańców z ich projektami.

Korea Pd. Pouczający jest przykład Korei. W 1986 r. wytypowano 3 potencjalne lokalizacje na składowiska niskoaktywnych odpadów promieniotwórczych (LLW) na stałym lądzie. Jednak opozycja lokalna była na tyle silna, że zaniechano dalszych prac. Władze wykupiły wówczas wulkaniczną wysepkę (tufity) o pow. 1.7 km², położoną w odległości 50 km od brzegu. Lokalnej społeczności trzeba było jednak za to zapłacić 63 mln \$ jako rekompensatę, zaś parlament zmuszony był uchwalić ustawę „o krajowym programie rozwoju gospodarki odpadami promieniotwórczymi i promocji lokalnych społeczności”. Prace nad składowaniem i transportem HLW znajdują się dopiero w fazie studialnej, pomimo istnienia już w tym kraju energetyki jądrowej. Nie jest jednak wykluczone, że zostanie wzięta pod uwagę koncepcja budowy na tej wysepce składowiska odpadów I/LLW i HLW.

Niemcy. Są najbardziej zaawansowanym krajem w budowie składowiska HLW. Przewiduje się tam składowanie w formacjach solnych odpadów promieniotwórczych wszystkich kategorii. W miejscowości Remlington (Dolna Saksonia) znajduje się kopalnia soli „Asse”, której eksploatację zakończono w 1965 r. Przeznaczono ją wówczas na podziemne laboratorium, w którym prowadzi się do dzisiaj ba-

dania nad składowaniem odpadów promieniotwórczych. W 1978 r. nie opodal uruchomiono ERAM Morsleben (*Endlager für Radioaktive Abfälle Morsleben*) składowisko zlokalizowane podobnie jak „Asse” w wysadzie solnym, w byłej kopalni soli. Do składowania nie wykorzystuje się jednak poeksploatacyjnych wyrobisk, lecz buduje nowe, w których składa się LLW i ILW-LL (LL – **Long Live** – długozyciowe). Morsleben ma na razie licencję na prowadzenie działalności ważną do 30 czerwca 2000 r. Spodziewane jest złożenie w nim do tego czasu ok. 40.000 m³ odpadów promieniotwórczych o łącznej aktywności 20 TBq.

W 1979 r. wytypowano następny wysad solny na terenie Dolnej Saksonii w miejscowości Gorleben i od razu przeznaczono na ostateczne składowisko HLW i ILW/LL. Przez 6 pierwszych lat prowadzono tam tylko badania z powierzchni ziemi, zaś w 1986 r. rozpoczęto głębienie szybów Gorleben 1 i Gorleben 2. Na głębokości 260 m osiągnęły one zwierciadło solne. W 1990 r. obydwie miały już po ok. 600 m głębokości (będą miały przypuszczalnie po 1000 m).

Na powierzchni, w miejscowości Gorleben zbudowano też czasowe składowisko wypalonego paliwa jądrowego (*interim storage*), które jest obecnie eksploatowane. Jednak lokalna opinia publiczna już kilkakrotnie protestowała przeciwko temu przedsięwzięciu.

Szwajcaria. Lokalizacja składowiska HLW nie została dotychczas ustalona. Rozważa się koncepcję składowania HLW w iltach (*opalinus clay*) w miejscowości Benken lub w skałach krystalicznych w miejscowości Boettstein. Na razie formacje te rozpoznaje się tylko za pomocą pojedynczych wierceń. Wielką wagę przykładają władze do akceptacji proponowanych lokalizacji przez opinię publiczną.

Szwecja. Tak jak w całej Skandynawii, najbardziej odpowiednim środowiskiem skalnym do składowania HLW są granity. W miejscowości Oskarshamn zakończono właśnie budowę podziemnego laboratorium (*Aspo Hard Rock Laboratory*). Złoże udostępniono upadową (dł. 3500 m) wykonaną techniką TBM (*Tunnel Boring Machine*). W Oskarshamn znajduje się także tymczasowy przechowalnik wypalonego

paliwa. Można się spodziewać, że w laboratorium będzie się prowadzić próby nad ostatecznym składowaniem wypalonego paliwa.

Wielka Brytania. Minister Ochrony Środowiska John Gummer, 9 maja 1995 r. stwierdził, że: „... rząd jest za składowaniem ILW w głębokich formacjach geologicznych i nie popiera koncepcji bezterminowego ich składowania w czasowych przechowalnikach. Uważa też, że słuszne, aby UK Nirex Ltd (*Nuclear Industry Radioactive Waste Executive*) dążył do wytypowania odpowiedniej lokalizacji. Powstało pytanie, czy odłożenie decyzji dotyczącej budowy składowiska o 50 lat przyniosłoby wymierne korzyści czy nie. Ale po rozpatrzeniu wszystkich argumentów za i przeciw wiadać, że więcej argumentów przemawia za nieodkładaniem takiej decyzji ...”. Znamy jednak niewiele szczegółów na temat dalszych poszukiwań lokalizacji składowiska. Potencjalne miejsce na składowanie odpadów (mówi się, że idzie tylko o ILW) wytypowano w okolicy Sellafield, tam gdzie znajdują się zakłady przerobu paliwa. Przypuszczalnie jednak idzie o HLW, ponieważ w tym rejonie wykonano aż 21 głębokich odwiertów (do 2000 m), w których przeprowadzono próbne pompowania. W przypadku, gdyby tylko chodziło o ILW, tak wielka inwestycja nie byłaby ekonomicznie uzasadniona. Wydaje się więc, że inwestorzy świadomie nie chcą udzielać bliższych informacji zasłaniając się tajemnicą handlową (*commercial secret*). Przypuszczalnie nie chcą ujawniać swych planów opinii publicznej.

Włochy. Ocenia się, że we Włoszech jest już ok. 300 t wypalonego paliwa reaktorowego. Uniwersytet w Rzymie i ISMES w Cassacci prowadzą doświadczalny przerób wypalonego paliwa. Próbuje się tam m.in. metodami radiochemicznymi oddzielić α -promieniotwórcze odpady od produktów rozszczepienia. Lokalizację docelowego składowiska HLW upatruje się raczej w formacjach ilastych. Wydaje się jednak wątpliwe, aby tym rozważaniom towarzyszyły konkretne przedsięwzięcia.

Stany Zjednoczone. W Stanach Zjednoczonych początkowo projektowano zbudowanie dużego centralnego składowiska HLW (ewen-

tualnie także z I/LLW) w złożu solnym, w miejscowości Los Medanos w stanie Nowy Meksyk. Z nieznanych bliżej przyczyn – w połowie lat osiemdziesiątych – odstąpiono od tej koncepcji i rozpoczęto projekt badawczy ESF (*Exploratory Studies Facility*) na terenie rezerwatu indiańskiego Hanford w miejscowości Yucca Mountains w stanie Nevada. Projektowane składowisko ma być zlokalizowane w zwięzłych tufitach. Złoże znajduje się w strefie aeracji (powyżej zwierciadła wód gruntowych) i jest aktualnie udostępniane za pomocą sztolni o długości 2800 m. ESF wykonywane jest metodą wiertniczą TBM (*Tunnel Boring Machine*). Sztolnia miała być gotowa w maju 1996 r. Przewiduje się, że po złożeniu w komorach składowych kanistrów z wypalonym paliwem temperatura otaczających skał podniesie się powyżej punktu wrzenia wody i taki stan będzie się utrzymywać około tysiąca lat. Dzięki temu składowisko pozostanie przez cały czas suche, ponieważ ewentualne wody meteoryczne będą odparowywać. Gdyby próbne badania wykazały przydatność złoża tufitów w Yucca Mountains do składowania HLW, wówczas ok. 2000 r. zostanie złożony wniosek o zatwierdzenie lokalizacji. Jeśli lokalizacja zostanie zatwierdzona, to w 2010 r. spodziewane jest oddanie składowiska do eksploatacji. US Department of Energy (DOE) i Office of Civilian Radioactive Waste Management (OCRWM) przewidują, że w ciągu 100 lat będzie się prowadzić eksploatację doświadczalną, a gdyby pojawiły się niespodziewane zagrożenia, składowisko będzie mogło być opróżnione (*retrievability up to 100 years*). Zakłada się, że będzie się tu składować tylko wypalone paliwo (bez przerobu).

Wielką wagę przykładają się natomiast obecnie do zapoznania opinii publicznej z projektem składowiska i zminimalizowaniem jego wpływu na środowisko naturalne. Zaprasza się oponentów z przyległych stanów do zwiedzania miejsca robót. DOE zorganizowało w 1994 r. ponad 20 spotkań z organizacjami wyrażającymi sprzeciw lub zainteresowanymi przedsięwzięciem. Przeciwnicy lokalizacji byli zapraszani do przedstawienia swoich argumentów. Niejasna jest sprawa sprzeciwu Indian. Wiadomo, że prowadzone były pertraktacje

z przedstawicielami poszczególnych rodów indiańskich, które są właścicielami ziemi w rezerwatach.

PODZIEMNE LABORATORIA BADAWCZE

Podziemne laboratoria badawcze budowane są przede wszystkim w celu szczegółowego rozeznania formacji skalnej, w której w przyszłości ma być zlokalizowane podziemne składowisko. Po udostępnieniu złoża prowadzi się w nim badania petrograficzne, hydrogeologiczne, geochemiczne, wytrzymałościowe itd. Dotyczy to przede wszystkim składowisk HLW i ILW-LL, w których należy uwzględnić dodatkowo efekty termiczne i wyjątkowo długi okres izolacji od hydrosfery. Informacje te mają posłużyć do prac projektowych. W wielu krajach budowane są obecnie podziemne laboratoria badawcze. Oto kilka przykładów.

Australia. W kraju tym wylansowano ideę tzw. sztucznej skały (*synthetic rock*) – **synroc**. Jest to spiek ceramiczny na bazie tytanitów, odporny na wysokie temperatury, zdolny unieruchomić geochemicznie ciężkie nuklidy promieniotwórcze. Uważa się, że materiał ten może być szczególnie przydatny do unieszkodliwiania plutonu wyprodukowanego do celów wojskowych. Pozwala on bowiem na składowanie plutonu w bardzo głębokich otworach wiertniczych uniemożliwiających jego powtórne odzyskanie. Badania wykonywane na razie w odwiertach, wykazały przydatność synrocu do budowy barier inżynierskich.

Belgia. Na składowiska HLW i LLW-LL typuje się w tym kraju formacje ilaste. Istnieje już w miejscowości Mol Dessel (*Centre for Nuclear Energy Studies*) podziemne laboratorium, w którym bada się możliwości składowania odpadów z grupy L/ILW w iłach. Obszerniejszy program pod nazwą **PRACLAY** (*Preliminary Demonstration Test for Clay Disposal*) ma objąć rozbudowę laboratorium i badania także HLW. Zadania te są częściowo finansowane przez Unię Europejską w ramach programu R&D (*Radwaste Management & Disposal*).

Francja. W 1994 r. ANDRA została upoważniona do rozważania koncepcji budowy podziemnego laboratorium badawczego. Rozpatruje się 2 typy skał na przyszłe składowiska: iły jurajskie lub karbońskie w Departamencie Meuse, Haute Mama i Gard, oraz/lub granity w Departamencie Vienne.

Japonia. Na razie kraj ten nastawia się na czasowe (suche) przechowalniki HLW i wypalonego paliwa jądrowego. Niemniej od 1988 r. istnieje już w miejscowości Kamaiishi podziemne laboratorium badawcze. Usytuowane jest w skałach krystalicznych w byłej kopalni żelaza. Od roku 1993 jest ono rozbudowywane. Prowadzi się w nim badania geofizyczne, geotermiczne i hydrologiczne. Szczególną wagę przywiązuje się do wypróbowywania oprzyrządowania kontrolnego, w które będzie wyposażone przyszłe składowisko. Drugie laboratorium mieści się w centralnej Japonii w miejscowości Tono. Urządzono je w płytkiej (150 m) kopalni uranu w bliżej nie nazwanych skałach osadowych (poniżej znajduje się granit).

Kanada. W Kanadzie istnieje podziemne laboratorium URL (*Underground Research Laboratory*). Badane złoża udostępniane jest za pomocą szybu o głębokości 445 m.

Szwecja. Pierwsze podziemne laboratorium było tam założone w wyeksploatowanej kopalni żelaza w granitach w miejscowości Stripa k. Sztokholmu. W latach 1970–90, prowadzono tam intensywne badania w szerokiej współpracy międzynarodowej. Obecnie na ukończeniu jest budowa następnego laboratorium (*Aspo Hard Rock Laboratory*) w miejscowości Oskarshamm.

Wielka Brytania. Planuje się budowę laboratorium RCF (*Rock Characterisation Facility*), usytuowanego pod ziemią na głębokości około 800 m, przypuszczalnie w rejonie Sellafield.

PODSUMOWANIE

Dokonując przeglądu różnych koncepcji budowy składowisk głębokich w poszczególnych krajach, które mają energetykę jądrową można wyciągnąć kilka ogólniejszych wniosków:

- Ze względu na trudności lokalizacyjne składowisk odpadów promieniotwórczych na powierzchni i minimalizację kosztów inwestycyjnych rozpatrywane były takie modele i koncepcje podziemnych składowisk, w których można by lokować na różnych głębokościach odpady wysoko-, średnio- i niskoaktywne.
- Nigdzie jeszcze na świecie nie ma systematycznie eksploatowanego docelowego składowiska odpadów HLW. W dwóch krajach (USA i Niemcy), gdzie składowiska takie – kosztem wielkich nakładów – są budowane, mają one status przedsięwzięć doświadczalnych.
- Cztery rodzaje skał uważa się za odpowiednie do budowy docelowych składowisk HLW. Są to: sole, granity, tufity i iły. Wydaje się, że najczęściej wskazywane są granity, być może z racji dobrego rozeznania ich własności wytrzymałościowych, hydraulicznych i termicznych.
- Zwraca uwagę fakt wyczerpania opinii publicznej na uzgodnienie z nią ostatecznej lokalizacji składowiska. Sprawia to kłopot prawie wszystkim inwestorom i dlatego tak wielką wagę przykładają oni do negocjacji z lokalnymi społecznościami.
- Wydaje się jednak, że wynalezienie technologii suchego składowania wypalonego paliwa znacznie złagodzi problem jego szybkiego zagospodarowania. Pozwala to (daje czas) na przeprowadzenie szczegółowych studiów przed zatwierdzeniem lokalizacji i rozpoczęcie prac projektowych. W związku z tym w wielu krajach obserwuje się tendencję do budowania podziemnych laboratoriów badawczych, w których możliwe byłoby szczegółowe rozpoznanie własności wybranych formacji skalnych.
- Ze względu na własną specyfikę i ukształtowanie geologiczne, każdy kraj musi rozwiązywać ten problem indywidualnie.

* * *

Według prognoz krajowych energetyków Polska w przyszłości będzie musiała sięgnąć po energetykę jądrową, choćby z powodu wyczerpania się złóż paliw kopalnych. Jednakże warunkiem uzyskania zgody społecznej na wprowadzenie tej opcji energetycznej musi być wypracowanie jasnej koncepcji finalnego zagospodarowania wypalonego paliwa reaktorowego lub wysokoaktywnych odpadów promieniotwórczych powstałych w wyniku jego przerobu. Równocześnie (w perspektywie kilkunastu lat) nastąpi całkowite wypełnienie Centralnej Składowicy Odpadów Promieniotwórczych (CSOP) w Różanie. Spowoduje to konieczność wyboru lokalizacji i budowy składowiska odpadów nisko-, średnio- i wysokoaktywnych.

W naszym kraju bardzo prawdopodobnym miejscem składowania będą złoża soli cechsztyńskich (wysadowe lub pokładowe). W kopalni soli „Kłodawa” mogłoby powstać odpowiednie laboratorium badawcze. Mając tego typu narzędzie, Polska mogłaby nawiązać szerszą współpracę międzynarodową z krajami realizującymi podobne programy (np. Niemcami, Holandią). W każdym razie, już obecnie powinniśmy rozpocząć prace nad wyborem lokalizacji i budowy nowego składowiska odpadów promieniotwórczych, by w odpowiednim czasie uzyskać zamierzony efekt.

Można tu przytoczyć słowa Ministra Ochrony Środowiska Wielkiej Brytanii, który w maju 1995 r. w parlamencie powiedział, że „...biorąc pod uwagę czas potrzebny na zaprojektowanie głębokiego składowiska odpadów promieniotwórczych i czas potrzebny na jego zbudowanie, kroki podjęte przez nas obecnie zaowocują przypuszczalnie dopiero w drugiej połowie przyszłego stulecia...”.

21 maja br. rząd RP zaakceptował strategiczny program *Gospodarka odpadami promieniotwórczymi i wypalonym paliwem jądrowym w Polsce*.

LITERATURA ZALECANA

- [1] Bristol C., *Selection of a spent fuel removal system for THORP*. „Safety and Engineering Aspects of Spent Fuel Storage”, IAEA, 219, 1995
- [2] Brocoum S.J., Van Camp S.G., Fenster D.F., *Site characterization activities to investigate major geologic uncertain at the potential high level waste radioactive waste repository*. „Geological Problems in Radioactive Waste Isolation – A World Wide Review”, Lawrence Berkeley Laboratory, Univ. of California, 1991
- [3] Hill L.R., *Characterization of a site in bedded salt for isolation of radioactive waste*. „Underground Disposal of Radioactive Waste”, Vol. 1, IAEA, 1980
- [4] Janberg K., *Dry spent fuel storage in Germany; Status in 1994 and prospects*. „Safety and Engineering Aspects of Spent Fuel Storage”, IAEA, 307, 1995
- [5] *Research program on geological disposal of radioactive waste in the Netherlands*. „Geological Problems in Radioactive Waste Isolation – A World Wide Review”, Lawrence Berkeley Laboratory, Univ. of California, 1991
- [6] *Review of available options low level radioactive waste disposal*. IAEA-TECHDOC-661, 1992
- [7] Semenov B. at all, *Overview of spent fuel management*. „Safety and Engineering Aspects of Spent Fuel Storage”, IAEA, 1995
- [8] *Storage of radioactive waste*. IAEA-TECHDOC-653, IAEA, 1992
- [9] *Update on waste management policies and programmes*. „Nuclear Waste Bulletin”, Nuclear Energy Agency OECD, No 10, Paris, June 1995
- [10] Valkeneer M., *Spent fuel management in Belgium*. „Safety and Engineering Aspects of Spent Fuel Storage”, IAEA, 1995

Notka o Autorze

Kazimierz Przewłocki – prof. dr hab. Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie