

Alicja Chmura

Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie

Wydział Nauk Historycznych i Społecznych

GLOBALNE AWARIE, REGIONALNE BEZPIECZEŃSTWO, LOKALNA ŚWIADOMOŚĆ – SPOŁECZNO-EKONOMICZNE UWARUNKOWANIA ROZWOJU ENERGETYKI JĄDROWEJ W POLSCE

GLOBAL FAILURES, REGIONAL SECURITY, LOCAL CONSCIOUSNESS
– SOCIO-ECONOMIC CONDITIONS FOR THE DEVELOPMENT
OF NUCLEAR ENERGY IN POLAND

Streszczenie: Aktualny stan polskiej infrastruktury energetycznej, prognozy zapotrzebowania na energię elektryczną oraz europejska polityka energetyczna, ukierunkowana na ograniczenie emisji dwutlenku węgla do atmosfery, wskazują na potrzebę rozwoju krajowej energetyki jądrowej oraz zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Realizacja założeń polskiego programu jądrowego napotyka szereg problemów. Najistotniejsze z nich mają podłoże ekonomiczne oraz społeczne, związane z obawami społeczeństwa dotyczącymi bezpieczeństwa eksploatacji elektrowni. W artykule zestawiono przebieg i skutki największych awarii jądrowych na świecie z opiniami polskiego społeczeństwa na temat planów rozwoju energetyki jądrowej. Opinie te wynikają z braku obiektywnej wiedzy oraz powielania wielu mitów, którym przeczą naukowe badania i publikacje. Potencjalna eksploatacja polskiej elektrowni jądrowej będzie znacznie bardziej bezpieczna, niż się powszechnie uważa.

Słowa kluczowe: energetyka jądrowa w Polsce, bezpieczeństwo energetyczne, awarie elektrowni jądrowych, skutki awarii elektrowni jądrowych

Summary: The current state of Polish energy infrastructure, the predictions of the demands for electricity and European policies aimed at the reduction of carbon dioxide emission all indicate the need for the nuclear power development and further exploitation of reusable sources of energy. The fulfillment of the objectives of the Polish nuclear program faces some difficulties. The most important ones are economic and social ones which are associated with the anxiety caused by the possible dangers connected to the nuclear power plant's exploitation. The article presents the course and the effects of the largest nuclear failures in the world with the opinions of the Polish society concerning the plans

for the development of nuclear energy. These opinions stem from the lack of objective knowledge and misguided belief in the popular myths, which have already been debunked in numerous studies. The exploitation of a hypothetical nuclear power plant based in Poland is reported to be not nearly as dangerous as it is universally believed.

Keywords: nuclear power in Poland, energy security, nuclear power plant failures, the effects of nuclear power plant disasters

Wprowadzenie

Energetyka jądrowa stanowi jedno z istotnych źródeł energii elektrycznej na świecie. Reaktory jądrowe są eksploatowane w wielu krajach, prawie na wszystkich kontynentach. Energetyka jądrowa ma największe znaczenie w krajach najbardziej rozwiniętych i dysponujących największym potencjałem gospodarczym i technologicznym. Istotna jest również w tych państwach, które dysponują ograniczonymi zasobami własnych surowców energetycznych. Wśród czynników przemawiających za rozwojem energetyki jądrowej można wskazać m.in. znacznie niższe koszty wytwarzania energii elektrycznej (z 1 kg paliwa uranowego uzyskuje się 2,5 mln razy więcej energii niż z takiej samej ilości węgla w elektrowniach węglowych), niskie ceny paliwa jądrowego i niewielki ich udział w cenie wytwarzanej energii, brak emisji trujących substancji do otoczenia, mniejszą ilość odpadów, większą dywersyfikację źródeł zaopatrzenia w energię. Do największych mankamentów energetyki jądrowej zalicza się konieczność składowania odpadów radioaktywnych, wysoki koszt samej budowy elektrowni oraz potencjalne skutki ewentualnych awarii¹.

Na kształtowanie polityki energetycznej Polski, w tym rozwój własnej energetyki jądrowej, ma wpływ wiele czynników. W znacznej mierze są one związane z prognozami wskazującymi na rosnący popyt na energię elektryczną w kolejnych latach oraz aktualnym stanem infrastruktury energetycznej. System energetyczny w Polsce, oparty głównie na mocno wyeksploatowanych elektrowniach węglowych, jest w stanie zaspokajać aktualne potrzeby. W przypadkach gwałtownego wzrostu

¹ J. Niewodniczański, *Wprowadzenie do energetyki jądrowej*, [w:] *Energetyka jądrowa w Polsce*, K. Jeleń, Z. Rau (red.), Wolters Kluwer, Warszawa 2012, s. 46-49; A. Strupczewski, *Atomowe za i przeciw*, cz. 1, Biuro Analiz Sejmowych, Infos 2009, nr 20(67), s. 2-3.

zapotrzebowania w krótkich okresach, niezbędny jest import energii elektrycznej z zagranicy. Stan techniczny elektrowni wskazuje na potrzebę znacznych inwestycji związanych z bieżącymi remontami i konserwacją pracujących elektrowni oraz budową nowych bloków energetycznych. Z drugiej strony, Polska przystępując do wspólnej europejskiej polityki energetycznej, podjęła zobowiązanie ograniczenia emisji dwutlenku węgla do 2020 r. co najmniej o 20% w stosunku do 2005 r. i dalszy wzrost wskaźnika w kolejnych latach.

W 2010 roku w Polsce zostały podjęte pierwsze decyzje o budowie elektrowni jądrowej. Po czterech latach prac nad projektem programu, podczas których dokonano szeregu analiz oraz prowadzono konsultacje społeczne i międzynarodowe, 28 stycznia 2014 roku Rada Ministrów podjęła uchwałę o przyjęciu „Programu polskiej energetyki jądrowej”. Zgodnie z jego założeniami pierwsza polska elektrownia jądrowa miałaby rozpocząć pracę w latach 2024-2025². Jednocześnie zakłada się uzyskanie i utrzymanie docelowego poparcia społecznego dla energetyki jądrowej na poziomie 60% (wzrost w stosunku do 2010 roku o 10 punktów procentowych)³. Ocenia się jednak, że obecne opóźnienie Polski w realizacji programu wynosi prawie 5 lat, co będzie skutkowało koniecznością poniesienia dodatkowych nakładów w wysokości 1,5-2,6 mld zł rocznie na zakup dodatkowych uprawnień na emisję CO₂⁴. W 2018 roku podjęto prace nad uaktualnieniem programu i stworzeniem nowego harmonogramu prac, jego kształt po zmianach nie jest obecnie znany.

Rozwój i znaczenie energetyki jądrowej na świecie

Początki energetyki jądrowej sięgają lat 50. XX wieku. Możliwość wykorzystywania reakcji rozszczepienia jądra atomowego do uzyskiwania dużej ilości energii stała się przełomem w sektorze energetycznym. Po zakończeniu II wojny światowej bardzo szybko zainteresowano się możliwością wykorzystania paliwa jądrowego do produkcji energii. Do 1957 roku Francja, Szwecja, Związek Radziecki, Stany Zjednoczone i Wielka Brytania rozpoczęły prace nad budową 25

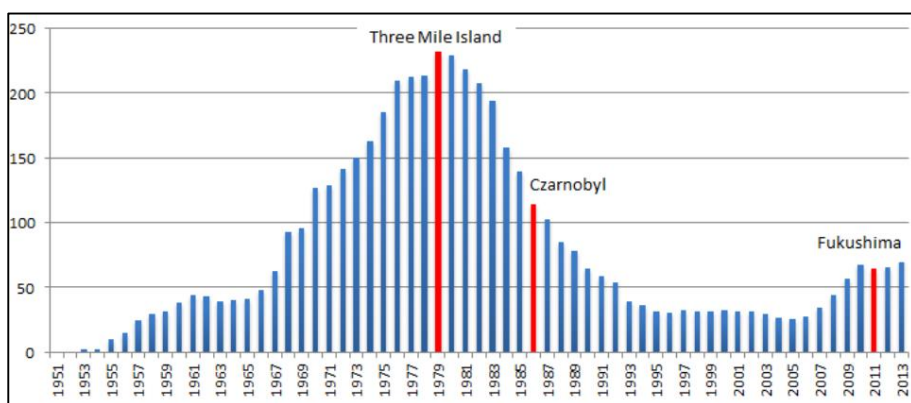
² *Program polskiej energetyki jądrowej*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2014, s. 22.

³ *Ibidem*, s. 20.

⁴ Realizacja „Programu polskiej energetyki jądrowej” od 1 stycznia 2014 r. do 31 października 2017 r., NIK, Warszawa, marzec 2018.

badawczych bloków jądrowych. W 1945 roku powstała Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (International Atomic Energy Agency – IAEA), która odpowiada za prowadzenie badań w dziedzinie pokojowego wykorzystania energii jądrowej oraz kontrolowania stanu bezpieczeństwa reaktorów według opracowanych norm i standardów. Niezależnie od IAEA sześć europejskich państw (Włochy, Niemcy, Holandia, Luksemburg, Belgia, Francja) utworzyło w 1958 roku Europejską Wspólnotę Energii Atomowej (Euratom), której celem jest wzajemna współpraca przy rozwoju pokojowego wykorzystywania energii jądrowej. Obecnie Euratom tworzy znacznie więcej państw, między innymi Polska.

Największy rozwój energetyki jądrowej na świecie miał miejsce w latach 70. i 80. XX wieku. Rocznie przybierało wtedy nawet 20 kolejnych reaktorów. W okresie ostatnich 30 lat liczba krajów dysponujących elektrowniami atomowymi ustabilizowała się na poziomie 30. Zapowiedzi rządów wielu krajów wskazują jednak na reaktywację tej gałęzi energetyki i do 2030 r. ponad 40 państw może posiadać elektrownie jądrowe. Dynamika rozwoju zmieniała się na przestrzeni lat, po każdej z największych awarii rozwój energetyki zwalniał. Zmianę przyrostu liczby reaktorów jądrowych w budowie na świecie przedstawiono na rys. 1. Pomimo zróżnicowanej dynamiki i widocznego wolniejszego rozwoju, szacuje się, że do 2030 roku światowe moce elektrowni atomowych osiągną blisko 700 GW.



Rysunek 1. Liczba bloków jądrowych w budowie w poszczególnych latach

Źródło: Stan energetyki jądrowej na świecie, <http://atom.edu.pl/index.php/ej-w-polsce/energetyka-jadowa-na-swiecie/swiat.html> (12.05.2018).

Według danych IAEA na koniec 2017 r. na świecie pracowało 448 reaktorów jądrowych o łącznej mocy 391,7 GW, a kolejnych 58 bloków o mocy 59,1 GW jest w trakcie budowy⁵. Najwięcej funkcjonujących reaktorów zlokalizowanych jest w USA (104), Francji (58), Japonii (50) i Rosji (33). Udział energetyki jądrowej w wytwarzaniu energii elektrycznej w kilku krajach był zbliżony lub przekraczał połowę (Francja – 74,8%, Słowacja – 53,8%, Belgia – 51,0%, Ukraina – 46,2%, Węgry – 45,9% – dane na koniec 2012 r.). W 2013 roku udział energii elektrycznej produkowanej w elektrowniach atomowych w całości produkowanej energii na świecie wyniósł ok. 13% (maksymalną wartość wskaźnik ten osiągnął w 1995 r. i wynosił 16,4%). Energia pozyskiwana z innych źródeł nadal jest i będzie dominującą formą. Wielkość produkcji energii jądrowej powoli, ale stale rośnie, mimo procentowego spadku jej udziału wśród wszystkich form wytwarzania energii elektrycznej. Wynika to z szybszego wzrostu zużycia energii elektrycznej niż tempa wzrostu jej produkcji w elektrowniach jądrowych.

Awarie reaktorów a bezpieczeństwo eksploatacji elektrowni

W celu zrozumiałego, przystępnego i porównywalnego opisu skutków awarii elektrowni jądrowych Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej, we współpracy z Agencją Energii Jądrowej Organizacji Współpracy Gospodarczej i Rozwoju, opracowała Międzynarodową Skalę Zdarzeń Jądrowych INES (International Nuclear and Radiological Event Scale). Skala ta przyjmuje wartości od 0 do 7, gdzie 0 oznacza incydent niemający znaczenia dla bezpieczeństwa, a 7 – wielką awarię. Nasilenie zdarzenia wzrasta logarytmicznie z każdym kolejnym poziomem. Szczegółowe kryteria struktury skali przedstawiono w tabeli 1.

Wokół awarii reaktorów jądrowych powstało wiele mitów, które są przyczyną obaw ludzi przed rozwojem tej gałęzi energetyki. Analiza całościowych danych na temat awarii elektrowni jądrowych oraz przyczyn, przebiegu i skutków największych z nich pozwalają na ocenę, czy energetyka jądrowa jest rzeczywiście niebezpieczna.

⁵ A. Mikulski, *Energetyka jądrowa w Polsce i na świecie w 2017 roku*, „Postępy Techniki Jądrowej” 2018, vol. 61, s. 14.

Tabela 1. Międzynarodowa skala zdarzeń jądrowych

Poziom i nazwa	Kryteria i najistotniejsze cechy bezpieczeństwa		
	Skutki poza obiektem	Skutki w obiekcie	Naruszenie wielostopniowych zabezpieczeń (tzw. obrony w głąb)
7 Wielka awaria	Wielkie uwolnienie; rozległe skutki zdrowotne i środowiskowe	–	–
6 Poważna awaria	Znaczne uwolnienie; prawdopodobnie będzie konieczne wprowadzenie planowanych przeciwdziałań	–	–
5 Awaria z rozległymi skutkami	Ograniczone uwolnienie; prawdopodobnie będzie konieczne częściowe wprowadzenie planowanych przeciwdziałań	Poważne uszkodzenie rdzenia reaktora/barier radiologicznych	–
4 Awaria z lokalnymi skutkami	Małe uwolnienie; narażenie ludności na napromieniowanie dawką na poziomie dopuszczalnych limitów	Znaczne uszkodzenie rdzenia reaktora/barier radiologicznych; narażenie pracownika na napromieniowanie dawką śmiertelną	–
3 Poważny incydent	Bardzo małe uwolnienie; narażenie ludności na napromieniowanie dawką rzędu ułamka dopuszczalnych limitów	Poważne skażenie/ostre skutki zdrowotne u pracownika	Prawie awaria; naruszenie wszystkich barier bezpieczeństwa
2 Incydent	–	Znaczne skażenie/nadmierne narażenie pracownika	Znaczne naruszenie zabezpieczeń
1 Anomalia	–	–	Anomalia naruszająca zatwierdzone warunki eksploatacyjne
0 Odstępstwo	Bez znaczenia dla bezpieczeństwa		
Zdarzenie poza skalą	Niewiązane z bezpieczeństwem jądrowym		

Źródło: Narodowe Centrum Badań Jądrowych, www.atom.edu.pl (24.05.2018).

Od 1952 roku na świecie miało miejsce ponad 100 ujawnionych awarii w reaktorach jądrowych. W ich wyniku śmierć poniosło jedynie ok. 50 osób (przy-

padki, gdzie potwierdzono bezpośredni związek zgonu z awarią reaktora i przyjęciem dużej dawki promieniowania). Niewiele ze zdarzeń jądrowych zostało ocenionych wysoko w skali INES. Do najpoważniejszych, które miały miejsce, zalicza się: awarię w Czarnobylu na Ukrainie w 1986 roku – ocena 7 w skali INES, awarię w Fukushima w Japonii w 2011 roku – ocena 6, awarię w Three Mile Island w USA w 1979 roku – ocena 5.

Three Mile Island, USA, 28 marca 1979 roku

W 1979 roku doszło do pierwszej poważnej awarii reaktora jądrowego na świecie. Elektrownia Three Mile Island zbudowana była z dwóch reaktorów PWR (lekkowodne ciśnieniowe)⁶. Tego dnia nastąpiło uszkodzenie układu sprężonego powietrza, w wyniku czego miał miejsce szereg negatywnych następstw. Przez pomyłkę pracowników zawory pomocniczego układu chłodzącego we wtórnym obiegu wody pozostały zamknięte i układ chłodzący nie zadziałał. Reaktor został wyłączony ze względu na znaczny wzrost ciśnienia w pierwotnym obiegu. System sygnalizacji operatorów posiadał jednak błędy konstrukcyjne i pracownicy nie otrzymali prawdziwych informacji o stanie instalacji. Podejmowali oni błędne decyzje, które doprowadziły do znacznego wzrostu temperatury, częściowego odślonięcia rdzenia i rozszczelnienia zbiornika paliwa. Uruchomiono awaryjny układ chłodzenia, czym powstrzymano dalszy możliwy rozwój sytuacji i nie doszło do wybuchu. Rdzeń reaktora został uszkodzony i niezdolny do dalszej pracy, niektóre obiekty elektrowni zostały mocno skażone. Z rdzenia reaktora do atmosfery przedostało się 200 Bq związków promieniotwórczych. Taka ilość zagrażała pracownikom elektrowni (w sumie trzech operatorów przyjęło wysokie, niebezpieczne dawki promieniowania, a 12 pracowników przyjęło dawki podwyższone, które nie wpłynęły w znaczący sposób na ich stan zdrowia), nie była jednak istotnym zagrożeniem dla okolicznej ludności. Ewakuowano jedynie kobiety ciężarne i małe dzieci, dla których dopuszczalne dawki promieniowania są znacznie obniżone w stosunku do osób dorosłych. Awaria reaktora, która była pierwszym tak dużym

⁶ H. Hawłas, *Energetyka jądrowa - podstawowe typy reaktorów energetycznych, szczegóły ich konstrukcji i specyfika zastosowania*, PWN, Warszawa 2009, s. 4.

zdarzeniem jądrowym w historii, choć poza zaprzestaniem eksploatacji elektrowni nie miała żadnych innych poważniejszych skutków, bardzo zachwiała zaufaniem społeczeństwa do energetyki jądrowej⁷.

Czarnobyl, Ukraina, 26 kwietnia 1986 roku

W Czarnobylu miała miejsce największa w historii katastrofa elektrowni jądrowej. Przyczyną awarii reaktora były eksperymenty wytrzymałości, które przeprowadzał operator obiektu, świadomie i celowo przekraczając normy bezpieczeństwa, chcąc zbadać, czy jest możliwe zasilenie energią z generatora jądrowego własnych urządzeń. Podjęto wiele działań, w tym odłączono awaryjne chłodzenie, które doprowadziły do zwiększenia mocy pracującego reaktora kilkaset razy, dwóch wybuchów lotnych produktów reakcji oraz pożaru 2000 ton grafitu, którego używano w reaktorach rosyjskich jako moderatora. Temperatura wewnątrz reaktora wzrosła do około 5000°C, pręty paliwowe z uranem uległy stopieniu. Podczas awarii nie doszło do żadnego wybuchu jądrowego. Eksplozje były związane z wybuchami gazów (m.in. wodoru), o sile, która odrzuciła ważącą 2000 ton betonową pokrywę reaktora. Z reaktora do atmosfery przedostało się 10^{19} Bq związków promieniotwórczych. Chmura pyłów, powstała w wyniku tak wielkiego pożaru, niosła ze sobą uwolnione związki promieniotwórcze. Szacuje się, że większość opadów promieniotwórczych (około 70%) spadła na Białoruś, reszta (30%) na Ukrainę, Rosję i inne kraje półkuli północnej. Dodatkową przyczyną późniejszych skutków społecznych było ukrywanie przed ludnością wystąpienia awarii i dezinformacja. W 1987 roku, podczas procesu sądowego, winą za katastrofę obarczono wyłącznie pracowników obiektu⁸.

Fukushima, Japonia, 11 marca 2011 roku

Japonia jest państwem położonym na styku płyt tektonicznych, na terenie bardzo aktywnym sejsmicznie. Budując elektrownie atomowe, których w tamtym momencie było blisko 50, Japończycy zastosowali dodatkowe zabezpieczenia obiektów przed skutkami możliwych niebezpiecznych zdarzeń, charakterystycznych dla położenia Japonii (erupcji wulkanów, trzęsień ziemi, tsunami). Pomimo

⁷ G. Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005, s. 424-426.

⁸ Ibidem, s. 426-431.

tego, na wschodnim wybrzeżu wyspy Honsiu wystąpiła druga co do wielkości awaria jądrowa na świecie. 11 marca 2011 roku nastąpiło trzęsienie ziemi, którego epicentrum miało miejsce około 130 km od wybrzeża, na Ocenie Spokojnym. Reaktory BWR w elektrowni Fukushima I natychmiast zostały wyłączone. Skutkiem trzęsienia ziemi była fala tsunami o wysokości 10 metrów. Zabezpieczenia elektrowni były konstruowane na podstawie statystyk poprzednich podobnych zdarzeń, tak by miały odpowiednią wytrzymałość i chroniły elektrownię przed 6,1-metrową falą. Tym razem Japończycy zetknęli się z największym tsunami w historii, na które nie byli przygotowani. W wyniku zalania wyspy, w tym terenu elektrowni, utracono możliwość chłodzenia rdzeni reaktorów, również przy użyciu energii z zewnątrz, ponieważ cała infrastruktura przesyłania energii uległa uszkodzeniu podczas trzęsienia ziemi. Pręty paliwowe zostały stopione, a reaktory uległy awarii. Akcję ratunkową przeprowadzono bardzo sprawnie – ludność z okolicznych terenów (do 20 km) została ewakuowana na tyle wcześnie, że nie doświadczyła większych skutków awarii. W wyniku kilku wybuchów w kolejnych dniach, do atmosfery przedostały się związki promieniotwórcze, które razem z chmurą zanieczyszczeń rozprzestrzeniły się po świecie. Największe zniszczenia i straty w Japonii powstały jednak w wyniku fali tsunami przechodzącej przez ląd, a nie w związku z samą awarią elektrowni⁹.

Podsumowując powyższe awarie, należy zauważyć, że do ich przyczyn należą:

- błędy w konstrukcji reaktora elektrowni, w Three Mile Island w USA – nieznaczne, w Czarnobylu na Ukrainie – ogromne, ponieważ wewnątrz rdzenia wykorzystywane były materiały palne (grafit), a w razie awarii możliwe było dalsze zwiększanie mocy pracującego reaktora, zamiast natychmiastowego wyłączenia;
- zjawiska sejsmiczne, których wystąpienia człowiek nie przewidział, o niespotykanej w historii skali;
- znaczne i celowe nieprzestrzeganie norm bezpieczeństwa.

Na podstawie analizy przyczyn awarii opracowano znacznie bardziej rygorystyczne zasady bezpieczeństwa. Przebieg wydarzeń w Czarnobylu pokazał, jak

⁹ *Fukushima Nuclear Accident Analysis Report – Summary*, Tokio Electric Power Company Inc., 2012.

wielkie znaczenie ma konstrukcja reaktora i stosowane w niej materiały. Większość państw zaprzestała budowy reaktorów wykorzystujących materiały palne, jak grafit. Obecne konstrukcje opierają się na krążeniu wewnątrz reaktora związków niepalnych, najczęściej wody. Choć podczas awarii nadal mogą powstawać związki wybuchowe (wodór), znacznie ograniczono możliwe ich skutki i ryzyko pożaru.

Bezpieczeństwo uznaje się za cel nadrzędny wobec produkowania energii i osiągania zysków. Jednym z założeń jest osiągnięcie niższego poziomu ryzyka awarii w energetyce jądrowej niż w innych gałęziach energetyki. Standardy systemów zabezpieczeń, opracowane w Europie Zachodniej i Stanach Zjednoczonych, obowiązują prawie na całym świecie.

Podczas budowy elektrowni uwzględnia się budowę pasywnych układów regulujących, do których nie trzeba dostarczać energii z zewnątrz, wykorzystujących jedynie siły naturalne, jak grawitacja. Jednym z takich układów jest układ wyładowujący reaktor. Przykładowo pręty, które mogą pochłoniąć neutrony, w czasie pracy reaktora utrzymywane są przez elektromagnesy ponad prętami paliwowymi. W razie wystąpienia awarii zasilania, w związku z zanikiem napięcia elektrycznego, pręty samoczynnie spadają pomiędzy pręty paliwowe i przez to zatrzymują pracę reaktora. Przy takim układzie reakcje jądrowe są samoczynnie przerywane i nie ma możliwości zwiększania mocy reaktora, co znacznie ogranicza potencjalne szkody.

W reaktorach BWR i PWR, wykorzystywanych na świecie od 40 lat, w których jako moderator wykorzystywana jest woda, nie doszło do ani jednego wypadku śmiertelnego związanego z ich awarią. Na podstawie doświadczenia pracy około 350 reaktorów tego typu, wynoszącego blisko 10 tys. reaktorolat (liczba reaktorów pomnożona przez liczbę lat pracy), uznaje się je za jedno z najbezpieczniejszych urządzeń przemysłowych¹⁰.

Spółeczno-ekonomiczne skutki awarii jądrowych

Każda z awarii reaktorów jądrowych wiąże się ze stratami materialnymi. Do tej pory nie opracowano jednolitej metodyki pomiaru kosztów zdarzeń nukle-

¹⁰ G. Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj...*, op. cit., s. 330.

arnych. W zależności od uwzględnianych czynników, podawane sumaryczne wyniki wyrażane w jednostkach pieniężnych mogą różnić się nawet o rząd wielkości. Elementy najczęściej brane pod uwagę przy szacowaniu kosztów to m.in.:

- koszty odbudowy obiektu i okolicznych terenów, jeśli doszło do ich zniszczenia lub wyłączenia z użytku;
- koszty akcji ratowniczej i ewakuacji ludności;
- koszty związane z pomocą medyczną poszkodowanym lub potencjalnie narażonym na zagrożenie;
- koszty zakupu energii w miejsce energii wytwarzanej w wyłączonym z użytkowania obiekcie;
- świadczenia socjalne na rzecz osób poszkodowanych.

Odwołując się do raportów podsumowujących awarie, można uzyskać obraz strat, jakie one wywołały. Opracowań i analiz jest wiele i w zależności od ośrodka przeprowadzającego badania, jakości materiału źródłowego, metodyki badań, przedstawiają one różne wyniki.

Na kształtowanie się polskiej opinii społecznej o energetyce jądrowej największy wpływ miała awaria w Czarnobylu i w dalszej części artykułu na tym wydarzeniu skoncentrowano główną uwagę. Zniszczeniu uległ cały teren elektrowni, w tym reaktory, oraz skażony i zamknięty został teren wokół obiektu. Akcja ratownicza i obudowa reaktora, by zapobiec dalszemu wyciekowi związków promieniotwórczych oraz pomoc socjalna dla osób dotkniętych skutkami awarii były kosztowne. Jedno z ostatnich opracowań, zawierające analizę 16 raportów sporządzonych w różnych krajach przez osoby fizyczne, komisje rządowe i organizacje międzynarodowe w latach 1998-2013, wskazuje na sumaryczne koszty związane z awarią od 15 mld USD (koszty bezpośrednie) do 500 mld USD (koszty całkowite)¹¹. Nie mniejsze problemy ujawniają się podczas prób szacowania liczby ofiar awarii. W zależności od przyjętej terminologii, pojęcie „ofiary” obejmuje zmarłych, napromieniowanych lub przesiedlonych. Podawane liczby są więc skrajnie rozbieżne – od 31 osób do ponad miliona¹².

¹¹ J.M. Samet i J.Seo, *The Financial Costs of the Chernobyl Nuclear Power Plant Disaster: A Review of the Literature*, 2016, s. 22-32.

¹² P. Stankiewicz, *Od Czarnobyla do Fukushima. O społecznej konstrukcji bezpieczeństwa energetyki jądrowej*, „Transformacje” 2016, nr 1-2(88-89), s. 213-238. DOI: 10.7206/tr.1230-0292.14.

W rzeczywistości, podczas awarii 134 osoby (pracownicy obiektu oraz grupa ratowników) zostały narażone na przyjęcie bardzo wysokich dawek promieniowania. Prawdopodobnie niektórzy z nich dawkę śmiertelną przyjęli zaledwie w ciągu kilku minut. U wszystkich rozwinęła się ostra choroba popromienna. Podczas akcji ewakuacyjnej, ze względu na wysokie ryzyko skażenia pyłem radioaktywnym, utworzono strefy bezpieczeństwa: w promieniu 10 km od obiektu strefę „szczególnego zagrożenia”, a 3 km – „o najwyższym stopniu skażenia”. Państwowa Agencja Atomistyki podaje, że w ciągu 1,5 tygodnia przesiedlono 116 000 osób, ponieważ taka była decyzja rządu, akcja ta nie miała jednak głębszego uzasadnienia.

Trudności pojawiają się także podczas próby oszacowania późniejszych skutków zdrowotnych. Epidemiolodzy nie zanotowali żadnego wzrostu zachorowań na nowotwory na terenach skażonych ani wad genetycznych u dzieci osób napromieniowanych, choć początkowo prognozowano zwiększenie liczby zachorowań na nowotwory i inne choroby. Nie udało się także naukowo wykazać związku między wzrostem dziecięcych zachorowań na raka tarczycy a awarią reaktora (w wyniku awarii przyjęto dawkę porównywalną lub niższą od stosowanej w leczeniu nowotworów, która obniża liczbę chorych)¹³. Można jednak spotkać się z publikacjami zawierającymi odmienne wnioski, wskazujące na 6-8-krotny¹⁴ albo nawet 100-krotny wzrost zachorowań na raka tarczycy wśród dzieci na Białorusi 4 i 5 lat po katastrofie (do 200 przypadków/1 mln dzieci/rok)¹⁵.

W 1990 roku IAEA wydała raport, w którym przedstawiono wyniki badań skutków awarii w Czarnobylu. Były one zaskakujące dla opinii publicznej, ponieważ uznano w nim, że dotychczas przeszacowano powstałe szkody, co niepotrzebnie zwiększało obawy miejscowej ludności¹⁶. Wyważone dane na temat rzeczywistych skutków awarii zawiera raport Forum Czarnobylskiego, utworzonego z inicjatywy IAEA, z udziałem Banku Światowego, ONZ oraz przedstawicieli rządów Białorusi, Rosji i Ukrainy. W raporcie jest mowa o ok. 4000 osób, które zmarły lub

¹³ W. Trojanowski, L. Dobrzyński, E. Droste, *W 20-tą rocznicę awarii czarnobylskiej elektrowni jądrowej*, Instytut Problemów Jądrowych, 2006, s. 14-16.

¹⁴ Przytoczone za: *Spuszczina Czarnobyla*, „Energia Gigawat”, czerwiec 2006, s. 6, www.docplayer.pl/9710417-Spuszczina-czarnobyla-energia-gigawat-czerwiec-2006.html (03.06.2018).

¹⁵ J. Nauman, *Katastrofa elektrowni atomowej w Czarnobylu i jej konsekwencje dla tarczycy*, „Postępy Techniki Jądrowej” 1996, vol 39, s. 19.

¹⁶ U. Guzik, D. Wojcieszńska, *Energia jądrowa – zagłada czy zachowanie świata*, „Nauka” 2010, nr 1, s. 151.

mogłyby umrzeć w kolejnych latach w wyniku awarii (w liczbie tej ujęto 50 zmarłych ratowników, 9 dzieci zmarłych na raka tarczycy oraz 3940 osób, które mogłyby umrzeć na nowotwory spowodowane wysokim promieniowaniem)¹⁷.

W przypadku przywoływanych awarii w USA i Japonii, konsekwencje ekonomiczne i społeczne były znacznie mniejsze.

Do dzisiaj społeczne spojrzenie na zagrożenie jądrowe mocno różni się od danych potwierdzonych naukowo i w dużej części opiera się na powielaniu mitów i nieprawdziwych informacji.

Zdanie i świadomość Polaków na temat energetyki jądrowej

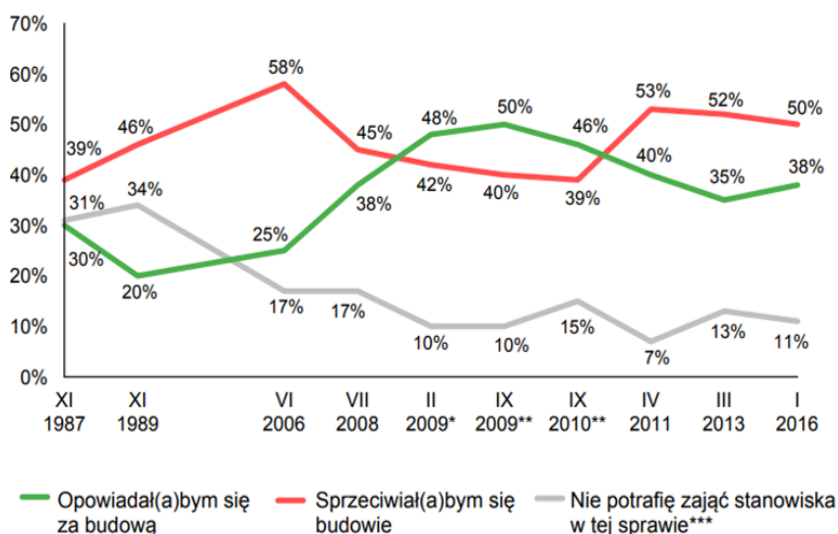
Podjmując decyzję o rozwijaniu w Polsce energetyki jądrowej, polski rząd musiał wziąć pod uwagę szereg uwarunkowań. Obok problemów natury technologicznej i ekonomicznej, jednym z największych jest kształtowanie świadomości społecznej. Uzyskanie społecznego poparcia dla projektu jest jednym z warunków jego powodzenia. Niejednokrotnie intensywne protesty społeczne zablokowały realizację projektów rządowych, np. w 1990 roku budowę elektrowni w Żarnowcu czy budowę autostrady przechodzącej przez Dolinę Rospudy¹⁸. Zanim zaczęto wprowadzanie zmian w sektorze energetycznym związanych z planowaną budową elektrowni jądrowej, poddano analizie stosunek społeczeństwa wobec nich. Polska posiada niewielkie doświadczenia związane z użytkowaniem reaktorów jądrowych. Jedyny pracujący reaktor MARIA w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Świerku ma charakter badawczo-doświadczalny, o którego istnieniu część polskiego społeczeństwa nawet nie wie. Wyniki regularnie prowadzonych badań przez Centrum Badania Opinii Społecznej (CBOS) wskazują, że w porównaniu z końcem XX w. coraz więcej obywateli Polski ma wyrobioną konkretną opinię na temat energetyki jądrowej i jest nią zainteresowana (rysunek 2).

Zestawienie wyników badań pokazuje, że tylko co 10 Polak nie potrafi zająć stanowiska w tej sprawie. Od 2011 roku ponownie większość Polaków stała się przeciwna budowie elektrowni jądrowej. Przyczyniła się do tego awaria reaktora

¹⁷ *Spuścizna Czarnobyla...*, op. cit., s. 4.

¹⁸ M. Gwiazda, P. Ruszkowski (red.), *Polacy o źródłach energii, polityce energetycznej i stanie środowiska*, Opinie i diagnozy nr 34, CBOS, Warszawa 2016, s. 6-7.

w Japonii w 2011 roku, która poważnie zachwiała zaufaniem do atomu na całym świecie. Po awarii, liczba przeciwników budowy była największa w ostatnich 10 latach. Od 2009 roku liczba osób wspierających tę inicjatywę jest coraz mniejsza, z niewielkim wzrostem w 2016 roku.



*Badanie dla Ambasady Brytyjskiej

** Badanie dla Ministerstwa Gospodarki

*** W latach 2009–2011 i 2016 odpowiedź brzmiała „trudno powiedzieć”

Rysunek 2. Stanowisko społeczeństwa polskiego dotyczące budowy elektrowni jądrowej w latach 1987-2016

Źródło: M. Gwiazda, P. Ruszkowski (red.), *Polacy o źródłach energii, polityce energetycznej i stanie środowiska*, Opinie i diagnozy nr 34, CBOS, Warszawa 2016.

Pomimo że technologia jądrowa, która jest przygotowywana do wprowadzenia w Polsce, jest uznawana za jedną z najbezpieczniejszych form energetyki, polskie społeczeństwo ma odmienne odczucia. Odsetek osób przeciwnych budowie wzrasta wraz ze spadkiem poziomu wykształcenia (tabela 2). Można przypuszczać, że jest to związane nie tylko z poziomem ogólnej wiedzy, ale przede wszystkim z poziomem wiedzy na temat energetyki jądrowej.

Tabela 2. Stanowisko Polaków wobec budowy elektrowni jądrowej w 2016 roku (w %)

Gdyby poproszono Pana(ią) o zajęcie jedno- znacznego stanowiska w sprawie budowy takich elektrowni w naszym kraju, to czy był(a)by Pan(i) za czy przeciw?		Opowia- dał(a)bym się za budową	Sprzeci- wiał(a)bym się budowie	Trudno powie- dzieć
płeć	mężczyźni	51	41	8
	kobiety	27	59	14
wykształcenie	podstawowe	31	53	16
	zasadnicze zawodowe	33	55	11
	średnie	43	48	8
	wyższe	43	45	11

Źródło: M. Gwiazda, P. Ruszkowski (red.), *Polacy o źródłach energii, polityce energetycznej i stanie środowiska*, Opinie i diagnozy nr 34, CBOS, Warszawa 2016.

W 2016 roku przeciwko budowie elektrowni jądrowej w Polsce opowiedziało się 53% osób z wykształceniem podstawowym, 55% z wykształceniem zasadniczym zawodowym, 48% z wykształceniem średnim oraz 45% z wykształceniem wyższym i relacja ta utrzymywała się w ostatnich latach. Można więc przypuszczać, że wraz z wykształceniem człowieka wzrasta jego świadomość dotycząca wykorzystywania atomu. Zwykle to kobiety podchodzą do zagadnienia bardziej sceptycznie. Dodatkowo, liczba sceptyków obu płci wzrasta, gdy sugeruje się budowę elektrowni w pobliżu miejsca ich zamieszkania. Polacy mają ograniczone zaufanie zarówno do bezpieczeństwa technologii nuklearnych, jak i powodzenia polskich elektrowni.

Polacy największym zaufaniem darzą odnawialne źródła energii oraz gaz ziemny. Co drugi Polak ocenia także pozytywnie węgiel i ropę naftową, a z paliwem jądrowym wiążą się największe obawy i aż 76% nie ufa energetyce jądrowej (tabela 3). Zauważają oni jednak, że energetyka jądrowa jest bardziej perspektywiczna od węgla i ropy naftowej.

Tabela 3. Społeczna ocena źródeł pozyskiwania energii (2016 r.)

Wymiary ocen	Źródła pozyskiwania energii									
	Węgiel		Ropa naftowa		Gaz ziemny		Paliwo jądrowe		OZE	
	Odsetki ocen pozytywnych i zmiana w stosunku do 2015 roku									
bezpieczeństwo	52	-10	47	-14	60	-1	24	+6	87	+1
perspektywiczność	29	-10	38	-18	55	-11	52	+1	82	+2

Źródło: M. Gwiazda, P. Ruszkowski (red.), *Polacy o źródłach energii, polityce energetycznej i stanie środowiska*, Opinie i diagnozy nr 34, CBOS, Warszawa 2016.

Interesujące są również wyniki badań dotyczące samooceny stanu wiedzy polskiego społeczeństwa w zakresie energetyki jądrowej. Na pytanie „Jak Pan/Pani ocenia poziom swojej wiedzy w zakresie energetyki jądrowej w Polsce?” jedynie 17% respondentów wskazało, iż wydaje im się, że posiadają wystarczającą wiedzę, natomiast 78,2% przyznało, że odczuwa niedosyt (34,7%) lub nie posiada żadnej wiedzy w tym zakresie (42,5%)¹⁹. Wyniki te wskazują, że w takich warunkach merytoryczna debata ma uzasadnienie jedynie w wąskich kręgach specjalistów. Niezbędna jest natomiast szeroka kampania informacyjna w skali kraju, popularyzująca zagadnienia energetyki jądrowej w społeczeństwie. W przeciwnym razie opinia społeczna będzie podatna na wszelkiego rodzaju manipulacje, a wyrażane stanowiska mogą być mniej racjonalne a bardziej emocjonalne, wynikające z niewiedzy oraz oparte na poczuciu zagrożenia i strachu. Przykładem odpowiedzi na działania propagandowe środowisk popularyzujących nienaukowe informacje i podsycające społeczne obawy może być polska publikacja wydana w ramach programu edukacyjno-informacyjnego „Świadomie o atomie”, prowadzonego przez PGE Polską Grupę Energetyczną S.A., której rząd polski powierzył realizację programu jądrowego. Działania prowadzone w ramach akcji obejmowały warsztaty, spotkania informacyjne, debaty i publikacje. Dodatkowo w Internecie i w prasie została przeprowadzona kampania reklamowa pod hasłem: „Masz wiedzę czy tylko opinię?”²⁰. Jej celem było zwiększanie świadomości społecznej na temat korzyści wynikających z rozwoju energetyki jądrowej, zagrożeń z tym związanych oraz działaniami podejmowanymi przez państwo w celu maksymalnego ograniczenia ewentualnych negatywnych skutków.

W związku z koniecznością podjęcia decyzji o lokalizacji przyszłej elektrowni jądrowej przeprowadzane są również badania sondażowe, dotyczące nastawienia mieszkańców gmin na Pomorzu, gdzie budowa jest bardzo prawdopodobna. Wyniki badań, zrealizowanych w gminach Choszczewo, Gniewino i Krokowa w latach 2015-2017, wskazują na względnie stałe poparcie dla budowy elektrowni na poziomie 59-73%. Stosunkowo wysoki wskaźnik poparcia związany jest z oczekiwaniami i przyszłymi korzyściami wynikającymi z budowy i dotyczącymi

¹⁹ A. Gawlikowska-Fyk, Z. Nowak, *Energetyka jądrowa w Polsce*, PISM, Warszawa 2014, s. 50.

²⁰ *Świadomie o atomie z PGE*, <http://www.gkpge.pl/csr/aktualnosci/swiadomie-o-atomie-z-pge> (19.05.2018).

rozwoju gminy, pobudzenia lokalnej przedsiębiorczości, wzrostu liczby miejsc pracy, spadku cen energii elektrycznej oraz profitów płynących z programu wsparcia rozwoju gmin lokalizacyjnych²¹. Na pewno każdy z respondentów posiada własne wyobrażenie związane z potencjalnymi korzyściami, natomiast trudno przewidzieć ich stanowisko w przyszłości, gdyby okazało się, że nadzieje znacznie przerosły rzeczywistość.

Analizując skutki awarii jądrowych i ich wpływ na opinie społeczne oraz dalszy rozwój energetyki jądrowej, można przywołać pewne analogie do transportu lotniczego. Konstrukcje samolotów pasażerskich i przewozy lotnicze obwarowane są wieloma reżimami, mającymi zapewnić maksymalny poziom bezpieczeństwa. Mimo to awarie samolotów się zdarzają. Nie każda awaria kończy się jednak wypadkiem i nie każdy wypadek jest katastrofą. Pojedyncze katastrofy lotnicze pociągają wiele ofiar ludzkich i straty materialne. W ich konsekwencji może spadać zaufanie do określonego rodzaju samolotu czy linii lotniczej, lecz mimo to ta gałąź transportu wciąż się rozwija. Istotne, aby z każdego wypadku wyciągać wnioski oraz doskonalić konstrukcje i procedury bezpieczeństwa.

Podsumowanie

W Polsce w 2014 r. przyjęty został rządowy program budowy elektrowni jądrowej jako jednej z alternatywnych form wytwarzania energii elektrycznej. Energetyka jądrowa ma wiele zalet, czego dowodem jest jej rozwój w wymiarze globalnym, jednakże awarie elektrowni, które miały miejsce w przeszłości, były źródłem poważnych konsekwencji ekonomicznych i społecznych. Dotychczas największą katastrofą nuklearną była awaria reaktora w Czarnobylu. Jej rzeczywiste skutki są często zniekształcane, zarówno przez zwolenników, jak i przeciwników energetyki jądrowej i mają wpływ na opinie społeczne. Jednym z warunków powodzenia realizacji projektu rządowego jest jego społeczna akceptacja i poparcie. Aktualne badania wskazują, że opinia publiczna w Polsce jest mocno podzielona, a ze względu na wysoki odsetek ludności o niewielkiej obiektywnej wiedzy o ener-

²¹ *Postawy mieszkańców gmin lokalizacyjnych wobec energetyki jądrowej*, „Energetyka24” z 1.03.2018.

getyce jądrowej, jest podatna na wszelkiego rodzaju wpływy. Nie można całkowicie wyeliminować ryzyka wystąpienia awarii, jednakże ich skutki w skali globalnej nie są większe niż w przypadku dużych katastrof naturalnych czy przemysłowych. Liczba ofiar śmiertelnych, których bezpośrednią przyczyną była awaria reaktora, to jedynie kilkadziesiąt lub kilkaset osób w okresie ponad 50 lat funkcjonowania energetyki jądrowej na świecie. Dla porównania, tylko w 2017 r. w Polsce odnotowano ponad 2800 ofiar śmiertelnych wypadków drogowych, w skali całego świata to ponad 100 tysięcy, jednak nikt nie rezygnuje z rozwoju motoryzacji z tego powodu. Polska gospodarka może funkcjonować bez energetyki jądrowej, jednak należałoby uwzględnić jej rozwój w prowadzonej polityce energetycznej już kilkanaście lat temu. W obecnych uwarunkowaniach geograficznych, politycznych, gospodarczych i społecznych jest to racjonalna alternatywa, którą bardzo poważnie należy brać pod rozwagę.

Bibliografia

Fukushima Nuclear Accident Analysis Report - Summary, Tokio Electric Power Company Inc., 2012.

Gawlikowska-Fyk A., Nowak Z., *Energetyka jądrowa w Polsce*, PISM, Warszawa 2014.

Guzik U., Wojcieszewska D., *Energia jądrowa – zagłada czy zachowanie świata*, „Nauka” 2010, nr 1.

Gwiazda M., Ruszkowski P. (red.), *Polacy o źródłach energii, polityce energetycznej i stanie środowiska*, Opinie i diagnozy nr 34, CBOS, Warszawa 2016.

Hawłas H., *Energetyka jądrowa – podstawowe typy reaktorów energetycznych, szczegóły ich konstrukcji i specyfika zastosowania*, PWN, Warszawa 2009.

Jezierski G., *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.

Mikulski A., *Energetyka jądrowa w Polsce i na świecie w 2017 roku*, „Postępy Techniki Jądrowej” 2018, vol. 61.

Nauman J., *Katastrofa elektrowni atomowej w Czarnobylu i jej konsekwencje dla tarczy*, „Postępy Techniki Jądrowej” 1996, vol 39.

Niewodniczański J., *Wprowadzenie do energetyki jądrowej*, [w]: *Energetyka jądrowa w Polsce*, K. Jeleń, Z. Rau (red.), Wolters Kluwer, Warszawa 2012.

Postawy mieszkańców gmin lokalizacyjnych wobec energetyki jądrowej, „Energetyka24” z 1.03.2018.

Program polskiej energetyki jądrowej, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2014.

Realizacja „Programu polskiej energetyki jądrowej” od 1 stycznia 2014 r. do 31 października 2017 r., NIK, Warszawa, marzec 2018.

Samet J.M., Seo J., *The Financial Costs of the Chernobyl Nuclear Power Plant Disaster: A Review of the Literature*, 2016.

Spuścizna Czarnobyła, „Energia Gigawat”, czerwiec 2006, www.docplayer.pl/9710417-Spuszczna-czarnobyla-energia-gigawat-czerwiec-2006.html.

Stankiewicz P., *Od Czarnobyła do Fukushima. O społecznej konstrukcji bezpieczeństwa energetyki jądrowej*, „Transformacje” 2016, nr 1-2(88-89).

Strupczewski A., *Atomowe za i przeciw*, cz. 1, Biuro Analiz Sejmowych, Infos 2009, nr 20(67).

Świadomie o atomie z PGE, <http://www.gkpge.pl/csr/aktualnosci/swiadomie-o-atomie-z-pge>.

Trojanowski W., Dobrzyński L., Droste E., *W 20-tą rocznicę awarii czarnobylskiej elektrowni jądrowej*, Instytut Problemów Jądrowych, Warszawa 2006.